

მ. კავანაძე, ა. სარუხანიშვილი, რ. ჩაბუნავა

მინის ქიმია და ტექნოლოგია კველ საქართველოში



დამტკიცებულია სტუ-ს
სამეცნიერო-ტექნიკური
საბჭოს მიერ

თბილისი
2004

შესწავლილია ბრილის, სამთაეროსა და ურბნისის არქეოლოგიური მინების ნაკეთობები. დადგენილია საკელევი მინების ზუსტი ქიმიური შედგენილობები, სხვადასხვა შეყვრილობის გამოშვებით მიღებული, მინის ხარშის საეარაულო ტექნოლოგიური პარამეტრები და, რაც მთაეარია, შეუასებულია ზემო რაჰისა და შიდა ქართლის მინერალური რესურსები მინის წარმოებისათვის საჭირო ნედლეულის თეალსაზრისით.

დადგენილია მინასთან დაკავშირებული გერმინოლოგიური ხასიათის ცელილებები, რომლებსაც ადგილი ჰქონდა საუკუნეების მანძილზე.

პრაქტიკულად აღდგენილია და განხორციელებულია ბრილის მინების ხარშისა და ნაკეთობათა დაყალიბების ტექნოლოგია.

განკუთვნილია მინის ტექნოლოგიის, არქეოლოგიისა და ტექნიკის ისტორიის მავისტრანტებისა და ასპირანტებისათვის.

რეცენზენტები: პროფ. რ რამიშვილი,
პროფ. თ. ჰვიშვილი

შ ე ს ა ვ ა ლ ი

მრავალი ათასწლეულის განმავლობაში მინის მიღებისა და მისგან სხვადასხვა სახის ნაწარმის დამზადების მეთოდებისა და ხერხების განვითარება წარმოადგენს მინის ქიმიისა და ტექნოლოგიის შესწავლის ობიექტს.

სად, მსოფლიოს რომელ რეგიონსა თუ ქვეყანაში „დაიბადა“ „მინის კუთების“ ხელოვნება? სად და როდის მიხედა ადამიანი იმას, რომ გარკვეული ნედლეულის შერწყმით და ნარევის თერმული დამუშავებით შეიძლება მიეღო სხვა მასალებისაგან მკვეთრად განსხვავებული ამორფული (მინისებური) მყარი ტანი? მსოფლიოს რომელ კუთხეში დაიწყო პირველად ადამიანმა მინისაგან სხვადასხვა სახის ნაწარმის დამზადება?

ამ კითხვებზე სადღეისოდ ერთნიშნა პასუხი არ არსებობს. თუმცა, აქეს კი ამას არსებითი მნიშვნელობა? მთავარი ის არის, რომ დადგენილია – კაცობრიობამ ჯერ კიდევ მრავალი ათასწლეულის წინ იყოფა მინისა და მინის ნაწარმის მიღება.

აღრე თელიდნენ, რომ პირველად მინის წარმოებას საფუძველი ჩაეყარა ფინიკიაში და სწორედ ფინიკიელები იყენენ პირველი მინათმკეთებელნი /1/. ზოგიერთი მკვლევარის აზრით, შესაძლოა მინის წარმოება პირველად ჩასახულიყო ინდოეთში, სადაც, ეგვიპტესა და მესოპოტამიასთან ერთად, დაირწა ცივილიზაციის აკეანი და 5000 წლის წინ იქ არსებობდა სახელოსნოები /2/. რიგ მკვლევართა აზრით, უძველესი მინის ნაკეთობები მზადდებოდა მესოპოტამიის ჩრდილოეთ რაიონებში, ან შეიძლება კიდევ უფრო ჩრდილოეთით - კაუკასიაში, სადაც არსებობდა მინის წარმოების ცენტრები გაცილებით აღრე, ვიდრე სხვა ქვეყნებში, კერძოდ ეგვიპტეში /3/.

როგორც ვ. გერნერი აღნიშნავს, მინის ნაკეთობების ყრავგმენტები, რომელთა ასაკია ძე.წ. 3500-2000 წწ., არქეოლოგიური გათხრების შედეგად აღმოჩენილია როგორც ეგვიპტეში, ისე მესოპოტამიაში. მაგრამ ეს აღმოჩენები იმდენად იშვიათი და მცირერიცხოვანია, რომ მათზე დაყრდნობით იმის გადაწყვეტა, თუ რომელ ქვეყანაში აღმოცენდა პირველად მინის წარმოება, ძნელია /4/. რაუ შეეხება უფრო გვიანდელ პერიოდს, ისტორიკოსების ხელთ არსებული მონაცემები ამტკიცებენ, რომ მე - 18 დინასტიის (ძე. წ.

1580-1340 წწ.) დროს მინის წარმოება ეგვიპტეში ყვაოდა და უფრო განვითარებული იყო, ვიდრე ბაბილონში. ამაზე მეტყველებს ჩვენამდე მოღწეული იმ პერიოდის მინის ნაკეთობების რაოდენობაც და მრავალფეროვნებაც და, როგორც მ. ბემბროლოვი აღნიშნავს, ალბათ, ეგვიპტიდან გაქონდათ მინის ნაწარმი სხვა ქვეყნებში. მდგომარეობა შეიცვალა ძვ.წ. VIII საუკუნისათვის, როდესაც დაიწყო ეგვიპტის დაქვეითების ხანა, ასირიამ კი მიაღწია ღიღების მწვერვალს /5/.

როგორც ვხედავთ, უკვე უძველესი დროიდანვე იყო დადგენილი მინად წოდებული ამორფული მყარი სხეულისა და მისგან ნაწარმის მიღების პრინციპები. აღამიანმა დაიწყო ამ მეტად საინტერესო მასალის გამოყენება, მასალისა, რომლის გარეშეც ძნელია თანამედროვე აღამიანის არსებობა-მოღვაწეობის წარმოდგენა.

ასეთი ღიღი ისტორიის მიუხედავად, ღღესაც არ არის დადგენილი მინის აღნაგობა. არ არსებობს ისეთი მწყობრი თეორია, როგორიცაა, მაგ. კრისტალური მყარი სხეულის ბუნებისა. მინის აღნაგობის შესახებ გამოთქმული მოსაზრებები აგარებენ ჰიპოთეზურ ხასიათს და მოითხოვს მრავალ მტკიცებას. ამ მტკიცებათა მისაღებად აუცილებელია მინის სტრუქტურის შესწავლის პირდაპირი მეთოდების შემუშავება-დადგენა, ისეთივესი, მაგ. როგორიცაა რენტგენული სხივებით კრისტალური მყარი სხეულის შესწავლის მეთოდი. მაგრამ ასეთი მეთოდები სადღისოდ არ არსებობს და, ამიტომ, ფართოდ გამოიყენება მინის სტრუქტურის ჩვენთვის მისაწვდომ გამოვლინებათა – მათი ფიზიკურ-ქიმიურ თვისებათა შესწავლა.

მინის აღნაგობის ერთერთ უმნიშვნელოვანეს გამოვლინებას წარმოადგენს მისი ხანშედეგობა, რომლის განსაზღვრა შესაძლებელია მხოლოდ ძველად წარმოებული მინის ნაწარმის შესწავლით. ამ საკითხის შესწავლას შეუძლია ვაამილდროს ჩვენი წარმოდგენები მინის, როგორც მასალის შესახებ, განავითაროს ხანშედეგი მიწების პროექტირების პრინციპები.

არანაკლები მნიშვნელობა ენიჭება ძველი მინების ქიმიისა და გექნოლოგიის შესწავლას მინის დაყალიბების ახალი მეთოდების შემუშავება-განვითარებაში. მაგალითისათვის შეიძლება მოვიყვანოთ ჩვენი წინაპრების ხელოვნება მძივების წარმოების სფეროში, რომლის გამოყენება შესაძლებელია ელექტრონულ მოწყობილობათა მინის ნარჩილით ცალკეული ღეგალების დამზადებისას.

უძველესი და ძველი მინების ქიმიისა და გექნოლოგიის შესწავლას შეუძლია ვადამწყევეგი როლი შეასრულოს ცალკეულ ქიმიკნებში მინის წარმოებისათვის საჭირო ადგილობრივი სანედლეულო

ბაზის გასაეითარებლად და თანამედროვე მოთხოვნილებების შესაბამისი მინის ნაწარმის მისაღებად.

უძველესი მინების ქიმიისა და გექნოლოგიის შესწავლით მოპოვებულ მასალებს, არქეოლოგიურ გამოკვლევებთან ერთად, გადამწვევები როლი შეუძლიათ შეასრულონ აღმოჩენილი მინის ნიმუშების მსოფლიოს ამა თუ იმ რეგიონისადმი მიკუთვნების საკითხში და ამ რეგიონის სხვადასხვა ისტორიულ პერიოდში კულტურული განვითარების დონის შეფასებაში.

ზემოთ ხსენებულ ამოცანათა გადაჭრა მეტად მნიშვნელოვნად მიგვაჩნია საქართველოსთან მიმართებაში.

ქართველ არქეოლოგთა მიერ დადგენილად ითვლება, რომ ჩვენი ქვეყანა მიეკუთვნება მსოფლიოს იმ რეგიონთა რიცხვს, სადაც მინის წარმოებას იცნობდნენ უძველესი დროიდან. საქართველოს გერიტორიაზე მოპოვებული მინისა თუ მინისებური ნივთიერებისაგან დამზადებული უძველესი საგნები ძვ. წელთაღრიცხვის III ათასწლეულით თარიღდება /6/. ეს აღმოჩენები საშუალებას იძლევა სირიასა და ეგვიპტესთან ერთად საქართველოც მიეკუთვნოთ მინის წარმოების ერთერთ უძველეს კერათა რიცხვს, საიდანაც იგი გავრცელდა ჩრდილოეთით.

ფასდაუდებელია ქართველ არქეოლოგთა ღვაწლი მრავალი საუკუნის წინ დამზადებული მინის ნაკეთობების მოპოვებაში. ამავე დროს არ შეიძლება არ აღინიშნოს, რომ არქეოლოგიური მონაპოვრების შეფასება, ქიმიისა და გექნოლოგიის თვალსაზრისით, ჩატარებული იყო მინის გექნოლოგიის სპეციალისტთა ვარეშე. ამან კი გამოიწვია რიგი უზუსტობანი და არაკორექტული დასკვნები. ყურადღების გარეშე დარჩა რიგი საკითხებისა, რომელთა გაშუქებით შესაძლებელი გახდებოდა საქართველოში „მინის კეთების“ ათვისებისა და განვითარების სრულყოფილი სურათის შექმნა, რაც ხელს შეუწყობდა იმ ხარვეშების შევსებას, რომლებითაც ხასიათდებიან მინის ისტორიისადმი მიძღვნილი მსოფლიოში ცნობილი სამეცნიერო თუ პოპულარული ლიტერატურული წყაროები.

არსებულ ლიტერატურაში საქართველოს, ჩვენი აზრით, მეტად მოკრძალებული ადგილი უჭირავს, მაშინ, როდესაც ჩვენს ქვეყანაში არქეოლოგთა მიერ აღმოჩენილი მინის ძეგლები იმსახურებენ მეტ აღიარებას. ჩვენს მიზანს წარმოადგენს ქართველ და უცხოელ მკვლევართა მიერ მოპოვებული მასალებისა და საკუთარი კვლევების შედეგების საფუძველზე შეფასდეს საქართველოში აღმოჩენილი მინები ქიმიისა და გექნოლოგიის თვალსაზრისით, დადგინდეს ამ მინების მისაღებად გამოყენებული მეთოდებისა და

გექნიკური აღკვერტილობის საერთო სურათი. გვეხსოვდა რა, რომ ერთ კონკრეტულ ნაშრომში ვერ მოვახერხებდით არქეოლოგთა მიერ მოპოვებული მეგალ დიდი მოცულობის მასალის სრულ შესწავლას, მიზნად დავისახეთ დაგვეწყო იმ მინებისა და მინის ნაწარმის კვლევა, რომელიც განეკუთვნება ძვ.წ. V- ახ. წ. VI სს. ასეთ ნაკეთობათა რიცხვს მიეკუთვნება ზემო რაჭაში ბრილში (სოფ. ღების შემოგარენში) აღმოჩენილი მძივები, რომლებიც დათარიღებულია ძვ.წ. V-III სს-ით, სამთავროსა და ურბნისში მოპოვებული მინის ნაკეთობანი, რომლებიც დათარიღებულნი არიან ახ. წ. I-VI სს-ით (სურ.1).



სურ. 1. ძველი ქართული მინები (ძვ.წ. V- ახ.წ. VI სს)

აღნიშნული მინების რაობის განსილვამდე მიზანშეწონილად ჩავთვალეთ ძველ ლიგერატურულ წყაროებში მინის შესახებ მოყვანილი მონაცემების კორექტული აღქმისათვის დაგვეღვინა გერმინოლოგიური ხასიათის ზოგიერთი საკითხი. მართებულია იე. ჯავახიშვილის მიერ გამოთქმული მოსაზრება, რომ ცნება „ჭიქა“ ჯერ

მიგეითითებდა მასალაზე, შემდეგ კი „ჭიქისაგან“ (მინისაგან) გაკეთებული სასმისის კუთენილება ვასდა. „ჭიქასთან“ ერთად ძველ ქართულ ლიგერაგურაში ჩნდება ნახესხები სიგყევი „მინა“, „შუშა“, „ჯამი“, „ბროლი“. დადგინდა მინის მოზაიკასთან დაკავშირებული გერმინოლოგიური ხასიათის საკითხები.

კვლევებით, რომლებიც მოიცავენ მემოთ ხსენებული მინების დეგალურ ქიმიურ და სპექტრალურ ანალიზებს (გაწეული დახმარებისათვის დიდ მადლობას მოვახსენებთ თურქული კომპანია „შიშეჯამისა“ და სს „მინას“ ხალმძღვანელობას), მინების შედგენილობათა შედარებას საკვლევი მინების წარმოშობის დროის შესაბამისად მსოფლიოში არსებული მინების შედგენილობასთან, ძველი ქართული მინების ტექნოლოგიური თავისებურებების შეფასებას, ადგილობრივი ნედლეულის შესწავლასა და ნაკეთობების დაზღვალების ტექნიკური ილეთების ზოგადი სურათის წარმოდგენას, მოპოეებული იქნა, ჩეენი აზრით, პირდაპირი მტკიცებანი ბრილის, სამთაეროსა და ურბნისის მინების ადგილობრივი წარმოშობის შესახებ.

გამოთქმულია მოსაზრება, რომ არქეოლოგიური მინის ნაკეთობაზე მსჯელობა მხოლოდ სახისა და ფორმის მიხედვით, ხშირად ხდება არაკორექტული დასკენის მიზეზი. მხოლოდ მინების თავისებურებებისა და სანედლეულო ბაზის დადგენით, გიპოლოგიურ შესწავლასთან ერთად, შეიძლება ვივარაუდოთ მივაკუთენოთ თუ არა ნაკეთობა ამა თუ იმ ქვეყანას.

ნაშრომში გამოთქმულია მოსაზრება, რომ, საქართველოში მინის კეთების ხელოვნების ისტორიის დეგალური შესწავლისათვის აუცილებელია არქეოლოგთა და მინის სპეციალისტთა ძალიისსმევის გაერთიანება.

დასასრულს, არქეოლოგიური ნიმუშების შემოთავაზებისა და გაწეული დახმარებისათვის დიდ მადლობას მოვახსენებთ ს. ჯანაშიას სახ. საქართველოს სახელმწიფო მუზეუმისა და საქ. მეცნიერებათა აკადემიის არქეოლოგიური კვლევის ცენტრის ხელმძღვანელობას.

1. ძველ მსოფლიოში მინის წარმოების ზოგადი დასასიათება

ძე.წ. VI – I სს. წარმოადგენს პერიოდს, როდესაც „მინისმკეთებლებმა“ მიაღწიეს საკუთრივ მინის მიღების ხელოვნებას. მანამდე აღმოჩენილი მინისებური ნაკეთობანი, მცირე გამონაკლისი გარდა, წარმოადგენენ მინისებურ და კრისტალურ სხეულთა სიმბიოზს და ერთიანად მათი მინებისადმი მიკუთვნება მეგად რთულია.

აღნიშნულ პერიოდამდე ადამიანმა შეივრძნო მინის, როგორც მასალის საჭიროება, მისწრაფოდა მისი მიღებისაკენ როგორც და შრომატევადი გასინჯებისა და ცდომილებების გზით და ვიდრე მიაღწევდა საწყის მასალათა შესაბამის ფარდობებსა და ხარშვის საჭირო გემპერაგურას, ძირითადად ლებულობდა შეცხოვილ მასებს, რომლებიც ხასიათდებოდნენ მინისებური ფაზის ამა თუ იმ რაოდენობით.

ძე.წ. VIII-I საუკუნეებში, მრავალი მონაცემის თანახმად /3-5. 8-10/, ეგვიპტესა და შუამდინარეთის ქვეყნებში, რომლებიც მიხნეულია აღნიშნულ პერიოდში მინის წარმოების ცენტრებად, მინის მისაღებად გამოიყენებოდა კაშმები ერთმანეთთან მეგად მიახლოებული ნედლეული მასალის ოდენობა-თანაფარდობებით. დადგენილია, რომ ამ პერიოდში კაშმში ტუტელითონთა ოქსიდების (R_2O) ოდენობა მერყეობდა 20-30, კალციუმის ოქსიდისა - 4-8, კაქბადის დიოქსიდისა - 60-75 მას. %-ის ფარგლებში.*

მეგად მნიშვნელოვანია ასირიული თიხის ფირფიტებზე მოყვანილი კაშმის შედგენილობები (ძე.წ. VII ს.). მათში მოცემულია, რომ 60 წილ ქვიშას ემატებოდა 180 წილი ნაცარი (ძირითადად R_2O -ს შემყვანი მასალა), ანუ ფარდობა კვარცსა და ტუტემშემყველ მასალათა შორის შეადგენდა 1 : 3. თუ შევადარებთ ამ და იმ რეცეპტს, რომელიც მოცემულია პლინიუს უფროსის ჩანაწერებში „Natural Histori“ // (ახ.წ. I ს.) დაერწმუნდებით, რომ რვა საუკუნის განმავლობაში შენარჩუნებულია გექნიკური გრადიცია და შეიმჩნევა მინის ე.წ. „წმინდა“ რეცეპტი, რომელსაც მიიჩნევენ ოპტიმალურად.

* აღნიშნული არ ნიშნავს იმას, რომ აღნიშნული პერიოდის ოსტატები მინის შეფასების უნარს ოქსიდების ღონეზე ფლობდნენ. მათთვის ძირითად მონაცემს ნედლეულთა ოდენობა და თანაფარდობა წარმოადგენდა.

როგორც ჩანს, მინის კეთების სფეროში მომუშავენი აღნიშნულ პერიოდში დაკავებულნი იყვნენ ორი ძირითადი მიზნის მიღწევის გზების ძიებით.

პირველი დაკავშირებული იყო ნელლეულის არა ოდენობების, არამედ მათი ხარისხზე გავლენის დადგენასთან. ძველი ოსტატები მივიდნენ იმ დასკვნამდე, რომ მინის შეფერილობის ერთერთ მიზეზს წარმოადგენს საწყის მასალაში, პირველ რიგში, კვარცის ქვიშაში შემავალი ზოგიერთი მინარევი. ადრე ამას ყურადღებას არ აქცევდნენ, ვინაიდან ფერად მინებს სხვადასხვა საღებავების დამატებით ლებულობდნენ. მაგრამ ერთხელ, შესაძლოა შემთხვევით მიღებულმა სრულიად გამჭვირვალე ე.წ. თეთრი მინის ნაკეთობამ და სურვილმა მისი კვლავ წარმოებისა, აიძულა ოსტატები შეფერვის მიზეზის ძებნა დაეწყოთ კამში შემავალ ნელლეულში. ამით აიხსნება კვარცის ქვიშისადმი უკვე შერჩევითი მიდგომა. მინის, და მეტადრე თეთრი მინის, მისაღებად მიმართავდნენ ზღვისპირა ქვიშას, რომელიც მრავალჯერ ირეცხება მოქცევა-უკუქცევის შედეგად. აღნიშნული ქვიშა მეტად მომგებიანი აღმოჩნდა იმითაც, რომ მასში ნივარებისა და გუგემარილების არსებობა მკვეთრად მრდიდა ხარისხიანი მინის მიღების შესაძლებლობას იმ დროისათვის მიღწეულ ტემპერატურაზე (1000° - 1100° C).

როგორც ჩანს, გრძელდება გუგელითონთა ოქსიდების შემყვანი მასალის ძიება. ხშირ შემთხვევაში გამოიყენებოდა სხვადასხვა მცენარეულობის ნაცარი, რომელიც, როგორც ცნობილია, განსხვავდება ოქსიდთა შემცველობით. ძველი ოსტატები ემპირიულად მივიდნენ იმ დასკვნამდე, რომ ყველა სახის ნაცარი არ იძლევა ერთი და იმავე შედეგს და დაიწყეს ნაცრის სახეობის დადგენა. შესაძლოა, სწორედ ამ ძიებით დაკავებულმა ეგვიპტელებმა მიაგნეს ბუნებრივ სოდას, რომელსაც შემდგომში ხმარობდნენ ნაცრის ნაცულად. მაგრამ ამ შემთხვევაში მათ დასჭირდებოდათ CaO -ს შემყვანი ნელლეულის გამოყენება, თუმცა ცნობები ამის შესახებ მწირია. შესაძლოა, გამოიყენებოდა სოდისა და ნაცრის შერწყმაც.

„სუფთა“ ნელლეულის მოძიებამ ძველ ოსტატებს საშუალება მისცა მიეღოთ არა მარტო თეთრი, არამედ მკაფიოდ გამოხატული სხვადასხვა შეფერილობის მინებიც, რისთვისაც გამოიყენებოდა ადრევე დადგენილი მრავალი საღებავი.

მეორე ძირითად მიზანს წარმოადგენდა მინის ხარშისა და დაყალიბების ოპტიმალური გზების დადგენა.

ლოგიკურია, რომ პირველ რიგში ოსტატებს ყურადღება უნდა მიექციათ მინის სახარში ავრევაგის სრულყოფისათვის, ტემპერა-

ტურის აწვევის ან მისი გამოყენების საშუალებათა დადგენისათვის. საპწუხაროდ, ისტორიულ წყაროებში თვით შინის სახარში აგრე-გაგი ნაკლებადაა მოხსენიებული. შეიძლება მხოლოდ ვივარაუდოთ, როგორი უნდა ყოფილიყო იგი. ფლინდერს ჯეჯრის მიერ /3/ მოყვანილი მონაცემი ნათელს ჰუენს ხარშვის პროცესის ზოგიერთ საკითხს.

როგორც ჩანს, აღნიშნულ პერიოდამდე შინის ხარშვას აწარმოებდნენ პრიმიტიულ თიხის ქოთნებსა და თიხით მოპირკეთებულ ორმოებში. გელ-ელ-ამარნში (ეგვიპტე) ჩატარებულმა კათხრებმა დაარწმუნა მკვლევარები, რომ ხარშვა მიმდინარეობდა ორ სტადიად სპეციალურად დამზადებულ კერამიკულ ქოთნებში. თანამედროვე აეოლსაზრისით, პირველ სტადიაზე მიმდინარეობდა სილიკატებისა და შინის წარმოქმნის პროცესები. ამისათვის გამოიყენებოდა 25 სმ დიამეტრისა და 7 სმ სიღრმის თიხის ქოთანნი. ამ სტადიის შემდეგ შინა წარმოადგენს არაერთგვაროვან მასას, რომელშიც მრავლადაა აირადი და, შესაძლოა, კრისტალური ჩანართებიც. სწორედ ასეთი მასით შეესებული ქოთანნი იყო აღმოჩენილი გელ-ელ-ამარნში.

მეორე სტადია, თანამედროვე გექნოლოგიის თეალსაზრისით შინის გასუფთავება, გარდებოდა მას შემდეგ, რაც პირველ სტადიაზე შილებულ მასას დაამსხერვედნენ, შესაძლოა დააწერილმანებდნენ და შოათავსებდნენ სხვა უფრო დიდი დიამეტრისა და ნაკლები სიღრმის ქოთანში. საგულისხმოა, რომ ამ ქოთანს ათავსებდნენ სპეციალურ (თიხის) სადგამზე, რათა სრულიად გამოეყენებინათ შინის სახარშ ღუმელში არსებული სითბო.

ყოველთვის მიმართავდნენ თუ არა ძველი ოსტაგები ორსაფეხურიან ხარშვას, ძნელი სათქმელია. თუმცა, გელ-ელ-ამარნში აღმოჩენილი შინის ნიმუშების აღწერილობა მიგვითითებს იმაზეც, რომ შესაძლოა კაშმის ზოგიერთი რეცეპტი იძლეოდა საშუალებას გადაესხათ ან დაემზადებინათ ნაწარმი პირველივე სტადიაზე.

გელ-ელ-ამარნში ჩატარებული კათხრების შემდეგ გამოითქვა მოსაზრება, რომ მძივების დასამზადებლად იყენებდნენ მცირე ზომის თიხის ყალიბებს. როგორც ნ. კაჩალოვი აღნიშნავს, შინის ამოსაღებად იყენებდნენ სპილენძის ღეროს. შინას ამოწეულადნენ სქელი ღეროს სახით, აბრტყელებდნენ და შემოახვევდნენ სპილენძის შავთულს ხერელის გასაკეთებლად. მიიღებოდა ნაკერის მქონე გრძელი მილაკი. ამ უკანასკნელს აცილებდნენ მილაკის მრავალჯერადი გახურებითა და გადავორებით ფილაზე. შემდეგ ხლებოდა დაჭრა და კელაე გახურება /7/.

მეგაღ მრავალრიცხოვანია მოსამრეებები იმის შესახებ, თუ როგორ ღებულობდნენ ძეელი ოსგაგები ღრუგანიან ნაკეთობებს /8-11/.

ფლინდერს ჰეგრის მოსამრეებამე დაყრდნობით, ფ. ნეიბურგი იძლევა ჰურჰლის დაყალიბების პროცესის აღწერას. მცირე ზომის გილოს გომარას აესებდნენ ქვიშით, უკრავდნენ თავს თოკით და წამოაცემდნენ რკინის ჯოხის წვეგთან ბოლოზე. მინა, გარბილე-ბული ძაფის სახით, უენა-უენა ეელებოდა გარშემო გომარას მანამ, სანამ მთლიანად არ დაფარავდა მას. წარმოქმნილ მინის სხეულს კელავ ასურებდნენ და მეორადი გასურებისას ასწორებდნენ დაგ-კეპნით მარმარილოს ფილაზე. გაციეების შემდეგ რკინის ღეროს, კონუსური ბოლოსა და შეკუმშვის წყალობით, აღვილად ამოაცლიდ-ნენ ქვიშიდან. ამ უკანასკნელს კი გაღმოყრიდნენ /8/. გამოსაბერი მილის გამოგონებამდე დამზადებულ ყეელა ჰურჰელს აქეს დამხა-სიათებელი ხაოიანი ღრმულებიანი ზედაპირი, რომელზეც შენარ-ჩუნებულია ქვიშის მარყელების კეალი. გამობერიეით დამზადებულ ნაკეთობებს შიგა ზედაპირი გლუვი და პრიალა აქეთ, მკვეთრად განსხვავებული ზემოთ აღწერილისაგან.

შედარებით განსხვავებულად აღწერს იგივე პროცესს ვ. ჰონეი. იგი წერს, რომ თავდაპირველად მინას წელავდნენ ძაფის ან წერილი ღეროს სახით, რომელიც გარბილებულ ბლანტ მღგომარე-ობაში ესეეოდა მოცემული ფორმის გარშემო, ფორმა დამზადე-ბული იყო ქვიშისა და თისის ნარევისაგან და ჩამოცმული იყო რკი-ნის ღეროზე. ღერო მთელი სამუშაოს მანძილზე ასრულებდა სახე-ლურის როლს. საბოლოო დასეევის შემდეგ, მეორადი გასურებისა და გარბილების დროს, ჰურჰელს ეძლეოდა სასურველი გარეგნული ფორმა. გარეთა ზედაპირზე მოსართავად შეაცსობდნენ ფერადი მი-ნის ძაფებს და ზოლებს, რომლებიც ასევე გარბილებულ ბლანტ მღგომარეობაში იმყოფებოდნენ /9/.

ა. ლუკასის აზრით, ძეელეგეიჰგური ვაზები მზადებოდა გამდნარ მინაში თისა-ქვიშის გულარის ამოელებით. გულარს აკ-რავდნენ ნაჭერს, გადაახვევდნენ თოკით და წამოაცემდნენ სპილენ-ძის ან ხის ჯოხს, რომელიც ასრულებდა სახელურის როლს. ჯოხის საშუალებით გულარს ჩაუშვებდნენ მინის ნაღნობში და სწრაფად აგრიალებდნენ რამდენიმე ხნის განმავლობაში, რათა მინა თანა-ბარ უენებად განაწილებულიყო გულარის ზედაპირზე, თუმცა ეერა-სოდეს ღებულობდნენ თანაბარი სისქის ნაკეთობას. ამის შემდეგ ღეროს ამოაძრობდნენ და ნაკეთობიდან ამოყრიდნენ ქვიშას. ლუ-კასისავე აზრით, მცირე ზომის ფიგურები და ზოგიერთი სხვა ნიეთი

შეიძლება დაემზადებინათ ფორმების საშუალებით, რადგანაც ცნობილია, რომ აღმოჩენილი იყო თიხისა და კირქვის ფორმები /10/.

ფ. როჯერსი და ა. ბირდი თვლიან, რომ ღრუიანი ნაკეთობების წარმოება ხდებოდა თიხისა და ქვიშის ნარევით დამზადებული გულარის საშუალებით, რომელსაც ამავრებდნენ ღეროზე და რამდენჯერმე ჩაუშევდნენ გამდნარ მინაში. თანაც ღეროზე აკრული მინის მასას ახალ ამოკლებამდე აციებდნენ. როდესაც ნაკეთობის კელლები საკმაოდ სქელი ხდებოდა, ამოკლებას შეწყვიტდნენ და ნაკეთობას მიამავრებდნენ სახელურს /11/. ღრუიანი ნაკეთობები იყო პატარა ზომის და არ აღემატებოდა სიმაღლით 12,5 სმ-ს.

მინის წარმოების ტექნიკაში უდიდესი გადატრიალება მოახდინა გასაბერი მილის გამოგონებამ, რომელიც, როგორც ბ. ნეიმანი თვლიდა, პირველად გამოიგონეს სილონში ძვ.წ. 20 წელს. თუქცა მოგვიანებით, ნიპურის მინების შესწავლის შემდეგ იგი მივიდა დასკვნამდე, რომ ბაბილონში უკვე დაახლოებით ძვ.წ. 250 წ. ფართო მოხმარების ღიდ ჭურჭელს ამზადებდნენ გამობერვის მეთოდით. მანვე შეისწავლა და აღწერა მინის ნიმუშები, რომლებიც ნაპოვნი იყო ნიპურში და დათარიღებულია ძვ.წ. 1400 წ. და მინები, რომლებიც მიეკუთვნება ძვ.წ. 250 წ., მინების შესწავლის საფუძველზე გამოითქვა მოსაზრება, რომ ყველა ჭურჭელი დამზადებული იყო გამობერვით და არა თიხა-ქვიშის გულარის საშუალებით დაყალიბებული. ეს უკანასკნელი გამოირჩევიან მოკრძალებული ზომებით, მაშინ როდესაც ნიპურში ნაპოვნი ძვ.წ. 250 წლით დათარიღებული ჭურჭელი შედარებით ღიდი ზომისაა. ყოველივე ამის საფუძველზე ნეიმანმა გააკეთა დასკვნა, რომ ნიპურში მინის გამობერვით მიღება ხდებოდა ბევრად ადრე, ვიდრე ხმელთაშუა ზღვის აუზის ქვეყნებში /5/. რომელი მოსაზრებაა უფრო მართებული, ამაზე მსჯელობა ძნელია, მაგრამ ერთი კი ნათელია – გამოსაბერი მილი არსებობდა იმ პერიოდში, რომელიც წარმოადგენს ჩვენი კვლევის ობიექტს.

ეგვიპტური მინის წარმოების ცენტრს წარმოადგენდა ალექსანდრია, სადაც განვითარებული იყო მინის მხაგერული მოხატვისა და მომინანქრების ტექნიკა, ორფერიანი მინების დამზადება ფენებს შორის შუალედური მოოქერით.

ელინიზმის დასასრულს (ძვ.წ. I ს) ალექსანდრიიდან ჩაისახა რომის მინის წარმოება, რომელმაც შეისისხლსორცა ყველაზე პროგრესული ელემენტები და გენდენციები, რომლებიც მანამდე ეგვიპტელებისა და სირიელების საკუთრებას წარმოადგენდა. შეიქმნა მძლავრი პოტენციალი მომავალში მინის წარმოების განვითარე-

ბისა. ახ.წ. II-III სს-ში რომი გადაიქცა მინის წარმოების ახალ ცენტრად, საიდანაც ნაწარმი იგზავნებოდა მსოფლიოს სხვადასხვა კუთხეში.

330 წელს, იმპერიის დედაქალაქის კონსტანტინოპოლში გადაგანისთანავე, კონსტანტინე დიდმა სხვადასხვა ხელოსნებთან ერთად გადაიყვანა მინის წარმოების ოსტატებიც. ახე წარმოიშვა ევროპის სამხრეთ-აღმოსავლეთით მინის წარმოების ახალი და მძლავრი ცენტრი. მეცნიერები ერთხმად მიაწერენ ბიზანტიას განსაკუთრებულ და მნიშვნელოვან როლს მინის წარმოების ხელოვნებასა და ტექნიკაში. ბიზანტიის მთავარი დამსახურებაა მოზაიკური ტექნიკის განვითარება და სრულყოფა.

ძირეული დაწერილებითი ცნობები ბიზანტიაში მინის წარმოების განვითარებასა და ტექნიკაზე გვხვდება X-XI სს. გერმანელი ავტორის პრესვიტერ თეოფილეს ნაშრომში, რომელშიც საკმაოდ დეტალურად არის გადმოცემული ოქროს სმაღლების დამზადების ბიზანტიური წესი. ოქროს სმაღლას თეოფილე მოიხსენიებს, როგორც „ბერძნულ მინას“ და აღნიშნავს, რომ მისი დამზადების ტექნოლოგია ანალოგიურია სარკმლის მინის დამზადების ტექნოლოგიისა, რომელიც აღწერილი აქვს VI თავში /12/.

მიუხედავად უძველესი მრავალსაუკუნოვანი კულტურისა, ისტორიულ მეცნიერებაში ითვლებოდა, რომ ჩინეთში მინის დამოუკიდებელი წარმოება ახ. წელთაღრიცხვამდე არ არსებობდა. უკანასკნელ ხანებში ჩატარებული გამოკვლევების შედეგად უკვე შეიძლება ითქვას, რომ ძვ.წ. 550 წელს ჩინეთში არსებობდა მინის დამოუკიდებელი წარმოება /5/.

არქეოლოგიური გათხრების შედეგად დადგინდა, რომ ინდოეთში ძვ.წ. V ს-ში არსებობდა მინის წარმოება და განვითარების უმაღლეს მწვერვალს მიაღწია ძვ.წ. III ს-ში /5/.

შემოთ აღნიშნულიდან გამომდინარე, ძვ.წ. VI - ახ.წ. VI სს-ში „მინის კეთებამ“ მიაღწია საკმაოდ მაღალ დონეს. მინის „კეთება“ კაცობრიობისათვის „უცხო ხილი“ აღარ არის და იგი მისწრაფების ამ ხელოვნების დახვეწისაკენ.

2. საქართველო ძვ.წ. VI -ახ.წ. VI საუკუნეებში

თავისი გეოგრაფიული მდებარეობით, საქართველო წარმოადგენს ევროპისა და აზიის საზღვარზე მდებარე ძველი კულტურული სამყაროს შემადგენელ ნაწილს. ასეთი მდებარეობა ხელს უწყობდა საქართველოს სამეურნეო-კულტურულ დაწინაურებას.

ჩვენთვის საინტერესო პერიოდში დასაუვლეთ საქართველოს (ისტორიული კოლხეთი) მიწა-წყალზე უკვე არსებობდა ადრეკლასობრივი სამოგადობა და სახელმწიფო. აქ იყო საქალაქო ცენტრები, მაღალ დონეზე იდგა მიწათმოქმედება, მესაქონლეობა, მელითონეობა და ხელოსნობის ბევრი სხვა ღარგი, განვითარებული იყო ვაჭრობა, რომელსაც დამატებითი ბიძგი მისცა ძვ.წ. VIII-VI სს. ბერძნული სავაჭრო ახალშენების – ფაზისის (ყოთი), დიოსკურიის (სოხუმი) და სხვ. გაჩენამ /13/.

ქართლის სამეფოს საწყისად ძველი ქართული გრადიცია უცილობლად იმ მომენტს მიიჩნევს, როდესაც საკუთრივ მცხეთა გახდა გაერთიანებული ქართლის ცენტრი - დედაქალაქი. იბერიას მჭიდრო პოლიტიკური, კულტურული და ეკონომიკური ურთიერთობა ჰქონდა ელინისტურ სამყაროსთან.

ძვ.წ. VI-IV სს. ირანმა საქართველოს მოსახლეობა თავის დამოკიდებულებაში მოაქცია. ზოგან ეს დამოკიდებულება მძიმე იყო და უშუალოდ სპარსეთის სამეფოს შემადგენლობაში შეყვანით გამოიხატა, ზოგან კი (უფრო ჩრდილოეთის მხარეებში) ნაკლებ მძიმე; ასეა თუ ისე, საქართველოს მოსახლეობა ამ ეპოქაში საკმაოდ ინტენსიურად ჩაება იმდროინდელ მსოფლიოში მიმდინარე ცხოველი ეკონომიკური და პოლიტიკური ცხოვრების ფერხულში.

ძვ.წ. II ს-ის დასაწყისიდან აღმოსავლეთისაკენ შემოგვეა დაიწყო რომის ძლიერმა სახელმწიფომ, რომელმაც დაამარცხა სელევკიდები და ძვ.წ. 65 წ. რომაელთა არმია საქართველოსკენ დაიძრა. ბრძოლა ქართველების დამარცხებით დამთავრდა, მაგრამ რომაელები ითვალისწინებდნენ საქართველოს დიდ სტრატეგიულ და პოლიტიკურ მნიშვნელობას და ქართლში მეფობა ხელუხლებელი დატოვეს. ახ.წ. 1-11 სს. ქართლის სამეფო შესამჩნევად გაძლიერდა. იგი ფაქტობრივად გათავისუფლდა რომზე დამოკიდებულები-საგან. რომი იძულებული იყო დასაუვლეთ საქართველოშიც ეცნო ადგილობრივი მმართველობა /13/.

ქვეყნის პოლიტიკურ და სოციალურ-ეკონომიკურ ცხოვრებაში უმნიშვნელოვანეს ძეგლებს პქონდა ადგილი IV ს-ში, რომელიც თანამედროვე ქართულ ისტორიოგრაფიაში მიღებული პერიოდიზაციის თანახმად, ადრეფეოდალური ხანის საწყის ეტაპად არის მიჩნეული. 337 წელს ქართლში ქრისტიანობა ოფიციალურ რელიგიად გამოცხადდა. ქართულმა ეკლესიამ ხელი შეუწყო მეფის ხელისუფლების ცენტრალიზაციას და ხალხის კონსოლიდაციას. IV-VI სს-ში დასრულდა ფეოდალიზაციის ინტენსიურად მიმდინარე პროცესი. V ს-ის მეორე ნახევარში მეფე ვახტანგ გორგასლის ძალისხმევით საქართველოს უდიდესი ნაწილი ერთ სამთავროდ გაერთიანდა, მაგრამ ერთიანი სახელმწიფოს არსებობა დიდხანს არ გაგრძელებულა, ირანულ დამპყრობლებთან ბრძოლაში მეფე სასიკვდილოდ დაიჭრა.

IV-VI სს. ირანისა და ბიზანტიის განუწყვეტელ შემოსევებს მოჰყვა სასიცოცხლო მნიშვნელობის საეპიკრო მაგისტრალის მოშლა, ქალაქების (მცხეთის, კასპის, ურბნისის, ციხე-გოჯის და სხვ.) დანგრევა თუ დაქვეითება, რამაც გამოიწვია ხელოსნობისა და ვაჭრობის დაქვეითება და წინა პლანზე სასოფლო-სამეურნეო დარგებმა წამოიწიეს. თუმცა საქალაქო ცხოვრება მთლიანად არ მოშლილა და გაჩნდა რამდენიმე ასალი ქალაქი – თბილისი, უჯარმა, არგანუჯი, რომლებიც იმ დროისათვის უმთავრეს პოლიტიკურ და სამხედრო-სტრატეგიულ ცენტრებს წარმოადგენდნენ. მოგვიანებით ამ ქალაქებმა მნიშვნელოვანი ადგილი დაიკავეს ქვეყნის სამეურნეო-ეკონომიკურ ცხოვრებაში.

ჩვენ პიერ შესწავლილი მინის ნაკეთობები დამზადებულია გემთ ალწერილ პერიოდში და მოპოვებულია სამთავროს, ურბნისისა და ბრილის სამაროვნების გათხრების შედეგად.

ბრილი მდებარეობს სოფ. ლებიდან ჩრდილო-დასავლეთით მე-11 კმ-ზე, მღვის დონიდან 1600 მ სიმაღლეზე, ის წარმოადგენს წყალთაშუა გერასას მდ. რიონის მარცხენა და მისი შენაკადის – ზოფხითურის მარჯვენა ნაპირზე. ბრილში ხანგრძლივი, მკაცრი ზამთარი იცის. მიუხედავად ამისა, იგი თითქმის არასდროს არ სწყდება გარე სამყაროს. რიონის ვიწრო ხეობით ყოველთვის გზა ხსნილი აქვს საქართველოს ყველა კუთხისაკენ, ხოლო მამისონის, ნოწარის, კირგიშოსა და ფასის მთის გადასასვლელი ბრილს 1-2 დღის სავალი ბილიკებით აკავშირებდა ჩრდილო კავკასიასთან. ამ გარემოებას გარკვეული მნიშვნელობა პქონდა იქაური უძველესი კულტურების ურთიერთობისათვის.

მდ. რიონის ზემო წელი ქართული მეგალურტიის ერთერთ უძველეს კერას წარმოადგენდა. ბრილში მიკელეულია სამაროვანი, რომელიც მოქმედებაში ყოფილა დაახლოებით 2500 წლის მანძილზე ბრინჯაოს ხანიდან, ვიდრე ახ.წ. III - IV სს-მდე და სადაც წარმოებდა მადნის გამოწვა, მისი დაწურვა, ნიეთების ჩამოსხმა /13/.

სამთამაღნო წარმოებისა და მეგალურტიული კერების გაჩენისათვის პირველ რიგში აუცილებელი იყო სათანადო მინერალური რესურსების საკმარის რაოდენობა და ახლო მიდამოებში გყის მასივების არსებობა. რიონის სათავეები ორივე ამ პირობას აკმაყოფილებდა - ეს მხარე მდიდარი იყო როვორც საბალოებით. ასევე ტყეებით.

სწორედ ბრილში, შეძლებულთა წრის წარმომადგენელ ქალთა სამარხებში, სხვადასხვა სამკაულთან ერთად აღმოაჩინეს მინის მძიეთა დიდი რაოდენობა. ზოგ სამარხში ამოთხრილ მძიეთა საერთო წონა ორ კილოგრამამდე აღწევს.

აუწერელი სილამაზისაა მინის მძიეთა ზოგიერთი ასხმა. ესენია წერილი ცისფერი მძიეები თეთრ-ლურჯი თელებით, კაკლის სიმსხო მძიეები ყვითელი, ცისფერი ან მწვანე ფონით, ლურჯი მძიეები ყვითელი თელებით, მოგრძო მძიეები თეთრი თელებით და ზოლებით, თეთრ-ლურჯი მინის ვეებერთელა მძიეები, რომელთა დიამეტრი ორ სანტიმეტრს სჭარბობს. მათი მსგავსი სამკაული სხვაგან არსად გვხვდება.

რაჭაში მოპოვებული არქეოლოგიური მასალების მიხედვით დასტურდება, რომ ქართველი მთიელი ტომები, მართალია, ძირითადად ადგილობრივი კულტურის სიკეთით სარგებლობდნენ, მაგრამ აღნიშნულ პერიოდში კარგად იცნობდნენ სხვა მოწინავე ხალხების კულტურასაც და დაკავშირებული იყვნენ მათთან საკმაოდ ფართო საეკონომიკური ურთიერთობებით. უცხო ქვეყნებთან საეკონომიკური ურთიერთობაში თავისთავად იგულისხმება ორმხრივი ურთიერთობა. წყაროები გვამცნობენ იმ სიმდიდრის სახეებს, რითაც ქართველი ტომები ამარაგებდნენ მაშინდელ კულტურულ მსოფლიოს. ამ სიმდიდრის ნაწილი სამხრეთით მიყრებაზიური რაიონებიდან გადიოდა, ნაწილი კოლხეთის ბარიდან, ნაწილი შავი ზღვის სამხრეთ სანაპიროზე მდებარე ქალაქების მეშვეობით, ზოგიც ეოლგისა და კამის მხარეებში /14-15/.

ჩვენ მიერ შესწავლილი მინის ნიმუშები, რომლებიც მოპოვებულია სამთავროსა და ურბნისის სამაროვნების გათხრისას, განეკუთვნებიან I - VI სს., I - III სს-ში ქართლის სამეფო მნიშვნელოვნად განმტკიცდა და გაძლიერდა. ქართლის სამეფოს გამოსვლა

უართო საერთაშორისო ასპარეზზე ხელს უწყობდა ქვეყნის ეკონომიკური ცხოვრების დაწინაურებას, საწარმოო ძალთა განვითარებას. ქართლის სამეფოს დედაქალაქი მცხეთა მდებარეობდა სხვადასხვა მხრიდან მომავალი გზების გადაკვეთაზე. მცხეთაზე გადიოდა დიდი საერთაშორისო საეაჭრო გზა, რომელიც ინდოეთიდან შაიბლვისპირა ქალაქებისაკენ მიემართებოდა. საეაჭრო მაგისტრალებით ხორციელდებოდა სააღებმაიკემო ურთიერთობა სომხეთთან, ალბანეთთან, კოლხეთთან და ჩრდ. კავკასიის მომთაბარეებთან. ამ საგზაო მაგისტრალზე მდებარეობდა იმ ღროისათვის მუგად დაწინაურებული ქალაქი ურბნისი, რომელიც მცხეთასთან ერთად ჭურჭლის წარმოების განსიქმული ცენტრი იყო.

3. მინა ძეველ საქართველოში და მისი ასახვა ლიგერაგურაში

საქართველოს როლი მინის წარმოების ჩასახვა-განვითარებაში სადღეისოდ გამოკვეთილი არ არის. თუმცა, ჩვენს ხელთ არსებული ლიგერაგურიდან ორი წყარო ვარაუდის დონეზე მიგვითითებს მისი შესაძლო მნიშვნელოვანი როლის შესახებ მინის წარმოების ისტორიაში.

პირველ წყაროს წარმოადგენს ეგვიპტეში 1891 წ. ჩაგარებული არქეოლოგიური ვაოხრების შედეგების განსილეისას ფლინდერს პეტრის მოსაზრება, რომ უძველესი მინის ნაკეთობები მზადდებოდა მესოპოტამიის ჩრდილოეთ რაიონებში და შესაძლოა კიდეე უფრო ჩრდილოეთით-კავკასიაში, სადაც არსებობდა მინის წარმოების ცენტრები გაილეებით ადრე, ვიდრე სხვა ქვეყნებში, კერძოდ ეგვიპტეში /3/.

მეორე წყაროს წარმოადგენს ე. ვონჩაროვის ნაშრომი /16/. იგი თვლის, რომ შეიძლება იქნებოდა არ გვეუიქრა, რომ იქ, სადაც არსებობდა ლითონების დნობა და სხვადასხვა ლითონური ნაკეთობების დამზადება, შეიძლებოდა ერთდროულად ვარსება მინის წარმოებასაც, რომლისთვისაც ირველიე საკმარისი რაოდენობით იქნებოდა ნედლეული.

მრავალი მკვლეეარის აზრით, საქართველო გამოირჩევა როგორც მეგალურგის ერთერთი უძველესი კერა. საქართველოში

მრავლადაა მინის მრეწველობისათვის გამოსადეგი წიაღისეული. ამ მოსაზრებიდან გამომდინარე, შეიძლება ვივარაუდოთ, რომ საქართველოში მინის წარმოება უძველესი დროიდან უნდა ყოფილიყო ათვისებული.

სამწუხაროდ, არ შეიძლება არ აღინიშნოს, რომ მინის წარმოების ისტორიისადმი მიძღვნილი კვლევითი სამუშაოები არ გამოირჩევა სისტემატურობით, მაგრამ ის მასალებიც კი, რომლებიც არსებობს, გვაძლევს უფლებას ჩავთვალოთ მინის კეთების ხელოვნება ქართველი კაცის მოღვაწეობის ერთერთ უძველეს ხელოსნობად. მიემართოთ ფაქტობრივ მასალებს.

ისევე, როგორც მთელს მსოფლიოში, საქართველოშიც მინისებურ მასალათა ნუსხაში შეგანილი იქნა ნიმუშები, რომელთა მნიშვნელოვან ნაწილს შეადგენდა კრისტალური წარმონაქმნები (ჭიქური, შემსხვარი მასა და ა.შ.). მათი „წლოვანება“ შეფასებულია ძე. წელთაღრიცხვის მესამე ათასწლეულით /6/.

სახელდობრ მინისაგან დამზადებული ნაკეთობები აღმოჩენილი იქნა ვანის ნაქალაქარზე 1961 წ. გათხრილ მდიდრულ სამარხში. მე-177-ს მიხედვით ეს იყო „ფინიკიური მინის რამდენიმე ჭურჭელი“. ვერ შევედგებით ავტორს. შესაძლოა ჭურჭელი თავისი გაფორმებით მიაგავდა კიდევ ფინიკიაში დამზადებულ ნაკეთობებს, მაგრამ ნაშრომში არ არის არცერთი მონაცემი იმის შესახებ, რომ მინა იყო ფინიკიური.

უფრო ადრე მსგავსი მინის ჭურჭელი აღმოაჩინეს რიონის სათავეებში-ბრილის სამაროვანზე. იქ ერთერთი ამჟორისკა (პაგარა ორყურა ჭურჭელი, ჩვეულებრივ ნელსაცხებლის შესანახად გამოიყენებოდა) ნელსაცხებლით იყო სავსე და მჭიდროდ ჰქონდა საცობი მორგებული. ორივე მონაპოვარი დათარიღდა ძე. წ. VI - III საუკუნეებით /15/.

1984 წელს არქეოლოგიურმა ექსპედიციამ სოფ. ოჩხომურში (ჩხოროწყუს რ-ნი) მიაკვლია ძე. წ. VIII-VI სს. კოლხური კულტურის სრულიად ახალი გიპის ძეგლებს--საწარმო-ნამოსახლარებს. აღმოჩენილია კონკრეტული და უშუალო დამამკვიცებელი მონაცემები ოჩხომურის საწარმო-ნამოსახლარზე მძივების სახელოსნოს არსებობისა. იქ აღმოჩენილია ნახევარუაბრიკაგები (დაუმთავრებელი მძივები) და მათ დასამუშავებლად გამოყენებული სპეციფიკური ხელსაწყო-იარაღები: სარდიონის მძივის სახეხ-საპრიალებელი ქვები, დასამუშავებელი მძივისა და ნამზადის ჩასამაგრებელი ღრმულიანი დიდი და პაგარა ზომის ქვები. ყურადღებას იქცევს შავი მინის ბიკონუსური მძივის ნახევარუაბრიკაგი თუ წუნის სახით შემორჩენი-

ლი ნამზადი. საინგერესოა ყვითელი პასკით ინკუსგრირებული შავი მინის „რგოლური“ და ასევე ინკუსტრაციის მქონე ლურჯი მინის მძივის ნატეხი (წუნი?). საწარმოზე აღმოჩენილია მოწითალო და შავი ფერის მინის სფერული მძივები, მოპოვებულია ღია ცისფერი მინისაგან დამზადებული საკიდი /18/.

ძე.წ. VI-V სს არქეოლოგიურ მასალაში გამოიყოფა მეტწილად მხოლოდ საქართველოში აღმოჩენილი ლურჯი მინისაგან ჩამოსხმული მრავალწახნაგა საბეჭდაეები. მინის მრავალწახნაგა საბეჭდაეთა განხილვისას გ. მაქსიმოვა აღნიშნავდა, რომ საქართველოს ტერიტორიაზე მოსახლე გომებში ბეჭდების (საბეჭდაეი ბეჭდები ან სატყეფრაეები) მოთხოვნილებამ დაბადა ადგილობრივი წარმოება მინის მრავალწახნაგა საბეჭდაეთა ჩამოსასხმელად, რომლებიც აქ დიდი პოპულარობით სარგებლობდნენ /19/.

მაგალითების მოყვანა შორს წაგვიყვანდა, მითუმეტეს, რომ ამავე თაეში განვიხილავთ აღნიშნული პერიოდის მინების შესწავლის შედეგებს, რომლებიც შესრულებული იქნა რ. ბახტაძის მიერ.

აქ კი აღვნიშნავთ, რომ მინის წარმოება არ მიეკუთვნება ხელოსნობის ისეთ დარგებს, რომელთა ათვისება შესაძლებელია მოკლე დროში. მას, მეტადრე იმ პერიოდში, სჭირდებოდა საკმაოდ ხანგრძლივი შესწავლა-დახელოვნება, ნელაელის შერჩევის უნარის გამოუმუშავება, რომ არაფერი ეთქვათ იმ რთული პროცესის ათვისებაზე, რომელსაც მინის ხარშვა და მისგან მინის ნაკეთობის დამზადება ჰქვია. მხოლოდ იმ შემთხვევაში, თუ არსებობს გარკვეული ტრადიციები, შესაძლებელი ხდება მინისა და მისგან მიღებული ნაკეთობების წარმოება. ამ თვალსაზრისით მეტად მნიშვნელოვანია ნატეხურსა და ორბეთში /13/ აღმოჩენილი მინის სახარში ღუმელების ნაშთები, ურბნისში აღმოჩენილი მინის ორი ზოდი /6/. ჩვენთვის საგულისხმოა ის ლიტერატურული წყაროები, რომლებიც თუმცა ძე.წ. VI ს-ზე გვიანდელ პერიოდს მიეკუთვნებიან, მაგრამ შეეხებიან მინის „კეთებას“. მნიშვნელოვანია იოანე მოსხის მიერ „ლიმონარში“ (Xს) მოყვანილი ციტატა: „მე ჭიქისა მოქმედი ვიყავ და მხურვალეებისა მისგან ცეცხლისა დაებრმი“ /21/. აღნიშნული მეტყველებს იმაზე, რომ მხოლოდ მრავალსაუკუნოვანი ტრადიციების შედეგად იყო შესაძლებელი იმ პერიოდისათვის მაღალწარმოებლური თბოტექნიკური აგრეგატების აგება, სახელოსნოების მოწყობა, ცოდნა იმისა, თუ რარიგ რთულია მინის წარმოება.

უძველესი დროიდან გაპრებისა და სასახლეების მოსაპირკეთებლად იყენებდნენ მრავალფეროვან კუბიკებს, რომლებსაც ამ-

ზაღებდნენ სხვადასხვა ფერის ნახევრადქვირყასი ქვებისაგან, როგორცაა: მალაქიტა, ლაზურიტი, აქატი, ობსიდიანი, ოპალი, იასპი და სხვა.

ძე.წ. III-I სს. სამოზაიკე მასალად, ვარდა ზემოთ ჩამოთვლილისა, დაიწყო ფერადი სმალტის გამოყენება, რომლის ხელოვნებასაც მინის წარმოების ანტიკური ხანის ოსტატები კარგად ფლობდნენ.

მოზაიკაში მინის გამოყენების შესახებ პლინიუსი წერდა, რომ ეს იყო „ახალი აღმოჩენა“ /5/.

საქართველოში ადრეფეოდალური (VI-XII სს) დროიდანვეა ცნობილი მოზაიკურ მხატვრობაში სმალტების გამოყენება. კერძოდ: მცხეთის ჯერის მცირე ტაძრის მოზაიკა (VI ს), შორეთისა და წრომის ტაძრების მოზაიკა (VII ს) და ფეოდალური ხანის კელის მონუმენტური მხატვრობის ბრწყინვალე ნიმუში – გელათის მოზაიკა (XII ს), რომელიც მსოფლიო მნიშვნელობის ძეგლს წარმოადგენს.

ამ სიას, ჩვენი აზრით, უნდა დაემატოს ქ. იერუსალიმთან ახლოს. ბირ-ელ-კუტის წმ. თეოდორეს ქართული მონასტრის (V-VI სს.) მინის მოზაიკა. მაროალია. მონასტერი საქართველოს ფარგლებს გარეთ მდებარეობს, მაგრამ, როგორც ერთი მოზაიკური წარწერიდან ჩანს, მოზაიკის დაფენაში, და შესაძლოა მის დამზადებაშიც, უშუალოდ ქართველი ბერები იღებდნენ მონაწილეობას. მოზაიკის იატაკზე ყველა წარწერა შესრულებულია ასომთავრულით /22/.

საქართველოში ხდებოდა არა მარტო კელის მოზაიკური მოხატვა, არამედ სამოზაიკო კენჭების ალგილობრივი დამზადებაც. სპეციალისტები აღნიშნავენ წრომის მოზაიკის კენჭების ზედმიწევნით მსგავსებას ორბეთულ კენჭებთან, რაც აუიქრებინებთ, რომ ეგებ სწორედ ორბეთში ყოფილა (ოღონდ შესწავლილ სახელოსნოზე ბევრად ადრე არსებულში) ნაკეთები ის ღებგალები, რომლითაც შეულგენიათ მოზაიკური ნახატი წრომში.

XI ს-ის საისტორიო ძეგლში „გარდასულ წელთა ამბავი“ მოიპოვება მასალები იმის შესახებ, რომ კიევის წმინდა სოფის ტაძრის მოზაიკით შემკობაში მონაწილეობა მიუღიათ ობეზ, ე.ი. აფხაზ, ანუ დასავლეთ საქართველოდან ჩასულ ხელოსნებს /23/.

კიევი-პეჩორის მონასტრის პაგერიკში (XI ს) არის მონაცემი იმის შესახებ, რომ დიდი ტაძრის მშენებლობისას კიევიში ჩავიდნენ ბერძნები და ობეზები, რომლებმაც ჩაიგანეს მუსია, მასალა მოზაიკისათვის, რითაც მორთეს ტაძრის საკურთხეველი /24/.

მინის მოზაიკებს შორის ყველაზე უფექტურია ე.წ. ოქროს სმალტა, რომლის კუბიკი შედგება მინის ორი ფირფიცისაგან, რომელთა შორის მოთაყსებულია ოქროს უთხელესი ფოლგა, ანუ ეახგანგ VI-ის გერმინოლოგიით „ოქროს ვარაყი“. სამწუხაროდ, თეით დამზადების ტექნოლოგიის შესახებ ჩვენამდე არაეითარ ცნობას არ მოულწეყია, რომლის საშუალებითაც შესაძლებელი გახდებოდა ძეელი საწარმოო პროცესის სრული სურათის აღდგენა. სამაგიეროდ, ამ ინფორმაციის ხარეეშს ერთგვარად აყსებს X-XI სს. გერმანელი აეგორის თეოფილეს ცნობილი გრაქტაგი „ჩანაწერები სხეადასხვა ხელოსნობის შესახებ“ /12/, რომელშიც საქმოდ დეგალურად არის გადმოცემული ოქროს სმალტის დამზადების ბიზანტიური წესი. ეინაიდან ბიზანტიური ტექნოლოგია ქართულისაგან განსხეეყებულ რაიმე თავისებურებებს არ შეიცაედა, თეოფილეს მონაცემები ქართული სინამდელისთეისაც შეიძლება იქნას გამოყენებული /25-26/.

ძეელ საქართველოში მინის ნაკეთობების დამზადების ტექნოლოგიის შესახებ ჩვენამდე არაეითარ წერილობით ცნობას არ მოულწეყია. დღემდე ქიმიური შინაარსის ერთადერთ უძველეს ხელნაწერად ითელება ეახგანგ VI-ის შრომა „წიგნი ზეთების შეზაეეებისა და ქიმიის ქმნისა“ (XVIII ს-ის დასაწყისი) /27/. ეახგანგმა არა მარტო გადაამუშაეა ზეპირსიტყეეერი თუ წერილობითი მასალები და გაუკეთა შესაბამისი კომენტარები, არამედ წიგნში შეიგანა დიდი რაოდენობით ორიგინალური საკითხები.

ჩეენთეის ნაშრომი იმით არის განსაკუთრებით საინტერესო, რომ მასში აღწერილია ქურის ამენებისა და მოქმედების პრინციპი; ეერადი მინების ხარშის ტექნოლოგია და ხელოვნური ძეირუასი ქეების (სტრაზების) რეეეპტები; საკორექციო მინების დამზადების ტექნოლოგიური პროცესი, რომელიც ძირითადად ემთხეეეა დღეეანდელ ოპტიურ სახელოსნობეში წარმოებულ პროცესებს; ღურბინდის დამზადების ტექნოლოგია; მინების გასხეეა და სხე.

ყოეელიეე ზემოთ აღნიშნული მიგითითეებს იმაზე, რომ საქართველოში მინის მიღების გრადიციები ჩაისახა ძე.წ. VIII საუკუნეში და მომდღენო საუკუნეებში ვითარდებოდა არა ისე სისგემატურად, როგორც ეს იყო ეგეეეეეში, ათეული საუკუნეების განმავლობაში უწყეეეეად, არამედ იმ ხანმოკლე მშეილობიან პერიოდებში, რომლებიც არტთუ ისე ხშირი იყო ჩეენს ქეეეანაში.

მინის მრეწეეელობა საქართველოში ვითარდებოდა ხან ერთი, ხან მეორე რეგიონში. მინის ნაკეთობათა მიღება უშუალოდ უნდა ყოფილიყო დაკაეემირებული ამა თუ იმ რეგიონის ფუნქციონალურ

მნიშვნელობასთან. ამის კარგ მაგალითს წარმოადგენს ნაკეთობები აღმოჩენილი გემო რაჭასა და შიდა ქართლში დათარიღებული ძე.წ. V-III და ახ.წ. I-VI სს. მათზე შეჩერდება ჩვენი ყურადღება.

დავიწყოთ იმით, რომ მინის, როგორც სპეციფიკური ბუნების მქონე მასალის, გამოიყენებას ნაკეთობათა მისაღებად მსოფლიოში მიმართავენ ძე.წელთაღრიცხვის თუ მეორე არა, პირველ ათასწლეულში ნამდვილად. მანამდე იყო ფაიანსი, ჭიქური და სხვა მასალა, რომელშიც შერწყმული იყო ამორფული და კრისტალური მყარი სხეული. ამაზე მიგვითითებს მრავალ ქვეყანაში აღმოჩენილი ნიმუშები.

ამ კანონზომიერებას არ ემორჩილება მხოლოდ ორი ნიმუში. ერთი მათგანია ღია მწვანე ფერის მძივის ბურთულა, რომელიც დათარიღდება ძე.წ. 3500 წ-ით, მეორე კი შავი ფერის ისეთივე მძივის ბურთულა - დათარიღებული ძე.წ. 3300წ-ით. ორივე მძივი აღმოჩენილია ფლინდერს პეგრის მიერ ქთებუსთან ახლოს /5/, ეფიქრობთ, მხოლოდ ამ ორი მაგალითის არსებობა გვაძლევს უყლებას ვივარაუდოთ მათი მიღების შემთხვევითობა.

აღნიშნული კანონზომიერება მართებულია საქართველოსთვისაც. როგორც აღინიშნა, პირველი ნიმუშები, რომლებიც შეიკადრებენ მინისებურ მასას (ჭიქური, შემცხვარი მასები და ა.შ.), მიეკუთვნება ძე.წელთაღრიცხვის III ათასწლეულს.

საკუთრივ მინისაგან დამზადებული ნაკეთობები დათარიღებულია ძე. წელთაღრიცხვის I ათასწლეულით. აქედან გამომდინარე, შეიძლება დავასკვნათ, რომ მინის კეთებამდე კაცობრიობა მიდიოდა თანდათანობით. ამისათვის საჭირო იყო კრისტალური ნარევიების ამორფულ მყარ მდგომარეობაში გადაყვანის ხერხებისა და საშუალებების დახვეწა. ასე იყო ყველგან და მათ შორის საქართველოშიც.

1951 წლიდან ურბნისში წარმოებულმა გათხრებმა გამოავლინა სამი კულტურული ფენა: გვიანბრინჯაოს, ელინისტური და ანტიკური /28/. უძველეს ფენაში, რომელიც ძე.წელთაღრიცხვის III ათასწლეულის პირველ ნახევარს მიეკუთვნება, სხვა მასალასთან ერთად, აღმოჩენილი იქნა ლითონისა და მინისებური მასისაგან ნაკეთები მძივები. ამ უკანასკნელს გათხრების ავტორები მიაკუთვნებენ მინისაგან დამზადებულ ნაკეთობებს, მაშინ, როდესაც მასალა, რომლისგანაც ეს მძივები იყო დამზადებული, აღმოჩნდა ქალცედონი, ოპალი, მთის ბროლი და სარდიონი, რაზედაც სამართლიანად მიუთითებს რ. ბახტაძე /29/. ყველა სახის მძივში აღმოჩნდა სხვადასხვა ოდენობის ამორფული მასა.

დაახლოებით იგივე განმეორდა თრიალეთში, გომარეთის პლაგოზე მურგაკეგის ყორღანების გათხრისას აღმოჩენილი მძივების შემთხვევაში, რომლებიც შუა ბრინჯაოს ხანით თარიღდება. აქ მოპოვებული მინისებური მასისაგან დამზადებული მძივები /29/-ში მოყვანილი აღწერით, მიეკუთვნება შეცხოვით და არა სპეციალურად მომზადებული კაზმის ხარშით მიღებულ ნაკეთობებს, თუმცა აღწერილია, როგორც მინისაგან დამზადებული.

როგორც ჩანს, ურბნისსა და თრიალეთში მოპოვებული ნაკეთობები დამზადებული იყო არა ნარეყების გაღობითა და შემდეგ დაყალიბებით, არამედ მათი შეცხოვით. ის, რაც რ. ბახგაძის მიერ შეფასებულია „დაფხვიერებულ მინად“ ანუ „ფრიგელ“, შესაძლოა იყო მყარფაზა რეაქციების (შეცხოვისას) და მათი ადვილდნობადი ევტექტიკების წარმოქმნის შედეგი. უფრო დასაბუთებული მოსაზრების გამოთქმა შეუძლებელია ამ მასალების სისტემაგური კვლევის ჩატარების გარეშე. გვიანბრინჯაოს ხანას მიეკუთვნება სამთავროს სამაროვნის უძველესი სამარხები.

ვინაიდან რ. ბახგაძის ნაშრომი /29/ ერთადერთია, რომელშიც წარმოდგენილია გათხრებისას მოპოვებული 18 ნიმუშის სექტორალური ანალიზითა და მიკროსკოპული კვლევით დადგენილი შედეგნილობების შეფასების მცდელობა, მიზანშეწონილად მივიჩნით კრიტიკულად გაგვეანალიზებინა მასში მოყვანილი მასალები.

რ. ბახგაძე ერთერთი იმასაგანია, ვინც ყოფილ სსრკ-ში მმართა არქეოლოგიური მინების ქიმიურ-გექნოლოგიურ შესწავლას და ეყრდნობოდა როგორც არქეოლოგიაში მიღებულ კვლევის ძირითად მეთოდებს, ისე მინის ბუნების კვლევის რიგ გექნოლოგიურ ხერხებს. ამ კვლევით მიღებული მასალების ახსნისას რ. ბახგაძის მიერ გამოთქმულია მრავალი მართებული დასკვნა, რომელიც ეუუძნებოდა ლიგერატურული წყაროების ღრმა ანალიზს. ამავე დროს, მის ნაშრომში მოყვანილია ამა თუ იმ მოვლენის ახსნა, რომელიც, ჩვენი აზრით, მინის ქიმიისა და გექნოლოგიის თვალსაზრისით მოციერთ გაუგებრობას იწვევს. მოვიყვანოთ მაგალითები.

№ 12-54. 1033 ცისფერი მძივის დახასიათებისას რ. ბახგაძე აღნიშნავს, რომ მძივის მასა ძირითადად ფხვიერია, მაგრამ შეიცავს შედარებით მაგარ ნაწილაკებს. „მხედველობის არეში მრავალი ბუშტულა ჩანს“... და ასკენის, რომ „ბუშტებისა და გაუსხნელი ნაწილაკების შემცველობა იმის მაჩვენებელია, რომ მინა მთლიანად არ არის გამოდნობილი“. აქ მოყვანილ აღწერაში, მინის გექნოლოგიის თვალსაზრისით, ორი ერთმანეთის გამომრიცხავი ცნობაა მოყვანილი. თუ მასა ძირითადად ფხვიერია, როგორ განისაზღვრა

ბუმგები და „გაუხსნელი“ ნაწილაკები. თუ ბუმგები და „გაუხსნელი“ ნაწილაკები მასის „მაგარ“ ნაწილაკებს ეხება, მაშინ საღარის მინისებური ფაზა. შეიძლება კი ემსჯელოთ მინის „გამოდნობის“ ხარისხზე, თუ არ დადგინდა მინისებური ფაზის არსებობა? დასკვნა ძლიერი გამოტყუების (გამოფიტვის) შესახებ შესაძლოა მართებულია, მაგრამ რა მასალამ განიცადა გამოფიტვა, დასადაგენია. ეს რომ მინა არ იყო დასაგურებს სპექტრალური ანალიზი.* არც გამოტყუების (გამოფიტვის) შედეგად „სილიციუმის ჩონჩხის“ ** მიღებით არ შეიძლება მინის დახასიათება. როგორც ჩანს, აქ საქმე გვაქვს შეცხობით მიღებულ ნაწარმთან და მისი დამზადება მიმდინარეობდა არა მინის ნაღობის დაყალიბებით, არამედ შეცხობით, თუქცა ამ საკითხის დასადაგენად საჭიროა დამატებითი კვლევები.

წითელი ფერის № 12-54:1033 მძივის აღწერისას რ. ბახტაძე მიაკუთვნებს მას „ნატრიუმ-კალციუმ-სილიციუმიან“ მინებს.***რომლის შესადაგებად, აგეორის ეარაუდით, გამოიყენებოდა „სპი-ლენძის ქვეყანგი“. „მძივის ძირითადი მასა, რომელიც მოყვითალო ფერისაა, გყვითია და ანთიმონით არის შეფერილი“. აღნიშნული მოსაზრება გამოთქმულია სპექტრალური და არა, როგორც აგეორი აღნიშნავს, ქიმიური ანალიზის საფუძველზე და არ იძლევა ამგვარი დასკვნების გამოგანის უფლებას (მინების შეფერილობის შესახებ იხ.ქვემოთ).

იგივე შეიძლება ითქვას სხვა მძივების განხილვის შემთხვევაშიც. მიკროსკოპული კვლევის მეთოდების მოხშობა და მათ საფუძველზე გამოთქმული მოსაზრებები, არამც თუ ასაბუთებენ სპექტრალური ანალიზით მიღებულ შედეგებს, არამედ, ხშირ შემთხვევაში, მეგად ართულებენ შესწავლილი ობიექტის ბუნების შემეცნებას. მაგალითისათვის მოვიყვანოთ № 12-54.16 მძივის (ცისყერი) აღწერის ერთი ფრაგმენტი. სპექტრალური ანალიზით

*სპექტრალური ანალიზის საფუძველზე მეგად რთულ პრობლემას შეადაგენს მინისებური მასალის იდენტიფიკაცია, რადგან მინას ახასიათებს არა მარტო ამა თუ იმ ოქსიდის არსებობა, არამედ ოქსიდების შემეველობის ზღვრები და ფარდობები.

** დამევებელია უზუსტობა. „სილიციუმის ჩონჩხი“ არ არსებობს. თუ განხილვა მინა, მიღებულია ცნება კაყბადაყბალოფანი ან კაყმიწის ჩონჩხის (კარკასის) ხმარება.

*** ნამრომში ხშირია მინის გექსროლოგიაში გამოყენებადი ცნებების თვისებური შეეცლა: „სილიციუმიანი მინების“ ნაცელად უნდა იყოს „სილიკატური მინები“, „გამოდნობის“ ნაცელად - „ხარმეა“ და ა.შ.

დადგენილია: Si-ძ. ბერი; Ca, , Na, K, Fe, Al, Mn-ბერი; Cu, Pb-მური; Ag, Ba, Sr-კეალი; Ti-არის.

ამ მონაცემების შედარებისას № 12-54:1033 მძივის მონაცემებთან, თითქმის ვერავითარ განსხვავებას ვერ ეპოულობთ: Si-ძ.ბერი; Ca, Na, Fe, Al, Mn-ბერი; Mg-მური; Cu, Pb-მური; Sr, Ag-კეალი; Ti-არის /29/. თუმცა, პირველში ცისფერის ფონზე წითელი ფერის ნაწილაკები შეიმჩნევა, მეორეში კი – ყვითელი და წითელი ფერების შერწყმაა. ამ მონაცემების როგორი შეჯერებით შეიძლება მიგველო რადიკალურად განსხვავებული მოსაზრებები, რომ პირველ მინაში ცისფერი შეფერილობის მიზეზია „სპილენძის ჟანგი“, ხოლო წითელი ფერი ან „გაუხსნელი“ ნაწილაკები რკინის ოქსიდის ან ლითონური სპილენძის არსებობის შედეგია. მეორე ნიმუშში კი ყვითელი ფერი მინას ენიჭება „ტყვიითა და ანთიმონით“, ხოლო წითელი - „სპილენძის ქვექანგით“?

ძე.წ. V-III საუკუნეებში და უფრო ადრე წარმოებულ მინის ნაკეთობათა შორის უმნიშვნელოვანეს მონაპოვარს წარმოადგენს რაჭაში (სოფ. ღების შემოგარენში) ბრილში აღმოჩენილი მინის ნაწარმი, რომელიც ძირითადად მძივებითაა წარმოდგენილი. მიუხედავად იმისა, რომ თვით მინის წარმოების ნაშთები არ იყო აღმოჩენილი, მინების სიუხვე (ზოგ სამარხში მათი რაოდენობა 2 კგ-მდე აღწევს /15/), წუნდებული და მინის ლეწის კონსტრუირებულად განლაგებული გროვები უფლებას გვაძლევს ვივარაუდოთ რაჭაში მინის წარმოების არსებობა.

ბრილის მინის მძივების სისტემაგური კვლევის ერთადერთ შემსწავლელად წარმოგვიდგება რ. ბახგაძე. მან შეისწავლა 30 ნიმუში. სამწუხაროდ, როგორც ჩანს, კვლევაში ამ შემთხვევაშიც არ მონაწილეობდა მინის გექნოლოგიის სპეციალისტი, რამაც მოპოვებული მინების ბუნების აღწერისას რიგი უზუსტობანი გამოიწვია.

ბრილის მინების შესწავლისას, რიგ შემთხვევაში, რ. ბახგაძე მიმართავს ქიმიური შედგენილობის დადგენის კომბინირებულ ხერხს, რომელიც მოიცავს სპექტრალური და ქიმიური ანალიზის საშუალებებს. ამ მეთოდებით შესწავლა საშუალებას იძლევა ვიმსჯელოთ მინების ბუნებაზე სუბიექტურ მოსაზრებათა ნაკლები წილით და ამიგომ ჩვენ შევჩერდებით მხოლოდ იმ მძივებზე, რომელთა შედგენილობა წარმოდგენილია ქიმიური და სპექტრალური ანალიზების საფუძველზე /ცხრ. I/.

თავიდანვე აღენიშნავთ, რომ რ. ბახგაძეს გამოორჩა ძველი მინების დასახასიათებლად ძეგად მნიშვნელოვანი კომპონენტის გა-

ნსამღერა, რომლის საშუალებითაც შეიძლებოდა მეტი ობიექტურობით გვემსჯელა შესწავლილი მინების ბუნებასა და წარმოშობის მრავალ ასპექტზე. ეს კომპონენტი SO_3 . მიუხედავად ამისა, რ. ბახგაძის მიერ წარმოდგენილი მოსაყემები მეტად საგულისხმოა ძველი ოსტაგების მომზადების დონისა და უნარის შესაფასებლად.

ბრილის საწარმოს ოსტაგები /29/-ში წარმოდგენილი მონაცემების მიხედვით, კარგად ფლობდნენ ცოდნას იმის შესახებ, თუ რა ნელეული რა გავლენას ახდენს მინის შეფერილობასა და ტექნოლოგიურ თვისებებზე.

ოქსიდების სხვადასხვა ოდენობის შემცველობის დადგენა სხვადასხვა მინებში მიგვითითებს იმაზე, რომ აღნიშნული კომპონენტები შეიყვანებოდა არა ძირითადი ნელეულით, არამედ სპეციალურად, მინის გარკვეული თვისებების მისაღწევად. იგივე ითქმის სტიბიუმის ნაერთებზე (სამწუხაროდ არ იყო განსამღვრული დარიშხანი). მეტად საგულისხმოა ის ფაქტიც, რომ მინაში შემავალი ძირითადი ოქსიდების (SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , CaO , Na_2O) თანაფარდობები უახლოვდება ანალოგიურ თანაფარდობებს თანამედროვე მინებში SiO_2 -ის ნაკლები და Na_2O -ს მეტი ოდენობით, რაც გამოწვეული იყო იმდროინდელი თბოტექნიკური დანადგარების არასრულყოფილებით. მაღალი ტემპერატურის მიღწევა მაშინ გამოყენებული საწვევით ძნელად განსახორციელებელი იყო და ამიტომ ქეიმის რაოდენობა კაშმში ნაკლები უნდა ყოფილიყო, ხოლო გუტების-მეტი.

მეტად გასაკვირია მინის შედგენილობაში K_2O -ს მეტად მცირე რაოდენობის არსებობა. გამოწვეულია ეს ანალიზისას დაშვებული შეცდომით, თუ ბრილში საწვევად იყენებდნენ განსაკუთრებულ მასალას - ამის დადგენას სჭირდება დამატებითი კვლევა.

აქაც, ისევე როგორც სამთავროს მძივების განხილვისას, რ. ბახგაძე რიგ შემთხვევაში გეთავაზობს ჩვენი აზრით არაკორექტულ დასკვნებს, რომლებიც ძირითადად ტექნოლოგიურ საკითხებს შეეხება. მაგ. რიგით მესამე მძივის ოდნავ ცისფერ შეფერილობას ავტორი ხსნის სპილენძის მოქმედებით, რომლის რაოდენობა სპექტრალური გრადაციით „მიკრება“; მეჩვიდმეტე მინაში ცისფერი შეფერილობის მიზეზად სპილენძთან ერთად დასახელებულია კობალტიც, რომელიც ამ მინაში არ იყო აღმოჩენილი; მეცხრამეტე მინის ყვითელი შეფერილობის მიზეზად მოხსენიებულია ტყვიის ეანგი და ანთიმონის სულფიდი, ისევე როგორც ოცდამესამე მინაში, მაშინ, რო-

დესაც მათი რაოდენობა მკვეთრად განსხვავდება; მეგალ თავისებურად არის ახსნილი „გამოდნობის“ ხარისხი და ა.შ.

რ. ბახგაძის აზრით, რაკის მინების სინქრონული მინის მძივები ცნობილია კამარახევიდან, მცხეთის მახლობლად, წიწამურის მთის აღმოსავლეთით, და თარიღდება ქ.წ. VI-IV სს /30/. მოპოვებული მძივები გამოირჩევიან ფერთა სიუხვით და ფორმის სიმრავლით. გვხვდება თეთრი, მუქი ლურჯი, ყვითელი, ღია ცისფერი და ღია მწვანე ფერის მძივები. ფორმის მხრივ გვხვდება ბიკონუსური, მრგვალი, ცილინდრული, ამფორისებრი, წაკვეთილი კონუსისებრი და სხვ. სახის მძივები. რ. ბახგაძის მიერ შესწავლილი იყო შეიდი ნიმუში, რომელთა შორის იგი მიკროსკოპის არეში ბუშგულაკების რაოდენობის მიხედვით ასხვავებს „ეულად გამომდნარ“ და „სუფთად გამომდნარ“ მინებს. რ. ბახგაძის მიერ მოცემული შეუასება დიდად არ განსხვავდება სამთაეროსა და ბრილის მძივების შეუასებისაგან, ვარდა ერთი ნიმუშისა – მძივე უფერული, გამჭვირვალე მინისა (სამარსი 9, ნიეთი № 59). ამ მინისათვის დამახასიათებელია მაღალი გამჭვირვალეობა და ელვარება, „რომელიც ბრილისთვისაა დამახასიათებელი“. ამით მთაერდება რეალობასთან ახლო მყოფი აღწერიტი ნაწილი. შემდგომში რ. ბახგაძის მიერ გამოთქმული მოსაზრებები სცილდება მინის გექნოლოგიასთან დაკავშირებულ ცნებებს. აეტორი მიიჩნევს, რომ ელვარების მიზეზი არის არა გყეიის ქანგი, რომელიც „გამოიწვევდა მინის ყვითლად შეფერვას“, არამედ მინის კაზმში „სპეციალურად უნდა იყოს დამატებული ლითონური გყეია“, მეტიც, თურმე იმდროინდელ ოსტატებს შეჰყავდათ გყეიის ოქსიდი აღმდგენელთან ერთად. შესაძლოა, ძველმა ოსტატებმა ოპტიმალური შედგენილობისა და ხარისხიანი მინის მისაღებად კიდევაც მიმართეს ამ ხერხს და თუკი მიმართეს, დარწმუნდებოდნენ, რომ ამ ხერხით არამე თუ ხარისხიანი მინის მიღება არ შეიძლება, არამედ უნდა ებრძოლათ გყეიის ოქსიდის ლითონურამდე აღდგენის თაეიდან ასაცილებლად, რათა ეს უკანასკნელი არ გამოყოფილიყო მინის მასიდან და არ დალექილიყო ქოთნის ძირზე მინის გექნოლოგიაში კარგად ცნობილი „ლეიძლის“ მიღებით.

სხვა მინების აღწერაშიც რ. ბახგაძის მიერ დაშვებულია გექნოლოგიის თეალსაზრისით არაკორექტული გამონათქვამები.

ცხრილებში მოყვანილი მონაცემების შესახებ აუცილებელია აღინიშნოს შემდეგი: უმეტეს შემთხვევაში, მინაში შემავალი ოქსიდების ჯამი არ უტოლდება 100 მას. %-ს. ვადახრები აღემატებიან ქიმიური ანალიზით დაშვებულ ზღვრებს. შესაძლოა, ბრილის მინებში არ არის გათვალისწინებული ხურებიტი დანაკარგები, მაგრამ

[29]-ში წარმოდგენილი მძივების ქიმიური და სპექტრალური ანალიზი

მოპოვების ადგილი	სიმუხის დასახელება	მულტიქლომა ქიმიური ანალიზით, მას%										
		SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O				
ბრილი	მძივი უფერული, გამჭვირვალ-დაღარული	68.34	3.36	0.38	6.82	1.63	18.60					
	უფერული, გამჭვ. ლურჯი სარკულ. დაღ.	62.94	4.09	0.92	42.52*	1.27	18.63					
	ლურჯი ფერის, გლუვი	62.32	3.17	0.93	6.79	4.15	21.14					
	ლურჯი, დიდი ზომის, დაღარული	66.24	2.45	2.04	7.65	1.16	18.31					
	ოღახე ცისფერი, ყვითელი სარკული	65.30	3.41	0.39	5.82	3.15	17.68					
	ყვითელი, ლურჯი თელვებით და თეთრი მოღვებით	64.62	5.53	0.65	3.60	2.68	17.16					
	ლურჯი, გლუვი	66.34	3.73	1.13	5.70	2.39	19.89					
	ყვითელი *	59.77	5.57	1.53	4.46	2.13	2.93					
	მომავლ. ფერის	51.30	3.03	1.60	4.72	3.19	29.68					
	ცისფერი, წითელი თელვებით	54.88	7.52	0.33	5.51	2.83	28.54					
	იისფერი	63.00	4.96	1.32	6.82	3.85	22.28					
	ყვითელი	59.80	3.16	1.28	4.47	-	22.00					
კამარახე	თეთრი, დახმული, ლურჯი თელვებით	61.98	3.00	1.22	7.5	2.16	21.15	2.60				
	მუქი ლურჯი, მრგვალი	65.27	1.53	1.13	6.62	3.81	22.0	1.00				
	თეთრი, გამჭვირვალე	66.80	4.10	0.17	5.19	2.90	15.20	2.00				
	მოყავისფერი ყვითელი	64.08	2.20	1.93	9.02	4.53	21.31	2.00				
	ცისფერ-არაგამჭვირვალე	74.64	3.00	1.33	7.79	-	13.3	2.00				
	ლურჯი, პატარა	63.20	2.00	2.26	8.69	3.16	17.50	2.10				
	ყვითელი	58.30	7.52	2.34	7.58	3.39	16.50	1.50				

შოპოების ადგილი	ნიმუშის დასახელება	სპექტრალური ანალიზი, კრალაქია												
		Mn	Cu	Co	Ni	Pb	Sb	Ba	Sr	Σ				
ბრილი	მძიე უფერული, კამკედაღარული უფერ. ვაშკე, ლურჯი სარკველ. დაღ.	კმ.	მც.	--	--	მც.	მც.	მც.	--	მც.	მც.	მც.	კმ.	99,1
	ლურჯი ფერის, ალუქი ლურჯი, ღივი ზომის, დაღარული	--	მც.	არის	--	მც.	მც.	მც.	--	მც.	მც.	მც.	კმ.	130,4
	ოდნე ცისფერი, ყვითელი სარკველი ყვითელი, ლურჯი თიქლებით და თეთრი მოღლებით	--	მც.	--	--	(PbO) 0,93	ბე.	--	--	ბე.	--	--	--	96,7
	ლურჯი, ალუქი	--	მც.	არის	--	(PbO) 2,00	მც.	მც.	--	(Sb ₂ O ₃) 1,66	მც.	--	--	97,9
	ყვითელი	არის	კმ.	--	--	მც.	მც.	--	--	მც.	--	--	--	99,2
	მთავო ფერის	ბე.	კმ.	--	--	(PbO) 3,09	არის	კმ.	--	--	--	--	--	79,5
	ცისფერი, წითელი თიქლებით	--	მც.	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	93,5
	იისფერი	არის	კმ.	--	--	მც.	--	--	--	--	--	--	--	99,6
	ყვითელი	კმ.	მც.	--	--	(PbO) 6,13	--	--	--	--	--	--	--	102
კამარახევი	თეთრი, დაბმული, ლურჯი თიქლებით	მც.	ბე.	მც.	კმ.	ბე.	ბე.	მც.	--	ბე.	მც.	--	--	99,6
	მუქი ლურჯი, მრგვალი	კმ.	მც.	არის	მც.	--	--	მც.	--	არის	--	--	მც.	101,4
	თეთრი, ვამკერგალე	--	მც.	--	--	(PbO) 4,10	--	--	--	--	--	--	მც.	100,1
	მრგვალფერი ყვითელი	--	ბე.	--	--	ბე.	--	--	--	--	--	--	--	105,1
	ცისფერი, არავამკერგალე	--	მც.	მც.	კმ.	--	--	მც.	--	ბე.	--	--	კმ.	102,1
	ლურჯი, პატარა	--	მც.	ბე.	--	(PbO) 5,16	--	--	--	--	--	--	--	104,1
	ყვითელი	--	მც.	არის	არის	ბე.	მც.	--	--	მც.	--	--	--	97,13

• ცხრილებში მოყვანილი შედეგნილობა შესწორებულია: მთლიან ნაყელად 42,52 CaO-სი უნდა იყოს 12,52, შესაბამისად Σ 100,37. მერვე მინამი ნაყელად 2,93 NiO-სი - 12,93, შესაბამისად Σ 89,48.

ვაუგებარია, რით არის გამოწვეული კამარახევის მინების ოქსიდთა ჯამის 100 %-ზე მნიშვნელოვნად მეტი სიდიდეები.

დასასრულს უნდა აღინიშნოს, რომ რ. ბახგაძის მიერ ჩატარებულ ქიმიურ-გექნოლოგიურ კვლევას მრავალი არაკორექტული დასკვნის მიუხედავად, მეტად მნიშვნელოვანი როლი ენიჭება საქართველოში არქეოლოგიური მინებისადმი ახალი მიდგომის შემუშავების თვალსაზრისით. ისიც აღსანიშნავია, რომ შესაძლოა რ.ბახგაძის მისწრაფება, შეესწავლა ძველი მინები ქიმიური გექნოლოგიის მეთოდების მოხმობით, მოცვიანებით თ. გუგენაევს, ს.პაპუაშვილისა და მ. ჩხაგარაშვილის მიერ ბევრად უფრო სრულყოფილი კვლევის ჩატარების მიზნით გახდა /31/.

4. მინისა და მინის ნაწარმის ძველქართული სახელწოდებები

არქეოლოგიური გათხრების შედეგად დამტკიცებულია, რომ ძველი ქიმიური გექნიკის ერთერთ დაწინაურებულ დარგს საქართველოში მინის წარმოება წარმოადგენდა. სამწუხაროდ, გექნიკური ხასიათის ქართულ წყაროებს, სადაც მოცემული იქნებოდა ცნობები მინის წარმოების შესახებ, ჩვენამდე არ მოუღწევია. სამაგიეროდ, სხვადასხვა სახისა და დროის უძველეს ლიგერატურულ ძეგლებში ხშირად მოიხსენიება მინა და თანაც სხვადასხვა სახელწოდებებით. ამ ძეგლების დეტალური შესწავლა საშუალებას იძლევა გავეცნოთ მინასთან დაკავშირებულ გერმინოლოგიურ ცვლილებებს, რომლებსაც საუკუნეების მანძილზე ჰქონდა ადგილი.

საერთოდ, მინის, როგორც ნივთიერების, უძველეს სახელწოდებად მიჩნეულია სიტყვა „ჭიქა“. ივ. ჯაფახიშვილის მიხედვით, „ჭიქა“ მასალის მუწყებელი იყო და შემდეგში „ჭიქისაგან“ გაკეთებული სასმურის კუთვნილებად იქცა /32/. აღნიშნული მოსაზრების დამადასტურებელ არგუმენტს უნდა წარმოადგენდეს ერთერთ ყველაზე ადრეულ ქართულ ლიგერატურულ ძეგლში „შუშანიკის წამება“ (V ს.) მოყვანილი ერთი საგულისხმო ცნობა, რომლის თანახმაა - დაც შუშანიკს „ . . . ცოლმან ჯოჯიკისმან მთართვა ღვინო ჭიქითა“, ხოლო შუშანიკმა „ . . . განყარა ხელი და ჭიქა იგი პირსა შეაღწა. . .“ /33/. ცხადია, „ჭიქა“ ამ შემთხვევაში სასმისის მნიშვნე-

ლობით არის ნახმარი. ამავე დროს, აქ თითქოს მის მასალაზეც უნდა იყოს მინიშნება სიგყვა „შელეწვის“ მეშვეობით. რომელსაც აუგორი ისეთი არამსხერვეადი ჭურჭლის მიმართ არ გამოიყენებდა, როგორც არის ხის, ან რაიმე ლითონისაგან დამზადებული ნაკეთობა. აქ მხოლოდ მინის ნაგიფი თხელკედლიანი სასმისის ტიპი უნდა იგულისხმებოდეს, რომელიც არქეოლოგიური მონაცემების თანახმად, იმ დროისათვის საქართველოში უკვე იყო გავრცელებული მაღალი წრის ყოფაში (აღსანიშნავია, რომ მინისათვის დამახასიათებელმა მსხერველობამ, ანუ „ლეწვადობამ“ თანამედროვე გექნიკურ ლიგერატურაში კიოვა ასახვა დასხერვეული მინის მასის აღმნიშვნელი „ლეწის“ სახით). ის ფაქტი, რომ „მუშანიკის წამებაში“ „ჰიქა“ სასმისის სახით მოიხსენიება, იმის მაჩვენებელია, რომ სიგყვა „ჰიქა“ მასალის მნიშვნელობით უფრო ადრე იყო ცნობილი და იმ დროისათვის მისგან ჭურჭლის დამზადება იმდენად ჩვეულებრივ მოვლენას წარმოადგენდა, რომ მან უკვე V- ს-თვის მოასწრო სასმისის სახელწოდებაში გრანსფორმირება. სამწუხაროდ, თვითონ „ჰიქა“, როგორც მასალის აღმნიშვნელი გერმინი, იმ ადრეული პერიოდისათვის არ ფიქსირდება, როგორც წყარობის სიმცირის, ისე გერმინოლოგიური ხასიათის ძეგლების საერთოდ ჩვენამდე მოუღწევლობის გამო.

X-XI სს-ის ქართული მწერლობის ძეგლებიდან ჩანს, რომ ამ დროისათვის „ჰიქა“ სასმისის მნიშვნელობასთან ერთად, თავის თავდაპირველ მნიშვნელობასაც ინარჩუნებს. იოანე მოსხის „ლიმონარში“ (X ს.) გვხვდება: „მე ჰიქისა მოქმედი ვიყავ და მხურვალეებისა მისგან ცეცხლისა დაებრმი“ /21/. „ჰიქის მოქმედი“ პროფესიის აღმნიშვნელი ცნებაა. არსებობდა გერმინი „მეჰიქე“, რაც დადასტურებულია ი. აბულაძის „ძველი ქართული ენის ლექსიკონში“ : „ჯდა. . . მახლობელად საგზებელსა მეჰიქისასა და გფებოდეს“ /34/. სამწუხაროდ, წყარო მითითებული არ არის, თუმცა ის, ლექსიკონისათვის შეგროვებული მასალებიდან გამომდინარე, XI ს-ზე გვიანდელი ვერ იქნებოდა.

„ვისრამიანის“ (XI ს.) ქართულ თარგმანში ხშირად გვხვდება სიგყვა „ჰიქა“ : „მიბოძე, ვისო, ბროლისა ხელითა სახელმწიფო ჰიქა, რომელსა შიგან ღვინო შენისა დაწვისაებრ ღვას“; „მოყურობა [და მტერობა] ერთმანეთსა არ გაერევის მით რომელ ერთი ჰიქა არის და ერთი-რკინა“ /35/. როგორც ვხედავთ, პირველ შემთხვევაში „ჰიქა“ სასმისის, ხოლო მეორე შემთხვევაში- ნივთიერების მნიშვნელობითაა გამოყენებული.

„ვისრამიანისაგან“ განსხეავებით, „ეფესისგყაოსანში“ (XII ს.) „ჭიქა“ ყოველივის სასმისის მნიშვნელობით არის გამოყენებული: „ჯამი და ჭიქა - ყველაი ფერობისა და ლალისა“ /36/.

გიმოთე ვაბაშვილი (?-1764 წ.წ.) „ჭიქის“ ქვეშ გულისხმობს ნიეთიერებას: „ . . . ქორაკანდელნი ჭიქისანი და ეერცხლისანი“ /37/. საინგერესოა „ჭიქის“ სულხან-საბასეული (1658-1725წ.წ.) განმარგება. აღრეულ რედაქციაში (1715-1716 წწ-ზე აღრე) „ჭიქა“ განმარგებულია როგორც ნიეთიერება, რომლისგანაც შეიძლება სხედასხვა ნაკეთობის მიღება. უფრო გვიანდელ რედაქციაში კი, რაგომდაც, საბა „ჭიქის“ ქვეშ უკეე მინის ჭურჭელს გულისხმობს და ამავე ღროს სიგყვა „მინის“ განმარგებისას ის „ჭიქას“ ისეე ნიეთიერების მნიშვნელობით ხმარობს /38/.

ვახტანგ VI-ს (1675-1737 წ.წ.) თავის თხზულებაში „წიგნი ბეთების შეპაეებისა და ქიმიის ქმნისა“ გერმინი „ჭიქა“ გამოყენებული აქეს როგორც ნიეთიერების, ისე ჭურჭლის აღმნიშვნელად: „შერმე ის სინგური სამყით გალესე და რკინაზედ გინლოდეს, თუ ჭიქაზედ დასცხე“; „შერმე ნიშადური, ჭიქით რომ გამოგინდია. . .“ /27/. მხოლოდ ერთ შემთხვევაში, არ-რაზის მისეულ თარგმანში, რომელსაც ქვემოთ მოვიხსენიებთ, ნიეთიერება მინის სახით აქეს წარმოდგენილი.

ქართულ „ჭიქასთან“ ერთად, ძეელ ქართულ ლიგერატურაში ჩნდება ნახესები სიგყეებიც, რომლებითაც აღინიშნება როგორც ჭურჭელი, ისე ნიეთიერება. ამ მხრივ, ყველაზე საინგერესო სიგყვაა „შუშა“.

„შუშის“ ყველაზე აღრეული მოხსენიება უნდა გექონდეს აღიშის ოთხთავის (897წ.) მათესა და მარკოზის თავებში. მის განხილვამდე, ჯერ შეეხოთ ჯრუჭისა (936 წ.) და პარხლის (973 წ.) ოთხთავების მონაცემებს, რომლებშიც ვკითხულობთ: „რომელსა აქუნდა ალაბასგრი ნელსაცხებლისაი; მათე, 26,7“; „აქუნდა ალაბასგრითა ნელსაცხებელი; მარკოზი, 14,3“. აღნიშნულ შემთხვევაში ალაბასგრი მოიხსენიება ამავე ნიეთიერებიდან წარმოებული ჭურჭლის მნიშვნელობით. აღიშის ოთხთავის ქართველ მთარგმნელს ალაბასგრი-ჭურჭელი წარმოდგენილი აქეს „შიშ“-ით: „რომელსა აქუნდა შიშითა ნელსაცხებელი ღიდის სასყიდლისაი; მათე, 26,7“; „რომელსა აქუნდა შიშითა ნელსაცხებელი ნარღიონი პაგიოსანი; მარკოზი, 14,3“ /39/. შიშე/შიშ სპარსულად ნიშნავს ამჟულას, ბოთლს, ფანჯარას, ვიგრინას /40/. როგორც ვხედავთ, აღრეულ ეგაპზე, ქართულში ეს გერმინი სპარსული ფორმით არის გამოყენებული.

საინგერესო ის არის, რომ თუ „ჭიქა“ სასმისის სახელწოდებაზე გადასვლისას უკვე ზოგადად ყველა მასალისაგან დამზადებულ სასმისს აღნიშნავდა, „შუშა“ ქართულში მაინც დარჩა, როგორც მინისაგან დამზადებული ჭურჭლის აღმნიშვნელი ცნება.

აღსანიშნავია, რომ სულხან-საბა გერმინ „შუშას“ საერთოდ არ ხმარობს, როგორც მინის, ისე მინის ჭურჭლის მნიშვნელობით. ეს სიგვეა მას დამახინჯებულ გერმინთან „დამანთან“ აქვს გაიგივებული და ორივე შემთხვევაში შოთის ფორმით ჩამოსხმულ ლითონს გულისხმობს. სამაგიეროდ, ვახტანგ VI ძალზე ხშირად ხმარობს გერმინ „შუშას“ მინის ჭურჭლის მნიშვნელობით: „ . . . მერმე . . . ამაბით შუშა შეაესე“ /27/.

X-XI სს-დან გვხვდება სპარსულიდან შემოსული გერმინი „მინა“ და სპარსულად ნიშნავს მინანქარს, ჭიქურს, მოზაიკას /40-41/. საქართველოში აღრეულ ეტაპზე, როგორც ჩანს, გერმინი „მინა“ უფრო ფერადი მინის ნაკეთობის ან მინანქრის აღსანიშნავად იხმარებოდა. „პეტრიწონის წესდების“ (XI ს.) მიხედვით, „მინა“ მწყანე ფერის მინის ჭურჭელს აღნიშნავს /42/. XI-XVI საუკუნეების ლიტერატურულ ძეგლებში „მინა“ ხშირად გვხვდება მინანქრის მნიშვნელობით. ივანე ლიპარიგის ძის ანდერძში (XI ს.) ნათქვამია: „ . . . დავასუენე ხაგი წმინდისა გიორგი მთაეარმოწამისა ოქროისა მინაითა...“ . XV-XVI სს-ების ოთხთაეის მინაწერში ეკითხულობთ: „დაეწერე ეამსა სიბერისასა ჩემისასა ოთხთაეი და . . . მოვჭვლე მინაითა და თუალითა . . .“ /43/.

„მინა“, ისევე როგორც „ჭიქა“, იხმარებოდა ნიუთიერებისა და ჭურჭლის აღსანიშნავად. სულხან-საბაყ აღნიშნულ გერმინს სწორედ ამ ორი მნიშვნელობით ხმარობს. ერთ შემთხვევაში „მინა“ განმარტებულია, როგორც „ჭიქის საღვინე“ (ე.ი. მინის სასმისი, ანუ ჭურჭელი), ხოლო მეორე შემთხვევაში მინანქრის მნიშვნელობით ხმარობს, რაზედაც მიუთითებს მისეული განმარტება: „ჭიქა არს ფერადი ელვარედ შემზადებული ილეკროთა ზელა მხატ(ერ)ულად ქმნად შემზადებული“ /38/.

ვახტანგ VI გერმინ „მინას“ ხმარობს ჭურჭლის აღმნიშვნელად: „მერმე ერთს, ცოგად მიღმრულს მინაში გამოხადე“. იგი ზოგჯერ ჭურჭლის აღსანიშნავად ერთდროულად ხმარობს „მინასაყ“ და „შუშასაყ“: „ . . . მერმე მინაში ძალიანი ძმარი ჩაასხი, არაბული ხის წებო, აწლის წვენი-ამაუბით შუშა შეაესე“ /27/.

ათონის მონასტრის აღწერისას გიმოთე გაბაშვილი ამბობს: „ . . . ფანჯარანი თითოსახისა მინისა ყვაეილებად მოჭრილი, დიდი პოლიელეო და ხომლნი და ქორაკანდელნი ჭიქისანი და ყერცხლი-

სანი უცხონი” /37/. ამ შემთხვევაში, ყვაეილებად მოკრილი „მინა“ წარმოადგენს ფერადი მინისაგან დამზადებულ ვიგრაფს, ხოლო „ჭიქა“, როგორც შემოთ აღვნიშნეთ, მოიხსენიება როგორც ნიეთიერების აღმნიშვნელი.

XI ს-დან მოყოლებული, ქართულ ლიტერატურულ წყაროებში ხშირად გვხვდება გერმინის „ბროლი“ და ის ხშირ შემთხვევაში აშკარად მინის ცნებასთან არის დაკავშირებული („ბოლურ“-არაბულიდან შემოსული გერმინია და ნიშნავს ბროლს, მინას, კრისგალს). „ჰეტრიწონის წესდებიდან“ ცნობილია „სხეა ქსესტიონი ბროლისა“, ე.ი. ბროლის სასმისი /42/. დავით აღმაშენებლის ანდერძში ნათქვამია: „ბროლისა ბაზიჯისა და მინისა კადრებული. . .“ /32/. „ვისრამიანში“ ხშირადაა მოხსენიებული „ბროლი“: „ . . . მრავალი ბროლისა ჯამი, გაბაკნი და ოქროისა ჭურჭელი. . .“ /35/.

ესადაა, რომ ეს ჭურჭლეული მთის ბროლისაგან დამზადებული ვერ იქნებოდა, ვინაიდან გექნიკურად ძალზე ძნელი სამუშაო იყო შესასრულებელი. საერთოდ, ლიტერატურაში ცნობილია საკმაოდ მცირერიცხოვანი შემთხვევები, როდესაც მთის ბროლისაგან ამზადებდნენ ნაკეთობებს /44-45/.

ძველ რომში მინის ჭურჭელი ჩვეულებრივად მზადებოდა ფერადი მინისაგან, რადგანაც იგი არ მოითხოვდა განსაკუთრებულად სუფთა ნედლეულს. მაგრამ ყველაზე ძვირად ფასობდა გამჭვირვალე, უფერო მინის ჭურჭელი, რომლის დამზადებაც გექნიკურად შედარებით ძნელი იყო და გარეგნულად გავდა მთის ბროლს. ამიტომაც, მისი სახელწოდებაც ამავე გერმინით იყო წარმოდგენილი.

არ-რამის (IX ს.) განმარტებით, „მინა არსებობს სხვადასხვაგვარი. ყველაზე კარგი ხარისხისაა სირიული თეთრი (უფერული) გამჭვირვალე მინა, რომელიც თავისი თვისებებით გვაგონებს ბროლს“ /46/. სხვათაშორის, არ-რამის ფრაგმენტის ვახტანგ VI-სეულ თარგმანში, ეს წინადადება მოყვანილია ასეთი სახით: „მინა მრავალგვარია, მაგრამ შამისა სჯობს. ასეთი წმინდა უნდა იყოს, რომ ბროლსა გვანდეს“ /27/.

ბროლისა და უფერული მინის იდენტიურობაზე მიუთითებს ბირუნი (X ს.), რომელიც აღნიშნავს, რომ: „ბროლი არის ბუნებრივი მინა, ხოლო მინა (ჩვეულებრივი) – ხელოვნური პროდუქტია /44/.

„მინა“ და „ბროლი“ ხშირად გვხვდება „ეფთხისგყაოსანში“: „შემოვიდა დაწვი-ვარდი, ბროლ-ბალახში, მინა-სათი“; „ბროლ-ბალახშისა თლილისა, მის მიჯრით მიწყობილისა“ /36/. აქ „მინა“ და „ბროლი“ შედარების და მეტაფორის საგანია და სილამაჟისა და მშვენიერების გამოსახატავად იხმარება. რუსთაველი „მინას“ ფერა-

დი მინის მნიშვნელობით ხმარობს, ხოლო „ბროლში“ შეიძლება როგორც მთის ბროლს, ისე უფერო, გამჭვირვალე მინასაც გულისხმობდეს.

საბასეული განმარტებით, „ბროლი ბუნებით თესარი ქვაი არს ღა ჭიქისაგან შეიმზადება“ /38/.

ჩვენი აზრით, ქართულ წყაროებში მოხსენიებულ ბროლის ჭურჭელში თეთრი, უფერო მალაღსაზრისხიანი მინისაგან დამზადებული ჭურჭელი იგულისხმება. და თუ ისეც დაეუბრუნდებით „პეტრიწონის წესდებას“, რომელშიც სხვადასხვა ჩამონათეალოთან ერთად ნახსენებია: „სხვა ქსესგიონი ბროლისა. სხვა ქსესგიონი მწვანე, ეგრეთ წოდებული მინა“ /42/, შეგვიძლია ვთქვათ, რომ აქ დაპირისპირებულია ფერადი მინა (კონკრეტულ შემთხვევაში მწვანე) ბროლთან, რომელიც მინად აღქმის შემთხვევაში, მხოლოდ და მხოლოდ უფერულ მინად უნდა ეცნოთ /47/.

ქართულ ლიტერატურულ წყაროებში ხშირად გვხვდება ტერმინი „ჯამი“. „ჯამ“- სპარსული სიტყვაა და ნიშნავს თასს, ფიალას, ფანჯრის მინას /40-41/. „ჯამი“ ხშირად მოიხსენიება „ეისრაამიანში“: „... მრავალი ბროლისა ჯამი, ტაბაკი და ოქროისა ჭურჭელი. . .“ /35/.

თეიმურაზ II-ის ლექსში „ქება სრისა“ ვკითხულობთ: „და ფერად-ფერადის ჯამებით შესამებული ფანჯრები“ /48/.

როგორც ეხედავთ, პირველ შემთხვევაში „ჯამი“ სასმისის მნიშვნელობით არის ნახმარი, მეორე შემთხვევაში კი - ფერადი სასარკმლე მინის აღმნიშვნელია.

ქართულ ლიტერატურულ ძეგლებში მინის მოზაიკის აღსანიშნავად იხმარება ტერმინი „სოფიო“. პირველი ცნობა ჩნდება XI ს-ში ექვთიმე მთაწმინდელთან: „... წმინდანი და პატიოსანნი, გინათუ წამლითა დაწერილ იყენენ, გინათუ სოფიოთა. . .“ /49/. შემდგომი პერიოდის ძეგლებშიც იგივე ტერმინია ხმარებაში, მხოლოდ მოგჯერ გარკვეული ვარიაციით. კერძოდ, „სოფიოს“ გარდა გიმოთე გაბაშვილი ხმარობს „სოფიას კენჭს“: „გუმბათი და კამარანი - ელვარეს სოფიას კენჭით სახენი ჩაგულქანდებული“ /37/. სულხან-საბა ორბელიანთან („მოგზაურობა ევროპაში“) ეხვდებით „სოფიოს კენჭს“, „სოფიოს“ და მოგჯერ მხოლოდ „კენჭს“ - „... სოფიოს კენჭითაც მრავალგან, ზოგი გარედამაც სოფიოთ დახატული იყო“ /50/, მაგრამ რაგომდაც „სოფიო“ არა აქვს შეგანილი თაქის ლექსიკონში /51/.

მინის მოზაიკის აღმნიშვნელ ამ ქართულ სახელწოდებას ჩვეულებრივ უკავშირებენ კონსტანტინოპოლის წმინდა სოფიას გა-

ძარს (VI ს.), რომელიც განთქმულია მოზაიკით და როგორც ფიქრობენ, სწორედ ეს ფაქტი დაედო საფუძვლად ქართულ ენაზე მოზაიკის ცნების „სოფიოდ“ აღქმას. თითქმის გარკვეული უნდა იყოს აღნიშნული გერმინის ქართულში შემოსულის გზა, მაგრამ საქმე იმაშია, რომ გაცილებით ადრეული მონაცემებით, მოზაიკის ცნების აღმნიშვნელ გერმინად მოყვანილია „სეფი“, რომელიც ცნობილია ბირ-ელ-კუგის (იერუსალიმი) ქართული მონასტრის ნანგრევების ერთი წარწერიდან: „ . . . მომსხმელი ამის სეფისაი. . . ” (წარწერა შესრულებულია ასომთავრულით) /22/. ბირ-ელ-კუგის მონაცემები ეჭვის ქვეშ აყენებს გერმინ „სოფიოს“ გაძრის სახელწოდებიდან მიმდინარეობის ვარაუდს. სოფიის გაძრის მშენებლობა დასრულდა 537 წ. მაშინ, როდესაც ბირ-ელ-კუგის წარწერა რამდენიმე წლით უსწრებს ამ მოვლენას.

ბასილი კესარიელის (IV ს.) „სწავლათას“ ექვთიმე ათონელისეულ (X-XI სს.) თარგმანში ვკითხულობთ: „ . . . მიეც ქვისა მთილელთა, ოქრომჭედელთა, ხუროთა, მეოქროსოფითთა, მხატვართა. . . ” /52/. ისევე, როგორც „ლიმონარში“ „ჭიქის მოქმედი“, ამ შემთხვევაშიც „მეოქროსოფიე“ პროფესიის აღმნიშვნელი გერმინია.

სიტყვა „სეფი“ კი უკავშირდება კენჭის ბერძნულ სახელწოდებას „ფსეფ“-ს. ცხადია, რომ მოზაიკის თავდაპირველ მნიშვნელობად ქართულში მართლაც უნდა ესმარათ გერმინი „სეფი“, ვინაიდან მოზაიკის საწყისი პერიოდი დაკავშირებული იყო ქვასთან, რომელიც პირველი საუკუნიდან შეცვალა მინამ. „სეფის“ „სოფიოდ“ შეცვლას, როგორც იტყობა, X ს-ში უნდა პქონოდა ადგილი. არ არის გამორიცხული, რომ ამ ცვლილების ავტორი ექვთიმე მთაწმინდელი იყოს (?-1028 წ.). ყოველ შემთხვევაში, მის მიერ X ს-ის მიწურულში თარგმნილ „მცირე სჯულის კანონში“ მოზაიკის ცნება გერმინ „სოფიოთი“ არის გამოხატული: „ . . . გინა თუ სოფიოთთა. . . ” /49/. მოგვიანებით ამ სიტყვას კენჭი დაუმატეს, რაც თანამედროვე მნიშვნელობით მოზაიკის კენჭად აღიქმება.

5. ძვ.წ. V – ახ.წ. VI სს. მინების ქიმიურ –
ტექნოლოგიური დახასიათება

კელევის ობიექტს წარმოადგენს მინის ნაკეთობათა ფრაგ-
მენტები მოპოვებული ბრილში, სამთაუროსა და ურბნისში.

შესწავლის საგანს წარმოადგენს ბრილში (ზემო რაჭა) ძვ.წ.
V-III სს-ით დათარიღებულ სამარხში აღმოჩენილი მინის ნაწარმი,
რომელიც ხუთი მძივით არის წარმოდგენილი.

- მძივი მინისა, სამუალო ზომის (1951 წ., სამარხი №5).
მძივი მუქი ლურჯი ფერისაა. გლუვი კრიალა ზედაპირით.
- მძივი ცისფერი მინისა, ჩაზნექით დაღარული (1951 წ.,
სამარხი №5).
- მძივი მუქი ლურჯი მინისა, ჩაზნექით დაღარული (1950 წ.,
სამარხი №24).
- მძივი ღია მწვანე მინისა (1953 წ., სამარხი №20).
- მძივი ყაყისფერი მინისა, გლუვი (1950 წ., სამარხი №17).

სამთაუროს სამაროვნის ორსამარხებიდან ჩვენ მიერ შეს-
წავლილია ახ.წ. I-III სს-ით დათარიღებული მინის ორი ნიმუში.

- თასის ფრაგმენტი მომწვანო მინისა (კრამიგსამარხი №3,
1958 წ., გათხრები, 13031).
- სანელსაიხებლუ ჭურჭლის ფრაგმენტი, მომწვანო ყვითელი
ფერისა (ქეის სამარხი № 793, 1958 წ., გათხრები, 13113).

ურბნისის გვიანანტიკური ღროის სამაროვნისა (ახ.წ. I-
VI სს.) ჩვენ შევისწავლეთ სამი ნიმუში :

- ჭურჭლის კედლის ნაგები მოცისფრო მინისა (სსმ, № 1-57-
739, ნაქალაქარი, მე-16 უბანი, 1955 წ., გათხრები).
- სასმისი ფაცეგებიანი, მომწვანო მინისა (სსმ, № 1-61-3223,
№ 39 უბნის კულტურული ფენა, 1960 წ., გათხრები).
- ჭურჭლის ნაგები, მოყვითალო მოყაყისფრო ფერისა (№ 1-
61-3541, სამაროვანი, სამარხი 193).

5.1. ბრილის მინები

1939 წლიდან დაიწყო ბრილის სამაროენის (ჭემო რაჭა, სოფ. ლების შემოგარენში) გათხრები, რომლებიც თითქმის 30 წელს გრძელდებოდა და მიღებულია მეგად მნიშვნელოვანი შედეგები საქართველოში მინის წარმოების განვითარების ისტორიის შესწავლის თეალსაზრისით. გათხრებისას აღმოჩენილი კულტურული ძეგლების აღწერილობა მოყვანილია /15/-ში, ხოლო მოპოვებული მინის ნაკეთობათა ქიმიურ-გექნოლოგიური კვლევა- /29/-ში.

ექსპედიციის მიერ მოპოვებული იქნა მრავალრიცხოვანი მინის მძივები, რომელთა დიდი ნაწილი ქალთა სამარხებზე მოდის, თუმცა მამაკაცთა სამარხებშიც იყო გარკვეული რაოდენობა.

მძივები განსხვავდებიან ზომით, კონფიგურაციით და ნაირფეროვანი შეყერილობით. დადგინდა, რომ მძივებს შორის სჭარბობს ლურჯი ფერის ნაკეთობები. ხშირად ლურჯი მინა გამოყენებულია სხვა შედგენილობის (შეყერილობის) ნაკეთობის მოსაქარგავად სწორი ან გრეხილი ზოლების სახით.

გ. გობეჯიშვილის აზრით, ბრილურ მძივთა მნიშვნელოვანი ნაწილი უნიკალურია და მეგად ორიგინალური : მათი მსგავსი სამკაული სხვაგან არსად გვხვდება /15/. რ. ბახგაძე, რომელმაც სცადა მოეძებნა ბრილში მოპოვებული მძივების ანალოგები მოსკოვსა და სანკტ-პეტერბურგში, ოდესასა და ქერსში, სევასტოპოლსა და ხერსონში, დარწმუნდა გ. გობეჯიშვილის მიერ გამოთქმული მოსაზრების მართებულობაში.

არ შეიძლება არ აღინიშნოს, რომ ჩვენს ხელთ არსებული ლიტერატურის ანალიზისას დადგინდა, ჩვენი აზრით, მეგად საინტერესო ფაქტი - ძვ.წ. V - ახ.წ. III სს-ში მკაფიოდ გამოსახული ლურჯი ფერის ნაკეთობათა რიყხვი მსოფლიოში ძალზედ მცირეა და ამ მხრივაც მოპოვებული ნიმუშები დიდ ყურადღებას იმსახურებენ. ჩვენი მოსაზრებები ამ ფაქტის შესახებ წარმოდგენილი იქნება მოგვიანებით.

ბრილის მინების შესწავლას ეძღვნება რ. ბახგაძის მიერ გამოქვეყნებული ნაშრომის საკმაოდ ვრცელი ნაწილი /29/. მან შეისწავლა 30 ნიმუში სპექტრალური და რიგ შემთხვევაში ქიმიური ანალიზის მეთოდებით, თუმცა არ მიუთითებს ამ მეთოდების გამოყენების პირობებს. მის მიერ წარმოდგენილ ნაშრომში მრავალადაა მინის გექნოლოგიის თეალსაზრისით დამუშავებული უზუსტობანი, რომლებიც ზოგადად იყო აღნიშნული წინამდებარე ნაშრომის მე-3 თა-

ემი. ჩვენ ვთვლით, რომ ამ უზუსტობათა უმრავლესობამ გამოიწვია ბრილი შოკოლეტის მინის არასრულყოფილი შეფასება.

ამის დასტურად მოგიყავს ჩვენ მიერ შესრულებული კვლევის შედეგები.

5.1.1. ბრილის მინების შედგენილობის შესწავლა

129/-ში № 1-ად განიხილება საშუალო ზომის მძივი (1951 წ., საპარხი № 5). რ. ბახტაძე მძივს აღწერს შემდეგნაირად: „მძივი მუქი ლურჯი ფერისაა, გლუვი კრიალა ზედაპირით, ირიზაციის კვალი არ ეტყობა”.

ამ ნიმუშის ქიმიური შედგენილობის დასადგენად, როგორც ეს გამომდინარეობს მასში შექცეული კომპონენტების შემსწავლად აღნიშნულიდან, რ. ბახტაძე მიმართავს სპექტრალურ ანალიზს, თუმცა აღნიშნული კომპონენტები წარმოდგენილია ოქსიდების სახით, ზოგი კი ელემენტებით, რაც უფრო შეესაბამება ამ მეთოდს, რადგანაც რ. ბახტაძის მიერ გამოყენებული სპექტრალური ანალიზით განისაზღვრება ელემენტთა არსებობის თვისობრივი მხარე. აღნიშვნა „კვალი” შეესაბამება ელემენტს, რომლის რაოდენობაა ~ 0,001%, „მცირე” ~ 0,01%, „არის” ~ 0,1%, „ბევრი” ~ 1%, ხოლო „ძალიან ბევრი” ~ 1%-ზე მნიშვნელოვნად მეტი. ასეთი მეთოდით ქიმიური შედგენილობის შეფასება არ იძლევა ისეთ ღრმა დასკვნების, ვნებათ ვარაუდის დონეზე გაკეთების საშუალებასაც კი, როგორცაც გვთავაზობს ავტორი.

129/-ში მოყვანილი მონაცემებიდან გამომდინარე, მინას უნდა ჰქონოდა ღრმა შავი ფერი და არა ლურჯი, რადგანაც ცნობილია, რომ როცა მინაში რამდენიმე საღებავია დიდი რაოდენობით (ჩვენს შემთხვევაში Fe_2O_3 , CuO , $CoO(Co_2O_3)$), მინა არ ატარებს ხილვადი სპექტრის არც ერთ ნაწილს და იგი შავია. სინამდვილეში მინა ლურჯია, რამაც უფლება მოგვცა ეჭვი შეგვეგანა ანალიზის შედეგებში.

მიკროსკოპულმა კვლევამ რ. ბახტაძე მიიყვანა დასკვნამდე, რომ მინა, რომლიდანაც მძივი იყო დამზადებული, არაერთგვაროვანია, შეიცავს არაგამჭვირვალე ჩანართებს და მუქი ლურჯი ფე-

რის წერილ წერგილებს. ამის გამო აეცორო ეარაულობს, რომ მინაში სპეციალურად შეიყვანებოდა ლურჯი ფერის გრანულები*.

ეყრდნობა რა სპექტრალურ ანალიზს, აეცორო გამოთქეამს მოსაზრებას, რომ მინა კობალგითა და სპილენძით არის შეფერილი (როგორც ჩანს, მას მსედეელობაში ჰქონდა კობალგისა და სპილენძის ოქსიდები).

გარდა ამისა, რ. ბახგაძე მინაში აღგენს აირადი ჩანართების ღიდ რაოდენობას. იგი გამოთქეამს ეარაუდს, რომ იმდროინდელი მინის „მკეთებლები“ ფლობდნენ მინისებური საღებავების მიღებისა და გამოყენების ჩეეებს. ეს იმას ნიშნავს, რომ წინასწარ მიიღებოდა კობალგისა და რკინის ოქსიდებით გამღიდრებული მეგად მუქი მინა, რომელსაც აწერილმანებდნენ და უმაგებდნენ კაშმს ან შინას, ნაკლებად ინტენსიური შეფერილობის მინების მისაღებად. ეს კი საეკეოა ორი გარემოების გამო: აღნიშნული ოქსიდებით გამღიდრებული მინის ხარშეა დაკავშირებულია გეპკერატურის ზრდასთან, რის საშუალებაც ძეეღ ოსგატებს არ ჰქონდათ. თუ მიმართაედნენ ამ ოქსიდთა შემეეეეი კაშმების შეესობამღე მიყვანას და შემღეგ ურეედნენ მის გრანულებს მინას, მაშინ მათ უნდა გაერთულებინათ მინის მიღების სქემა დამაგებითი ოპერაციით. შედეგს კი მიიღებდნენ ისეთიეეს, როგორც ამ ორი ოქსიდის შემეეეეი ნეღლეულის ეალეალეე შეყვანისას.

ყოველიეე გემოთ აღნიშნულმა მიგვიყვანა დასკენამღე, ჩაგეეგარებინა ბრილის მინების კვლევა.

ჩენი თხოვნიოთ, ს.ჯანაშიას სახელობის საქართეელოს სახელმწიფო მუზეუმის არქეოლოგიის განყოფილების „მცირე ექსპედიციის ფონდში“ მოძებნილი იქნა რ. ბახგაძის მიერ შესწავლილი მინის ნაკეთობათა ანალოგები. ასეთი აღმოჩნდა ოთხი ნაკეთობა – მძიეები №№ 1, 2, 11 და 30 (რ. ბახგაძისეული აღნიშენები).

პირეეღ რიგში ჩაგარდა ნიმუშების მიკროსკოპული შესწავლა მათი რ. ბახგაძის მიერ შესწავლილ მინებთან იდენტურობის დასადგენად.

№1 მინის ბახგაძისეული აღწერა, რომელიც გემოთ იყო მოყვანილი, სრულიად დამთხევა ჩვენ მიერ განსაზღერულს. მინა სასიათღება არაერთგეაროენებით, მასში შეიმჩნეევა ნაკლებად გამჭ-

* რ. ბახგაძე მათ „ფრიტეს“ უწოდებს. მინისა და მინანქრის გეენოლოგიაში, რამღენაღაეე ჩვენ ვიციოთ, გამოიყენება ცნება „ფრიტა“, ანუ სხედასხევა ხერხით გრანულირებული მინა ან მინანქარი.

ვირეალე ნაწილაკები და მინის გექნოლოგიაში „შავ წერტილებად“ წოდებული მუქი ლურჯი ნაწილაკები, ბუმბუკების რაოდენობა დიდი, მძივის შეყვრილობა – მუქი ლურჯი.

ასეთივე დამთხვევა დაფიქსირდა №№ 2, 11 და № 30 მინების შემთხვევაშიც. ვიზუალური და მიკროსკოპული შესწავლით დადგინდა მათი სრული იდენტურობა. თუ დაეუმაგებთ იმასაც, რომ აღნიშნული ნიმუშები ირიცხებოდა იმავე სარეგისტრაციო ნომრით, რომლებითაც აღრიცხული იყო რ. ბახტაძის მიერ შესწავლილი ნიმუშები, მიზანშეწონილად ჩაეთვალებოდა წარმოადგინოთ ჩვენ მიერ კვლევით მიღებული შედეგები /29/-ში მოყვანილ მონაცემებთან შედარებით.

№ 1 მინის ჩვენ მიერ განსაზღვრული ქიმიური შედგენილობა და /29/-ში მოყვანილი მონაცემები წარმოდგენილია მე-2 ცხრილში. ცხრილში მოყვანილი მონაცემები ნათლად გვიჩვენებს ამ ორი ანალიზის შედეგების საკმაოდ მნიშვნელოვან განსხვავებას. გარდა ამისა, დადგენილი იქნა დამატებით ისეთი კომპონენტები, რომლებიც ადრე არ იყო განსაზღვრული.

ყურადღებას იქცევს პოლივალენტურ ელემენტთა ოქსიდების სიმრავლე. შეუძლებელია დაეუშვათ, რომ მათი შეყვანა მინაში მიზანდასახულად ხდებოდა. როგორც ჩანს, მართებულია მათი უმეტესობის მიკუთვნება ე.წ. მინარევი კომპონენტებისადმი. ამას ვერ ვიგყვით Sb-ის, Co-ის და Cu-ის ოქსიდთა შესახებ. რაოდენობით არც ერთი არ შეიძლება მიეკუთვნოთ მინარევი კომპონენტს. იმის დადგენა, თუ რომელი მათგანი იყო მიზნობრივად მინაში შეყვანილი, კვლევის ამ ეტაპზე ძნელია. მაგრამ თუ მხედველობაში მივიღებთ მინის შეფერილობას, მართებულია ვივარაუდოთ, რომ ეს არის კობალტის ოქსიდი. მართლაც ეს ოქსიდი რომ არ ყოფილიყო მინაში, ასეთი ინტენსიურობის ლურჯ შეფერილობას ვერ მივიღებდით.

მხოლოდ ქიმიური შედგენილობის საფუძველზე თუ ვიმსჯელებთ, ფერის ფორმირებაში მონაწილეობა უნდა მიეღოთ ერთდროულად TiO_2 , Fe_2O_3 , Co_2O_3 -სა და CuO -ს. ამგვარი დასკვნა ემყარება მინის გექნოლოგიაში ცნობილ მრავალ ფაქტს.

ცნობილია, რომ TiO_2 ინდივიდუალურად ნაკლებად აფერადებს სილიკატურ მინებს, რომელთა რიცხვს უდაოდ მიეკუთვნება მინა № 1. მისი მაღალი კონცენტრაციებისას მიიღება მეტად უმნიშვნელო მოყვითალო შეფერილობა. Fe_2O_3 -ის ინდივიდუალური შეფერილობა მინაში მკლავდება ყვითელი და მწვანე ფერებით. ეს იმა-

№ 1 მინის ოქსიდური შედგენილობა

ოქსიდები	ჩენი მონაცემები, მას %მ	[29]-ში მოყვანილი მონაცემები	ოქსიდები	ჩენი მონაცემები, მას %	[29]-ში მოყვანილი მონაცემები
SiO ₂	63,0	ძ. ბუერი	ZnO	0,0453	—
TiO ₂	0,165	—	SO ₃	0,416	—
P ₂ O ₅	0,0904	---	N ₂ O	15,5	ბუერი
Al ₂ O ₃	2,35	ბუერი	K ₂ O	0,555	მცირე
Fe ₂ O ₃	2,51	ძ. ბუერი	Rb ₂ O	0,0019	---
Sb ₂ O ₃	0,854	არის	CO ₂ O ₃	0,525	ბუერი
CaO	11,3	ბუერი	SrO	0,0934	კვალი
MgO	0,521	ბუერი	WO ₃	0,0869	—
MnO	0,0328	კვ. (Mn ₂ O ₃)	Cr ₂ O ₃	0,0267	---
NiO	0,00909	მცირე	ZrO ₂	0,0306	—
CuO	0,371	ბუერი	Cl	1,53	—
PbO	0,0927	ბუერი	Ba	---	კვალი

გეა დამოკიდებული, თუ რა მდგომარეობაშია რკინა. Fe²⁺ იძლევა მომწვანო ფერს, Fe³⁺ - ყვითელს. მაგრამ იმის მიღწევა, რომ მინაში იყოს რკინის ერთერთი ვალენტობა, პრაქტიკულად შეუძლებელია. ამიტომ მინას გააჩნია სხვადასხვა გონალობის ფერი, რომელთა ვიზუალური შეფასებისას იყენებენ ცნებას „ბოთლის ფერი“ – მოლურჯო მომწვანო გონები.

Co-ის ოქსიდი ყოველთვის იძლევა ლურჯ ფერს, ვინაიდან იგი აგარებს იისფერ, ლურჯსა და მღერულ წითელ სხივებს. ხილვადი სპექტრის ამ უბნებში მეტად შესამჩნევია ორი უკანასკნელი სხივის გამგარობა და იმისათვის, რომ მივიღოთ სუფთა ლურჯი ფერი, მიმართავენ კობალტის ოქსიდთან ერთად სპილენძის ოქსიდის შეყვანას, რომელიც ხასიათდება შთანთქმით ხილვადი სპექტრის წითელ ნაწილში და აგარებს ლურჯს.

№1 მინაში ჩვენ მიერ ჩამოთვლილი ოქსიდებიდან არც ერთი არ „უშლის“ ხელს კობალტის ოქსიდს გამომამყვანოს თავისი უნარი-შეაფერადოს მინა ლურჯად. მართალია სხვა ოქსიდებთან ერთად ძლიერდება ლურჯ უბანში გამგარობა, მაგრამ იზრდება ნაირსახოვანი საღებავების კონცენტრაციაც, რაც ბურგერის (ლამ-

ბერგ-ბერის) კანონის თანახმად ამცირებს საერთო შექცავმგარობას. აღნიშნული მოსაზრება ემყარება /53-54/-ში წარმოდგენილ მონაცემებს.

აღნიშნულ ოქსიდთა გარდა, №1 მინაში მრავლადაა სხვა კომპონენტებიც, რომლებსაც შეუძლიათ ინდივიდუალურად იმოქმედონ მინის შეყვრილობაზე. მაგ. NiO იძლევა იისფერ და ყვითელ ფერს, განსაკუთრებით სილიკატურ ბინებში. Cr₂O₃ ატარებს მწვანე უბანს, CrO₃-ყვითელს. მაგრამ თუ ყურადღებას მივაქცევთ მინაში მათ კონცენტრაციებს, იოლად დავასკვნით, რომ მათმა რაოდენობამ მინის ფერზე რადიკალურად არ უნდა იმოქმედოს. ამ საკითხს ჩვენ კვლავ დაეუბრუნდებით.

ჩვენ და რ. ბახგაძის მიერ მიღებული №2 მინის ქიმიური შედგენილობა წარმოდგენილია მე-3 ცხრილში.

ვიდრე გადავიდოდეთ ცხრილში მოყვანილი მონაცემების ანალიზზე, განვიხილოთ ამ მინის ბახგაძისეული აღწერა: მინისაგან მიღებული იყო დაღარული მძივი*. მასალა და თვით ნაკეთობა ცისფერია, ქიმიური შედგენილობა ჩათვლილია №1 მინის ანალოგიურად. ფერის მიზეზად მითითებულია სპილენძისა და კობალტის ოქსიდები, ხოლო ფერში განსხვავება აიხსნება მათი ნაკლები რაოდენობით.

№2 მძივში აღინიშნება აირადი ჩანართების დიდი რაოდენობა და „მოჩანს აგრეთვე წყრილბუშგულოვანი ბოლები. ბუშგულები დეფორმირებულია და ძაფის გასაყრელი ნახერგის მიმართ კონცენტრულადაა განლაგებული, რაც მიუთითებს იმაზე, რომ მინის მზა ბურთულის დაღარვა შემდგომ, ცხელ მდგომარეობაში ხდებოდა”

არ შეეხებით რ. ბახგაძის უკანასკნელ ვარაუდს - მასზე ლოგიკურია ვიმსჯელოთ მას შემდეგ, რაც სრულიად დაეადგენთ მინის რაობას. რაც შეეხება №1 და №2 მინების ანალოგებად განხილვას, დავითანხმებით მხოლოდ იმ შემთხვევაში, თუ ანალოგია შეეხება მინების ერთი კლასისადმი მიკუთვნებას-სილიკატური კლა-

* ცნება „დაღარული“, ჩვენი აზრით, გამოხატავს ციე მდგომარეობაში მინის გედაპირზე შექანიკური ზემოქმედებით ღარების დაგანას. ჩვენს შემთხვევაში, ისევე როგორც რ.ბახგაძის ხელით არსებული მძივი, დამუშავებულია ცხელ მდგომარეობაში, როდესაც მინა ბლანგ-დენად მდგომარეობაშია. ამასთან დაკავშირებით მიზანშეწონილად ვთვლით გამოვიყენოთ ცნება „ჩაზნექილი“ ან „ჩაზნექი“ დაღარული.

№2 მინის ოქსიდური შედგენილობა

ოქსიდები	ჩვენი მონაცემები, მას. %.	რ. ბახტაძის მონაცემები	ოქსიდები	ჩვენი მონაცემები, მას. %.	რ. ბახტაძის მონაცემები
SiO ₂	68,2	ძ. ბუკური	SO ₃	0,425	---
TiO ₂	0,143	---	Na ₂ O	18,1	ბუკური
P ₂ O ₅	0,277	---	K ₂ O	2,19	მეცირე
Al ₂ O ₃	1,20	ბუკური	Cl	0,907	---
Fe ₂ O ₃	0,556	ბუკური	Co ₂ O ₃	0,0151	არის
Sb ₂ O ₃	---	არის	SrO	0,0260	კეპალი
CaO	4,91	ბუკური	WO ₃	0,107	---
MgO	1,77	ბუკური	Cr ₂ O ₃	0,0212	---
MnO	0,0113	კე. (Mn ₂ O ₃)	ZrO ₂	0,0189	---
NiO	0,00915	კეპალი	Br	0,00386	---
CuO	1,09	არის	Ba	---	მეცირე
PbO	0,0191	არის			

სის მინებისადმი. სხვა შემთხვევაში, აღნიშნული „ანალოგია“ არ არსებობს, რამედაც ნათლად მიგვიჩვენებს მინების შედგენილობები. ასეთი დასკვნა არაკორექტულია თვით რ. ბახტაძის მიერ მოყვანილი ანალიზების შედეგების შედარებისასაც კი.

№1 და №2 მინები საგრძნობლად რომ განსხვავდებიან შედგენილობით, ამაზე მხოლოდ SiO₂-სა და Na₂O-ს შემცველობებიც კი მეტყველებენ.

სხვა მომენტები რ. ბახტაძის აღწერისა კარგ შესაბამისობაშია ჩვენ მიერ დადგენილთან, ვარდა ფერის წარმოქმნის მიზეზისა, რამედაც მოხსენებული იქნება ქვემოთ.

მინა №11 განსხვავდება №1 მინისაგან იმით, რომ მისგან დამზადებულია რამდენადმე ღივი მძივი, რომელიც ჩამწეპითაა დალარული, მინა მუქი ლურჯია. ჩვენც და რ. ბახტაძემაც მინის მოცულობაში დაეაფიქსირეთ წერილობითი მონაცემები (რ. ბახტაძესთან-გისხრები). რ. ბახტაძისა და ჩვენ მიერ განსაზღვრული №11 მინის ქიმიური შედგენილობა წარმოდგენილია მე-4 ცხრილში.

როგორც ჩანს, /29/-ში SiO₂-ის, Fe₂O₃-ისა და Na₂O-ს შემცველობის დასადგენად ჩაგარებული იქნა შერჩევითი ქიმიური ანალიზი. დანარჩენი მონაცემები მიღებულია სპექტრალური ანალიზით.

№ 11 მინის ოქსიდური შედგენილობა

ოქსიდები	ჩვენი მონაცემები, მას. %	რ.ბახგაძის მონაცემები	ოქსიდები	ჩვენი მონაცემები, მას. %	რ.ბახგაძის მონაცემები
SiO ₂	60,9	69,65	SO ₃	0,424	—
TiO ₂	0,126	—	Na ₂ O	14,3	17,45
P ₂ O ₅	0,163	—	K ₂ O	0,572	კვალი
Al ₂ O ₃	2,21	ბევრი	Cl	1,40	—
Fe ₂ O ₃	2,55	1,45	Co ₂ O ₃	0,468	არის
As ₂ O ₃	0,0195	—	SrO	0,127	კვალი
Sb ₂ O ₃	0,66	ბევრი	WO ₃	0,0932	—
CaO	14,8	ბევრი	Cr ₂ O ₃	0,0408	—
MgO	0,618	ბევრი	ZrO ₂	0,0339	—
MnO	0,0308	ქ. (Mn ₂ O ₃)	Rb ₂ O	0,00203	—
CuO	0,361	არის	Br	0,00256	—
PbO	0,097	მცირე	Ba	—	კვალი
ZnO	0,0633	—			

შერჩევითი ქიმიური ანალიზის შესრულება თითქმის ყოველთვის მრავალ სირთულესთან არის დაკავშირებული. მათ გადასალახავად საჭიროა მეტად ფაქიზი მიდგომა სინჯებთან მუშაობისას. სამწუხაროდ, ჩვენ არ გავაჩნია ცნობები რა შეთოდითა და რა თანმიმდევრობით სარგებლობდა ავტორი ამ ანალიზის ჩატარებისას.

მინა № 30 რ. ბახგაძესთან შეფასებულია მწვანედ. ანალიზის შედეგებზე დაყრდნობით იგი თელის, რომ მწვანე შეფერილობა გამოწვეულია სპილენძისა და გყვიის მნიშვნელოვანი რაოდენობით და „აღნიშნულ რაოდენობებს შეუძლიათ სასიამოვნო მწვანე შეფერვა მოგვცენ“(?).

სპილენძისა და გყვიის დასახელებისას /29/-ში ალბათ მათი ოქსიდები იგულისხმება, რადგან სპილენძი იძლევა მწვანე ფერს, ხოლო გყვია ილექება მინის სახარში ქოთნის ძირზე და არ მონაწილეობს მინის წარმოქმნაში.

მე-5 ცხრილში მოყვანილია № 30 მინის ოქსიდური შედგენილობა. ცხრილში მოყვანილი მონაცემებიდან ჩანს, რომ არც Cu-ის და არც Pb-ის ოქსიდები არ შეიძლება იყენენ ფერის მიმნიჭებლები

№ 30 მინის ოქსიდური შედგენილობა

ოქსიდები	ჩვენი მონაცემები, მას. %	რ.აბატაძის მონაცემები	ოქსიდები	ჩვენი მონაცემები, მას. %	რ.აბატაძის მონაცემები
SiO ₂	62,6	ძ. ბეერი	PbO	0,0593	ბეერი
TiO ₂	0,201	---	SO ₃	0,521	---
P ₂ O ₅	0,0821	---	Na ₂ O	17,9	ძ ბეერი
Al ₂ O ₃	0,653	ბეერი	K ₂ O	0,267	კვალი
Fe ₂ O ₃	1,40	ბეერი	Cl	1,25	---
Sb ₂ O ₃	---	მყირე	Co ₂ O ₃	0,0177	არის
CaO	13,0	ბეერი	SrO	0,0762	კვალი
MgO	0,537	ბეერი	WO ₃	0,108	---
MnO	1,19	მც. (Mn ₂ O ₃)	Cr ₂ O ₃	0,0247	---
NiO	0,0115	---	ZrO ₂	0,0413	---
CuO	0,0147	არის	Ba	---	მყირე

მათი მყირე რაოდენობების გამო.

დანარჩენი 26 ნიმუშის შემოწმება ეერ მოხერხდა ანალოგთა დაუდგენლობის გამო. მათ სანაცელოდ, ჩვენ მიერ აღებულ იქნა რ. ბახტაძის მიერ შეუფასებელი შიძიე, რომელსაც გააანია ყაეისფერი შეფერილობა. მიკროსკოპით დათეალიერებისას მინა აღმოჩნდა საკმაოდ ერთგეაროეანი, თუმცა გააანდა აირადი ფაზა წვრილი ბუშტების სახით. ბუშტების განაწილება ქაოგიურია. ამ მინის ქიმიური შედგენილობა მოყეანილია მე-ნ ცხრილში, რომელშიც წარმოდგენილია ჩვენ მიერ შესწავილი ბრილის ყეელა მინის ქიმიური შედგენილობა. მათი ერთად განხილეა საშუალებას მოგეეცმს დაეადგინოთ ამ მინების თაეისებურებეი.

პირეელ რიგში განვიხილოთ მინის ამა თუ იმ შეფერილობის გამომწეევი მიზეზები მინის გექნოლოგიაში არსებული მონაცეემების საფუძეელებე. ამისათეის ცალკე გამოეყოთ ის ოქსიდები, რომლებსაც შეეძლოთ ემოქმედათ მინის ფერზე (ცხრ.7).

№1 მინის შეფერილობის მიზეზებზე მოსხენებული იქნა წინამდებარე თაეის დასაწეისში. ეელაე აღენიშნაეთ, რომ ლურჯი შეფერილობა ამ შემთხეეეაში გამოწეეული უნდა იეოს ოთხი სადებაეის არსებობით: პირეელ რიგში Co₂O₃-ით (CoO), CuO-თი, რომელიც აცილებს კობალტის ოქსიდისადმი დამახასიათებელი გამგა-

რობის უბნებს ზღვრულ წითელს., Fe_3O_4 -ით, რომელსაც შეუძლია მინიჭოს მინას მომწვანო მოლურჯო ფერი*. მანგანუმსა და ნიკელს არ შეეძლოთ რადიკალურად ემოქმედათ მინის ფერზე, მითუმეტეს მათი მცირე შემცველობის შემთხვევაში.

ცხრილი 6

ბრილის მინების ოქსიდური შედგენილობა

ოქსიდები	მინა № 1	მინა № 2	მინა № 11	მინა № 30	ყაეისფერი
SiO_2	63,0	68,2	60,9	62,6	62,3
TiO_2	0,165	0,143	0,126	0,201	0,136
P_2O_5	0,0904	0,277	0,163	0,0821	0,177
ZrO_2	0,0306	0,0189	0,0339	0,0413	0,0424
WO_3	0,0869	0,107	0,0932	0,108	0,0805
SO_3	0,416	0,425	0,424	0,521	0,314
Al_2O_3	2,35	1,20	2,21	0,653	2,19
Fe_2O_3	2,51	0,556	2,55	1,40	0,905
As_2O_3	---	---	0,0195	---	---
Sb_2O_3	0,854	---	0,66	---	---
Co_2O_3	0,525	0,0151	0,468	0,0177	0,0163
Cr_2O_3	0,0267	0,0212	0,0408	0,0247	0,0343
CaO	11,3	4,91	14,8	13,0	15,0
MgO	0,521	1,77	0,618	0,537	0,481
MnO	0,0328	0,0113	0,0308	1,19	0,0317
NiO	0,00909	0,00915	---	0,0115	0,0125
CuO	0,371	1,09	0,361	0,0147	0,0295
PbO	0,0927	0,0191	0,097	0,0593	0,0309
ZnO	0,0453	---	0,0633	---	---
SrO	0,0934	0,0260	0,127	0,0762	0,126
Na_2O	15,5	18,1	14,3	17,9	15,2
K_2O	0,555	2,19	0,572	0,267	0,593
Rb_2O	0,0019	---	0,00203	---	---
Cl	1,53	0,907	1,40	1,25	2,20
Br	---	0,00386	0,00256	---	---
ფერი	ლურჯი	ცისფერი	ლურჯი	ღია მწვანე	ყაეისფერი

* უფრო მკაყრალ რომ მიუღწევთ რკინის ოქსიდების მიერ მინიჭებულ შეფერილობას, უნდა განვიხილოთ $FeO \leftrightarrow Fe_2O_3$ წონასწორობა, ანუ იმ ოქსიდთა, რომლებიც გოლი ოღენობის შემთხვევაში შეიძლება გამოვსახოთ როგორც Fe_3O_4).

შემღებავ ოქსიდთა კონცენტრაცია

ოქსიდები	მინა № 1	მინა № 2	მინა № 11	მინა № 30	კაისფერი მინა
TiO ₂ *	0,165	0,143	0,126	0,201	0,136
Fe ₂ O ₃	2,51	0,556	2,55	1,40	0,905
Co ₂ O ₃	0,525	0,0151	0,468	0,0177	0,0163
Cr ₂ O ₃	0,0267	0,0212	0,04408	0,0247	0,0343
MnO	0,0328	0,0113	0,0308	1,19	0,0317
NiO	0,00909	0,00915	—	0,0115	0,0125

იგივე შეიძლება ითქვას № 11 მინაზე - ფერის ვიზუალურ დადგენამდე კი ლოგიკურია დაეუშვათ, რომ მინა უნდა იყოს ლურჯი, რაც მტკიცდება ნიმუშის შეფასებით.

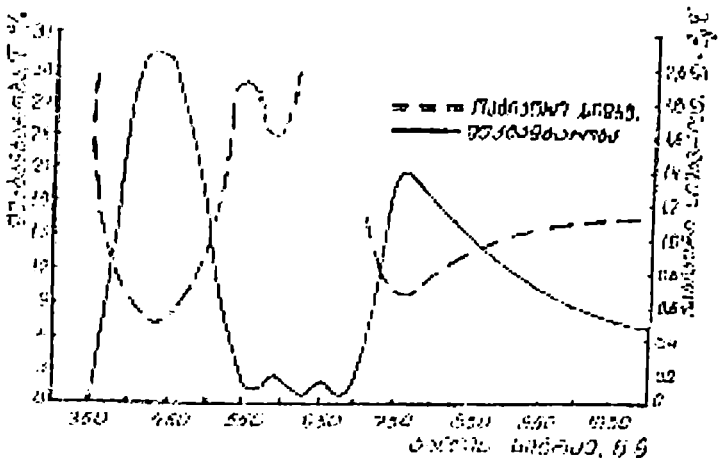
ობიექტურად ფერის შეფასება შესაძლებელი იყო მხოლოდ სპექტრო-ფოტომეტრული კვლევის საფუძველზე, რომლის შედეგადაც მივიღეთ № 1 და № 11 მინების აღსორბუციის მრუდები (ნახ.1).

ლიტერატურიდან /53-54/ ცნობილია, რომ CoO-თვის ხილვად სპექტრში დამახასიათებელია შთანთქმის შემდეგი უბნები 450-დან 700ნმ მაქსიმუმებით ~ 530, 600 და 670ნმ-თან. პირველ და მეორე მაქსიმუმებთან შეიმჩნევა შთანთქმის რამდენადმე შემცირება, რის შედეგადაც წარმოიქმნება მინიმუმი 560ნმ-ზე. ასეთივე, მხოლოდ გაცილებით ნაკლები სიღლით მინიმუმი შეიმჩნევა 600-სა და 670ნმ მაქსიმუმებს შორის (~ 635 ნმ).

ჩვენ მიერ მიღებულ შუქგამგარობის სპექტრზე შთანთქმის მაქსიმუმები შეესაბამებიან 545, 600-სა 650-670ნმ ტალღებს. მათ შორისაც შეიმჩნევა გამგარობის ზრდის უბნები (570ნმ და მეტად მცირე 620-640ნმ). ცნობილია აგრეთვე, რომ ლურჯი ფერი მიიღება იმ შემთხვევაში, თუ მინიმუმი ატარებს 480-430ნმ ტალღებს. სწორედ ამ უბანშია № 11 მინის შუქგამგარობის მაქსიმუმი. მიღებული მრული მიგვიითიუბს ზემოთხსენებულის მართებულებას, რაც საშუალებას იძლევა დაეასკენათ - № 11 მინაში შეფერვის ძირითადი მიზეზია მასში კობალტის ოქსიდების არსებობა.

იგივე სახის შუქგამგარობის მრული მიღებული იყო № 2 მინის

* WO₂ არ არის შეყვანილი ცხრილში იმის გამო, რომ იგი ისევე, როგორც TiO₂, აფერადებს მხოლოდ ფოსფატურ მინებს. TiO₂ მოქმედებს სილიკატური მინების შეფერილობაზე მხოლოდ რკინისა და მანგანუმის ოქსიდების თანაობისას.



ნახ. 1. № 1, II მინების აღსორბციის მრუდები

შემთხვევაშიც, განსხვავება მათ შორის მხოლოდ შექცამგარობის სიდიდეებს შორისაა.

ამით შეიძლება დაეკმაყოფილებულიყავით, რომ არ მიგვექცია ყურადღება კობალტის ოქსიდებისათვის დამახასიათებელი შთანთქმის (გამგარობის) საკმაოდ დიდ (მცირე) სიდიდეებსა და მაქსიმუმების (მინიმუმების) დიფერენციისათვის. ერთი და მეორეც დაკავშირებულია მინებში Fe_2O_3 -ისა და სხვა შემდგომი ოქსიდების და პირველ რიგში CuO -ს შემცველობაზე. Fe_2O_3 -ის შემოქმედებაზე მიფიქსირებს შექმთანთქმის გავრდა (შექცამგარობის შემცირება) 400-3006მ უბანში, ხოლო FeO -ზე 750-11006მ უბანში საკმაოდ მნიშვნელოვანი შთანთქმის არსებობა. არც ერთი უბანი არ ახასიათებს CoO -ს. უკანასკნელ უბანში შთანთქმის არსებობა შეიძლება იყოს CuO -ს არსებობის შედეგიც.

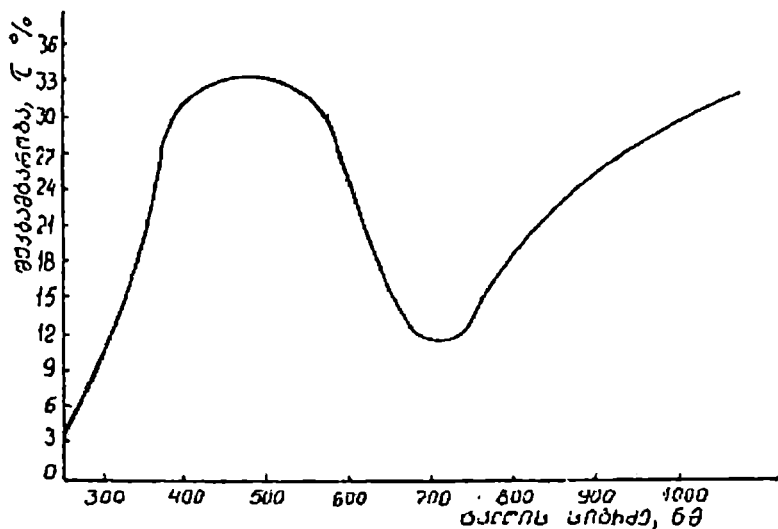
ჩვენ ჩაეგარეთ № II მინის სპექტროფოტომეტრული კვლევა, რადგან ამ მინისაგან დამზადებულმა ნიმუშებმა საკვლევი ფირფიტის დამზადების საშუალება მოგვეცა. სამწუხაროდ, სხვა მინების შემთხვევაში ასეთი შესაძლებლობა არ მოგვეცა, ამიტომ შეუძლებელია დაფიქსირებულია მხოლოდ მინის ტექნოლოგიის პრაქტიკით დაღვენილ ფაქტზე.

როგორც უკვე აღვნიშნეთ, №2 მინა ცისფერია. თუ გავითვალისწინებთ მე-6 და მე-7 ცხრილებში მოყვანილ მონაცემებს, აღვიღად დავადგენთ, რომ შეუყერილობა შეეპლო გამოეწვია ერთადერთ ოქსიდს-რკინის ქანგბადურ ნაერთს. ლიგერატურაში /53. 55/ მოყვანილია ცნობები, რომ რკინის (III) ოქსიდი მაქსიმალურ დისოციაციას განიცდის იმ შემთხვევაში, თუ მისი შემცველობა არ აღემატება 0,6-0,8 მას%-ს. აქედან გამომდინარე, მოსალოდნელია, რომ მინაში ძირითადად Fe^{2+} -ია, ანუ წონასწორობა $Fe^{2+} \leftrightarrow Fe^{3+}$ ძლიერ არის გადახრილი მარცხნივ. ამ შემთხვევაში შესაძლებელი იყო მიგველო ლურჯი ფერის სუსტი ტონები და არა ცისფერი. ცისფერი ე.წ. ნახევარტონის მიღებაში მონაწილეობენ იგივე ოქსიდები, რომლებიც გვხვდებიან №1 და №11 მინებში, მაგრამ ამ მინებში ძირითადი საღებავი მეტად მცირე რაოდენობითაა, ისევე, როგორც სხვა ოქსიდები (NiO მინაში არ არის). აქ მათი გავლენა შეუყერილობაზე ამკარაა, ვინაიდან ძირითადი საღებავის რაოდენობა საკმარისი არ არის ძლიერი (ინტენსიური) ფერის შესაქმნელად.

ექსპერიმენტულად დადგინდა, რომ №2 მინის შუქგამგარობის მრუდი არის შემდეგი სახის (ნახ.2).

სპექტრის ანალიზისას იოლი დასადაგენია, რომ შუქგამგარობის მაქსიმალური უბანი განლაგდება 400-550მმ-ის უბანში, რაც შეესაბამება მწვანე (530-500მმ), მოლურჯო-მწვანე (500-480მმ) და ლურჯის (480-430მმ) შერევით მიღებულ ცისფერს. ამავე დროს, არ შეიძლება არ აღვნიშნოთ მკვეთრი შთანთქმა 350მმ-ის უბანში და შთანთქმის მაქსიმუმი (შუქგამგარობის მინიმუმი) 700-სა და 750მმ-ს შორის. პირველი, ისევე როგორც წინა შემთხვევაში, დაკავშირებულია Fe^{3+} -ის არსებობასთან მინაში, ხოლო მეორე კარგად შეესაბამება ექსკოორდინირებულ Cu^{2+} იონის შემცველი მინის შთანთქმის (გამგარობის) სპექტრის გრძელგალღოვან უბანს.

მინა № 30 მწვანეა. ამ მინაში მანგანუმის ოქსიდის გარდა, ყველა სხვა შემღებავი ნაერთი თითქმის ისეთივე რაოდენობითაა, როგორც №2 მინაში (იხ. ცხრ. 6-7). უკვე ამ ფაქტიდან გამომდინარე ლოგიკურია დავასკენათ, რომ დაფიქსირებული ფერი გამოწვეულია მანგანუმის ოქსიდებით (ანიონური ჯგუფით). მაგრამ ეს ასე არ არის და აღნიშნული მინის შეყერილობა შესანიშნავი მაგალითია იმისა, რომ მხოლოდ ოდენობითი შეფასებით ფერის ბუნებისა და მისი გამოვლინების ახსნას შეუძლია მიგვიყვანოს არაკორექტულ დასკვნამდე.



ნახ. 2. №2 მინის შუქგამტარობის მრუდი

მინაში მარტო $[Mn^{4+}O_4]^{4+}$ რომ ყოფილიყო, შეფერილობა იქნებოდა იისფერთან მიახლოებული ან იისფერი. ამავე დროს ცნობილია /53/, რომ $Fe_2O_3 : Mn_2O_3$ ფარდობის 1-2 ინტერვალის გოლობისას მიიღება მომწვანო მოყვითალო შეფერილობა. ეს კი დადგენილი იქნა რეალურ პირობებში ჩატარებული ხარშეებისას. დადგენილია, რომ მინაში რკინის ოქსიდები იმყოფებიან Fe_3O_4 -ის სახით, ანუ FeO და Fe_2O_3 . მისგან განსხვავებით, მანგანუმი მინაში იმყოფება Mn^{2+} და Mn^{4+} იონთა სახით. ვინაიდან $Mn^{2+} \leftrightarrow Mn^{4+}$ გადასვლა ენერგეტიკულად შეგად უფრო მომგებიანია, ვიდრე $Mn^{2+} \leftrightarrow Mn^{3+}$. ისევე როგორც რკინის ოქსიდთა შემთხვევაში, წარმოიქმნება Mn_3O_4 , რაც წარმოადგენს $Mn_2^{2+} [Mn^{4+}O_4]$ ნაერთის „შეკუმშულ“ ფორმას.

როგორც წესი, მინაში შეიყვანება MnO_2 , რომლის დისოციაციის შედეგად მიიღება Mn_3O_4 . გამოყოფილი ქანგბადი ხელს უწყობს

ბდა $Fe^{2+} \leftrightarrow Fe^{3+}$ წონასწორობის გადახრას მარჯენივ, ანუ ყვითელ სხივითა გამტარობას. $[Mn^{4+}O_4]$ იძლევა იისფერს. ამ ორი ფერის შერწყმა იძლევა მწვანე ფერს. დანარჩენი ოქსიდები მცირე რაოდენობითაა და მოქმედებენ არა ფერზე, არამედ მის გონზე.

N° 30 მინის შექცამტარობის მრუდი წარმოდგენილია ნახ.3-ზე.

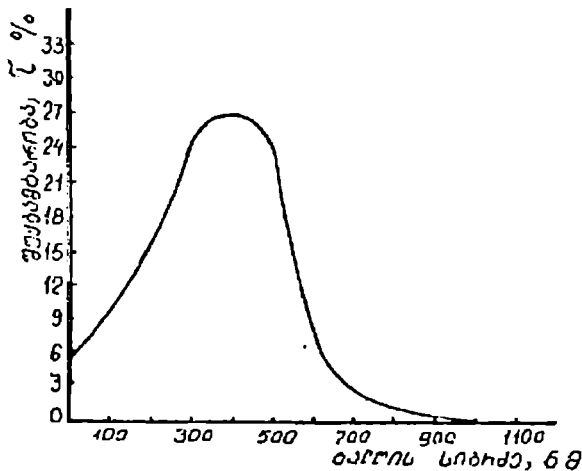
ლიტერატურის მიხედვით /53.56-57/ Mn^{2+} -ს მინაში ახასიათებს საკმაოდ მაღალი შთანთქმა – 350 ნმ და ბევრად მცირე-ხილვადი სპექტრის დანარჩენ უბანში, თუ არ ჩავთვლით მცირე შთანთქმის 480 ნმ და 560 ნმ ტალღის სიგრძეებისას. ამის შედეგად მინა ღებულს მტკიცედ მოყვითალო შეფერილობას.

Mn^{3+} -იონი გამოირჩევა შთანთქმით 380-900 ნმ უბანში მაქსიმუმით 500 ნმ-ზე. Mn^{2+} -ით შეფერილი მინა უნდა იძლეოდეს იისფერ-მეწამულ შეფერილობას. თუ გავითვალისწინებთ შესედეულებას, წარმოდგენილს /58/-ში, მინაში ძირითადად უნდა იყოს Mn_3O_4 ანუ Mn^{2+} და $[MnO_4]^{4-}$ დაჯგუფებები და იმის გამო, რომ ფარდობა მათ შორის შეადგენს 2:1-თან, შეფერილობა უნდა იყოს ნარინჯისფერ-მეწამული.

ჩვენ მიერ მიღებულ მრუდზე მკაფიოდ გამოისახება გამტარობის ერთი საკმაოდ ფართო უბანი, რომელიც იწყება 400 ნმ-დან და მთავრდება 600 ნმ-მდე, მაქსიმუმით 540 ნმ. ეს არის $[MnO_4]^{4-}$ -ისა და რკინის იონთა გემოქმედება, რომლის შედეგადაც მიიღება „ჭუჭყიანი“ (არასალი) მწვანე ფერი, მიახლოებული ე.წ. ბოთლის ფერთან. ბოთლის ფერში იისფერ უბანში გამტარობის ხარჯზე, მინას მიემატება მწვანეს მეტი გონალობა, ვიდრე მხოლოდ Fe^{2+} და Fe^{3+} იონებით შეღებილ მინებში. შთანთქმა ინფრაწითელ და ულტრაიისფერ უბნებში განპირობებულია Fe^{2+} და Fe^{3+} -ით.

ამ მოსაზრებიდან გამომდინარე, ერთი შესედევით მტკიცედ გავუგებარია ფერი ჩვენ მიერ ყავისფრად აღნიშნულ მინაში. მართლაც, საიდან უნდა მიგველო ყავისფერი, თუ მასში შემავალი პოლივალენტური ელემენტების ოქსიდთა რაოდენობა, გარდა რკინისა, საშუალებას არ იძლევა „ქასუხისმტებლობა“ დაეკისროთ დაფიქსირებული ფერის წარმოქმნაზე.

სამწუხაროდ, ამ შემთხვევაშიც ნიმუშების მტკიცედ მცირე რაოდენობამ საშუალება არ მოგვცა გადაგველო აღსორბციის მრუდები, რათა შთანთქმის ზოლებით ან უბნებით დაგვედგინა ნაერთი, რომელსაც შეეძლო ყავისფერი გამოეწვია. აქ მხოლოდ ვარაუდი შეიძლება გამოვთქვათ, თუ როგორ მიიღეს ძველმა ოსტატებმა აღნიშნული მინა.



ნახ.3. №30 მინის შუქამგარობის მრუდი

ლიგერატურაში /56-57/ ყავისფერი მინების მისაღებად რეკომენდებულია რამდენიმე ხერხი. პირველი მათგანია მანგანუმისა და რკინის ოქსიდების გამოყენება. დადგენილი იქნა, რომ ამ ოქსიდთა დიდი შემცველობისას და მათ შორის გარკვეული ფარდობის დაცვისას მიიღება ყავისფერი მინა.

მეორე ხერხს წარმოადგენს მინაში რკინის სელენიდის შეყვანა, ან ნიკელის ოქსიდის გამოყენება, თუ აღებულია ნატრიუმბორ-სილიკატური მინა B_2O_3 -ის საკმაოდ მაღალი შემცველობით.

და ბოლოს, ყავისფერი მინა მიიღება იმ შემთხვევაში, თუ მასში არსებობს რკინის სულფიდი. პოლივალენტურ ელემენტთა შედგენილობიდან და მინაში SO_3 -ის არსებობიდან გამომდინარე, უკანასკნელი ხერხი ყველაზე მეტ ყურადღებას იმსახურებს ყავისფერი მინების მისაღებად.

გოგირდი, როგორც ელემენტი, მკაფიოდ გამოხატული ელექტროუარყოფითი ხასიათით, მინაში თითქმის არასოდეს არ რჩება ელემენტარული სახით. იგი მინაში შეიძლება იყოს ბმულ მდგომარეობაში.

რეობაში სულფიდის (S^{2-}) და ჟანგბადური ნაერთების (SO_2 და SO_3) სახით. ჟანგბადური ნაერთები მინას არ აფერადებენ. /53/-ის მონაცემებით მინის შეფერადებას იწვევს FeS და მისი შემდეგავე თვისება იმდენად ძლიერია, რომ თუ მინაში $0,0006\%$ Fe_2O_3 -ია, გოგირდი მასთან შეერთებით იძლევა მინის შეფერილობას ყვითლად. ითვლება, რომ შეფერილობის ინტენსიურობა და ფერიც დამოკიდებულია შემდეგ წონასწორობაზე:



იმისათვის რომ წარმოიქმნას FeS , საჭიროა ხარშვა ვაწარმოთ აღმდგენელ გარემოში, ხშირად ნახშირის შეყვანით. ნახშირის შეყვანით წონასწორობა $FeO \leftrightarrow Fe_2O_3$ გადაიხრება მარცხნივ, ხოლო, როგორც დადგინდა, გოგირდის შენაერთების ძალიან მცირე ნაწილი გადადის S^{2-} სახეში. დღევანდელ პირობებში ყავისფერი მინების მიღებისათვის გამოიყენება რკინაშემცველი შედგენილობები, ხოლო კაშშიში შეიყვანება ნატრიუმის სულფატი და ნახშირი.

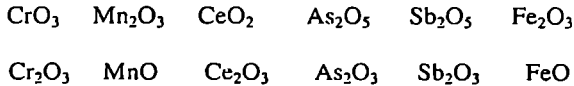
ჩვენ შორს ვართ იმ აზრისაგან, რომ ყოველივე მემოთ აღნიშნული ცნობილი იყო ძველი ოსტაგებისათვის. ვვარაუდობთ, რომ ყავისფერი მინა შემთხვევით იყო მიღებული, რაზედაც მიგვითითებს ამგვარი მინის იშვიათობა.

ამით შეიძლებოდა გადავსულიყავით უძველესი მინების სხვა თავისებურებებზე, რომ არა კიდევ ერთი მეგაღ საინტერესო ფაქტი, რომელიც ეხება №1 და №11 მინებს, ორივე მინა ლურჯია და მათში საკმაოდ დიდი რაოდენობით არის Sb_2O_3 .

Sb_2O_3 მინის გექნოლოგიაში ითვლება კომპონენტად, რომელიც „ასუფთაებს“ მინას, ანუ ხელს უწყობს ნაღობიდან აირადი ფაზის გამოდენას (Sb_2O_3 გამასუფთაებელია) და „აუფერულებს“ მინას, თუ მასში არ არის რკინის ოქსიდი („გამასუფთაებელი“). ამ ნაერთის ორივე ფუნქცია გამომდინარეობს მისი უნარიდან მიერთოს ჟანგბადი ხარშვის დაბალ ტემპერატურაზე, როდესაც მასა მეგაღ ფოროვანია და გადავიდეს Sb_2O_3 -ში და ვასცეს იგი მაღალ ტემპერატურაზე ნაღობში. ჩვენთვის საინტერესოა მისი ორივე ფუნქცია, თუმცა პირველი, როგორც ჩანს, ძველი ოსტაგების მიერ ვერ იქნებოდა გამოყენებული. ვასაგებიცაა-ხარშვის ტემპერატურა არც თუ ისე მაღალი იყო და აირადი ფაზა დიდი სირთულით სცილდებოდა ნაღობს (სიბლანგე მეგაღ მაღალი იყო). სხვა სიგყვებით,

ძველ ოსტატებს არ ჰქონდათ საშუალება სრულყოფილად ჩაე-
ტარებინათ „გასუფთავების“ სტადია.

ჩვენთვის უფრო მნიშვნელოვანია მეორე ფუნქცია-გამაუფე-
რულებლისა. მოგვყავს ოქსიდთა მწკრივი შედგენილი მათი ერთი-
მეორისადმი „დამოკიდებულების“ გათვალისწინებით ეანგეა-აღლ-
გენით რეაქციებში:



ამ მწკრივში სტიბიუმის (V) ოქსიდი FeO-თვის დამეანგველია. ამას
დიდი მნიშვნელობა აქვს.

FeO-ს მიერ გამოწვეული შეფერილობა მეტად ძლიერია და
იგი თიასქმის ყოველთვის „აჭუჭყიანებს“ სხვა ოქსიდთა მიერ მინი-
სადმი მინიჭებულ შეფერილობას.

Fe₂O₃ იძლევა ყვითელ შეფერილობას (მოყვითალო-მომწვან-
ნოს), რომლიდანაც ნებისმიერ შეფერილობაზე გადასვლა უფრო
იოლია, ვიდრე FeO-თი გამოწვეული შეფერილობიდან.

მინის კაზმში შეყვანილი Sb₂O₃ მიიღებდა რა გარემოდან გა-
ხურებისას ეანგბადს, გადადიოდა Sb₂O₅-ში, რომლის დაშლით ნად-
ნობში ეანგბადი გამოიყოფოდა და ხელს უწყობდა მინაში რკინის
არსებობას Fe₂O₃-ის სახით. როდესაც Co₂O₃-ს (CoO-ს) საშუალება
ეძლეოდა სრულიად გამოველინა მისი არჩევითი შუქგამგარობა,
მიმდინერეობდა მინის გაუფერულება (ქიმიური).

იქმნება შთაბეჭდილება, რომ ძველი ოსტატებისათვის ზემოთ
აღწერილი ცნობილი იყო და მას ფართოდ იყენებდნენ ინდივიდუა-
ლურ (მკაფიო) ფერებად მინების „შედების“ საქმეში.

ჩვენი აზრით, შეიძლება ამით დაეკმაყოფილდეთ ბრილის მი-
ნების შეფერილობის ბუნების შესწავლის საქმეში.

კელავ დაეუბრუნდეთ მე-5 ცხრილს. ყველა მინაში არის SO₃,
რომელიც სხვათაშორის, რაოდენობრივად უახლოედება თანამედ-
როვე მინებში დაფიქსირებულ ოდენობებს და Cl, რომელიც ამ უკა-
ნასკნელში თითქმის არ გვხვდება.

SO₃-ის არსებობა მინაში, ჩვენი აზრით, გამოწვეულია კაზმში
სულფატების გამოყენებით. ამის დასტურია თანამედროვე მინები.
სულფატების უმეტესობა (Na₂SO₄, CaSO₄, BaSO₄ და ა.შ.) მაღალ გე-

მკერაგურაზე როტულად შედის რეაქციაში SiO_2 -თან, რის გამოც გამოყოფილი გოგირდის ჯანგბადური ნაერთების ნაწილი (შესაძლოა გოგირდიც) სცილდება ნაღობს, ხოლო ნაწილი მინაში იხსნება და ხშირად ღიდ საფრთხეს წარმოადგენს, რამდენადაც წარმოქმნის რა ბუმბებს (მათ მეორად ბუმბებს უწოდებენ), წონასწორობის დარღვევისას კვლავ არ გამოიყოს აირადი ფაზის სახით.

რაც შეეხება Cl -ს, მისი არსებობა ბრილის მინებში რამდენადმე მოულოდნელი იყო. ჩვენთვის ცნობილია, რომ ქლორშემცველი ნაერთი (NaCl) მიზნობრივად პირველად გამოყენებული იქნა რუსეთში XIX საუკუნეში. მინის მიღების პროცესზე მისი გავლენის შესწავლა დაიწყო ბევრად უფრო გვიან /58/.

დადგინდა, რომ NaCl რეაგირებს SiO_2 -თან მხოლოდ წყლის ორთქლის თანაობისას ოდნავ შესამჩნევად 900°C -ზე და სუსტად 1000°C -ზე ნაგრიუმის სულფატისა და HCl -ის წარმოქმნით. ის ვითარება, რომ NaCl მიაკუთვნეს ხარშვის დამამქარებლებს (ხარშვის გემპერაგურა იკლებს $\sim 50^\circ\text{C}$ -ით), ახსნილი იქნა ამ ნაერთისა და სოდის ევგექტიკის წარმოქმნით $610-630^\circ\text{C}$ ინტერვალში.

აღნიშნული ყურადსაღებია, მაგრამ ეერ ხსნის ქლორის არსებობას ბრილის მინებში. არის მითითება იმაზე, რომ მინებში შესაძლოა იყოს მინდერის შაგური წარმონაქმნების კრისტალური ჩანართები. მათ რიცხვს მიაკუთვნებენ სოდალიტ 3 -ს ($\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$) $\cdot 2\text{NaCl}$; სოდალიტის ჯგუფის ერთერთი წარმომადგენელია ლაზურიტი - $\text{Na}_6\text{Ca}[\text{AlSiO}_4]_6 (\text{SO}_4, \text{Cl}, \text{S})$, რომელიც შეიცავს ქლორს. შეიძლება გამოითქვას მხოლოდ მეტად საორიენტაციო ეარაუდი, რომ Cl მინაში იმყოფებოდა ჩანართებში და ჩვენ მიერ (ისევე როგორც რ. ბახგაძის მიერ) დადგენილი გაუმჭვირვალე ჩანართები არის რომელიმე ქლორშემცველი მინერალის უწერილესი მარცვლები.

აღნიშნულ საკითხს ჩვენ მოგვიანებით მიუბრუნდებით ისევე, როგორც რიგ მინარევე ოქსიდებს, რომელთა რაოდენობა არ აღემატება $0,1$ მას. %-ს.

ბრილის მინები შეიძლება თამამად მივაკუთვნოთ ნაგრიუმ-კალციუმ-სილიკატური მინების კლასს, რომელშიც, ისევე როგორც დღეს, მოქმედებს რიგი კანონზომიერი თანაფარდობები ძნელდნობად და ადვილდნობად ოქსიდებს შორის. დღეს ეს კეთდება შეგნებულად მინის შედგენილობის ოქსიდურ დონეზე განხილვით. ძველად კი ასევე შეგნებულად, მაგრამ მინის მისაღებად ამა თუ იმ ნედლეულის რაოდენობრივი თანაფარდობის საფუძველზე. ვგოვებით რა

კვლევის ამ სტადიაზე გამოყენებული მასალების რაობის საკითხს ღიად, განვიხილოთ ბრილის მინები თანამედროვე მინის ტექნოლოგიის პოზიციებიდან.

საღლისოდ, სხვადასხვა დანიშნულების მინების საბაზისო შედგენილობაში შედის: SiO_2 - 63-75%, RO - 7-13%, R_2O - 13-18%. SiO_2 -ის ცალკე წარმოდგენა არაკორექტულად ითვლება. მას განვიხილავენ როგორც SiO_2 -ისა და R_2O_3 -ის ჯამს. როდესაც პირველი შემადგენლის ოდენობის ზღვრები მკვეთრად მცირდება და აღწევს 2 - 4 მას.%-ს, $\text{SiO}_2 + \text{R}_2\text{O}_3(\text{Al}_2\text{O}_3 \text{ და } \text{Fe}_2\text{O}_3) = 71-75$ მას. %. ითვლება, რომ მინის თვისებათა რადიკალური შეცვლის გარეშე დასაშვებია SiO_2 -ის შეცვლა R_2O_3 -ით 10-11 მას.%-ის ოდენობით.

ჩვენ მიერ შესწავლილ ბრილის მინებში $\text{SiO}_2 + (\text{Al}_2\text{O}_3 \text{ და } \text{Fe}_2\text{O}_3)$ ჯამი მერყეობს 64-დან 70 მას.%-მდე, რაც იმ დროისათვის გასაკვირი მუდმივობაა. აღვიღდნობად ოქსიდთა რაოდენობა ცალკე აღებული მერყეობს ბევრად უფრო ფართო დიაპაზონში (RO - 6-დან 15,5 მას.%-მდე, ხოლო R_2O - 14-დან 21 მას.%-მდე), მაგრამ თუ ავიღებთ მათ ჯამს, აღნიშნული მერყეობა მცირდება და შეადგენს 27,82-დან 33,51 მას.%-მდე. ეს და სხვა მონაცემები მოყვანილია მე-8 ცხრილში.

ცხრილიდან გამომდინარე, ძველ ოსტაგებს კარგად სცოდნიათ ამა თუ იმ კომპონენტისა და მათი თანაფარდობების გავლენა ტემპერატურულ რეჟიმზე, რა თქმა უნდა, ნელეულის რაოდენობათა შერჩევის დონეზე. ამის ბრწყინვალე მაგალითია მინა №2.

ცნობილია, რომ ძნელდნობად ოქსიდთა რაოდენობის გაზრდა იწვევს სარშეის ტემპერატურის ზრდას. მათი ასეთი მემოქმედების გასაბათილებლად მიმანშეწონილია აღვიღდნობადი ოქსიდების გაზრდა, რასაც მიმართავენ ძველი ოსტაგები.

აღნიშნული თეალსაზრისით მეტად საინტერესოა ($\text{SiO}_2 + \text{R}_2\text{O}_3$) : ($\text{RO} + \text{R}_2\text{O}_3$) ფარდობის მნიშვნელობები - ისინი თითქმის მუდმივია. ეს მიგვითითებს იმაზე, რომ ოსტაგებმა იცოდნენ რიგ კომპონენტთა ჯამური მემოქმედების ეფექტიც.

და ბოლოს, კვლავ დავუბრუნდეთ იმ შავ წერტილებს, რომლებიც აღმოჩენილი იქნა რ. ბახტაძისა და ჩვენ მიერ რიგ მინებში.

მათი არსებობის მიზეზი შეიძლება იყოს მრავალი სხვადასხვა წარმოშობის წყარო და თითოეულ შემთხვევაში აუცილებელია მინის მიღების ყველა სტადიის კარგად ცოდნა. ჩვენ არ ვიცნობთ ძველი ოსტაგების მიერ გამოყენებულ ტექნოლოგიურ ილეთებს და

შეგვიძლია მხოლოდ ექვარაუდით შავი წერტილების წარმომშობ მიზეზებზე.

ცხრილი 8

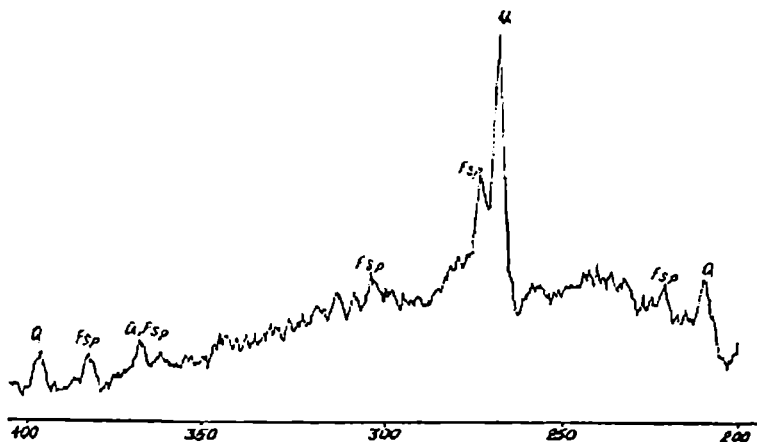
ბრილის მინებში შემავალი ძირითადი ოქსიდები და მათი თანაფარდობები

მაჩვენებლები	ბრილის მინები				
	№ 1	№ 2	№ 11	№ 30	ჯამისუფრი
SiO ₂ , მას. %	63,0	68,2	60,9	62,6	62,3
SiO ₂ + R ₂ O ₃ , მას. %	67,86	69,96	65,66	64,65	65,39
RO, მას. %	11,82	6,68	15,42	13,5	15,48
R ₂ O, მას. %	16,05	20,29	14,87	18,17	15,79
RO + R ₂ O ₃ , მას. %	27,87	26,97	30,29	31,67	31,27
SiO ₂ : RO	5,33	10,21	3,95	4,64	4,02
(SiO ₂ + R ₂ O ₃) : RO	5,74	10,47	4,26	4,79	4,22
SiO ₂ : R ₂ O	3,92	3,36	4,09	3,44	3,94
(SiO ₂ + R ₂ O ₃) : R ₂ O	4,22	3,45	4,41	3,56	4,14
(SiO ₂ + R ₂ O ₃) : (RO + R ₂ O)	2,43	2,59	2,17	2,04	2,09

ლოფლერის მიერ დადგენილი იქნა, რომ რიგ სილიკატურ მინებში მიიღება ქრომიტისა და შპინელის წარმონაქმნები (FeO. Cr₂O₃ და MgO. Cr₂O₃), რომელთა მოცილება მრავალ სირთულესთან არის დაკავშირებული /59/. ორივე წარმონაქმნია შესაძლებელი ჩვენს შემთხვევაშიც, თუმცა არ არის გამორიცხული CoO-თი გამდიდრებული მიკროუბნების არსებობაც.

ამ საკითხის გადასაჭრელად ჩვენ მიემართეთ რენტგენოფაზურ ანალიზს.

დიფრაქტოგრამაზე (ნახ.4) მეკეთრად გამოისახება კვარცის (Q) და მინდერის შპაგისათვის (F_{sp}) დამახასიათებელი dx/n ხაზები (3,34; 4,25; 2,45; 2,27; 2,12 და 4,05; 3,27; 2,95; 2,45; 2,36), ამიგომ /29/-ში გამოთქმული მოსაზრება იმის შესახებ, რომ მუქი ფერის ჩანართები სალებავით არის გამოწვეული, არ უნდა იყოს სწორი. ასევე შეუძლებელია ამ ნაერთების მიკუთვნება შპინელის ტიპის ჩანართებისადმი. № 11 მინაში შემჩნეული ჩანართები წარმოადგენენ კვარცისა და მინდერის შპაგის გაუსხნელ ნაწილაკებს.



ნახ. 4. № 11 მინის დიფრაქტოგრამა

5.1.2. ბრილის მინების რიგი თავისებურებების შესწავლა - შეფასება

არქეოლოგიური მინების ტექნოლოგიური შესწავლა დაკავშირებულია მრავალ სირთულესთან, რომელთა შორის ძირითადია ის გარემოება, რომ მონაპოვარი ხშირად მცირეა, უნიკალური და კვლევისათვის ნიმუშების დამზადება ვერ ხერხდება.

ამ შემთხვევაში მიზანშეწონილია მიემართოთ თვისებების განსაზღვრის საანგარიშო მეთოდებს, რომლებიც დამუშავებულია მინის ტექნოლოგიაში და ხასიათდება მიღებულ შედეგთა საკმაო სიზუსტით, ყოველ შემთხვევაში ჩვენს წინაშე მდგარი ამოცანების გადასაჭრელად.

ჩვენ მიერ გაანგარიშებული იქნა ე.წ. მინის დენაღობა ა. აკენის მიერ შემოთავაზებული მეთოდით; გემპერატურები, რომლებსაც შეესაბამება მინის ნაღობის გარკვეული სიბლანტეები - ნ. ოს-

ოგინის მეთოდით და გექნოლოგიური თვისებები - ლაილისა და ულიამსის მეთოდებით /60-63/.

ნახ .5-ზე წარმოდგენილია ბრილის მინების სიბლანტის და მოკიდებულება T-ზე, $\lg \eta = 3 - 14$ ინტერვალში.

მინის დნობის ტემპერატურა, გაანგარიშებული დნობადობის რიცხვების მიხედვით, ბრილის სუთივე მინისათვის მოცემულია მე-9 ცხრილში.

გაანგარიშებისას მხედველობაში მიიღებოდა მხოლოდ ის ოქსიდები, რომელთა შემცველობა მინაში აღემატება ან უახლოვდება 0,5 მას.%-ს. დნობის ტემპერატურად მიიღება ის ტემპერატურა, რომელზედაც მინა გახურებისას სრულიად დაუარავს შესაბამისი ფართობის მყარ ზედაპირს.

ცხრილი 9

ბრილის მინების დნობადობის რიცხვები და დნობის ტემპერატურა

მინის დასახელება	№ 1	№ 2	№ 11	№ 30	ყაჯისუერი
დნობადობის რიცხვი	0,43	0,40	0,45	0,45	0,44
დნობის ტემპერატურა, ° C	1077	1100	1062	1062	1070

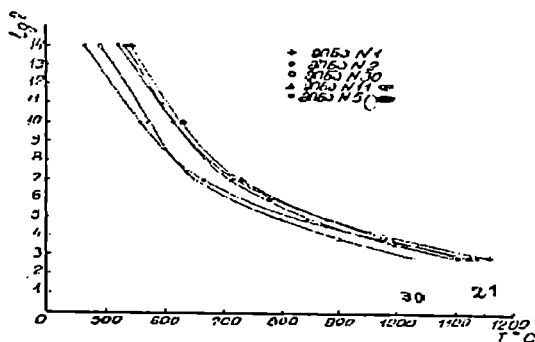
მე-10 ცხრილში მოცემულია ჩვენ მიერ შესწავლილი მინების $\lg \eta = 3-14$ შესაბამისი ტემპერატურები, ფარდობითი სივრცე (WRJ) და დამუშავების ინტერვალის (WR).

ცხრილებში მოყვანილი შედეგები გვიჩვენებს რამდენად არის დამოკიდებული მინის გექნოლოგიური პარამეტრები მინაში შემავალ ოქსიდთა რაოდენობაზე. ამ პარამეტრების სიდიდეებს განსაზღვრავენ როგორც ($\text{SiO}_2 + \text{R}_2\text{O}_3$) : ($\text{RO} + \text{R}_2\text{O}$) ფარდობას, ისე ამ ფარდობაში შემავალი თითოეული ოქსიდის ოდენობით.

მინის გექნოლოგიაში ცნობილია, რომ Al_2O_3 -ის შემცველობის ზრდა იწვევს მინის სივრცის შემცირებას. სივრცესა და დამუშავების ინტერვალს ამცირებს CaO -ც, რომელიც მაღალ ტემპერატურაზე ამცირებს მინის ნადნობის სიბლანტეს (ამცირებს $\lg \eta = 2-7$ შესაბამის ტემპერატურებს), ხოლო დაბალზე - ზრდის. Na_2O ყველა ტემპერატურაზე ამცირებს სიბლანტეს (ამცირებს $\lg \eta = 3-4$ შესაბამის ტემპერატურებს), „ავრძელებს“ მინას.

შესწავლილ მინებში ყველაზე დიდი შემცველობითაა R_2O (20,2 მას.%), შესაბამისად მცირეა Al_2O_3 -ის, Fe_2O_3 -სა და RO -ს შემც-

ველობა. თუმცა $\lg \eta = 3$ -ს მინა აღწევს SiO_2 -ის დიდი შემცველობის გამო. მაღალ გემპერატურაზე მისი ფარდობითი სიგრძე და დამუშავების ინტერვალი დიდია. ამ თვალსაზრისით №1 მინაში მოსალოდნელია აღნიშნული პარამეტრების შემცირება, რადგან Al_2O_3 -ის შემცველობა შეადგენს 2,35 მას.%-ს, CaO – 11,3 მას.%-ს, ხოლო Na_2O – 11,5 მას.%-ს, რასაც სინამდვილეში აქვს ადგილი. იგივე გარემოებით არის გამოწვეული №11 მინისა და ყავისფერი მინის შედარებით მცირე WRJ და WR.



ნახ. 5. ბრილის მინების საორიენტაციო $\lg \eta - T^{\circ}\text{C}$

ამ მოსაზრებიდან გამომდინარე, რამდენადმე შეუსაბამო შედეგები მიიღება №30 მინის შემთხვევაში. ამ მინაში მეტად მაღალია R_2O -ს რაოდენობა, მცირეა Al_2O_3 , ზომიერია CaO №11 მინასთან შედარებით, მაგრამ WRJ და WR ერთი შეხედვით მცირეა.

თუ მივაქცევთ ყურადღებას $\lg \eta = 3, 4, 9, 14$ შესაბამის გემპერატურებს და ლიგლტონის გემპერატურას, ყველაფერი ნათელი ხდება. მას გააჩნია ამ სიბლანტეების ყველაზე მცირე გემპერატურები ჩვენ მიერ შესწავლილ მინათა შორის და ამით გამოიხატება მისი შედგენილობის გავლენა აღნიშნულ პარამეტრებზე.

ჩვენ მიერ ჩატარებულ გაანგარიშებებში გარდა დნობადობისა, არ იყო ვათეალისწინებული Cl-ის შესაძლო გავლენა გექსნოლო-

გიურ პარამეტრებზე. ამ ფაქტორის გათვალისწინებით შესაძლებელია შედარებით დაბალი ტემპერატურები და მაშინ შეიძლება ვივარაუდოთ, რომ მინების ხარშვისას ძველ ოსტაგებს გაერთგეარონებისა და გასუფთავების სგადიების სრულყოფილად განხორციელების გარდა სირთულეები არ უნდა შექმნოდეთ, სოლო აღნიშნულ სირთულეებზე მიგვითითებს შესწავლილ მინებში ნაირსახოვანი უბნები და აირადი ფაზის საკმაოდ დიდი რაოდენობა.

5.2. სამთავროს მინები

რ. ბასგაძის ნაშრომში ვრცლად არის აღწერილი სამთავროს სამაროვნის უპეელესი ორმოსამარხების გათხრისას აღმოჩენილი მინა ან მინისებური ნიმუშები. თუ ბრილში დადგინდა მსოლოდ (თუ ძირითადად ?) მძიეები, აქ მძიეებთან ერთად ფართოდ არის წარმოდგენილი ნაკეთობანი და მათი ფრაგმენტები. თუ მხედველობაში მივიღებთ აღმოჩენილი ნაკეთობების დამზადების პერიოდს (ახ.წ. I-III სს), ღრუგანისანი ნაკეთობების აღმოჩენის ფაქტმა არ უნდა გამოიწვიოს ჩვენში წინააღმდეგობა, რაც აღნიშნულ პერიოდში ლოგიკურია საბერაფი მილის არსებობის გამო, თუმცა ნაკეთობები შეიძლება სხვა ხერხითაც ყოფილიყო დამზადებული.

აღნიშნულ პერიოდში მინის წარმოების განვითარების დონეზე მიგვითითებს ის ფაქტიც, რომ მინის შეფერილობის სპექტრი ფართოა და მოიცავს ხილვადი სპექტრის თითქმის ყველა ფერს.

სამწუხაროდ ვერ მოხერხდა რ. ბასგაძის მიერ შესწავლილი მინების ანალოგების მოპოვება. ამიგომ ჩვენ მიემართეთ მის მიერ შესწავლილი მინების გააზრებას მინის ტექნოლოგიის თვალსაზრისით.

თავიდანვე აღვნიშნავთ, რომ ჩვენ განვიხილავთ მსოლოდ იმ მძიეებს, რომლებიც ბასგაძისეული აღწერის საფუძველზე არ იწვევს ეჭვს მინისაღმი მიკუთვნებაში. ამგვარი, /29/-ში მოყვანილი 19 ნიმუშიდან, ჩვენი აზრით, სუთია. განვიხილოთ თითოეული მათგანი. ნიმუშთა ნუმერაცია შენარჩუნებულია.

მინა №3 – წითელი ფერის მძიეი, მრგვალი, საგანგებოდ აღინიშნება მინის „სიმაგრე (ძნელად ფხეიერდება)“. ამის მიმკმად მოყვანილია „ალუმინის მაღალი შემცველობა“, ისეთივე როგორიც №2

მინაში. ამ უკანასკნელის აღწერისას რ. ბახგაძე ასევე საგანგებოდ აღნიშნავს, რომ იგი ძლიერ არის „გაფხვიერებული“ და შეიცავს მრავალ ჩანართს. მსჯელობა ზოგადად შედგენილობაზე, და კერძოდ, Al_2O_3 -ის შემცველობაზე, სპექტრალური ანალიზის შედეგების გამოყენებით მიგვაჩინია არაკორექტულად.

მეგად მნიშვნელოვანი დასკვნა იმის შესახებ, რომ ამ მინის მიღებისას გამოიყენებოდა მცენარეული წარმოშობის მღწობი ნიეთიერება (მინაში ფოსფორის არსებობის გამო) უარყოფილია /29/-ში მოყვანილი სპექტრალური ანალიზით. რაც შეეხება მძივის წითელ შეფერილობას, იგი მართლაც შეიძლებოდა მიეღოთ სპილენძით და არა „სპილენძის ქვეყანგით“, როგორც ეს აღინიშნება /29/-ში. მაგრამ ამ შემთხვევაში ოსტატებს უნდა სყოდნოდათ ე.წ. „დაყვანის“ გექნოლოგია. სამწუხაროდ, აღნიშნულის შემოწმების შესაძლებლობა ჩვენ არ მოგვეცა.

იგივე შეიძლება ითქვას №5 და №7 მინებზეც.

მინა №6 ცისფერია. მძივი მრგვალია. ვარაუდი იმის შესახებ, აუ რით არის გამოწვეული ცისფერი შეფერილობა, მეგად გართულეულია მინის ოქსიდური შედგენილობის გარეშე. ბრილის მინების შემთხვევაში ჩვენ ვაჩვენეთ, რომ ასეთი შეფერილობა მინის შთანთქმისა და გამტარობის სპექტრზე სპილენძის, მანგანუმისა და რკინის ოქსიდების ერთობლივი გავლენის შედეგი შეიძლება იყო.

მინა №15 უფერულია. ამ მინაში კვარცის კრისტალების ჩანართების არსებობა უფლებას აძლევს რ. ბახგაძეს ივარაუდოს, რომ ისინი მინაში მოხედნენ ხარშის შედეგად (როგორც ჩანს ნაღწობში). შესაძლოა ასეც იყო, მაგრამ კორექტულობისათვის აუცილებელი იყო აღმოჩენილი კრისტალების კრისტალოპტიკური შესწავლა მაინც.

ჩვენთვის მნიშვნელოვანია სხვა მომენტი. სპექტრალური ანალიზის საფუძველზე შეიძლება დავასკენათ, რომ მინას უნდა ჰქონოდა გარკვეული შეფერილობა. მინაში Fe - „ბევრია“, Mn - „ბევრია“, Ti - არის, ხოლო მინა უფერულია. ნუთუ ძველი ოსტატები ფლობდნენ გაუფერულების პროცესის ილეთებს? პასუხი ამ კითხვაზე გაუცემელი რჩება.

ჩვენ მიერ შესწავლილი იქნა სამთავროს ორი ნიმუში, რომელთა კლევა ჩენი მონაცემებით ჩატარებული არ ყოფილა.

ძველქართული მინების სიღ=3-14-ის შესაბამისი ტექნოლოგიური მინები

სი	ბრილის მინები						სამთავროს მინები			კრისტალის მინები		
	№1	№2	№11	№30	ქაბიძე	№1	№2	№1	№2	№1	№2	№3
3	1158	1136	1126	1025	1104	1139	1138	1192	1116	1192	1116	1116
3.7	1035.000	1007.49	1014.511	925.632	996.093	1015.18	1014.33	1061.24	1008.87	1043.11	1008.87	1043.11
4	996	967	980	897	964	976	975	1019	977	1004	977	1004
5	885	846	880	802	865	862	861	901	881	893	881	893
6	790.180	742.187	791.815	710.722	777.223	763.362	761.781	803.857	796.143	798.974	796.143	798.974
7	721.968	668.762	729.604	651.186	716.512	693.709	691.881	731.837	736.349	730.868	736.349	730.868
7.65	691.691	637.622	702.974	631.519	691.651	663.949	662.026	698.423	710.923	700.217	710.923	700.217
8	678.481	624.495	691.418	623.662	681.054	651.248	649.296	683.637	699.868	686.748	699.868	686.748
9	646	592	661	601	653	620	618	648	671	653	671	653
10	615	562	631	573	623	589	587	616	641	622	641	622
11	587	533	604	547	596	561	559	587	614	594	614	594
12	564	509	583	529	576	538	536	563	594	571	594	571
13	539	484	560	506	553	513	511	538	571	547	571	547
საქართველოს რესპუბლიკის საგარეო აფაირთა სამინისტროს სამეცნიერო სამსახური	153	154	143	126	139	151	149	146	140	153	140	153
საქართველოს რესპუბლიკის საგარეო აფაირთა სამინისტროს სამეცნიერო სამსახური	466	498	423	396	412	475	474	454	405	466	405	466

5.2.1. სამთავროს მინების შედგენილობის შესწავლა

მინა №1 - ღია მომწვანო ფერის მინისაგან დამზადებული თასის ფრაგმენტი.

მინა №2 - მოყვითალო მინისაგან დამზადებული სანელსაცხებლე ჭურჭლის ფრაგმენტი.

აღნიშნული მინების ქიმიური შედგენილობა წარმოდგენილია მე-11 ცხრილში. მინებში დაფიქსირებულია თითქმის იგივე კომპონენტები, რომლებიც დადგენილი იქნა ბრილის მინებში. ამავე დროს, მათ შორის განსხვავებაა ოქსიდთა ოდენობებში. დაეიწყოს იმით, რომ მინა №1 ღია მომწვანო ფერისაა, რაც აიხსნება მინაში რკინისა და მანგანუმის ოქსიდების შეფერვისათვის საკმარისი რაოდენობების არსებობით. ამის დასტურად მოვიყვანოთ მსჯელობა შემოთავაზებული ბრილის №30 მინის დახასიათებისას, რომელიც ღია

ცხრილი 11

სამთავროს მინების ოქსიდური შედგენილობა

ოქსიდები	შედგენილობა, მას. %		ოქსიდები	შედგენილობა, მას. %	
	მინა №1	მინა №2		მინა №1	მინა №2
SiO ₂	65,7	60,6	MnO	0,311	1,58
TiO ₂	0,144	0,311	NiO	0,00999	0,0113
ZrO ₂	0,0252	0,0431	CuO	0,00962	0,0128
P ₂ O ₅	0,0886	0,863	PbO	0,0419	0,0676
Al ₂ O ₃	1,98	2,28	ZnO	0,00954	0,0107
Fe ₂ O ₃	0,747	1,87	SrO	0,0869	0,118
Sb ₂ O ₃	0,584	0,112	Ni ₂ O	17,5	16,5
Cr ₂ O ₃	0,0184	0,0235	K ₂ O	0,801	1,92
Co ₂ O ₃	0,0181	0,0146	SO ₃	0,404	0,410
CaO	9,17	9,23	Cl	1,77	1,67
MgO	0,499	2,26	WO ₃	0,0922	0,0621
ფერი				ღია მომწვანო	მოყვითალო

მწვანე ფერისაა, მაშინ როდესაც სამთავროს მინა №1 ხასიათდება შეფერილობის ნაკლები ინტენსიურობით. ეს გასაგებია, თუ შევადარებთ ოქსიდთა რაოდენობებს: მინაში №30 R₂O₃ 1,4 მას.% - ია,

№1 მინაში (სამთაერო) – 0,747 მას.%; MnO – შესაბამისად 1,19 მას.% და 0,311 მას.%. ბრილის მინაში არ არის Sb_2O_3 , მაშინ როდესაც სამთაეროს მინაში 0,584 მას.%-ია. შედგენილობის ანალიზისას იოლად შეიძლება დადგინდეს, რომ ამ მინაშიც იგივე შემდგომი ოქსიდებია, რაც №1 მინაში, თუმცა სხვა რაოდენობით. მეტია როგორც Fe_2O_3 , ისე მანგანუმის ოქსიდით. მათ შორის თანაფარდობა დაახლოებით 1 : 1. სწორედ ეს თანაფარდობა უნდა იყოს ყვითელი ფერის მიზეზი. ამგვარ მინებს ხშირად ლებულობდნენ უფრო გვიან გერმანიასა და რუსეთში /5. 64/, მაშინ როდესაც ადრე განხილულ მინებში (სამთაერო და ბრილი) იგივე ოქსიდთა თანაფარდობა შეადგენდა 2,4-სა და 1,2-ს. ჩვენი აზრით, აქ აუცილებელია Sb_2O_3 -ის როლის აღნიშვნაც ყვითელი ფერის წარმოქმნაში.

პოლივალენტური ელემენტების ოქსიდთა ერთიმეორეზე ზემოქმედების მწკრივიდან გამომდინარე, მანგანუმის დიოქსიდის დისოციაციის შედეგად გამოყოფილ კანცხადას პირველ რიგში ლებულობს Sb_2O_3 , გადადის რა Sb_2O_5 -ში. ეს უკანასკნელი მაღალ გემპერაგურაზე დამყანგველის როლში გამოდის FeO -სთვის, რის შედეგადაც წონასწორობა $Fe^{2+} \leftrightarrow Fe^{3+}$ გადაიხრება მარჯვნივ. MnO მინაში იძლევა სუსტ ყვითელ ფერს, რომელიც ძლიერდება Fe_2O_3 -ის იგივე შეფერილობით. არ უნდა დაგვაიწყდეს, რომ მინაში არის TiO_2 -ც, რომელიც ასევე იძლევა მოყვითალო შეფერილობას.

სამთაეროს მინების შემთხვევაში დადგენილია სხვა პოლივალენტურ ოქსიდთა არსებობა. მათ, რა თქმა უნდა, შეეძლოთ ემოქმედათ მინის შეფერილობაზე, მაგრამ მეტად მცირე კონცენტრაციები უფლებას არ იძლევიან ვივარაუდოთ მათი რადიკალური გავლენა. ორივე მინაში დადგენილია SO_3 -ის და Cl-ის არსებობა, რომელთა შესახებ მოხსენიებული იქნა ბრილის მინების განხილვისას.

სამთაეროს №2 მინაში, ჩვენ მიერ მინარევე ოქსიდთა რიცხვს მიკუთვნებულ კომპონენტთა შორის გამოირჩევა P_2O_5 , რომლის შემცველობა მეტად მაღალია (0,863 მას.%). მიზანდასახულად არის იგი შეყვანილი თუ არა, კვლევის ამ ეტაპზე ძნელი დასადგენია.

სამთაეროს მინებიც მიეკუთვნება ნაგრიუმ-კალციუმ-სილიკატური მინების კლასს. ძირითად ოქსიდთა რაოდენობა და მათი თანაფარდობები წარმოდგენილია მე-12 ცხრილში. ცხრილში მოყვანილი მონაცემები გვიჩვენებს, რომ მათში დატულია მინის მილებისათვის საჭირო თანაფარდობები. განსხვავებები შედგენილობებსა და თანაფარდობებს შორის, როგორც ჩანს, გამოწვეულია ნე-

ძირითადი ოქსიდები და მათი თანაფარდობები
სამთავროს მინებში

მაჩვენებლები	სამთავროს მინები	
	მინა № 1	მინა № 2
SiO ₂ , მას. %	65,7	60,6
SiO ₂ + R ₂ O _n , მას. %	68,43	64,75
RO, მას. %	9,67	11,49
R ₂ O, მას. %	18,30	18,42
RO + R ₂ O, მას. %	27,97	29,91
SiO ₂ : RO	6,79	6,27
(SiO ₂ + R ₂ O _n) : RO	7,08	5,63
SiO ₂ : R ₂ O	3,59	3,29
(SiO ₂ + R ₂ O _n) : R ₂ O	3,74	3,51
(SiO ₂ + R ₂ O _n) : (RO + R ₂ O)	2,45	2,16

დღეულში შემავალი კომპონენტების მერყეობით, თუმცა არც იმის დაუწყება შეიძლება, რომ ფუჰიანობის გამრღა სელს უწყობს ყვი-თელი ფერის მიღებას.

5.2.2. სამთავროს მინების რიგი თავისებურებების
შესწავლა-შეფასება

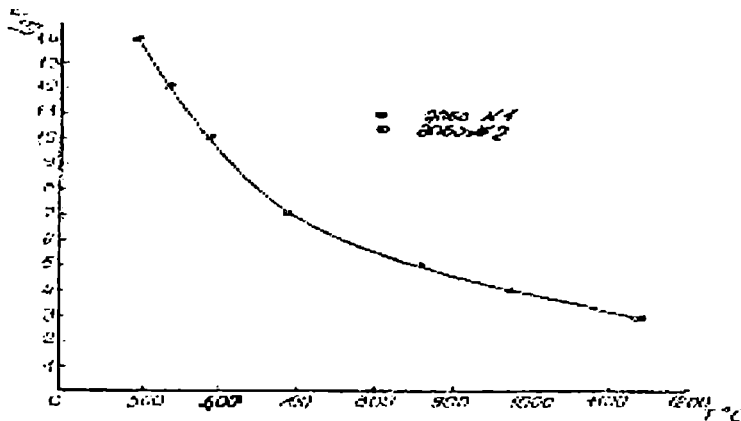
სამთავროს მინების შემთხვევაშიც მიემართეთ მათი ნაღ-ნობების რიგი თვისებების შესწავლის საანგარიშო მეთოდებს. გაან-გარიშების შედეგები წარმოდგენილია მე-10 ცხრილში.

ნახ. 6-ზე წარმოდგენილია სამთავროს მინების სიბლანგის დამოკიდებულება T-ზე $l_{\text{ქ}} = 3-14$ ინტერვალში.

$l_{\text{ქ}} = 3-5$ შეესაბამება მინის მდგომარეობას ნაღნობის სა-ხით, ხოლო $l_{\text{ქ}} = 9-14$ – მინას მყარ მდგომარეობაში. $l_{\text{ქ}} = 5-9$ შუა-ლედებში მინა იმყოფება ბლანგდენად მდგომარეობაში. ლიტლტონის წერტილის ქვევით მინა მყარდება და მისი ფორმის შესაყელე-

ლად საჭიროა მექანიკური ზემოქმედება ან მინის წონის გამოყენება. $lg \eta = 7,65$ შესაბამისი ტემპერატურა მიღებული იქნა $lg \eta - T$ დამოკიდებულებიდან.

შეუძლებელია არ მიექცეს ყურადღება იმ გარემოებას, რომ №1 და №2 მინები მეტად მსგავსია $lg \eta - T$ დამოკიდებულებების მიხედვით. თუმცა SiO_2 -სა და $SiO_2 + R_2O_3$ ჯამის ნაკლები შემცველობა №2 მინაში იწვევს $lg \eta = 3$ -ის შესაბამისი ტემპერატურის შემცირებას, ხოლო RO-ს მეტი რაოდენობა ამცირებს დამუშავების ინტერვალს №1 მინასთან შედარებით. აღნიშნული მოვლენა კარგად შეესაბამება მინის გექნოლოგიაში ცნობილ ფაქტებს.



ნახ. 6. სამთავროს მინების საორიენტაციო $lg \eta - T^{\circ}C$

5.3. ურბნისის მინები

ქართულ სამეცნიერო ლიტერატურაში /13. 28/ ურბნისი მოიხსენიება ერთერთ ყველაზე აღიარებულ ადგილად, სადაც გაიხრებით დადგინდა მინის ნაკეთობათა მრავალსახეობა, მათ შორის არის ღრუგანიანი ჭურჭელიც.

ჩვენი ყურადღება მიიპყრო მ. ჩხაგარაშვილისა /31. 64/ და მ. საგინაშვილის /28/ ნაშრომებში წარმოდგენილმა მინის ნაკეთობებმა, რომლებიც გიოლოგიური ანალიზის საფუძველზე მიკუთვნებულია I-VI საუკუნეებისადმი.

მ. ჩხაგარაშვილის ნაშრომში ჩვენთვის საინტერესო ურბნისის ორი მინაა წარმოდგენილი:

– ჭურჭლის კელის ნატეხი, მოცისფრო, სსმ, № 1-57-739.

– სასმისი, ფაცეგებიანი, მომწვანო, სსმ, № 1-61-3223.

დადგინდა აღნიშნული ნაკეთობების ცალკეული ნაწილები (ნატეხები), რომლებიც წარმოადგენენ ჩვენი კელეის ობიექტს.

ამ ორი ნიმუშის გარდა, ჩვენ მიერ შესწავლილი იქნა კიდევ ერთი მინა, რომელიც გიოლოგიურად შესწავლილია მ. საგინაშვილის მიერ /28/ :

– მოყვითალო მოყავისფრო ფერის გამჭვირვალე მინის თხელკედლიანი ჭურჭლის ნატეხი. სამარხი № 193, ინე. № 1 – 61 : 3541.

5. 3. 1. ურბნისის მინების შედგენილობის შესწავლა

აქ, ისევე როგორც ბრილის მინების შემთხვევაში, კელეის შედეგები მოგვყავს შედარების პრინციპით (ორი მინისთვის). ჩვენ მიერ დადგენილი ქიმიური შედგენილობა შედარებულია მ. ჩხაგარაშვილისა და მისი თანაავგორების მიერ შესრულებული ანალიზის შედეგებთან.

მე-13 ცხრილში მოყვანილია მოცისფრო მინის (№ 1-57-739) ქიმიური შედგენილობა, ხოლო მე-14-ში – მომწვანო მინისა (№ 1-61-3223). პირველი ჩვენთან აღინიშნება № 1-ით, ხოლო მეორე - № 2-ით.

ურბნისის მინების შედგენილობათა შედარება საშუალებას იძლევა დავასკენათ, რომ ანალიზების შედეგები ბევრად უფრო ახლოს არის ჩვენ მიერ ჩატარებული ანალიზების შედეგებთან, ვიდრე ბრილის მინების შემთხვევაში. ამავე დროს, არ შეიძლება არ აღინიშნოს საგრძნობი სხვაობები SiO_2 -ის, R_2O -სა და RO -ს შემცველობაში. თუ მხედველობაში მივიღებთ იმ ფაქტს, რომ /31/-ში მოცემული ანალიზის შედეგები მნიშვნელოვნად არის დამოკიდებული სუბიექტურ ფაქტორებზე, ვიდრე ჩვენ მიერ გამოყენებული მეთოდისა, უკი-

რაგესობას ვანიჭებთ უკანასკნელს. შეფერილობის მიზეზად მინაში №1 შეიძლება იყოს Fe_2O_3 და MnO , ხოლო მინაში №2 - Fe_2O_3 . ამ ოქსიდთა გავლენა მინის შეფერილობაზე აღწერილი გვაქვს ადრე განხილული მინების შემთხვევაში და ამიტომ აქ ამის შესახებ დამატებით არაფერს ვამბობთ.

მინა №3 მოყვითალო-მოყავისფროა, რაც Fe_2O_3 -ისა და MnO -ს ზემოქმედების შედეგი უნდა იყოს, იუმცა არ გამოირიცხება FeS -ის წარმოქმნაც. მინის ქიმიური შედგენილობა მოცემულია მე-15 ცხრილში.

ცხრილი 13

ურბნისის №1 მინის ოქსიდური შედგენილობა

ოქსიდები	შეღგენილობა, მას. %		ოქსიდები	შეღგენილობა, მას. %	
	ჩენი მონაცემები	[31]-ის მონაცემები		ჩენი მონაცემები	[31]-ის მონაცემები
SiO_2	65,40	69,28	Na_2O	14,8	15,00
TiO_2	0,105	0,16	K_2O	1,06	0,65
P_2O_5	0,125	—	Cl	1,29	—
Al_2O_3	2,62	2,49	Co_2O_3	0,0118	—
Fe_2O_3	0,623	0,42	SnO	0,111	—
CaO	12,10	8,75	WO_3	0,0559	—
MgO	0,516	1,58	Cr_2O_3	0,0223	—
MnO	0,745	0,63	Br	0,00305	—
NiO	0,00939	—	ZrO_2	—	Zr - კვალი
ZnO	0,00471	—	CuO	—	Cu - კვალი
SO_3	0,417	0,88			
ფერი				მოცისფრო	მოცისფრო

არ შეიძლება არ აღინიშნოს, რომ ურბნისის მინებში არ არის As_2O_3 და Sb_2O_3 . ძირითად ოქსიდთა რაოდენობასა და მათ თანაფარდობებზე ვიმსჯელებთ მე-16 ცხრილში მოყვანილი მონაცემების მიხედვით.

ცხრილში მოყვანილი მონაცემების ანალიზის საფუძველზე ირკვევა, რომ მინები იღენტურია (მცირედი სხვაობის არსებობა დასაშვებია) და თუ მხედველობაში მივიღებთ სხვაობას შეფერილობაში, ლოგიკურია დაუშვათ, რომ ძველი ოსტატები სრულიად ფლობდნენ შეფერვის რეგულირების პროცესს.

ურბნისის №2 მინის ოქსიდური შედგენილობა

ოქსიდები	შედგენილობა, მას.%		ოქსიდები	შედგენილობა, მას.%	
	ჩვენი მონაცემები	[31]-ის მონაცემები		ჩვენი მონაცემები	[31]-ის მონაცემები
SiO ₂	62,4	69,28	Na ₂ O	11,8	15,00
TiO ₂	0,19	0,16	K ₂ O	3,01	0,65
P ₂ O ₅	0,242	---	Cl	1,28	---
Al ₂ O ₃	1,94	2,49	Co ₂ O ₃	0,0118	---
Fe ₂ O ₃	1,41	0,42	SrO	0,0934	---
CaO	12,6	8,75	WO ₃	0,056	---
MgO	4,57	1,58	Cr ₂ O ₃	0,0452	---
MnO	0,0676	0,63	Br	0,00247	---
NiO	0,0131	---	ZrO ₂	0,0279	Zr - კვალი
ZnO	0,00605	---	CuO	0,00547	Cu - კვალი
SO ₃	0,247	0,88	Rb ₂ O	0,00264	---
უერი				მომწვანო	მომწვანო

ურბნისის №3 მინის ოქსიდური შედგენილობა

ოქსიდები	შედგენილობა, მას.%	ოქსიდები	შედგენილობა, მას.%	ოქსიდები	შედგენილობა, მას.%
SiO ₂	65,3	MgO	0,572	SrO	0,102
TiO ₂	0,115	MnO	1,42	WO ₃	0,2109
P ₂ O ₅	0,225	CuO	0,0061	Cr ₂ O ₃	0,0201
ZrO ₂	0,0275	SO ₃	0,192	NiO	0,0129
Al ₂ O ₃	2,57	Na ₂ O	14,4	Br	0,0087
Fe ₂ O ₃	0,687	K ₂ O	1,03	Cl	1,44
CaO	11,7	Co ₂ O ₃	0,0245		
უერი				მოყვითალო მოყავისფრო	

ძირითადი ოქსიდების რაოდენობა და მათი თანაფარდობები

მაჩვენებლები	ურბნისის მინები		
	მინა №1	მინა №2	მინა №3
SiO ₂ , მას. %	65,4	62,4	65,3
SiO ₂ + R ₂ O ₁ , მას. %	68,64	65,75	68,56
RO, მას. %	12,62	17,17	12,27
R ₂ O, მას. %	15,86	14,81	15,43
RO + R ₂ O, მას. %	18,48	31,98	27,70
SiO ₂ + RO	5,18	3,63	5,32
(SiO ₂ + R ₂ O ₁) : RO	5,44	3,83	5,59
SiO ₂ : R ₂ O	4,12	4,21	4,23
(SiO ₂ + R ₂ O ₂) : R ₂ O	4,33	4,44	4,44
(SiO ₂ + R ₂ O ₂) : (RO + R ₂ O)	2,41	2,05	2,47

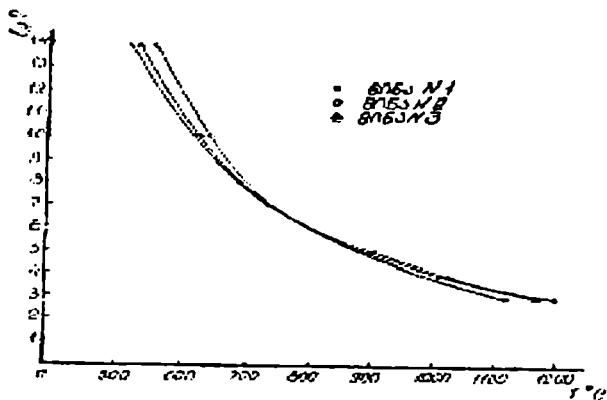
5.3.2. ურბნისის მინების რიგი თავისებურებების შესწავლა

ურბნისის სამივე მინის სიბლანგის დამოკიდებულება გემპერაგურაზე $\lg \eta = 3-14$ ინტერვალში წარმოდგენილია მე-10 ცხრილში. კელაჲ აღენიშნავთ, რომ მინა №1 ირიცხება № 1-57-739-ით, მინა №2 - № 1-61-3223-ით, მინა №3 - № 1-61-3541-ით.

ნახ.7-ზე მოცემულია ურბნისის მინების სიბლანგის დამოკიდებულება გემპერაგურაზე $\lg \eta = 3-14$ ინტერვალში.

მე-10 და მე-17 ცხრილებში წარმოდგენილი მონაცემები სრულ შესაბამისობაშია ძირითადი ოქსიდების რაოდენობასა და თანაფარდობებთან. მინები №1 და №3 მეტად დაახლოებული შედგენილობითა და თანაფარდობებით ხასიათდება. შესაბამისად დაახლოებულია მინის გექნოლოგიური პარამეტრებიც. მინა №2 გამოირჩევა RO-ს მაღალი შემცველობით, რასაც არ უნდა გამოეწვივა მისთვის დამახასიათებელი გემპერაგურის შემცირება ერთი და იგივე (სხვა მინებთან შედარებით) $\lg \eta = 3-5$ და გამრღა $\lg \eta = 9-14$ მისაღწევად.

დნობადობის რიცხვი და დნობის ტემპერატურა ამ მინებისათვის არ გვიანგარიშია, რადგან ყველა მონაცემებით მინის ნაკეთობა მიღებულია გამობერეთ.



ნახ. 7. ურბნისის მინების საორიენტაციო $lg \eta - T^{\circ}C$

5.4. ძველი მინების შედგენილობის თავისებურებები

როგორც აღინიშნა, ჩვენ მიერ შესწავლილი ბრილის მინის ნაწარმი მიკუთვნებული იყო ძე.წ. V-III სს, სამთავროს ნაკეთობანი-ახ.წ. I-III სს, ხოლო ურბნისის - I-VI სს. ამრიგად, ჩვენ განვიხილეთ საქართველოს სამ სხვადასხვა ადგილზე აღმოჩენილ მინათა ნიმუშები, რომლებიც ხასიათდება დროის საკმაოდ დიდი პერიოდით - დაახლოებით ათასწლეულით. აქედან გამომდინარე, მიზანშეწონილი იყო ამ მინების ერთიმეორესთან შედარება.

მე-17 ცხრილში მოყვანილია შესწავლილ მინებში ძირითადი ოქსიდების შემცველობა და მათი თანაფარდობები, მე-18-ში - მინარეე ოქსიდებად მიჩნეული კომპონენტების და მე-19-ში - შემდეგად ოქსიდებად ნაუარაულები კომპონენტების რაოდენობები და $lg \eta - T$ დამოკიდებულებიდან გამომდინარე თვისებები.

შედარების საფუძველზე უნდა აღენიშნოთ, რომ ძველი ოსტატები კარგად ფლობდნენ ცოდნას იმის შესახებ, რომ გამოსავალი მასალების შერჩევისას გარკვეული თანაფარდობა დაეცვათ კაშმის ძნელ და ადვილდნობად კომპონენტებს შორის. ამაზე მიუთითებს ჩვენ მიერ გამოთვლილი $(\text{SiO}_2 + \text{R}_2\text{O}_3) : (\text{RO} + \text{R}_2\text{O})$ მნიშვნელობები. იგი ერთი მინის გარდა მერყეობს 2,1-დან 2,6-მდე.

ძველ ოსტატებს უნდა სცოდნოდათ ადვილდნობად კომპონენტთა თანაფარდობის მნიშვნელობა : თუ მინაში შეიყვანებოდა ღიდი რაოდენობით RO-ს შემცველი მასალა, შესაბამისად მცირდებოდა R_2O -ს შემცველი კომპონენტი, ანუ მათი ჯამი უნდა ყოფილიყო გარკვეულ სიდიდებთან მიახლოებული. მაგ. ბრილის №2 მინაში მკვეთრად შემცირებულია RO-ს რაოდენობა, სამაგიეროდ გაზრდილია R_2O -ს შემცველობა. იგივე შეიძლება ითქვას სამთავროს №1 მინისა და სხვა მინების შესახებაც.

ნედლეულის თანაფარდობა აიღებოდა ისეთნაირად, რომ $\text{RO} + \text{R}_2\text{O}$ ჯამი არ ყოფილიყო გარკვეულ სიდიდეზე მეტი ან ნაკლები. თუ გავსაშუალოებთ ჩვენ მიერ მიღებული ჯამის სიდიდეებს, მივიღებთ 29,4-ს. შესაძლოა ეს იმ კომპონენტთა ოპტიმალური ჯამია კაშმში, რომელიც უზრუნველყოფდა მინის სათანადო თვისებებს. მეტად სიმბოლურია, რომ თითქმის 20 საუკუნის შემდეგ დიგცელი /65/ საგარეო მინის სამანქანო წარმოებისათვის ოპტიმალური შედგენილობის ძიებაში მიმართავს ამავე ოქსიდებს და ადგენს, რომ ოპტიმალურად შეიძლება ჩაითვალოს $25,6 \pm 0,9$ მას.% RO და R_2O ოქსიდების ჯამი. ნათლად ჩანს, რომ დიგცელი ოპტიმალური ჯამისათვის უშეებს მეტად მცირე მერყეობას. ძველ ტექნოლოგიაში კი იგი, ჩვენი მინების შეფასების საფუძველზე, შეადგენს $29,4 \pm 2,4$ მას.%-ს. შესაძლოა ოქსიდთა ჯამის მერყეობა გამოწვეული იყო იმით, რომ ოსტატებს არ ჰქონდათ ნედლეულის შეფასების ობიექტური საშუალებები.

არ შეიძლება არ განვიხილოთ მინაში Al_2O_3 - ის, Fe_2O_3 -ის, MgO -სა და K_2O -ს მოხვედრის საკითხი - იყო თუ არა აღნიშნული ოქსიდები მინაში სპეციალურად (მიზანდასახულად) შეყვანილი, თუ წარმოადგენდნენ ძირითადი ნედლეულის მინარევე შემადგენლებს.

ბრილის მინებში Al_2O_3 -ის მნიშვნელობა იცვლება 0,533-დან 2,35-მდე, Fe_2O_3 -ის - 0,556-დან 2,55-მდე, MgO-სი - 0,481-დან 0,518-მდე, ხოლო K_2O -სი - 0,267-დან 2,19 მას. %-მდე.

მინების ძირითადი ოქსიდების შემცველობა და მათი თანაფარდობები

ძირითადი ოქსიდები და მათი თანაფარდობები	რეაქტის ფიზიკური მონაცემები						სამშენებლო მონაცემები		უნიფიცირებული მონაცემები			
	№ 1 (1951წ.ს.)		№ 11 (1950წ.ს.)		№ 30 (1953წ.ს.)		ყაბიზიუმი	№ 1 (№ 3 130311)	№ 2 № 13113	№ 1 (№ 1-57-739)	№ 2 (№ 1-61-3223)	№ 3 (№ 1-61-3541)
	მ.ბ.ს. %	მ.ბ.ს. %	მ.ბ.ს. %	მ.ბ.ს. %	მ.ბ.ს. %	მ.ბ.ს. %						
SiO ₂ .	63,0	68,2	60,9	62,60	62,3	65,7	60,6	65,4	62,40	65,30	65,30	
Al ₂ O ₃ .	2,35	1,20	2,21	0,653	2,19	1,98	2,28	2,62	1,94	2,57	2,57	
Fe ₂ O ₃ .	2,51	0,556	2,55	1,40	0,905	0,747	1,87	0,623	1,41	0,687	0,687	
CaO .	11,30	4,91	14,8	13,0	15,0	9,17	9,23	12,10	12,60	11,70	11,70	
MgO .	0,521	1,77	0,618	0,537	0,481	0,499	2,26	0,516	4,57	0,572	0,572	
Na ₂ O .	15,5	18,1	14,30	17,9	15,20	17,50	16,50	14,80	11,80	14,40	14,40	
K ₂ O .	0,555	2,19	0,572	0,267	0,593	0,801	1,92	1,06	3,01	1,03	1,03	
SiO ₂ + R ₂ O ₃ .	67,86	69,96	65,66	64,65	65,39	68,43	64,75	68,64	65,75	68,56	68,56	
RO (CaO+MgO) .	11,82	6,68	15,42	13,50	15,48	9,67	11,49	12,62	17,17	12,27	12,27	
R ₂ O (Na ₂ O+K ₂ O) .	16,05	20,29	14,87	18,17	15,79	18,30	18,42	15,86	14,81	15,43	15,43	
SiO ₂ : R ₂ O	3,92	3,36	4,09	3,44	3,94	3,59	3,29	4,12	4,21	4,23	4,23	
(SiO ₂ + R ₂ O ₃) : R ₂ O	4,22	3,45	4,41	3,56	4,14	3,74	3,51	4,33	4,44	4,44	4,44	
SiO ₂ : RO	5,33	10,21	3,95	4,64	4,02	6,79	6,27	5,18	3,63	5,32	5,32	
(SiO ₂ + R ₂ O ₃) : RO	5,74	10,47	4,26	4,79	4,22	7,08	5,63	5,44	3,83	5,59	5,59	
RO + R ₂ O	27,87	26,97	30,29	31,67	31,27	27,97	29,91	28,48	31,98	27,70	27,70	
(SiO ₂ +R ₂ O ₃) : (RO+R ₂ O)	2,43	2,59	2,17	2,04	2,09	2,45	2,16	2,41	2,05	2,47	2,47	

მინერალებში მინარეგებლად ნაეარაულები კომპონენტების შემცველობა

ოქსიდები	ბრილის მინები (ტეფ. V-III სს)				სამთაგროს მინები (ახ.წ. I-III სს)			ურბოსის მინები (ახ.წ. I-VI სს)		
	მინა №1	მინა №2	მინა №11	მინა №8	ყუბისჯი	№1	№2	№1	№2	№3
P ₂ O ₅	0,0904	0,277	0,163	0,0821	0,177	0,0886	0,863	0,125	0,242	0,225
As ₂ O ₃	-	-	0,0195	-	-	-	-	-	-	-
Sb ₂ O ₃	0,854?*	-	0,66?	-	-	0,584?	0,112	-	-	-
MnO	0,0328	0,0113	0,0308	1,19?	0,0317	0,311?	1,58?	0,745?	0,0676	1,42?
CuO	0,371?	1,09?	0,361?	0,0147	0,0295	0,00962	0,00128	-	0,00547	0,0061
PbO	0,0927	0,0191	0,0970	0,0593	0,0309	0,0419	0,0676	-	-	-
ZnO	0,0453	-	0,0633	-	-	0,00954	0,0107	0,00471	0,00605	-
Co ₂ O ₃	0,525?	0,0151	0,468?	0,0177	0,0163	0,0181	0,0146	0,0118	0,0118	0,0245
NiO	0,00909	0,00915	-	0,0115	0,0125	0,00999	0,0113	0,00939	0,0131	0,0129
SrO	0,0934	0,0260	0,127	0,0762	0,126	0,0869	0,188	0,111	0,0934	0,102
WO ₃	0,0869	0,107	0,0932	0,108	0,0805	0,0922	0,0621	0,0559	0,0560	0,2109
Cr ₂ O ₃	0,0267	0,0212	0,0408	0,0247	0,0343	0,0184	0,0431	0,0223	0,0452	0,0201
ZrO ₂	0,0306	0,0189	0,0339	0,0413	0,0424	0,0152	0,0235	-	0,0279	0,0275
Rb ₂ O	0,0019	-	0,00203	-	-	-	-	-	0,00264	-
SO ₃	0,416	0,425	0,424	0,521	0,314	0,404	0,410	0,447	0,247	0,192
Cl	1,53	0,907	1,40	1,25	2,20	1,77	1,67	1,29	1,28	1,44
Br	-	0,00386	0,00256	-	-	-	-	0,00305	0,00247	0,00207

* ცხრილში ? ნიშნით აღნიშნულია ოქსიდები, რომელთა შეყვანა მინაში ვეარაულები მიზანდასახულად

მინერალებში უფეროლობის გამომწვევ ოქსიდთა შემცველობა და მათი თანაფარდობები

ოქსიდები და მათი თანაფარდობები	ბრილის მინები			სამთაუროს მინები			ურბოსის მინები		
	№1	№2	№30	ყაეკ	№1	№2	№1	№2	№3
	ლურჯი	ცისფერი	ლაშქარი	ყაისფერი	ლაშქარი	ლაშქარი	ლაშქარი	ლაშქარი	ლაშქარი
Fe ₂ O ₃	2,51	0,556	2,55	0,905	0,747	1,87	0,623	1,41	0,687
MnO	მინარევი	მინარევი	მინარევი	მინარევი	0,311	1,58	0,745	მინარევი	1,42
CuO	0,371	1,09	0,361	მინარევი	მინარევი	მინარევი	მინარევი	მინარევი	მინარევი
Co ₂ O ₃	0,525	მინარევი	0,468	მინარევი	მინარევი	მინარევი	მინარევი	მინარევი	მინარევი
TiO ₂	0,165	0,143	0,126	0,136	0,144	0,311	0,105	0,190	0,115
Sb ₂ O ₃	0,854	--	0,66	--	0,584	0,112	--	--	--
Co ₂ O ₃ : CuO	1,415	0,01	1,3	0,5	--	--	--	--	--
Fe ₂ O ₃ : Sb ₂ O ₃	2,939	--	3,86	--	1,3	16,7	--	--	--
MnO : Sb ₂ O ₃	--	--	--	--	0,532	14,11	--	--	--
MnO : Fe ₂ O ₃	--	--	--	--	0,4	0,8	1,2	--	2,1
CuO : Fe ₂ O ₃	0,4	2,0	0,7	--	--	--	--	--	--

ჩამოთვლილი ოქსიდებიდან ყველაზე ობიექტურად შეიძლება იმსჯელოთ Fe_2O_3 -ზე, რადგანაც უერზე მოქმედებს რაოდენობრივი მაჩვენებელი.

იქმნება შთაბეჭდილება, რომ Fe_2O_3 მიზანდასახულად მცირდება იმ შემთხვევაში, როდესაც მინაში საღებავად CuO და MnO შეჰყავდათ. მართლაც, თუ გავითვალისწინებთ მე-6, მე-11, მე-13 და მე-15 ცხრილებს, შეიძლება დაეასკენათ, რომ ბრილის №2, სამთაეროს №1, ურბნისის №1 და №3 მინებში Fe_2O_3 -ის შემცველობა მკვეთრად მცირდება სხვა მინებთან შედარებით. მცირდება ყაყისფერი მინის შემთხვევაშიც, რომელშიც ჩვენ დაყუშვით FeS -ით შეღებვა.

აქედან გამომდინარე შეგვიძლია ვიფიქროთ, რომ ძველი ოსტატებისათვის ცნობილი იყო Fe_2O_3 -ის ფუნქციური დანიშნულება და შესაძლოა კიდევაც მიმართავენ მისი რაოდენობის რეგულირებას. როგორც, რა გზით ხერხდებოდა ამის გაკეთება, გაირკვევა მხოლოდ იმ შემთხვევაში, თუ ჩვენ შეეძლებოდა მინის მისაღებად გამოყენებული ნედლეულის ამოცნობას.

MgO -სა და K_2O -ს შესახებ ჩვენ ჩამოგვიყალიბდა აზრი, რომ ამ ოქსიდებიდან პირველი - CaO -ს შემცველი მასალიდან, ხოლო მეორე - Na_2O -ს შემცველთან ერთად შეიგანებოდა მინის შედგენილობაში. თუმცა, მათი მოხედრა მინაში სხვა ნედლეულიდანაც შეიძლება.

საკითხი Al_2O_3 -თან დაკავშირებით რთული გადასაწყვეტია. თითქმის ყველა მინაში მისი რაოდენობა დაახლოებით ერთნაირია, გარდა რამდენიმე მინისა. საყურადღებოა, რომ იქ სადაც რკინის ოქსიდის შემცველობა მცირდება, მცირდება Al_2O_3 რაოდენობაც. მაგ. ურბნისის №2 მინაში Fe_2O_3 - 0,556, ხოლო Al_2O_3 - 1,2 მას.%-ია, სამთაეროს №1 მინაში Fe_2O_3 - 0,747, ხოლო Al_2O_3 - 1,98 მას.%-ია. მაგრამ, ამავე დროს, ურბნისის №1 და №3 მინებში Fe_2O_3 - 0,623 და 0,687, ხოლო Al_2O_3 - 2,62 და 2,57 მას.%-ია.

რაც შეეხება საღებავებს, ჩვენ ვთვლით, რომ MnO , Co_2O_3 და CuO მინის შედგენილობაში გამიზნულად შეიყვანებოდა გარკვეული შეფერილობის შესაქმნელად. მეტად საინტერესოა, რომ ყაყისფერი მიღწეოდა დღეს ცნობილი ორივე ხერხით - სულფიდური რკინით, თუ ეს შემთხვევითობა არ არის, და Fe_2O_3 -ისა და MnO -ს შერწყმით.

კიდევ ერთი ოქსიდი, რომლის მინაში მოხედრა კითხვის ნიშნის ქვეშ დგას, არის Sb_2O_3 . იგი საკმაოდ დიდი რაოდენობით არის

დაფიქსირებული ურბნისის №1 და №3 მინებში, თუმცა სამთავეროს მინაშიც გვხვდება (ცხრ.11, მინა №1).

თითქმის ყველა მინაში შეიმჩნევა შემდეგი ოქსიდები : Co_2O_3 , NiO , SrO , WO_3 , Cr_2O_3 , ZrO_2 მათ გარდა, სამთავეროსა და ურბნისის მინებში არის PbO . ბრილის ორ მინაში, სამთავეროს მინებსა და ურბნისის ორ მინაში გვხვდება ZnO ., Rb_2O ბრილის ორ მინაშია. მინების უმეტესობაში არის CuO . ყველა აღნიშნული ოქსიდი, რომელთა რაოდენობა არ აღემატება 0,1 მას.%-ს, ნამდვილად მინარევი უნდა იყოს.

SO_3 და Cl ყველა მინაშია, ისევე როგორც P_2O_5 და TiO_2 TiO_2 -სა და SO_3 -ის მინაში არსებობა უნდა აიხსნას მინერალურ ნედლეულში მათი შემცველობით, ხოლო P_2O_5 -ისა და Cl -ის - ტუტელითონთა ოქსიდების შემცველ მასალებში არსებობის გამო.

გექნოლოგიური ფაქტორების დადგენით ირკვევა, რომ ჩვენ მიერ შესწავლილი მინების მისაღებად საჭირო იყო, როგორც მინიმუმ, 1200°C ტემპერატურა და იმის გამო, რომ აღნიშნული ტემპერატურის მიღწევას იმ დროისათვის ვერ ახერხებდნენ, მინების უმეტესობაში საკმაოდ დიდი რაოდენობით არის ჩანართები ბუშტების სახით. ამავე დროს უნდა აღინიშნოს, რომ მინებს გააჩნია საკმარისი ფარდობითი სიგრძე და დამუშავების ინტერვალი ნაწარმის როგორც ამოვლებით, ისე გამობერვით დასამზადებლად.

5.5. ბრილის, სამთავეროსა და ურბნისის მინების შედარება

ინტერესი უძველესი და ძველი მინებისადმი ყოველთვის იყო მთელ მსოფლიოში, რადგანაც მინა წარმოადგენს კაუბრიობის მრავალსაუკუნოვანი მოღვაწეობის ნიეთობრივ ძეგლს. ამ ძეგლთა შესწავლისას პირველი სიგყვა ეკუთვნით არქეოლოგ-ისტორიკოსებს, რომელთა ღრმა გიპოლოგიური ანალიზის საფუძველზე მრავალი საგულისხმო მოსაზრებაა გამოთქმული უძველეს დროში აღამიანის მოღვაწეობის შესახებ.

გადიოდა დრო და გიპოლოგიური ანალიზი საკმარისი აღარ აღმოჩნდა იმისათვის, რომ ახსნილიყო ამა თუ იმ ძეგლის ესა თუ ის თავისებურება. არქეოლოგიური მინების შესწავლის საქმეში

არქეოლოგები სულ უფრო ხშირად მიმართავენ საბუნებისმეტყველო მეცნიერებათა კვლევის მეთოდებს.

დღეისათვის დადგენილია 1000-ზე მეტი, მსოფლიოს სხვადასხვა კუთხეში მოპოვებული მინის შედგენილობა, რომელმაც ხელი შეუწყო მინის ისტორიისა და მისი წარმოების ქიმიისა და ტექნოლოგიის შემეცნების განვითარებას.

ჩვენ მიერ შესწავლილი მინების დღეისათვის დადგენილ მინებთან შედარებისათვის გამოყენებულია მრავალი წყარო, მათ შორის /5. 66/, რომლებშიც აღწერილია ზემოთ აღნიშნული ათასწლეულის სხვადასხვა რეგიონის მინა, რომელთა შეფერილობა ჩვენი მინების მსგავსია. ამ ძიებაში გამოიკვეთა მეგად საინტერესო ფაქტი: აღმოჩნდა, რომ ძვ.წ. 1400 წლით დათარიღებულ და ლურჯად შეფერადებულ მინათა უმრავლესობაში ქიმიურმა ანალიზმა დაადგინა 0,075-დან 0,55 მას.%-მდე კობალტის ოქსიდი. ძვ.წ. V ს-დან ახ.წ. VIII - IX სს-მდე აღმოჩენილ ლურჯ მინებში კობალტის ოქსიდი აღარ ფიგურირებს. მას ან არ განსაზღვრავდნენ, ან არ იყენებდნენ. როგორც ჩანს, ამით იყო გამოწვეული ბ. ნეიმანის მიერ 1925 წელს გამოთქმული, შემდეგ კი უარყოფილი მოსაზრება, რომ კობალტის ოქსიდი პირველად ენეციურ მინებში (XV ს) გამოიყენეს. ამ მოსაზრების უარყოფის მიზეზი ის იყო, რომ მანვე მოგვიანებით აღმოაჩინა კობალტის ოქსიდი ძვ.წ. 1400 წ. მიკუთვნებულ ასირიულ-ბაბილონურ მინებში. ასეთივე შეფერილობის მინები აღმოჩენილი იქნა ეგვიპტეში და მიეკუთვნება ძვ.წ. 1580-1380წლებს /65-66/.

ამასთან დაკავშირებით საინტერესოა ა. ლუკასის /10/ მოსაზრება კობალტიანი მინების შესახებ. მისი აზრით, ვინაიდან ეგვიპტეში არ მოიპოვება კობალტშემცველი წიაღისეული, დასაშვებია, რომ იგი ეგვიპტეში შემოჰქონდათ სპარსეთიდან და კავკასიიდან. ამ მონაცემებს ჩვენ კელაჟ დაეუბრუნდებით. აღნიშნული მასალის აქ მოყვანა განაპირობა იმან, რომ ავხსნათ ჩვენთვის საინტერესო პერიოდის კობალტით შეღებილი ლურჯი მინის შესადარებელ შედგენილობათა ნუსხაში არყოფნა*.

დანარჩენი მინების ფერით ანალოგები, გარდა ყაფისფერი მინისა, მოკებნილი იქნა და წარმოდგენილია მე-20 ცხრილში. ვერ მოიძებნა ბრილის ყაფისფერი მინის ტიპური შეფერილობის მინა.

* ცხრილში მოყვანილია ერთი შედგენილობა, რომელიც შეიცავს CoO -ს, მაგრამ შეღებილია მწვანედ.

ქართული და მოციერთი უცხოური მინის შედარება ოქსიდური შედგენილობის მიხედვით

შური	აღმოჩენის ადგილი	მიკოფინება (საკუნე)	შეღებულობა, მას%							
			SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	Mn ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	MgO	
ღია მწვანე	ჩაპლინი	ტყ. II-I სს.	63.63	1.95	0.79	0.07	-	6.28	2.53	
ღია მწვანე	კობაროვო	აბ.წ. III-IV სს.	68.0	1.58	1.85	0.57	-	6.20	1.45	
ღია ყითელი	ინგეროვა	აბ.წ. IV ს.	70.14	0.75	0.57	-	-	6.98	1.15	
მომწვანო	მაიცი	აბ.წ. I ს.	70.23	2.70	0.39	0.38	-	7.99	0.70	
ღია მწვანე	კოლნი	აბ.წ. IV ს.	68.10	2.55	0.432	1.97	-	6.87	0.72	
მოყავ. მწვანე	ტაუსოლა	ტყ.წ. IV-III სს.	68.34	1.67	1.20	0.34	-	8.44	1.44	
მომწვანო	ტერიბაული	---	70.56	1.47	0.86	1.05	-	8.22	0.31	
მომწვ. ყითელი	მაიცი	აბ.წ. I ს.	70.23	1.76	0.44	0.29	0.13	7.99	0.97	
მოღისე მწვანე	კოლნი	აბ.წ. V ს.	66.35	2.8	0.45	1.03	-	6.52	1.25	
ღია მწვანე	ხაალბურტი	აბ.წ. II-III სს.	69.20	0.83	0.61	0.25	0.13	8.15	0.68	
ღურჯი	ინგეროვა	აბ.წ. III-IV სს.	67.37	0.47	0.75	3.34	-	6.64	1.70	
ცისვერი	ბრილი	ტყ.წ. V-III სს.	63.0	2.37	2.51	0.03	0.16	11.30	0.52	
ღურჯი	"	"	68.2	1.2	0.56	0.01	0.14	4.91	1.77	
ღია მწვ.	"	"	60.9	2.21	2.55	0.03	0.13	14.80	0.62	
ყავისფერი	"	"	62.60	0.653	1.40	1.19	0.20	13.00	0.54	
ღია მომწ.	სამოაერო	აბ.წ. I-III სს.	62.3	2.19	0.90	0.03	0.14	15.00	0.48	
მოყავ. მომწვ.	"	"	65.7	1.98	0.75	0.31	0.14	9.17	0.50	
მოღისე	"	"	60.6	2.28	1.87	1.58	0.31	9.23	2.26	
მომწვან.	ურნისი	აბ.წ. I-VI სს.	65.4	2.62	0.62	0.75	0.11	12.10	0.52	
მოყავ. მოყვ.	"	"	62.4	1.94	1.41	0.07	0.19	12.60	4.57	
მოყავ. მოყვ.	"	"	65.3	2.57	0.69	1.42	0.12	11.70	0.57	

ჟერი	აღმოჩენის ადგილი	მაკუთარება (საკუთრე)	შედეგანობა, მას%							CI
			Na ₂ O	K ₂ O	F ₂ O ₃	SO ₃	CuO	Co ₂ O ₃	Cl	
ღია მწვანე	ჩაპლანი	ბე.წ. II-ის.	23.86	0.11	-	0.27	0.62	-	-	-
ღია მწვანე	კობარო	ბე.წ. III-IV სს.	19.79	0.32	-	0.10	-	-	-	-
ღია ყვითელი	ინგერომა	ბე.წ. IV ს.	18.64	0.53	-	0.02	-	-	-	-
მომწვანო	მაისი	ბე.წ. I ს.	17.24	0.15	-	-	-	-	-	-
მომწვ. ყითი.	კოლნი	ბე.წ. IV ს.	18.61	0.63	-	0.33	0.018	-	-	-
ღია მწვანე	ტაუსოლა	ბე.წ. IV-III სს.	17.76	0.94	-	-	-	-	-	-
მოყვ. მწვანე	ტერობუდი	-	17.39	-	-	-	-	-	-	-
მომწვანო	მაისი	ბე.წ. I ს.	17.24	0.68	-	1.29	-	-	-	-
მომწვ. ყითი.	კოლნი	ბე.წ. V ს.	21.47	0.65	-	-	-	-	-	-
მოსისმწვან.	გაალბურე	ბე.წ. II-III სს.	18.44	0.72	0.120	0.34	0.12	0.13	-	-
ღია მწვანე	ინგერომა	ბე.წ. III-IV სს.	19.13	0.16	-	0.18	-	-	-	-
ლურჯი №1	ბრილი	ბე.წ. V-III სს.	15.50	0.55	0.090	0.42	0.37	0.53	1.53	-
ქსფერი №2	"	"	18.10	2.19	0.277	0.43	1.09	0.02	0.9	-
ლურჯი №11	"	"	14.30	0.57	0.163	0.42	0.36	0.47	1.4	-
ღია მწვ. №30	"	"	17.90	0.27	0.080	0.52	0.01	0.02	1.25	-
ყავისფერი	"	"	15.20	0.59	0.177	0.31	0.03	0.02	2.20	-
ღია მომწ. №1	სამბაგრო	ბე.წ. I-III სს.	17.50	0.80	0.090	0.40	0.31	0.02	1.77	-
მოყვ. მომწვ.	"	"	16.50	1.92	0.863	0.41	0.01	0.01	1.67	-
მოყვ. №1	ურბისი	ბე.წ. I-VI სს.	14.80	1.06	0.135	0.48	-	0.02	1.29	-
მომწვან. №2	"	"	11.80	3.06	0.240	0.25	კვ.	0.02	1.28	-
მოყვ. მოყვ. №3	"	"	14.40	1.03	0.230	0.19	კვ.	0.02	1.44	-

ანალიზები მოცემულია (66) – სა და (83)-ის მიხედვით.

ცნობილი და ჩვენ მიერ შესწავლილი მინების შედგენილობათა ანალიზი უფლებას გვაძლევს გავაკეთოთ შემდეგი დასკვნები :

1. ცნობილი მინების უმრავლესობა შეიცავს SiO_2 - ის მეტ რაოდენობას, ვიდრე ჩვენ მიერ შესწავლილი მინები.
2. ცნობილ მინებში Fe_2O_3 -ის შემცველობა ნაკლებია, ვიდრე ბრილის, ურბნისისა და სამთაეროს მინებში.
3. როგორც წესი, RO-ოქსიდთა რაოდენობა ცნობილ მინებში ნაკლებია, ვიდრე ჩვენ მიერ შესწავლილ მინებში. R_2O -ს შემცველობა კი უმეტეს შემთხვევაში სჭარბობს ჩვენ მიერ დაღვენილ რაოდენობებს (რიგი გამონაკლისის გარდა) ცხრ. 21.
4. ფარდობა ($\text{SiO}_2 + \text{R}_2\text{O}_3$) : ($\text{RO} + \text{R}_2\text{O}$) ცნობილ მინებში გენდენციას იწენს ზრდისკენ. მინების უმეტესობაში აღნიშნული ფარდობა 2,5-ზე მაღალია, მაშინ როდესაც ჩვენს მინებში გენდენცია საპირისპიროა – მინების უმეტესობაში ფარდობა 2,5-ზე ნაკლებია. აქედან უნდა დავასკვნათ, რომ ცნობილ მინებს გააჩნიათ ქართულ მინებზე უფრო მაღალი ხარშვის გემპერაგურები (ცხრ. 22).

შედგენილობათა ამგვარ სხვაობას არ შეიძლება არ გამოეწვივა გექნოლოგიურ თვისებათა ცვლილებაც. 22-ე ცხრილში მოყვანილია $\lg \eta = 3-14$ შესაბამისი გემპერაგურების მნიშვნელობები უცხოური მინებისათვის, ხოლო 23-ე ცხრილში – ქართული და უცხოური მინების გექნოლოგიისათვის აუცილებელი გასაშუალებული პარამეტრების მნიშვნელობები.

უკანასკნელი ცხრილიდან გამომდინარეობს, რომ ქართული მინები იხარშებოდა რამდენადმე უფრო დაბალ გემპერაგურაზე, გააჩნიათ – 40-ით ნაკლები ლიგლტონის გემპერაგურა, ფარდობითი სიგრძით დაახლოებით ერთნაირები არიან, ხოლო დაყალიბების ინტერვალი 550°C -ით ნაკლები აქვთ.

მსგავსი შეფერილობის მინების შედარებისას ირკვევა შემდეგი – უცხოელი და ჩვენი ოსტატები მიმართავენ მინის შეღების სხვადასხვა საშუალებებს ან ერთი და იმავე საღებავის სხვადასხვა რაოდენობას. ბრილის ყაიფიერი მინის ანალოგი ვერ მოიძებნა, რაც საშუალებას გვაძლევს ვივარაუდოთ, რომ სულშიდურ შეღებვაში ქართველი ოსტატები პიონერების როლში გვევლინებიან.

ყოველივე ზემოთ აღნიშნულის საფუძველზე თუ გამოვიგანთ დასკვნას, რომ ძველი ქართული მინები გამოირჩევა თავისებურებებით და საკმაოდ მკეთრად განსხვავდება იმავე პერიოდში აღმოჩენილი მინებისაგან, დაუსაბუთებელ მოსაზრებად არ უნდა ქედრდეს, რომ ძვ.წ. V - ახ.წ. VI საუკუნეებისადმი მიკუთვნებული

ბრილის, ურბნისისა და სამთაეროს ჩვენ მიერ შესწავლილი მინები ადგილობრივი ნაწარმი უნდა იყოს.

ცხრილი 21

შესადარებელი მინების მახასიათებლები

მინების დასახელება	ოქსიდთა რაოდენობა და თანაფარდობა					
	SiO ₂	SiO ₂ + R ₂ O ₃	RO	R ₂ O	RO+R ₂ O	SiO ₂
ჩაპლინი, ძე.წ. II-I სს	63,63	66,37	8,81	23,87	32,68	2,0
კომაროვო, III-IV სს	68,00	71,43	7,65	20,11	27,76	2,6
ინტერცეზა, IV ს	70,14	71,46	8,13	20,17	28,30	2,5
მაინცი, I ს	70,23	73,32	8,69	17,39	26,08	2,8
კიოლნი, IV ს	68,10	71,08	7,59	19,24	26,83	2,6
გაქსილა, IV-III ს	68,34	71,21	9,88	18,70	28,58	2,5
ძე. რომაული	70,57	72,88	8,53	17,39	25,92	2,8
ინტერციზა, II-IV სს	67,37	68,59	8,34	19,29	27,63	2,5
კიოლნი, V ს	66,35	69,60	7,77	22,12	29,89	2,3
მაალბურგი, II-III სს	69,20	70,64	8,83	19,26	28,09	2,5
ბრილი, ძე.წ.V-III სს:						
№ 1	63,0	67,87	11,82	16,05	27,87	2,4
№ 2	68,2	69,56	6,68	20,29	26,97	2,6
№ II	60,9	65,66	15,42	14,87	30,29	2,2
№ 30	62,6	64,65	13,5	18,17	31,67	2,04
ყაეისური	62,3	65,39	15,48	15,79	31,27	2,1
სამთაერო, I-III სს-№ 1	65,7	68,43	9,67	18,30	27,97	2,4
№ 2	60,6	64,75	11,49	18,42	29,91	2,2
ურბნისი, I-VI სს № 1	65,4	68,64	12,62	15,86	28,48	2,4
№ 2	62,4	65,75	17,17	14,81	31,98	2,05
№ 3	65,3	68,56	12,27	15,43	27,70	2,5

ყოველივე ზემოთ აღნიშნულის საფუძველზე თუ გაეაკეთებთ დასკვნას, რომ ძველი ქართული მინები გამოირჩევიან თავისებურებებით და საკმაოდ მკვეთრად განსხვავდებიან იმავე პერიოდში აღმოჩენილი მინებისაგან, დაუსაბუთებელ მოსაზრებად არ უნდა ედერდეს, რომ ძე.წ. V - ახ.წ. VI საუკუნეებისადმი მიკუთვნებული ბრილის, ურბნისისა და სამთაეროს ჩვენ მიერ შესწავლილი მინები ადგილობრივი ნაწარმი უნდა იყოს.

ცნობილი მინების სიბლანტის დამოკიდებულება ტემპერატურაზე, °C

ღეი	ჩაპლინი, დეჟ. I-I სს.	კომაროუ ო, ახ.წ. III-IV სს.	ინტერციომა, ახ.წ. III-IV სს.	მანისი, ახ.წ. სს	კიოლინი, ახ.წ. IV სს.	მაალბუ რეი, ახ.წ. II-III სს.	ტაჟილია, დეჟ. IV-III სს.	ტერომბუკი
3	1030	1139	1116	1182	1317	1093	1132	1168
3.7	923,5396	1013,357	993,2775	1051,006	1161,725	974,6954	1010,591	1037,978
4	892	973	955	1009	1109	938	972	996
5	786	854	839	888	973	823	859	877
6	684,7382	751,4031	737,9957	750,328	871,2064	720,769	760,5358	775,9775
7	621,7917	680,5289	667,5726	714,3858	788,2834	652,9764	692,2218	703,3861
7.65	600,9225	651,0683	638,6838	648,7587	744,3136	627,0654	663,736	671,1512
8	593,1171	638,6475	626,4875	635,9503	724,0013	616,6079	651,613	657,1899
9	571	608	596	632	677	589	621	623
10	543	577	566	601	643	560	591	592
11	516	548	538	572	613	532	563	563
12	498	526	515	548	582	511	540	539
13.4	474	501	491	523	556	486	516	514
14	461	483	473	503	530	471	498	495

ქართული და უცხოური მინების ტექნოლოგიური პარამეტრები

სეი=3 შესაბამისი უცხოური მინები	სეი=13 შესაბამისი ტ-რა, K		ლიტატონის წერტილი, K		WR, K		WRI, K	
	უცხოური მინები	უცხოური მინები	უცხოური მინები	დეელი ქართ. მინები	უცხოური მინები	დეელი ქართ. მინები	უცხოური მინები	დეელი ქართ. მინები
1590	1431	839	806	1017	471	426	846	739
1366	1409	759	757	900	414	427	739	771
1405	1399	770	833	922	425	416	756	696
1400	1298	773	779	923	423	399	750	666
1405	1377	747	826	874	400	412	804	685
1303	1411	764	784	912	421	422	771	747
1412	1389	773	844	905	423	433	780	727
1389	1465	792	811	937	421	413	725	678
1455	1439	787	820	944	428	426	784	739
საშუალო სიდიდეები								
1413,9	1402,0	778,2	806,6	926	425,1	419,3	772,8	716,4

6. ბრილის, სამთავროსა და ურბნისის მინების წარმოებისას გამოყენებული ნედლეული

როგორც უკვე აღვნიშნეთ, ამა თუ იმ დანიშნულების მინების მისაღებად თანამედროვე ტექნოლოგიაში გამოიყენება ძირითადი და დამხმარე მასალები. მათ გარდა, /55/-ში შემოთავაზებულია ნედლეულის კიდევ ერთი კლასი (ჯგუფი) - კომპლექსური.

ნედლეულის ასეთივე კლასიფიკაცია შეიძლება იყოს გამოყენებული ძველი მინების წარმოებისათვის საჭირო ნედლეულის განხილვისას, თუმცა ამ კლასიფიკაციის პირობითობის ხარისხი მკვეთრად უნდა გაიზარდოს.

მინების ქიმიური შედგენილობის შესწავლისას დადგინდა ამ მინებში ძირითად ოქსიდთა რაოდენობა. ჩვენ ისინი გამოეყავით ცალკე ცხრილებად და ემსჯელობდით ასეთი მინების თავისებურებებზე ოქსიდთა რაოდენობიდან გამომდინარე ისე, როგორც ამას მოითხოვს მინის ტექნოლოგიის შეფასების თანამედროვე დონე. მაგრამ არ უნდა დაგვაიწყდეს, რომ ძველი ოსტაგებისათვის მინის ოქსიდური შედგენილობები არ იყო ცნობილი და მინის წარმოების მთელი (სრული) ტექნოლოგია აგებული იყო ნედლეულის თანაფარდობებზე მათი თვისობრივი (ეიმუალური) შეფასების საფუძველზე.

ქართული მინები, როგორც უკვე აღვნიშნა, ნაგრიუმ-კალციუმ-სილიკატურების კლასს მიეკუთვნებიან და ჩვენი ძიებაც დავიწყოთ ამ სამი ოქსიდის მინაში შემყვანი ნედლეულის განხილვით.

Na_2O ძველ მინებში მთელ მსოფლიოში შეჰყავდათ ორი ნედლეულით (მასალით) - მცენარეული ნაცრითა და ბუნებრივი სოდით.

პირველ წერილობით წყაროს, რომელშიც მითითებულია მცენარეული ნაცრის ფართო გამოყენებაზე, წარმოადგენს 13 ასირიული თიხის წიგნი (ფირფიგა) ლურსმული დამწერლობით შესრულებული ტექსტებით. მათში მოყვანილია „სირსულ“ წოდებული მინის რეცეპტი: 60 წილი ქვიშა, 180 წილი სალიკორნიიდან (მცენარე, რომლიდანაც მიღებული ნაყარი შეიცავს გუტეებს) მიღებული გუტეები, 5 წილი გვარჯილა და 2 წილი ცარცი. სალიკორნიის (სოლეროსის) ნაყარში ~ 14 მას.% ნაგრიუმის კარბონატია /5/.

ასირიული ფირფიგები მიეკუთვნებიან ძვ.წ. VII ს, რაც იმაზე მეტყველებს, რომ მცენარეული ნაყარი აღიარებული ნედლეული იყო მინის წარმოებაში.

თუ მხედველობაში მივიღებთ ზოგიერთი მკვლევარის აზრს, რომ კაცობრიობამ მინის ხელოვნურად დამზადების შესაძლებლობაზე შეიგყო ნაცრის გაციეებისას მასში გამჟვეირეალე მასალის „წვეთების“ დაღგენით, შეიძლება მხარი დაეუჭიროთ მ. ბეზბოროლოვის მიერ გამოთქმულ მოსაზრებას იმის თაობაზე, რომ მინის კეთების განვითარება მიმდინარეობდა არა მინიდან ნაცრამდე, არამედ პირიქით – ნაცრიდან მინამდე /66/.

ასირიული ფირფიცების „გამოცემიდან“ 16 საუკუნის შემდეგ ნაცრის შესახებ მონაცემებს ვხვდებით თეოფილეს (X-XI სს) ნაშრომში „გრატეატი სხვადასხვა ხელოსნობების შესახებ“. ნაშრომში თეოფილეს მოჰყავს მინის (კაშმის) რეცეპტი, რომელშიც მითითებულია 2 წილი წიფლის ნაცარი და 1 წილი ქვიშა /12/.

XVI საუკუნის ორმოციან წლებში ბირინგუჩიოს წიგნში „პიროტექნიკა“ /69/, კვლავ ვხვდებით მითითებას მცენარულ ნაცარზე, როგორც კაშმის ერთერთ ძირითად შემადგენელზე. ამავე საუკუნეში აგრიკოლა რეკომენდაციას იძლევა მინის რეცეპტში შეყვანილი იქნას სხვადასხვა ჯიშის ნაცარი /70/. შეუდ არქეოლოგთა მონაცხოლის საფუძველზე თერნერი ასკენის, რომ XVIII საუკუნეში მინის ხარშვისას ხმარობდნენ თივის ნაცარს /71/.

აღნიშნული ექსკურსი დაგვიჩრდა იმის საჩვენებლად, რომ ნაცარი, როგორც მინის წარმოების ძირითადი მასალა, უძველესი ღროიდან გამოიყენებოდა მანამ, სანამ კაცობრიობას არ დასჭირდა მინისაგან დამზადებული ნაკეთობები ბევრად უფრო მეტი რაოდენობით, ვიდრე შესაძლებელი იყო მიეღოთ ნაცრით; მანამ, სანამ არ განვითარდა მინის წარმოება მანქანური წესით.

იქმნება შთაბეჭდილება, რომ მინის გქეწოლოგიაში იყენებდნენ სხვადასხვა მცენარეებიდან მიღებულ ნაცარს. ლიგერატურაში მოხსენიებულია წიწვოვანი და ფოთლოვანი ხის ჯიშები, თივა (ჭვავი, შერია, ქერი), გვიმრა, ლელქაში და ა.შ.

Na_2O -ს მინაში შესაყვან მეორე ნელლეულს წარმოადგენს სოდა. მის შესახებ მონაცემები მოყვანილია რომაელი მწერლის პლინიუს უფროსის (ახ.წ. I ს) ნაშრომში „Natural Histori“ /1/. ძირითადად იყენებდნენ ეგვიპტურ სოდას. თუმცა არის ცნობები იმის შესახებ, რომ რომაელი ოსტატები იყენებდნენ „ფრანკისა“ და მაკედონიის სოდასაც /66/.

გემოთ აღნიშნულიდან გამომდინარე, ლოგიკურია დაეასკუნათ, რომ ბრილის, სამთაეროსა და ურბნისის მინებში Na_2O -ს შესაყვანად შეეძლოთ სოდის ან ნაცრის გამოყენება. იმის დასადგენად,

თუ რომელი მათგანით შეიყვანებოდა Na_2O , საჭიროა ამ ნედლეულთა და მინის ქიმიურ შედგენილობათა ცოდნა. მათი შედარებითა და მინის მისაღებად გამოყენებული პროპორციების დადგენით შეიძლება დადგინდეს, საორიენტაციო სიზუსტით მაინც, რა ნედლეული გამოიყენებოდა.

ჩვენ მიერ შესწავლილი მინების შედგენილობები წარმოდგენილია ცხრილებში 6, 11, 13, 14, 15. ნაცრისა და სოდის ანალიზები წარმოდგენილია 24-ე და 25-ე ცხრილებში.

ცხრილი 24

ნილოსის სოდის ქიმიური შედგენილობა, %

კომონენტები	რაოდენობა, %
Na_2CO_3	25,15
K_2CO_3	5,40
CaCO_3	24,21
MgCO_3	21,70
CaSO_4	4,68
NaCl	3,91
FeO და Fe_2O_3	2,23
$\text{Ca}_3[\text{PO}_4]_2$	0,53
SiO_2 და ორგანული ნაერთები	12,12

ანალიზები მოცემულია ე. თერნერის მიხედვით /71/

ცხრილებში მოცემული მონაცემების ანალიზი დაეიწყოთ სოდით. ჩვენთვის საინტერესო პერიოდში გამოყენებული სოდა არ შეესაბამება დღეს ამ ცნებით ცნობილ მასალას. მინის წარმოებაში გამოიყენებოდა ნატრიუმის, კალიუმის, მაგნიუმისა და კალციუმის კარბონატების ნარევი, მათ გარდა მასალაში მრავლად იყო სულფატებიც. ასეთი მასალის გამოყენებას ხარშეისას მრავალი სირთულე უნდა გამოეწვია. დაეაკვირდეთ თერნერის მიერ /71/- ში წარმოდგენილ ნილოსის სოდის ანალიზის შედეგებს. მასში ძირითადი ნივთიერება (Na_2CO_3) მხოლოდ 25,15%-ია. დიდი და თითქმის თანაბარი რაოდენობითაა Ca -სა და Mg -ის კარბონატები (შესაბამისად

მოგებრთი ბალახოვანი და ხეშეკნარის ნაცრის ანალიზი

№	მცენარის დასახელება	ნაცრის შემადგენლობა, %											ნაცარი, %
		SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	.Na ₂ O	K ₂ O	.P ₂ O ₅	SO ₃	Cl		
1	სოლეროსი (Salikomia herbacea)	2,80	1,05	0,28	1,80	5,02	27,20	7,68	2,05	6,30	46,10	32,45	
2	ჩარანი	3,05	1,69	1,34	4,39	2,74	43,36	3,71	0,76	7,26	27,3	32,56	
3	ხორბალი	66,2	--	--	6,1	2,5	2,8	11,5	5,4	2,8	5-3,8	4,26	
4	წიფელა	5,4	--	--	56,4	10,9	3,6	16,4	5,4	1,8	--	0,55	
5	მუხა	2,0	--	--	72,5	3,9	3,9	9,5	5,8	2,0	--	0,51	
6	პეიშრა	6,1	--	--	14,1	7,6	4,6	42,8	9,7	5,1	10,2	5,89	
7	ლერწამი	71,4	--	--	6,0	1,3	0,26	8,6	2,1	2,8	--	3,85	
8	ლელქამი	31,4	--	--	5,3	4,2	7,3	33,2	6,7	3,3	5,6	6,95	
9	ლაქამი	11,0	--	--	9,4	6,3	6,6	36,6	6,3	8,8	14,2	4,56	
10	თეთა	3,6	--	--	57,0	5,8	6,6	36,6	6,3	8,8	14,2	1,37	

ანალიზები მოცემულია ნ. ბაზილევიჩისა (72) და მ. ბემბროლოვის (66) მიხედვით

24,21 და 21,70 მას.%). წარმოვიდგინოთ, რომ აღნიშნული მასალა გამოყენებული იქნა ჩვენი მინების მისაღებად. ავილოთ ნებისმიერი მათგანი. მაგ. ის, რომელშიც დადგინდა MgO -ს ყველაზე მეტი რაოდენობა (სამთაეროს მინა №2). გავიანგარიშოთ რამდენი სოდა და გვიკირდებოდა მინაში 2,26 მას.% MgO -ს შესაყენად. სოდაში შემავალი მაგნიუმის კარბონატი იძლევა 10,23 მას.% MgO -ს; 2,26 მას.% MgO -ს შესაყენად აუცილებელი იყო 22,1 მას.% სოდა. სოდის ეს რაოდენობა მინაში შეიგანდა 13,7 მას.% Na_2O -ს და 3,6 მას.% K_2O -ს, რაც არ შეესაბამება აღებულ მინაში ამ ოქსიდების შემცველობას.

თუ მხედველობაში მივიღებთ, რომ ჩვენი მინების უმრავლესობაში MgO -ს შემცველობა ნაკლებია, ვიდრე აღებულ მინაში, გასაჩივრებელია, რომ Na_2O -ს დეფიციტი გაიზრდება. აქედან გამომდინარე, და იმ გარემოების გათვალისწინებით, რომ ეგვიპტის სოდის საბადოები შორსაა ბრილიდან, სამთაეროდან და ურბნისიდან, უფლება მოგვეცა გამოგვეთიშა სოდა იმ ნედლეულთა სიიდან, რომელთა გამოყენებაც შეეძლოთ ქართველ ოსტატებს*.

ქიმიური შედგენილობების ანალიზმა თავიდანვე უარი გვათქმევინა სხვადასხვა სახის მცენარეული ნაცრის განხილვაზე, მათში Na_2O -სა და K_2O -ს თანაფარდობების გამო. ყურადღება შევაჩერეთ საქართველოში ნაცარქათამად ცნობილ მცენარეზე.

ნაცარქათამა (ბოტყარლანი, ჩარანი) საქართველოში ფართოდ გავრცელებული ერთწლიანი მცენარეა /73-74/.

ნაცარქათამას ნაცრიდან ქართველები ოდითგანვე ხარშავდნენ საპონს: „... აქა არს ბალახი, რომლის ძირს დასწვენ, და ნაცრითა მისითა აღუღებენ საპონს უმჯობესსა, კუალად, ხმარობენ სხუაფერცა“ /75/.

ნაცარქათამას ნაცარს სოდასაც უწოდებდნენ: „მარილისი, ესრეთ ეწოდების წვნიანთა ბალახთა, რომელნიცა აღმოსცენდებიან მღვისპირებსა და მლაშე ადგილთა მ(ედ)ა, რომელნიცა დაწვისა შემდგომად იძლევიან ნაცარტუგის აღმონაკეეთის მარილსა და უწოდებენ მას სოდად. . .“; „... აქლემის ბალახი, აქლემის თივა . . . რომელსა დასწვაევენ რა და გარდააქცევენ ნაცრად, და ანაცარტუგებენ მით მარილსა და უწოდებენ მას სოდად, რომელსაც კსკამენ ხალისით აქლემნი“ /76/.

* ძირითადი მაინც ის არის, რომ მინაში შემავალი ოქსიდების შემცველობა სოდით არ არის უმრუნველყოფილი. აფერცა“ /75/.

აღნიშნული მცენარის საშუალო ქიმიური და ჩვენ მიერ შესწავლილი მინების გასაშუალებული შედგენილობებიდან შეიძლება გამოვიანგარიშოთ, რა რაოდენობით შევიდოდა MgO და K_2O Na_2O -ს საჭირო რაოდენობის სრული უზრუნველყოფისას მცენარეული ნაცრით. გაანგარიშებით დადგინდა, რომ ამისათვის საჭიროა 39,85 წილი ნაცარი, რომელსაც შეაქვს Na_2O -ს გასაშუალებული რაოდენობა (15,61 მას.%) და 1,9 მას.% MgO და K_2O (ცალცალკე).

თუ გავითვალისწინებთ, რომ შედგენილობის გასაშუალებით მხედველობაში არ მიიღება კონკრეტული შემთხვევისათვის ყველა ნელლეულის თავისებურება და რომ მცენარეული ნაცრის შედგენილობა დამოკიდებულია მისი წარმოშობის ადგილმდებარეობაზე, მიღებული შედეგები შეიძლება ჩაითვალოს იმის მტკიცებად, რომ ჩვენს მინებში Na_2O შეიტანებოდა ძირითადად ნაცრით. სწორედ ამით აიხსნება ყველა მინაში P_2O_5 -ისა და Cl -ის საკმაოდ დიდი რაოდენობით არსებობა. ამ მხრივ, ყურადსაღებია SO_3 -ის არსებობაც.

ჩვენ შევეცადეთ შეგვესწავლა საქართველოში არსებული ამ კლასის მცენარეები. შედეგები წარმოდგენილია 26-ე ცხრილში.

ცხრილი 26

ჩარანისა და ყარღანის ნაცრების ქიმიური შედგენილობა, მას. %

მცენარის ლასახე- ლება	შემცველობა, მას. %										
	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	Na_2O	K_2O	P_2O_5	SO_3	Cl	
ჩარანი	4,4	2,9	2,1	8,2	7,5	43,4	3,7	0,8	7,3	27,3	
ყარღანი	3,8	2,4	2,0	9,2	2,7	45,5	2,1	1,5	6,2	25,4	

Na_2O -ს შემცველი ნელლეულისადმი მიძღვნილი ნაწილის დასასრულს შეიძლება მოვიყვანოთ ბოტანიკოსების დასკვნაც იმის შესახებ, რომ აღნიშნული კლასის მცენარეულობა დიდი რაოდენობით მოიპოვება როგორც რაჭაში, ისე ქართლში. გემოთ აღნიშნული არ გამოირიცხავს სხვა მცენარეული ნაცრის გამოყენებასაც. მოთუმეგას, რომ რაჭა მდიდარია ხე-გყით. შესაძლოა მიმართავენ სხვადასხვა ნაცრის არევისაც.

ნაცრიდან მინაში შეიძლება შესულიყო SiO_2 -ის, Al_2O_3 -ის, Fe_2O_3 -ის და CaO -ს გარკვეული რაოდენობა. შესაძლოა ნაცრით იყო შეტანილი მინაში არსებული CaO -ს სრული რაოდენობაც.

SiO_2 მინაში უძველეს დროსაც ქვიშით შეჰყავდათ. ძველ ლიტერატურულ წყაროებში მითითებულია მინის წარმოებისათვის გამოყენებული ორი საბაზო – მდ. ბელუსისა (სირია) და მდ. ვოლგურის (იგალია) სათავეებში. სირიულ ქვიშას დიდი გამოყენება ჰქონდა საუკუნეების განმავლობაში. როგორც რ. გომსონი ფიქრობს, ამ ქვიშას შუშერები ჭიქურებისათვის ყიდულობდნენ რამდენიმე ათასწლეულის წინ /77/.

ამავე ქვიშის გამოყენებაზე მოგვითხრობენ სტრაბონი, პლინიუსი, ტაციტი და სხვ. ავტორები, რომლებიც ცხოვრობდნენ ძვ.წ. I – ახ.წ. I საუკუნეებში. ალბათ ამ ქვიშის არსებობამ შეუწყო ხელი მინის წარმოების აღმოცენებას სირიის სანაპიროზე.

ქვიშის ანალიზი მდ.ბელუსის სათავიდან : SiO_2 -76,40; Al_2O_3 -3,58; Fe_2O_3 -0,12; CaO -10,73; MgO - 0,75; სინესტე – 0,40; ხ.დ. 900°C -ზე 7,80 მას.%-ს

მეტად საინტერესო მონაცემებია ეგვიპტური ქვიშების შესახებ, რომლებიც ძალზე განსხვავდებიან ერთმანეთისაგან მინერალოგიური შედგენილობით. რიგ ქვიშებში იმდენია კირქვა, რომ დამატებით CaO -ს შეყვანა აღარ იყო საჭირო. მის გარდა ქვიშა შეიცავდა კვარცს, მინდერის შპაგს, პიროქსენს, ილგენიტს, თიხას და ქარსებს. რიგ მათგანში იყო ბარიტი და ამფიბოლებიც. ეგვიპტური ქვიშების ანალიზი ე. თერნერის მიხედვით /4/ მოცემულია 27-ე ცხრილში.

მეტად რთულია პასუხის გაცემა კითხვაზე, თუ რომელ ქვიშას იყენებდნენ ბრილში, სამთაეროსა და ურბნისში. თუ გათხრებისას აღმოჩენილი ნაწარმი შემოტანილი იყო ქვეყნის გარედან, მაშინ გამოყენებული იქნებოდა მსოფლიოს მრავალ კუთხეში არსებული კვარცის ქვიშა და მათ შორის ისეთიც, რომლის დახმარებითაც მიიღებოდა ნაკეთობები ეგვიპტესა და სირიაში, მაგრამ ბრილში აღმოჩენილ ნაკეთობათა უნიკალურობა, სამთაეროსა და ურბნისში ნაწარმის წარმოშობის გაურკვეველობა საშუალებას იძლევა ვივარაუდოთ, რომ კვარცშემცველი ნედლეული ადგილობრივი იყო.

ზემო რაჭა მდიდარია კვარცის ძარღვების გამოვლინებით. ამ მხრივ მეტად საინტერესოა მთის ბროლი, რომლის საკმაოდ დიდი რაოდენობაა შოდისა და ბროლის მთებზე. გარდა ამისა, თვით ღების მახლობლად სმირნოვის მიერ ჯერ კიდევ 1909 წელს დადგე-

ნილია კვარცის საკმაოდ ძლიერი ძარღვები /78/. სამწუხაროდ, ერთი მხრივ ბრილის სამარხების გათხრებით მოპოვებულ მასალებში არ არის რაიმე მითითება დაქუცმაცებული კვარცის შესახებ, მე-

ცხრილი 27

ეგვიპტური ქვიშების ანალიზი

ოქსიდები	გელ-ელ-ამარნიდან	ნილოსის ნაპირებიდან, თებესთან ახლოს
SiO ₂	60,46	72,69
TiO ₂	0,44	1,20
Al ₂ O ₃	2,25	8,18
Fe ₂ O ₃	1,73	5,60
CaO	18,86	4,86
MgO	0,83	2,44
BaO	--	0,18
MnO	0,02	0,09
F ₂ O ₃	0,08	0,12
SO ₃	0,05	0,06
Na ₂ O	0,30	1,21
K ₂ O	0,74	1,10
სინესტე	0,42	1,60
ს. დ.	13,90	1,60

ორე მხრივ, ჩვენს ხელთ არსებული მასალების მიხედვით, არ ყოფილა გამოყოფილი არქეოლოგიური ექსპედიცია მიზანდასახული სამუშაოების ჩასატარებლად მინის წარმოების ნაშთების დადგენის მიზნით. ამიგომ ჩვენ შეგვიძლია მხოლოდ ვივარაუდოთ, რომ ბრილის მინებში SiO₂ შეიყვანებოდა ადგილობრივი კვარცებით. ეს ვარაუდი ემყარება იმ ფაქტსაც, რომ ბრილი ცნობილია ლითონის გამოდნობის ხელოსნობით. ამ საკითხს ჩვენ კვლავ დაეუბრუნდებით დამხმარე ნედლეულის განხილვის დროს.

კვარცშემეცეელი მასალების მეორე წყარო ბრილისათვის, ისევე როგორც სამთავროსა და ურბნისისათვის, შეიძლება ყოფილიყო კვარცის ქვიშები, რომლებიც მრავლადაა როგორც დასავლეთ, ისე აღმოსავლეთ საქართველოში. თუ გავითვალისწინებთ, რომ ჩვენთვის საინტერესო პერიოდში მინის წარმოების მოცულობა უმნიშვნელო იყო ახლანდელთან შედარებით, შეგვიძლია ვივარაუდოთ, რომ დღევანდელი გადასახედიდან უპერსპექტივო მარაგებს

შეეძლოთ მინის წარმოების რამდენიმე ცენტრის უზრუნველყოფა კვარცშემცველი ნედლეულით.

კვარცის ქვიშები არ შეიძლება არ ყოფილიყო მრავალრიცხოვანი მდინარეების გასწვრივ. დღესაც ცნობილია საჩხერე-ჭიათურის, ქუთაისი-გყიბულის, ავჭალის კვარცის ქვიშების საბადოები. ზოგიერთი მათგანის ქიმიური შედგენილობა მოყვანილია 28-ე ცხრილში.

ცხრილი 28

საქართველოს ქვიშების შედგენილობა, მას %

ოქსიდები	საჩხერე	ბაჯიისი	იისხისი	შუქრუთი	ავჭალა (თეირი)
SiO ₂	77,03-93,07	90,32-95,00	73,90-89,20	80,23-92,90	82,61-89,94
TiO ₂	0,06-0,26	--	0,02-0,07	არ არის მოცემ.	არ არის მოცემ.
Al ₂ O ₃	2,22-9,85	2,66-4,20	5,40-12,70	3,20-9,00	5,49-8,39
Fe ₂ O ₃	0,24-1,95	0,39-0,63	0,40-0,86	0,35-1,50	0,12-1,12
MnO	არ არის მოცემ.	არ არის მოცემ.	0,01-0,21	არ არის მოცემ.	არ არის მოცემ.
CaO	„	0,17-1,33	0,59-1,69	0,59-0,94	0,26-0,50
MgO	„	0,3-1,12	0,10-0,28	0,16-0,47	0,19-0,80
Na ₂ O	„	არ არის მოცემ.	არ არის მოცემ.	არ არის მოცემ.	0,27-1,75
K ₂ O	„	„	„	„	1,15-2,06
SO ₃	„	0,28-0,46	0,19-0,28	0,36-0,60	0,26-0,61

ცხრილში მოყვანილი მონაცემებიდან ნათლად ჩანს, რომ SiO₂-თან ერთად მინაში შედის Al₂O₃, Fe₂O₃, CaO, MgO, Na₂O, K₂O, TiO₂, SO₃, MnO. მათი რაოდენობების შეფასებით შეიძლება ვივარაუდოთ, რომ Al₂O₃, Fe₂O₃ და TiO₂-ის ძირითადი ნაწილი მინაში უნდა შესულიყო კვარცის ქვიშით. ყველა დანარჩენი ოქსიდი, მათ შორის Cr₂O₃-იც წარმოადგენს ქვიშის თანმხლებ მინარევს.

CaO-ს შესაყენად თანამედროვე ტექნოლოგიაში გამოიყენება კირქვა, დოლომიტი, მარმარილო, ცარცი. თუკი საჭირო იყო ასეთი ნედლეული, მისი გაჭირვება არც რაჭაში და არც ქართლში არ იყო. როგორც რაჭაში, ისე ქართლში, მრავლადაა CaO-ს შემცველი ნედლეულის მცირე საბადოები /78/.

დამხმარე მასალების რაობის დასადგენად კელაჲ მიემართეთ ბრილის, სამთავროსა და ურბნისის მინების ქიმიურ შედგენილობებს. ირკვევა, რომ მინაში ამა თუ იმ ფერის მისაღწევად დამატებით უნდა შესულიყო MnO , CuO , Co_2O_3 .

ჩვენ უკვე აღვნიშნეთ ის ფაქტი, რომ საქართველოში მოპოვებული მინებისაგან განსხვავებით, ჩვენთვის საინტერესო პერიოდში, მსოფლიოში შეიმჩნევა კობალტის ოქსიდიანი მინების ნაკლებობა და ამ საღებავის იშვიათი გამოყენება. ლიგერატურულ მონაცემებზე დაყრდნობით, ჩვენ ვიზიარებთ იმ აზრს, რომ ეს გარემოება დაკავშირებული იყო სპარსეთიდან და ამიერკავკასიიდან მისი ეგვიპტეში, რომსა და მინის წარმოების სხვა ცენტრებში მიწოდების შეწყვეტასთან /66/. აღნიშნული პერიოდის საქართველოში, და კერძოდ ბრილში, კობალტიანი მინების წარმოების არსებობა წარმოადგენს ფაქტს, რომლის უარყოფაც მეტად ძნელია. სწორედ ეს გარემოება კიდევ ერთხელ ადასტურებს საქართველოში მინის წარმოების არსებობას.

შეეხოთ ბუნებრივი წიაღისეულის მინერალოგიისა და ქიმიის ზოგიერთ საკითხს. ცნობილია, რომ ელემენტები მინერალოგიაში ექვემდებარებიან ე.წ. გეოქიმიურ კლასიფიკაციას, რომელიც ჰყოფს ელემენტებს მათ მიერ უპირატესად წარმოქმნილ ნაერთთა მიხედვით. ელემენტებს (Li , Na , Ca და ა.შ. სულ 53 ელემენტი), რომლებიც წარმოქმნიან ქანგბადურ ნაერთებს, უწოდებენ ლიგოფილურებს. ქალკოფილურებია ელემენტები, რომლებიც ბუნებაში სულფიდების სახით არიან (Cu , Sb , As , S , . . . სულ 10 ელემენტი ასეთი). აგმოფილურებს მიაკუთვნებენ ელემენტებს, რომლებიც არ წარმოქმნიან ნაერთებს (ინერტული აირები, ამოგი, წყალბადი) /79-80/.

ამ კლასიფიკაციაში ჩვენთვის საინტერესო ელემენტები მიეკუთვნებიან პირველ ორ ჯგუფს. ელემენტების ამა თუ იმ ჯგუფისადმი მიკუთვნება დამოკიდებულია მთის ქანის წარმოშობის პირობებზე (ტემპერატურა, წნევა, სხვა ელემენტთა არსებობა). მაგრიკინის უმეტესი ნაწილი მიწის ქერქში ოქსიდებისა და სულფატების სახითაა. მაგრამ, თუ წარმოქმნისას ქანგბადის რაოდენობა მცირეა, ხოლო გოგირდია ბევრი, მიიღება სულფიდები. თუ წარმოქმნის პირობები აღმდგენელია, შესაძლოა, თვითნაბადი რკინის წარმოქმნა.

თვითნაბადი სპილენძი ძირითადად დაკავშირებულია ფუძე-ეფუბურ ქანებთან (ამოფრქვეული ქანები), რომლებიც წარმოქმნიან სპილენძმემყველი ხსნარებისა და რკინის მინერალთა შორის რეაქციის შედეგად.

სპილენძი და სხვა მინერალები ავსებენ სიცარიელესა და ბზარებს კვარცის ძარღვებში, შუალედებს ქვიშაქვის მარცვლებს შორის.

რკინა მეგად იშვიათად წარმოიქმნება ბუნებრივ პირობებში და შეიცავს ნიკელის მინარევს. იგი ძირითადად მეტეორიტებშია.

ასეთივე იშვიათობას წარმოადგენენ As-ისა და Sb-ის თვითნაბადი კრისტალები. სტიბიუმი გვხვდება ვერცხლის მადნის ძარღვებში /81/. ანტიმონიტი (Sb_2O_3), როგორც წესი, მცირედ იცვლის მისთვის დამახასიათებელ ფორმულას, თუმცა მოგიერთ ანალოგებში შემჩნევა Fe-ის, Cu-ისა და სხვა ლითონების მინარევები /79/. იგი ასოცირდება პირიტთან, კვარცთან, კალციტთან.

ბუნებაში რკინის სულფიდი (FeS_2) გვხვდება ორი სახესხეობით: პირიტისა და მარკაზიტის სახით. დადგენილია, რომ პირიტის შედგენილობაში Fe-ს იზომორფულად ცვლის Co-ის თეორიულად ნებისმიერი რაოდენობა, თუმცა ბუნებაში კობალტის რაოდენობა ყოველთვის მცირეა /79-80/.

შეეხებთ რა კობალტს, უნდა აღვნიშნოთ, რომ ეს ელემენტი მიეკუთვნება იშვიათ ლითონებს და მაღანში მისი 0,5 მას.% შემცველობისასაც კი, აღნიშნული მაღანი ითვლება მეგად რენტგებულურად და მას კობალტმემცველ მადნებს მიაკუთვნებენ /79,82/.

შემოთ მოხსენებული მეგად მცირე მონაცემების ანალიზის საფუძველზე შეიძლება გამოვიგანოთ ჩვენთვის მეგად საგულისხმო დასკვნები:

1. ბუნებაში Cu, Fe, Sb, Co, S თითქმის ყოველთვის არსებობენ ბუნებით ნაკარნახევ სტექიომეტრიაში და წარმოგვიდგებიან როგორც პოლიმეტალური მადნები. ამა თუ იმ ელემენტის სიჭარბის შემთხვევაში, ერთი წარმოადგენენ ქანის წარმომქმნელ მინერალებს, მეორენი კი - ნაწილობრივი ჩანაცვლებით მოხედრილ ან მინარევ ელემენტებს.

2. სულფიდური ნაერთები ძირითადად გვხვდებიან მაღალგემპერატურული წარმოშობის ძარღვებში, ამ ძარღვების სიცარიელებსა და ბზარებში, ქვეძარღვებისა და სხვადასხვა მასისა და ფორმის ჩანართების სახით.

3. კობალტი, როგორც წესი, თითქმის ყოველთვის პოლიმეტალური მადნების თანმხლები ელემენტია და მისი ოდენობა იშვიათად თუ აღემატება 0,5 მას.%-ს.

არის კი საქართველოში ზემოთ აღნიშნული მინერალების შემცველი ქანები, მეგალრე ჩვენ მიერ შესასწავლად შერჩეული მი-

ნების აღმოჩენის ადგილებთან ახლოს? პასუხი ამ კითხვაზე განაპირობებს აღნიშნული მინერალის წარმოების ადგილის დადგენას.

დავიწყოთ ზემო რაჭით, სადაც მდებარეობს სოფ. ლების შემოგარენი ბრილი. თაყიდანვე აღვნიშნაეთ, რომ ქვემოთ მოყვანილი მონაცემები მოპოვებულია /15. 79-80/ წყაროების გაცნობისა და შესწავლის საფუძველზე.

დიდი ხნის განმავლობაში ბრინჯაოს ნაკეთობათა სიუხვე საქართველოში ვერ პოულობდა ახსნას. ქიმიკოსებისა და გეოლოგებისათვის ეს ფაქტი ნიშნავდა იმას, რომ საქართველოში უნდა ყოფილიყო სპილენძისა და კალის საბადოები. პირველი შემადგენლის ადგილობრივი წარმოშობის შესახებ ეჭვი არაყის გამოუთქვამს, რადგან საქართველოში დაფიქსირებულია სპილენძის მრავალი საბადო. და მათ შორის ზემო რაჭაში /78/, სადაც დადგენილი იქნა კვარცის ძარღვების გამოსავალი, რომელიც შეიცავს პირიტსა და ქალკოპირიტს. აღნიშნული მინერალები წარმოქმნიდნენ კვარცში ბუდისმაგვარ დაგროვებებს. ამასთან, ზოგ ბუდეში სუფთა მადანი იყო. ადგილ-ადგილ მადანი განლაგებული იყო კვარცის ძარღვის გასწვრივ კვარცის მეტად უმნიშვნელო მინარეევებით. მადნის ძირითად შემადგენელს წარმოადგენდა გოგირდის ალმადანი (FeS_2). სინჯა დაადგინა ქალკოპირიტში Cu-ის 1-დან 7 მას.%-მდე შემცველობა. რიგ ადგილებში მადანი შეიცავდა პიროტინის ქალკოპირიტისა და პირიტის დაქვემდებარებული რაოდენობით /79/. საგულისხმოა, რომ სპილენძის მადნის არსებობა დადგენილი იქნა თვით სოფ. ლებთან (ხერულეთში).

ბრინჯაოს მეორე შემადგენელი - კალა გეოლოგების მიერ მხოლოდ ზემო სვანეთში იქნა დადგენილი. ამიგომ, რაჭაში ბრინჯაოს ადგილობრივი წარმოების საკითხი კითხვის ნიშნის ქვეშ იყო. მხოლოდ მას შემდეგ, რაც არქეოლოგების მიერ ქიმიური ანალიზების საფუძველზე დადგენილი იქნა ბრინჯაოში ანთიმონიტის შემცველობა, აღნიშნული საკითხიც გადაიჭრა. კალა ძველ ბრინჯაოში შეცვლილი იყო სტიბიუმით და მხოლოდ მოგვიანებით მასთან ერთად შეჰყავდათ კალა.

საქართველოში აღმოჩენილი ბრინჯაოს ადგილობრივი წარმოშობის უკუყარ მტკიცებულებას წარმოადგენს რაჭაში აღმოჩენილი სტიბიუმის საბადოები (ყველაზე დიდი საბადო მდებარეობს სოფ. ლებიდან 6 კმ-ზე) /78/ და დადგინდა იმდენად კარგად შემონახული სტიბიუმის მადნის დამუშავების ადგილები, რომ გეოლოგთა და არქეოლოგთა მიერ აღდგენილი და დეტალურად აღწერილი იქნა სასამუშაოთა წარმოება /14-15/.

178/-ის მიხედვით, სტიბიუმის გამოვლინების ადგილმდე-
ბარეობები ითვლებიან სპილენძის გამოვლინების უბნებადაც. ამავე
ადგილებშია გამოვლენილი კვარცის ძარღვების გამოსაყლები, რო-
მლებიც შეიცავენ პირიგსა და ქალკოპირიგს.

ამგვარად, ზემო რაჭა წარმოადგენს რეგიონს, რომელიც
მდიდარია სტიბიუმითა და სპილენძით, ანუ იმ ორი ძირითადი კომ-
პონენტით, რომელთა გარეშეც შეუძლებელი იყო ბრინჯაოს მიღება
და ისიც დადგენილია, რომ მადნებს ამუშაებდნენ ჯერ კიდევ აღ-
რეულ ბრინჯაოს ხანაში /13-14/.

როგორც უკვე აღვნიშნეთ, კობალტი იშვიათად წარმოქმნის
დამოუკიდებელ, სხვა მინერალებისაგან გამოყოფილ გამოვლინე-
ბებს და ბუნებაში წარმოვლადგება, როგორც სხვა, და პირველ რიგ-
ში Cu-ითა და Sb-ით მდიდარ მადნებთან თანმხლებ მინერალად. აქ-
ედან გამომდინარე, მოსალოდნელი იყო, რომ იქ, სადაც დადგე-
ნილია სპილენძისა და ანთიმონის საბადოები, აუცილებლად უნდა
ყოფილიყო კობალტიც.

ჩვენი მცდელობა, დაგვედგინა კობალტის ადგილმდებარეო-
ბები საქართველოსა და, პირველ რიგში, რაჭაში, შეხედა მრავალ
სირთულეს.

გეოლოგები გულდასმით იკვლევენ მხოლოდ იმ საბადოებს,
რომლებსაც გააჩნიათ სამრეწველო მნიშვნელობა. ამით არის გა-
მოწვეული, რომ ჩვენს ხელთ არსებულ ლიტერატურულ წყაროებზე
დაყრდნობით დადგინდა მხოლოდ ის, რომ კობალტის გამოვლინება
შეინიშნება თიანეთის რაიონში და რომ სხვაგან მისი ოდენობა
თვისობრივი სპექტრალური ანალიზის მეთოდით განისაზღვრება
„კვალისა“ და „მეტად ცოგას“ ღონით /80/.

179/-ის მიხედვით, ჩვენ მიერ შერჩეული იქნა ზემო რაჭის
ზოგიერთი ადგილმდებარეობის პოლიმეტალური მადნის შედგენი-
ლობა CoO -ს შემცველობით 0,03-დან 0,17 მას.%-მდე. საშუალოდ
აეიღოთ 0,1 მას.%. დანარჩენი სულფიდური პოლიმეტალების შემცვე-
ლობა ლითონების რაოდენობების საფუძველზე თეორიული გადაან-
გარიშებით მივიღეთ: ქალკოპირიგი 15,0-32,2 მას.%, ანთიმონიგი 0,8-
2,8 მას.%. თუ მხედველობაში მივიღებთ, რომ თეორიულად პირიგში
(ქალკოპირიგში) შესაძლებელია $\text{Fe} \leftrightarrow \text{Co}$ იზომორფიზმი, კობალტის
სულფიდზე გადაანგარიშებამ მოგვცა სიდიდე, რომელიც მერყეობდა
0,3-დან 1,2 მას.%-მდე.

ფუჭი ქანის მოცილების შემთხვევაში, რაც პრაქტიკულად შე-
უძლებელია, CoS -ის რაოდენობა აღწევს 1,2-4,8 მას.%-ს, რაც უბრუნ-

ველყოფის CO_2O_3 -ის მიღებას მადნეულის დაქანვისას.

ძნელია იმის ვარაუდი, თუ რა მადნებით სარგებლობდნენ ბრილის ოსტაგები, მაგრამ კორექტულად შეიძლება ჩაითვალოს იმის დაშვება, რომ მათ მიერ მინის ხარშვისას გამოიყენებოდა ადგილობრივი ნედლეული.

ამრიგად, შეიძლება დაეასკენათ, რომ ბრილის მინების მისაღებად ზემო რაჭაში იყო ყველა საჭირო მასალა, რომელთა გამოყენების ჩვეულებები აქაურ მაცხოვრებლებს გამომუშავებული პქონდათ ადრეულ ბრინჯაოს ხანაში. ამ საკითხს ჩვენ კვლავ დაუბრუნდებით მას შემდეგ, რაც შევეცდებით დავადგინოთ, რომელი მადნეულით უნდა შეეყვანათ მინაში შეფერვაზე პასუხისმგებელი ელემენტები.

ამისათვის განვიხილოთ ლურჯად შეფერილი ორი მინა. ვფიქრობთ, ლოგიკურია ჩვენ მიერ გამოთქმული მოსაზრება, რომ ამ მინებში შეფერილობა ძირითადად გამოწვეულია სპილენძისა და კობალტის ოქსიდებით. ამაზე სპექტროფოტომეტრულმა კვლევამაც მიგვითითა, მაგრამ მინების ქიმიური შედგენილობის განსხილვისას ჩვენ არ გავიმახვილებია ყურადღება კიდევ ერთ ფაქტზე – ამ მინებში რკინის ოქსიდის რაოდენობა მეტია (1 მას.%-ით), ვიდრე სხვა დანარჩენში. ამ ფაქტის ახსნა ლოგიკურია ვეძებოთ ნედლეულში, რომლითაც შეიყვანებოდა საღებავები.

გადავიანგარიშოთ მინაში შემავალი საღებავები ელემენტებზე. მათთან ერთად გადაანგარიშებულია Sb_2O_3 -იც, ვინაიდან ისიც ამ ნედლეულით უნდა ყოფილიყო შეყვანილი. მიღებული შედეგები მოყვანილია 29-ე ცხრილში. მაგალითისთვის ავიღეთ მინა №1. შედეგები მეორდება №11 მინისათვის.

29-ეცხრილში მოყვანილ მონაცემებზე დაყრდნობით შედეგნილია 30-ე ცხრილი, რომელშიც ნაჩვენებია, თუ რომელ ნაერთებს უნდა მიეკუთვნებოდნენ აღნიშნული ელემენტები. ვინაიდან ზემო რაჭაში არსებული პოლიმეტალური მადნები წარმოდგენილია სულფიდებით, რომელთა ქანწარმომქმნელ მინერალებს წარმოადგენენ პირიტი და მისი მსგავსი (ქიმიურად) ნაერთები, ცხრილში ძირითადად განვიხილავთ სულფიდებს. გოგირდის შემცველობა (რაოდენობა) არ არის რეგლამენტირებული მინაში არსებული SO_3 -ით, ვინაიდან ხარშვისას მსოლოდ გარკვეული ნაწილი რჩება მასაში, დანარჩენი კი ქროლდება.

შემღებავი ოქსიდებისა და ელემენტების
რაოდენობა №1 მინაში

ოქსიდები	ოქსიდების რაოდ. მას. %	ელემენტები	ელემენტების რაოდ. მას. %	აგ. რ-ბა
Fe ₂ O ₃	2,51	Fe	0,70	0,01253
Sb ₂ O ₃	0,854	Sb	0,713	0,00586
CuO	0,371	Cu	0,296	0,00466
Co ₂ O ₃	0,525	Co	0,373	0,00632

№1 მინის მისაღებად პოტენციურად შესაძლებელი
მინერალების გამოყენების დადგენა

ელემენტები	აგ. რ-ბა	ქალკოპირ ატი	ანთიმონ ატი	(Fe, Co)S ₂	ნარჩენი
Fe	0,01253	0,00466		0,00632	0,00155
Sb	0,00586		0,00586		
Cu	0,00466	0,00466			
Co	0,00632			0,00632	
S		0,00932	0,00586	0,01264	

30-ე ცხრილში მოყვანილი მინერალები იდეალიზებული არი-
ან, რადგან თითოეულ მათგანში საკმაოდ დიდი რაოდენობითაა მი-
ნარევი და ასოცირებული მინერალები. გარდა ამისა, ანთიმონიტის
ცალკე შეყვანა მინების გასუფთავების ან სხვა მიზნებისათვის,
ძველი ოსტატებისათვის არ უნდა ყოფილიყო აუცილებელი. ამიტომ
სავარაუდოა, რომ გამოიყენებოდა პოლიმეტალური მადანი.

აქ წარმოდგენილი მინერალებით ხასიათებიან ძირითადად
ზემო რაჭაში არსებული მადნები, გარდა პირიტისა, რომელშიც
რკინისა და კობალტის რაოდენობა /79/-ის თანახმად, თანაბრად
არის აღებული და აღინიშნება, რომ შესაძლებელია (Fe, Ni, Co), S₂-
ის შედგენილობის ნებისმიერი ნაერთი. მითითება ამ შედგენილო-
ბის პირიტის არსებობის შესახებ ზემო რაჭაში, ჩვენ ლიტერატურა-

ში ვერ დაეაფიქსირეთ. მაგრამ /14-15/-ში აღინიშნება, რომ საქართველოში არსებული სპილენძის საბადოები და მათ შორის მდ. რიონის სათავეში, წარმოადგენილი არიან პირიგინ-პირიგული მადნებით, რომელთა დამახასიათებელ თავისებურებას წარმოადგენს სპილენძის დაბალი და კობალტის გამრდილი შემცველობა. გარდა ამისა, თვით გეოლოგები აღნიშნავენ, რომ კობალტის ადგილმდებარეობის შესწავლა თხოულობს მიზანდასახულ სამუშაოთა წარმოებას. ამით შეგვიძლია დაეამთავროთ ბრილის ლურჯი მინების განხილვა. განვიხილოთ სხვა მინებიც.

მინა №2 ცისფერია. აღნიშნული შეფერილობის ძირითადი მიზეზია CuO და იგი, როგორც ჩანს, ქალკოპირიგით შეიყვანებოდა. ეს უკანასკნელი ზემო რაჭის კვარცის ძარღვების ბუდეებსა და ნაბზარებში კონცენტრირდება /79/. ამ მინის შედგენილობაში არ არის სტიბიუმის და კობალტის ოქსიდები, ხოლო რკინის შემცველობა მცირეა. ეს კი იმაზე მიგვითითებს, რომ როგორც ჩანს, ზემო რაჭის საბადოებში იგი ასოცირდება პირიგითა, რაც ხშირად ხდება ბუნებაში. მაგრამ ჩვენთვის მნიშვნელოვანია ის, რომ ძველმა ოსტატებმა კარგად იცოდნენ თუ რა ნედლეული უნდა აეღოთ ამა თუ იმ ფერის მინის მისაღებად. გავიმეოროთ ისეთივე გაანგარიშება, როგორც №1 მინის შემთხვევაში. გაანგარიშება მოცემულია 31-ე ცხრილში.

გაანგარიშება გვიჩვენებს, რომ ბუდეებში და ბზარებში ქალკოპირიგი იმყოფებოდა კოველინთან (CuS) ასოციაციაში, რაც დამახასიათებელია ამგვარი სახის მადნებისათვის /79/.

როგორც უკვე აღინიშნა, მინაში №30 ფერი Fe_2O_3 -ისა და MnO -ს არსებობის შედეგია. რკინის ოქსიდის შემცველობა ლურჯ მინებში ნაკლებია, მაგრამ მეტია ვიდრე მინაში №2.

რაჭა მანგანუმის მადნებითაც არის მდიდარი. როგორც ჩანს, ამ მადნებისათვის დამახასიათებელია რკინის შემცველობაც, რაც მრდის ოქსიდის რაოდენობას.

მეტად საინტერესოა ყავისფერი მინა, რომელშიც ფერის წარმოქმნა, ჩვენი აზრით, გამოწვეულია სულფიდური რკინით. აქ შეიძლება ვივარაუდოთ, რომ რკინის გარკვეული ნაწილი შეყვანილი იქნა პირიგის სახით, ან მეცნარეული ნაყარი განსხვავდებოდა (განზრახ, ან შემთხვევით) სხვა მინებში გამოყენებული ნაყრისაგან (ამაზე მიგვითითებს Cl -ის მაღალი შემცველობა), ან ხარშვა შერჩევით და გამომწულად გარდებოდა აღმდგენელ არეში. იქმნება შთაბეჭდილება, რომ ბრილის მინების უმთავრესი ნედლეული – კვარც-

№2 მინაში შემღებავი ოქსიდებისა და ელემენტების რაოდენობა და მინერალების გაანგარიშება

ოქსიდები	რაოდ.მას %	ელემენტ.რ-ბა	ატ-რ-ბა	ქალკობრიტი	ნარჩენი ატ-რ-ბა	ნარჩენი ელემენტ.რ-ბა	CaO, მას.%
Fe ₂ O ₃	0,56	0,392	0,0070	0,0070			
CuO	1,09	0,871	0,0137	0,0070	0,0067	0,43	0,540
S				0,0274			

შემცველი მასალა – გამოირჩეოდა მაღალი სისუფთავით. რკინის ოქსიდთა ძირითადი შემცვეანი მინაში, როგორც ჩანს, პირიგინ – პირიგული და ანთიმონიტური მადნები უნდა ყოფილიყო.

თუ მხედველობაში მივიღებთ მადნების მოპოვების იმ ხერხს, რომელსაც მიმართავენ გემო რაჭაში აღრეული ბრინჯაოს ხანაში - ძარღვის გახურება, მისი სწრაფი გაცივება (წყლით), შემდეგ კი დამსხვრევა – დაქუცმატება /15/, ლოგიკურია დაეშვათ, რომ სწორედ ამ ძირითადი ძარღვის მასალა იყო SiO₂-ის შემტანი ნედლეული მინაში.

როგორც ცნობილია, პირიგინ – პირიგული მადნები იმყოფება კვარცის ან პეგმატიტების ძარღვებში. კვარცის ძარღვებიდან მოპოვებული მადანი მიზნობრივად მიდიოდა ბრინჯაოს დასამზადებლად. აღამიანს არ შეეძლო არ შეენიშნა, რომ რიგ შემთხვევაში, ასეთები კი მრავლად იქნებოდა, ცეცხლში მოხვედრილი კვარცის მცირე ნაგებები წარმოქმნიდნენ უცნაურ, ბროლისმაგვარ, მაგრამ სხვა ფორმისა და გამოსახულების მასალას. მასალა კი, ალბათ მიიღებოდა სხვადასხვა ფერად შეფერადებული წვეთების სახით. ფერი კი დამოკიდებული იყო გამოყენებულ მადანზე.

ამგვარად წარმოგიდგენია ჩვენ მინის წარმოების ჩასახვა გემო რაჭაში აღრეული ბრინჯაოსა და კიდევ უფრო აღრინდელ ხანაში. როგორც ჩანს, ეს პროცესი საუკუნეების განმავლობაში იხვეწებოდა და ძე.წ. V საუკუნისათვის ჩამოყალიბებული ხელოსნური დარგის სახე მიიღო. ბრინჯაოსა და შემდგომში (ან ერთდროულად) მინის წარმოების ხელოსნობას ხელს უწყობდა გემო

რაჭის ფუნქციონალური დაგვიროთვა – იგი წარმოადგენდა იმ პერიოდისათვის მეტად ინგენსიურ საგრანსპორტო არტერიას, რის გამოც „სამომსმარებლო ბაზარი“ არ შემოიფარგლებოდა მხოლოდ ადგილობრივი მომხმარებლით.

კითხვაზე, თუ რომელი ძარღვები გამოიყენებოდა მინის წარმოებისათვის, პასუხი შეიძლება გაცეით მინის შედგენილობიდან გამომდინარე.

კვარცის ქანებს მიეკუთვნება კვარცის ფიქალები, კაემიწა ფიქალები, კვარციტები და სხვა ქანები, რომელთა ძირითად შემადგენელს წარმოადგენს კვარცი. ბრილის მინებში Al_2O_3 მერყეობს 0,65-დან 2,35 მას.%-მდე. აქედან გამომდინარე, ლოგიკურია კვარცის ქანების გამოყენების ეარაუდი, რომელიც როგორც ჩანს, არ იყო ყოველთვის ერთგვაროვანი და გააჩნდა პეგმატიგური ჩანართები.

ჩვენი აზრით, კვარცის ქანებით არის გამოწვეული მინაში TiO_2 -ისა და პოლიმეტალების არსებობა 0,2 მას.%-მდე.

P_2O_5 , Cl, რიგ შემთხვევაში Br-ის მცირე რაოდენობის არსებობა მინებში დაკავშირებულია მცენარეული ნაყრის გამოყენებასთან.

ორვალენტიანი ოქსიდების (CaO და MgO) მინაში შემყვანი ნელლეულის შესახებ ერთნიშნა პასუხის გაცემა მეტად რთულ ამოცანას წარმოადგენს.

№№ 1, 11, 30 და ყაყისფერ მინებში CaO -ს შემყველობა შესაბამისად 11,3, 14,8, 13,0 და 15 მას.%, ხოლო MgO -სი – 0,52, 0,62, 0,54 და 0,48 მას.%-ია. მხოლოდ №2 მინაშია CaO 4,91, ხოლო MgO 1,77 მას.%. საგულისხმოა, რომ ასეთივე განსხვავება შეიმჩნევა Cl-ის შემყველობაშიც. პირველ ოთხ მინაში იგი 1,25 - 2,2 მას.%, ხოლო №2 მინაში – 0,91 მას.%-ია, რაც გვაფიქრებინებს, რომ CaO -ს ძირითად შემყვან მასალას წარმოადგენდა მცენარეული ნაყარი. შეიმჩნევა კიდევ ერთი თავისებურება - №2 მინაში Na_2O -სა და K_2O -ს (2,19 მას.%) რაოდენობა. ეს ფაქტიც ზემოთ გამოთქმული მოსაზრების დამადასტურებელია.

ამ მოსაზრებით ჩვენ არ გამოვირცხავთ იმას, რომ RO ოქსიდები შესაძლებელია შედიოდა ძირითადი და დამხმარე მასალებითაც. ლიგერაგურაში არის მონაცემები, რომ პირიგინ-პირიგული მადნები ასოცირდება კალციტთან და დოლომიტთან, ხოლო RO ძირითად ძარღვებშიც არის, მაგრამ მთავარ ნელლეულს, ალბათ, მაინც ნაყარი წარმოადგენდა.

ამგვარად გამოიკვეთა, რომ მინის მისაღებად ძირითადად გამოიყენებოდა ორკომპონენტური კაშპი: კვარცული ქანები + ნაყარი, რომელსაც ფერის მისანიჭებლად დამსმარე ნედლეულის სახით ემაგებოდა პირიგინ-პირიგული მადანი ან ბუდეებში მოპოვებული ქალკოპირიტი.

სამთაეროსა და ურბნისის მინები უფრო გვიანი პერიოდისაა. რაჭის ფუნქციონალური დაგეირთვა შემცირდა ან გაქრა და არქეოლოგიური მონაცემების თანახმად, გაქრა მინის მრეწველობაც. ახ.წ. I-VI სს. ძირითადი საგრანსპორტო არტერია გადის საქართველოს უძველეს კულტურულ ცენტრებზე და არ არის გასაკვირი, რომ სწორედ იქ იწყება მინის წარმოების ინტენსიური განვითარება. არც ის არის გამორიცხული, რომ ბრილის ოსტაგების ახალი თაობები მიგრირებდნენ და გადაჰქონდათ მინის მიღების „საიდუმლოება“ სამთაეროსა და ურბნისში.

განვიხილოთ ჩვენ მიერ შესწავლილი სამთაეროს ორი მინა. ორივეში, თუ მხედველობაში არ მივიღებთ ძირითად კომპონენტთა შემცველობას, აქტიურად გამოიყენება MnO Sb_2O_3 -თან შერწყმაში. მათი თანაფარდობების შეცვლით მიიღება მინის სხვადასხვა შეფერილობა.

Sb_2O_3 -ის შესაყვანად შესაძლოა იყენებდნენ ჩვენ მიერ უკვე აღნიშნულ ზემო რაჭის ნედლეულს, მაგრამ უფრო ლოგიკურია ვივარაუდოთ, რომ გამოიყენებოდა ტერიტორიულად უფრო ახლოს მდებარე ყაზბეგის რაიონის ადგილმდებარეობის საბადოები, რომლებიც წარმოდგენილია თიხურ ფიქალებში ანთიმონიგისა და პირიგის ჩანართებითა და ქვეპარღებით /79-80//.

რაც შეეხება მანგანუმის ნაერთებს, ცნობილია მანგანუმის საბადოები ქარელის რაიონში. მათში მანგანუმის მადანი გვხვდება წვრილი ძარღვებისა და ბუდეების სახით. სამთაეროს მინების შემთხვევაში, პოლიმეტალთა „მლეიფი“ შეიძლება სტიბიუმის გამოყენების შედეგი იყოს.

რაც შეეხება ძირითად ოქსიდებსა და მათ შემყვან ნედლეულს, რთულია იმსჯელო მხოლოდ ორი მინის შესწავლის საფუძველზე. აქ შეიძლება მეტი დამაჯერებლობით ვილაპარაკოთ გუგე ლითონთა შემყვანი ნედლეულის შესახებ – მცენარეულ ნაცარზე, რის საშუალებასაც იძლევა მინების შედგენილობა. მინებში P_2O_5 ისა და Cl -ის არსებობა, ჩვენი აზრით, ნაცრის გამოყენების შედეგია.

ბევრად უფრო რთულია მსჯელობა ძირითადი შემადგენლის SiO_2 -ის შემყვან ნედლეულზე. შეგვიძლია მხოლოდ ვივარაუდოთ,

რომ გამოიყენებოდა ქეიშები. თუ შეეადარებთ სამთაეროში წარმოებული მინების შედგენილობებს მათში პოლიმეტალური „მლეიფის“ მისხლევით, შეეამჩნევთ, რომ იქ სადაც არ არის სტიბიუმის ოქსიდი, არ არის ან მეტად მცირეა Cu-ის, Pb-ისა და Zn-ის ოქსიდების რაოდენობა. მაგრამ მხოლოდ ამ მაჩვენებელზე დაყრდნობა ქეიშების სრული სპექტრალური ანალიზისა და საქართველოში არსებული ქეიშების შედგენილობის ანალიზის გარეშე არ იქნება კორექტული.

საქართველოში მრავლად არის ქეიშის საბადოები, რომლებიც შეიძლება გამოეყენებინათ მინის წარმოებაში. ზოგიერთი მათგანის შედგენილობა მოყვანილია 28-ე ცხრილში. ცხრილში მოყვანილი შედგენილობათა ანალიზი საშუალებას იძლევა მინაში Al_2O_3 -ის შემცველობის მიხედვით გამოეიგანოთ შემდეგი დასკვნები:

1. ქეიშები, რომლებშიც Al_2O_3 -ის რაოდენობა აღემატება 3 მას.%-ს, მინის წარმოებისათვის შეუძლებელია ეხმარათ წინასწარი დამუშავების გარეშე.

2. შესაძლებელია გამოეყენებინათ ქეიშები, რომლებიც შეიცავენ $Al_2O_3 \geq 3$ მას.%. ამის დასამტკიცებლად გადავიანგარიშეთ ბაჯითის ქეიშის რაოდენობა, მის მიერ შეყვანილი ოქსიდების რაოდენობა და შეეადარეთ ერთერთ მინას. საქართველოს მინის გარის ქარხნებში გამოიყენებული ბაჯითის ქეიშის შედგენილობა: SiO_2 -94,03; Al_2O_3 -3,21; Fe_2O_3 -0,22; TiO_2 -0,1; CaO -0,05; MgO -0,04; Na_2O -0,14; K_2O -1,77 მას.% (Σ 99,56).

ურბნისის №1 მინაში SiO_2 -ის შემცველობა 65,4 მას.%-ის გოლია. ამ რაოდენობის SiO_2 -ის შესაყვანად საჭიროა 69,23 მას.% ქეიშა, რომელიც მასში შეიტანს ოქსიდების შემდეგ რაოდენობას: SiO_2 -65,4; Al_2O_3 -2,22; Fe_2O_3 -0,15; TiO_2 -0,063; CaO -0,03; MgO -0,02; Na_2O -0,1; K_2O -1,22 მას.%.

SiO_2 -ის, Al_2O_3 -სა და სხვა ოქსიდთა რაოდენობის შედარება სამთაეროს №1 მინასთან გვაძლევს საშუალებას დაეასკვნათ, რომ ამგვარი და მასთან მიახლოებული შედგენილობის ქეიშა შეიძლება ყოყილიყო გამოყენებული სამთაეროსა და ურბნისის მინების მისაღებად. განსხვავება რიგ ოქსიდთა შემცველობაში არ არის გასაკვირი, ვინაიდან არ არის აუცილებელი მაინც და მაინც გამოეყენებინათ ბაჯითის ქეიშა. მინის „მკეთებლები“ სარგებლობდნენ დღევანდელი გადასახედიდან მეტად არაპერსპექტიული ქეიშის საბადოებით, მათ შორის მტკერისა და არაგვის დალექილი და გარეუხილი ქეიშებითაც.

ურბნისის მინების მისაღებად, როგორც ჩანს, გამოიყენებოდა იგივე მასალა, რაც სამთაეროში, იმ განსხვავებით, რომ აღარ შეიყვანებოდა სციბიუმის შემცველი კომპონენტი და შეფერილობის უუფექტი მიიღებოდა რკინისა და მანგანუმის ოქსიდებით.

დასასრულს, უნდა გამოეთქვათ ჩვენი მოსაზრება იმის შესახებ, რომ არ მიგვაჩნია კორექტულად ნაწარმის მიკუთვნება ამა თუ იმ რეგიონისათვის იმის მიხედვით, იუ რა ფორმა და სახე გააჩნია მას. შეიძლება ერთი და იმავე სახის ნაწარმი (მძივი, კურჭელი) წარმოებული იქნას როგორც ერთ, ისე მეორე ადგილზე. მაგალითად, მრავალი ასეული წლის შემდეგ, საქართველოს გერიტორიაზე ჩვესნი მთამომავლების მიერ აღმოჩენილი, დაეუშვათ, 0,75 ლიტრიანი მწვანე ბოთალი შეიძლება მიაკუთვნონ საფრანგეთს, გერმანიას ან იტალიას, მაშინ როდესაც, მისი წარმოება განსორციელდა სურამში ან ქსანში. ამიგომ ნაკეთობის ამა თუ იმ რეგიონისათვის მიკუთვნების ძირითად დამამტკიცებელ საბუთს უნდა წარმოადგენდეს მინის წარმოების ნაშთები, მინების მისაღებად არსებული სახელდეულო ბაზა და მინების თავისებურებანი.

აღნიშნული პარამეტრებიდან გამომდინარე, ჩვენ შეგვიძლია შეიკუთვნოთ ბრილში, სამთაეროსა და ურბნისში აღმოჩენილი მინები და მინის ნაწარმი ადგილობრივი ხელოსნობის შედეგს, რაც არაერთარ შემთხვევაში არ გამორიცხავს რიგი ნაკეთობების სამღვარგარეთიდან შემოტანის შემთხვევებსაც.

თავი 7. ძველქართული მინების ხარშვისა და დაყალიბების შესახებ

სამწუსაროდ, ლიგერატურულ წყაროებში არ აღმოჩნდა არაერთარი რამდენადმე მაინც დასაბუთებული მოსაზრება იმის შესახებ, თუ როგორ უნდა მოეხარშათ ძველ ოსტაგებს მინა ბრილში, სამთაეროსა და ურბნისში. ჩვენი აზრით, ეს იმის შედეგია, რომ არქეოლოგიური გათხრებისას და ამ გათხრების შედეგად მიღებული მინების შეფასებისას, პრაქტიკულად არასოდეს მიუძარტავთ მინის სპეციალისტებისათვის, რომელთა ჩართვა არქეოლოგიურ სამუშაოებში საშუალებას მოგეცემდა მინის ნაწარმით კონცენტრირებულ

აღვილებში მიზანდასახული ძიებითა და კელევიით მინის წარმოების ნაშთებიც დაგვედგინა.

სამაგიეროდ, მეგად კარგად არის წარმოდგენილი მასალები ბრინჯაოს წარმოების შესახებ, დაწვებული მადნების მოპოვებით და დამთავრებული ბრინჯაოს გამოღობით. სწორედ ამ მასალებში /14-15/ მოიპოვება ზოგიერთი მინიშნება მინის ხარშვის წარმართეის ხერხებზე.

ვიღრე ამ მასალათა განხილვაზე გადავიდოდეთ, მოკლედ განვიხილოთ მსოფლიო ლიტერატურაში არსებული მონაცემები მინის ხარშვის პროცესის შესახებ.

ფლინდერს პეგრის /3/ მიხედვით, ხარშვას აწარმოებდნენ ორ ეტაპად (სგალიად). პირველ სგალიაზე მიიღებოდა შეცხობილი მასა (ყრიგა). ამ სგალიაზე იყენებდნენ ფართო და დაბალკელლიან ქოთინებს. მეორე სგალიაზე ხდებოდა მიღებული შეცხობილი მასის ხარშვა ვიწრო და მაღალკელლიან ქოთინებში. ამ სგალიებს შორის იყო შუალედური ეტაპი, რომელიც მოიცავდა შეცხობილი მასის დახარისხებასა და დაწერილმანებას. მინის თანამედროვე ტექნოლოგიის თვალსაზრისით, ამგვარი ხარშვის არსი კარგად არის წარმოდგენილი /5.7.66/-ში, რის გამოც მიზანშეწონილად ჩაეთვალეთ მოყრილებლით განმეორებას.

რამდენადაც განსხვავებულად აღწერს ხარშვის პროცესს პლინიუს უფროსი /1/. მისი გადმოცემით, ხარშვა ტარდებოდა სამ სგალიად, აქედან ორი იყო ფრიგის მიღების სგალია, ხოლო შესაბამისად – ხარშვის.

თუ მხედველობაში მივიღებთ, რომ ფლინდერს პეგრი აღწერდა ხარშვის პროცესს, რომლითაც სარგებლობდნენ ძვ.წ. 1370 წლისათვის, ხოლო პლინიუსი შეეხება უფრო გვიანდელ პერიოდს, შეიძლება ვივარაუდოთ, რომ ორივე აღწერა შეესაბამება სინამდვილეს. განსხვავება სგალიების რაოდენობაში შეიძლება აიხსნას მოსწრაფებით, მიუღობით უფრო მაღალი ხარისხის მინა.

ვ. თერნერი /4/ და მ. ბეზბოროდოვი /5/ თვლიან, რომ პირველი (პირველი და მეორე) სგალია განისაზღვრებოდა ტემპერატურით, რომელიც არ აღემატებოდა 750°C -ს, ხოლო მეორე (მესამე) – 1200°C -ს.

როგორც ჩანს, საკელევი მინების ხარშვაც წარმოებდა 1200°C -მდე ტემპერატურაზე. ამის პირდაპირ მტკიცებად შეიძლება ჩაითვალოს ჩვენ მიერ გაანგარიშებული ტემპერატურები, რომლებიც შეესაბამებიან $\lg \eta = 3 - 4$ -ს (იხ.თავი V).

გაეიხსენოთ, რომ ბრილის მინები აღწევდნენ $1\text{კგ} = 3\text{-ს } 1025 - 1158^{\circ}\text{C}$ -ზე. ამ გემპერატურაზე (აღნიშნული სიბლანტის დროს) მინა წარმოადგენს მეგად მოძრავ, საკმაოდ ერთგეაროვან მასას, რომელსაც უნდა ახასიათებლეს ბუშტების დიდი რაოდენობა.

ასეთი მინებისაგან იყო დაშვადებული ჩვენს ხელთ არსებული მძიეები, რომლებშიც რ. ბახგაძისა /29/ და ჩვენ მიერ დადგენილი იქნა ბუშტების დიდი რაოდენობა.

აღნიშნული პერიოდის მსოფლიოს მინები ხასიათდებოდნენ აირადი ჩანართების ნაკლები რაოდენობით, რაც გვაფიქრებინებს, რომ ბრილის მინები, როგორც დანარჩენი, უნდა მიეღოთ ერთეგაპიანი ხარშეით დროის დიდ მონაკვეთში.

იქმნება შთაბეჭდილება, რომ მინის მიღებამდე უფლობდნენ ქართული ოსტაგები მაღალი გემპერატურის მიღწევის ტექნიკას. ამის მტკიცებად საკმარისია ზემო რაჭაში ბრინჯაოს ღნობის ტექნიკის ცოდნა (იხ.თავი V I).

შეიძლება ვივარაუდოთ, რომ მინის წარმოება ზემო რაჭაში არის ბრინჯაოს გამოღობის შესწავლა – განხორციელების შედეგი.

მართლაც, თუ მხედველობაში მივიღებთ, რომ სპილენძის ღნობის გემპერატურა 1084°C -ის გოლია, ხოლო სტიბიუმისა – $630,5^{\circ}\text{C}$ და, რომ ასეთი მონი ბრინჯაოში არ უნდა იყოს 1%-ზე მეტი /14/, მოხალოდნელია, რომ მაღალი გემპერატურის მიღების ტექნიკას ბრილში კარგად უფლობდნენ.

ჩვენი მონაცემებით, კერამიკული ქოთნები მინის ჩანართებით ბრილში არ იყო აღმოჩენილი. სამაგიეროდ, დადგენილია ქოთნების არსებობა, რომლებშიც იყო ბრინჯაოს (სპილენძის?) წვეთები /14-15/. ეს კი მიგვითითებს იმაზე, რომ მინის ხარშვა, ისევე როგორც ბრინჯაოსი, მიმდინარეობდა ქოთნებში.

ამით ამოიწურება ჩვენი შესაძლებლობა ხარშვის პროცესის დახასიათებისა. მხოლოდ იმ შემთხვევაში, როდესაც ბრილში ან სხვაგან დადგინდება მინის წარმოების ნაშთები, შესაძლებელი გახდება დაეუბრუნდეთ აღნიშნულ საკითხს.

ასევე საიდუმლოებითაა მოცული, თუ როგორ ღებულობდნენ ძველი ოსტაგები ნაირსახოვან მძიეებს.

ჩვენს ხელთ არსებული ნიმუშები ყურადღებას იპყრობენ არა მარტო ფორმით, უერთა და დამუშავების ტექნიკით. არამედ იმითაც, რომ თითქმის ყველა მძიეს ახასიათებს მძივის მოვლ სისქეში თანაბარი დიამეტრის ძაფის გახაყრელი ხერელი.

ზოგიერთი მკვლევარის აზრით, მძიეების დასამზადებლად მიმართავენ მემღვი სახის ოქრაციებს:

ყლინდერს პეტრი /3/ ვარაუდობს, რომ მძიეები მზადდებოდა ჯოხებისაგან, რომლებიც ამოიწლებოდა (ან გაიწლებოდა) მინის ნაღობიდან*. ჯოხი „რბილდებოდა“ ალში და შემდეგ ეხვეოდა სპილენძის მავთულს, ვიდრე არ მიიღებოდა სასურველი ზომის მძიე, შემდეგ მავთულს აცილებდნენ მინის ნაკეთობას.

ძვ.წ. II ს-ში მესოერები ბერძენი პოეტი მესომელი თავის პოემაში აღწერს მინის მძივის დამზადების პროცესს: ოსტაგმა მოიგანა მინა, დააწერილმანა და ჩადო ცეცხლში, საიდანაც გამდნარი მინა გადმოედინებოდა საფლივით. ხალხი გაკვირვებული უკურება ცეცხლიდან გადმომდინარე ნაკადს და ოსტაგს, რომელიც კანკალებდა, რომ არ დაეკარგა ნაკადი და დაეჭირა იგი ორკბილა მაშით /66/.

ეს ინფორმაცია გვაუქრებინებს, რომ მძიეების დასამზადებლად გამოიყენებოდა წინასწარ მოხარშული და გაცივებული მინა. ჩვენთვის საინტერესოა ორკბილა მაშის გამოყენება, ე.ი. ნაკეთობას ამზადებდნენ წნეხით. პოეტს გამოჩნა ყველაზე მნიშვნელოვანი მოძენგი – როგორ ღებულობდა ოსტაგი ხერელს. შეგვიძლია მხოლოდ ვეარაუდოთ, რომ მინის მაშით „დაჭერამდე“ დებდა ოსტაგი მასაში მავთულს.

უკვე მოგვიანებით (XIII-XIV სს) მძიეებს ამზადებდნენ მილაკებიდან.

იკეთება მძიეების დამზადების სამი ხერხი, რომელიც ჩვენ გამოვსახებთ ნახატების სახით. რომელ ხერხს მიმართავენ ბრილში მძიეების დასამზადებლად, ძნელი სათქმელია (ნახ. 8-10).

ქართულ სამეცნიერო პერიოდიკაში მხოლოდ ერთი მითითებაა მინის მძიეების დამამზადებელ საწარმოზე. ჯ. აფაქიძე, ძვ.წ. VIII-VI სს. მიკუთვნებული კოლხური კულტურის ახალი ტიპის ძეგლის – საწარმო - ნამოსახლარის შესწავლისას (ჩხოროწყუს რ-ნის სოფ. ოჩხომურში) მივიდა შემდეგ დასკვნამდე: „მართალია საწარმო-ნამოსახლარზე ჯერჯერობით მინის ნაღვენთები არ არის გამოვლენილი, მაგრამ ვფიქრობთ, რომ აღმოჩენილი მასალები (მძივის დასამუშავებლად გამოყენებული სპეციფიკური ხელსაწყო-იარაღები, დასამუშავებელი მძივისა და ნამზადების ჩასამაგრებელი ღრმე-

* ქოთინდან ამოსაღები მინის პირველი ულუფა მოითხოვდა გარკვეულ მოწყობილობას, რომლის შესახებაც უ. პეტრი არაფერს ამბობს.

ლიანი დიდი და პაგარა ზომის ქვები, მინის მზა მძიეები და ნახევარუბარბოკაგი თუ წუნის სახით შემორჩენილი ნამზადი), თუმცა დიდი სიყრთხილით, მაგრამ მაინც იძლევა იმის საფუძველს, რომ საწარმოზე მინის მძიეების თუ მინის სხვა სახის სამკაულების წარმოება ეიგულისხმობს /18/.

ჯ. აფაქიძისეული „დიდი სიყრთხილით“ ჩვენ შეგვიძლია ვივარაუდოთ, რომ მძიეის დამზადების კიდევ ერთი ხერხი არსებობდა – ჩამოსხმით, მაგრამ არა ქვის ღრმულებში, არამედ ხისჯან დამზადებულ ყალიბებში.

ბრილში, ჩვენ მიერ მითითებულ პერიოდში (ძვ.წ. V-III სს), როგორც ჩანს, კარგად იცნობდნენ არა მარტო ბრინჯაოს, არამედ სპილენძსაც. ამიგომ, შეიძლება დაეუშუათ, რომ ოსტატებს ამ მასალიდან საბრძოლო და სამუშაო იარაღთან ერთად ჩამოსხმული ჰქონდათ მინის დასაყალიბებლად საჭირო იარაღებიც – სპილენძის ჯოხი, მაშა, დანა და სხვ. ამ იარაღების გარეშე ძნელია წარმოვიდგინოთ იმ ნაკეთობების დამზადება, რომლებიც დადგინდა ბრილში.

ყოველივე ზემოთ აღნიშნული მეტწილად ეყრდნობა ლიგურატურაში მოყვანილ მონაცემებსა და მინის გექნოლოგიის საკითხების თეორიულ განსილევას. აუცილებელი იყო პირდაპირი მეტეიუბულების მოპოვება, რაც გასაჯები მიზეზების გამო, მეტად რთულ ამოცანას წარმოადგენს. საჭირო იყო აღგვედგინა ბრილში ერთი ან ორი მინის მიღება მაინც, ჩვენ მიერ გამოთქმულ მოსაზრებათა შესაბამისად.

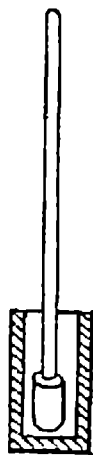
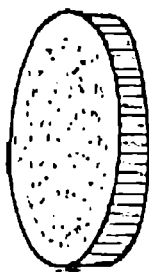
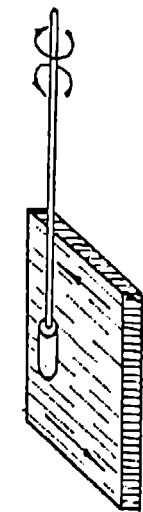
ასეთ მინებად შერჩეული იქნა ბრილის №2 და №11 მინები.

ამ მინებში ძირითადი ოქსიდების შემცველობა მოყვანილია მე-6 ცხრილში.

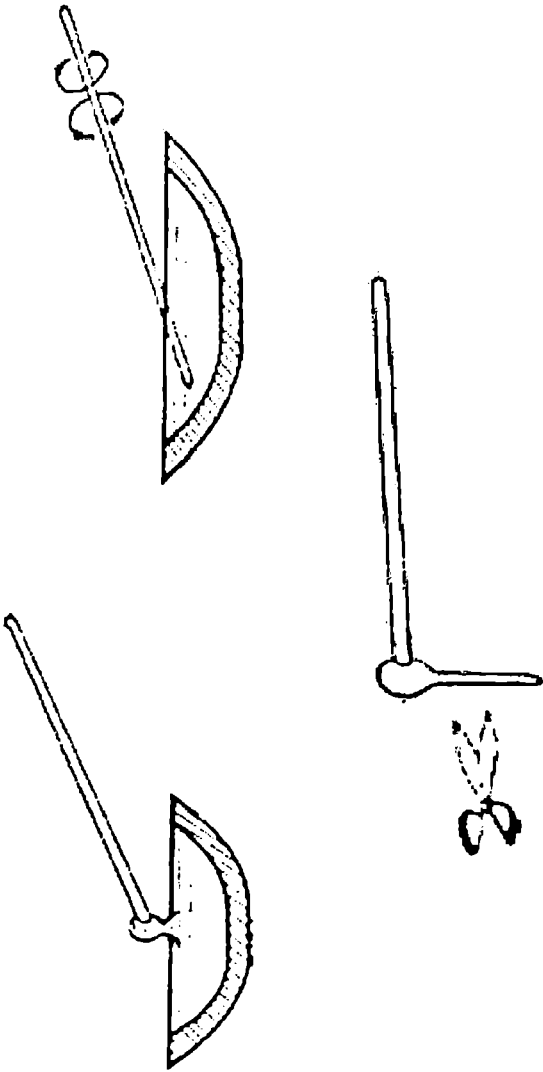
მინაში ნატრიუმის ოქსიდის შესაყვანად გამოყენებული იყო რუსთაეის მლაშობებზე მოპოვებული მეცნარის-ყარდანის ნაყარი, რომლის ქიმიური შედგენილობა (მას.%-ში) მეტად მიაჯავს ჩარანისას (ცხრ.26): SiO_2 -3,8; Al_2O_3 -2,4; Fe_2O_3 -1,98; CaO -9,2; MgO -2,69; Na_2O -45,5; K_2O -2,1; P_2O_5 -1,5; SO_3 -6,2; Cl -25,41 (Σ 100,78).

ჩვენ გვესმის, რომ საქართველოს სხვადასხვა რეგიონში გავრცელებული ერთი და იმავე მეცნარის ნაყრის შედგენილობა განსხვავებულია, მაგრამ შესაძლო განსხვავებას არ უნდა ჰქონოდა გადამწყვეტი მნიშვნელობა ჩვენი მიზნების მიღწევის საქმეში.

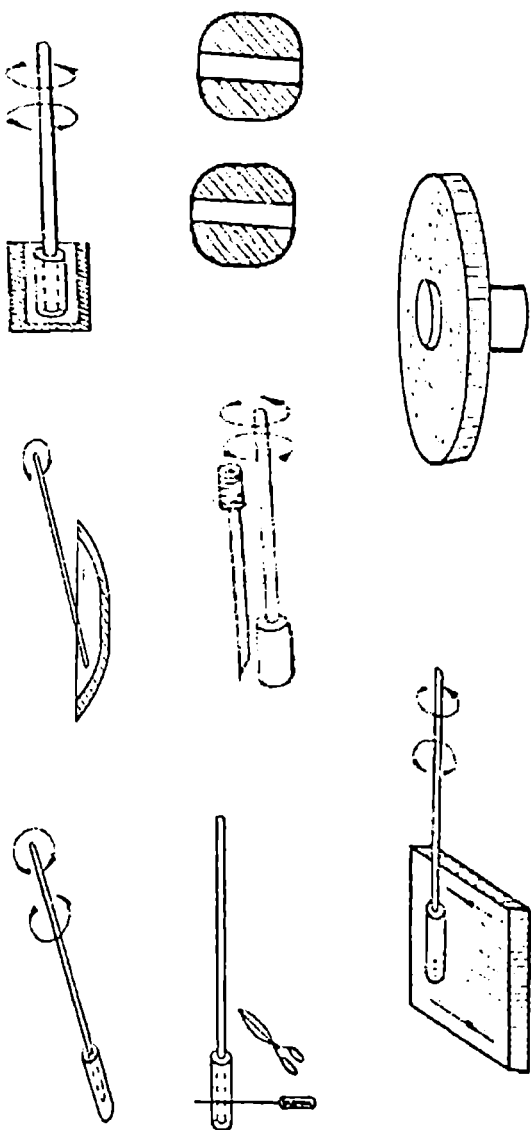
32-ე ცხრილში წარმოდგენილია გაანჯარიშების შედეგები, რომელიც საშუალებას იძლევა დავადგინოთ კაზმში ნაყრის საშუალებით შეყვანილი კომპონენტების რაოდენობა.



ნახ. 8 მძივების მიღების ერთ-ერთი შესაძლო ხერხი (წვეთოვანი მეთოდი)



ნახ. 9 მპიკეების მიღების ერთ-ერთი შესაძლო
სურხი (გამოწევის მეთოდი)



ნახ. 10 შპიკების მიღების ერთ-ერთი შესაძლო ხერხი
(გაგლინებითა და დაკრით, შემდგომი მოხვევით)

კამში ნაცრით შეყვანილი კომპონენტების რაოდენობა

№ №	Na ₂ O-ს საჭირო რ-ბა, მას.%	ნაცრის რ-ბა, წ.ნ.		ნაცრით შეყვანილი K ₂ O, მას.%		ნაცრით შეყვანილი CaO, მას.%		ნაცრით შეყვანილი MgO, მას.%	
		ჩარანი	ყარლანი	ჩარანი	ყარლანი	ჩარანი	ყარლანი	ჩარანი	ყარლანი
2	18,1	39,9	40,1	1,55 (2,19)	0,84 (2,19)	1,83 (4,91)	3,66 (4,91)	1,14 (1,77)	1,07 (1,77)
11	14,3	31,5	31,7	1,22 (0,57)	0,66 (0,57)	1,45 (14,8)	2,89 (14,8)	0,90 (0,62)	0,85 (0,62)

ცხრილის მონაცემებზე დაყრდნობით შეიძლება დავასკვნათ, რომ №2 მინის მისაღებად შესაძლებელი იყო გამოყენებინათ ნაცარქათამას გიპის მცენარეების ნაცარი. ამაზე მიგვითითებს Na₂O-სთან ერთად მინაში შეყვანილი K₂O, CaO და MgO.

რაც შეეხება 11 მინას, მის მისაღებად, როგორც ჩანს, გამოყენებული იყო სხვა წარმოშობის ნაცარი. მართლაც, აღებული ნაცარი ვერ უზრუნველყოფდა CaO-ს საჭირო რაოდენობას, რაც მოითხოვს სხვა ნედლეულის გამოყენებასაც.

შესაძლოა ეს ასეც იყო, მაგრამ უფრო მოსალოდნელია სხვა მცენარეების ნაცრის გამოყენება. ზემო რაჭაში მეტად გავრცელებულია წიფელა და მუხა. /66/-ის მიხედვით, ხის ამ ჯიშების ნაცარი ხასიათდება CaO-ს მაღალი შემცველობით და მოსალოდნელია, რომ მინის წარმოების ნედლეულად გამოიყენებოდა ნაცარქათამას ნაცარი წიფლისა და მუხის ნაცართან ერთად. ამ ნაცრების უარდობის 70 : 15 : 15 ადებით მინაში შევიდოდა 13,5 მას.% CaO (მინაში 14,8 მას.%-ია), 1,15 მას.% MgO (მინაში 0,6 მას.%-ია) და 1,38 მას.% K₂O (მინაში 0,57 მას.%-ია). დამთხვევა დამაკმაყოფილებელია, თუ მხედველობაში არ მივიღებთ K₂O-ს შემცველობას. თუ გავითვალისწინებთ იმ გარემოებას, რომ ჩვენთვის უცნობია და დღეს დასადგენად მეტად პრობლემატურია იმდროინდელი მცენარეულობის სახე და ნაცრის შედგენილობა, შემოთავაზებული მოსაზრება არ კარგავს თავის კორექტულობას.

დავუშვათ, რომ ძველი ოსტატები იყენებდნენ ნაქარქათამას (ყარღანის), წიფლისა და მუხის დაწვით მიღებულ ნაცარს (მათ შორის თანაფარდობა ნაჩვენებია ზემოთ).

SiO₂-ის შესაყყანად გამოყენებული იქნა ზემო რაჭის ძარღვიანი კვარცი (შოეი - უწერა), რომლის შედგენილობა მას.%-ში არის: .SiO₂ - 98,8; Al₂O₃ - 0,7; Fe₂O₃ - 0,14; K₂O - 0,66.

აუცილებელია აღინიშნოს, რომ CuO, Sb₂O₃, Co₂O₃ და Fe₂O₃ შესაძლოა ერთდროულად ერთერთ საღებაეში (დამხმარე მასალაში) შედიოდა. ვინაიდან პრაქტიკულად შეუძლებელია ზუსტად იმ მადნების მიგნება, რომლებსაც სმარობდნენ ძველი ოსტატები, ჩვენ ვისარგებლეთ სინთეზური მასალებით.

აღნიშნული მონაცემებით გავიანგარიშეთ №2 და №11 მინების კაზმები (ცხრ.33-34).

კიდევ ერთი საერთო შენიშვნა - მინის გექსოლოგიიდან ცნობილია, რომ ქლორისა და გოგირდის უმეტესი ნაწილი ხარშვისას სცილდება მასას, ამიგომ კაზმის გაანგარიშებისას ჩვენ მიუუთითეთ აღნიშნულ კომპონენტთა ის რაოდენობა, რომელიც ანალიზით იყო დადგენილი.

მინები იხარშებოდა ელ. ღუმელში სილიგის გამახურებლით. ხარშვის ტემპერატურა არ აღემატებოდა 1200⁰ C-ს. ხარშვას ეატა: რებლით თიხა-მამოგის ნარევიდან დამზადებულ ჯამებში. ხარშვის ხანგრძლიობა არ აღემატებოდა 5 საათს. ტემპერატურის კონტროლს ეახდენდით პლაგინა - პლაგინა - როდიუმის თერმოწყვილითა და პოტენციომეტრით. ხარშვა მიმდინარეობდა სამ, ორ და ერთ სტადიად. 35-ე ცხრილში მოყვანილია ხარშვის შედეგების ეიზუალური და, ზოგ შემთხვევაში, რენტგენოფაზური შეფასება.

ანალიზური შედეგები იქნა მიღებული №2 მინის ხარშვისასაც იმ განსხვავებით, რომ აირადი და კრისტალური ჩანართების რაოდენობა იყო ნაკლები.

ყველა შემთხვევაში ნაკეთობის (წეეთის) მიღება პირდაპირ ნაღნობიდან ეერ მოხერხდა. ნაკეთობას (სხვადასხვა ზომის წეეთის) ყოველთეის რჩებოდა მაკრატლის მოჭრის ნაწიბური და მინა არ გამოირჩეოდა მინისაღმი ჩეეული სიკრიალით.

ნაკეთობის მისაღებად მიემართეთ მზა, დახარისხებული მინის ხელშეორედ გაღნობას. მინის ნატეხები წეეთის ყორმას 1027-1087 K-ზე 20 წუთის დაყოენების შემდეგ ღებულობდნენ. ამგვარად, მიღებული იქნა სფეროსებრი ნიმუშები, რომელთა შეყერილობა შესაბამისობაშია გათხრებისას აღმოჩენილ მინის მძიეებთან (სურ. 2).

ხარშების პრაქტიკულად განხორციელებისას ყურადღება მიიქცია ერთმა, ჩვენი აზრით, მეტად მნიშვნელოვანმა მომენტმა. ჩვენი ღრმა რწმენით, არქეოლოგიური მინების დადგენილი ოქსიდური შედგენილობის მიხედვით პრაქტიკულად შეუძლებელია ძველი ოსტატების მიერ გამოყენებული კაშმების შემადგენელთა რაოდენობრივი თანაფარდობების დადგენა. ეს იმით აიხსნება, რომ ხარშის პროცესში, შეცხოვბილი მასა განიცდიდა მრავალჯერად დახარისხებას. მასიდან ამოირჩეოდა უბნები, რომლებიც ვიშუალურად მინისებური იყო, ხოლო კრისტალური ნაწილი, პალმობა და სხვა ნაწილები, რომლებსაც არ გააჩნდათ მინისებური მასალის დამახასიათებელი სიკრიალე, სცილდებოდა. როგორც ჩანს, ამით არის გამოწვეული ძველ ლიგურატურულ წყაროებში მოყვანილი ერთი შეხედვით მეტად უცნაური რეცეპტები, რომელთა მიხედვითაც, მინების შედგენილობები ბევრად განსხვავებული უნდა ყოფილიყო შეკვლევართა მიერ დადგენილ შედგენილობებთან შედარებით.

შესაძლოა, ამ გარემოების გამო განსხვავდებიან ერთი და იმავე საწარმოს მინების შედგენილობები. დახასიათება ხშირ შემთხვევაში სუბიექტური შემოქმედებაა გექნოლოგიურ ფაქტორებზე.

ყველა მდელობა, მიგველო ფორმით ბრილის მძიეების მაგვარი ნიმუშები, დაშთაერდა უშედევოდ. როგორც აღვნიშნეთ, მძიეის ფორმის ნიმუშები მიღებული იქნა მოხარშული და დახარისხებული მინის მეორადი გადნობით (დენად მდგომარეობაში გადაყვანით) და ნაგებების გარბილებით, მაგრამ ნაკეთობისათვის ხერხელის გაკეთება ვერ მოხერხდა და დღეისათვის ჩვენთვის გადაუჭრელ საკითხად რჩება. ამ მიმართულებით კვლევები გაგრძელდება.

დასასრულს აღვნიშნავთ, რომ დღეისათვის მძიეების დაყალიბების ხერხების, მინის სახარში მოწყობილობის და საშუალებების დაუდგენლობამ ვერ შეარყია ჩვენი რწმენა, რომ ბრილის წნაკეთობები ადგილობრივი წარმოშობისაა, რაზეც მიგვიითითებენ შემდეგი ფაქტები:

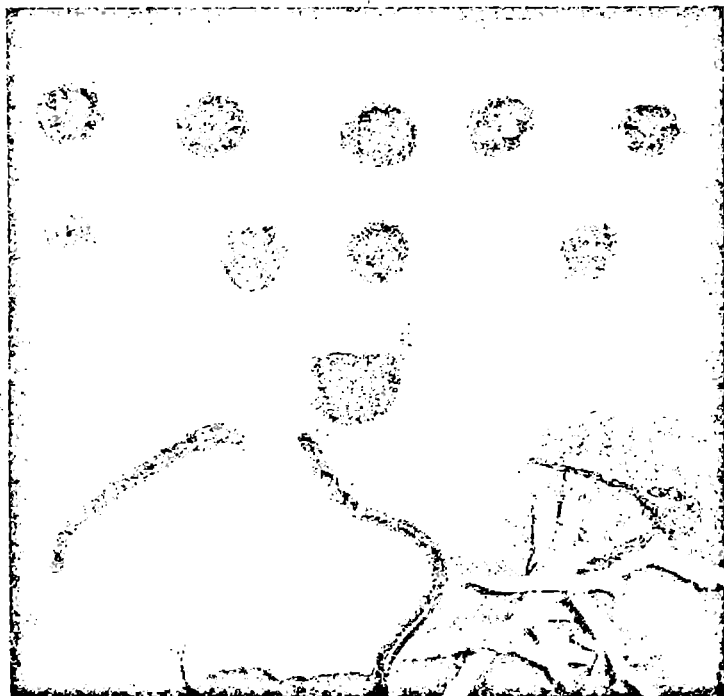
1. ძე.წ. V-III სს. ბრილში კარგად იცნობდნენ მაღალი გემპერაგურული პროცესების წარმართვის ხერხებს, რასაც ადასტურებს ბრინჯაოს გამოდნობის პრაქტიკა. მინის წარმოება ისეთივე მაღალტემპერატურული პროცესია, როგორც ბრინჯაოს წარმოება.

2. ბრინჯაოს წარმოებაში გამოიყენებოდა მადნება, რომლებიც უმეტეს შემთხვევაში ასოცირებულია კვარცთან და პეცმა-

გიგებთან, რაც შრდის იმის ალბათობას, რომ ბრინჯაოს წარმოუბამ „შობა“ მინის წარმოება.

3. შედგენილობითა და გექნოლოგიური ფაქტორებით ბრინჯის მინები განსხვავდებიან იმავე პერიოდში მსოფლიოში წარმოებული მინებისაგან. ამას ისიც ემატება, რომ რიგი ნაწარმისა ვერ პოულობს გექნოლოგიურ ანალოგს.

4. ზემო რაჭა მდიდარი იყო და არის მინის წარმოებისათვის საჭირო ნედლეულით.



სურ.2. ჩვენ მიერ მიღებული ბრინჯის მძივების ანალოგები

№11 მიწის კამბის ანგარიში

ფასალები	100 წ.წ. მიწის ფასალებზე საწილი ფასალების რ-ბი, წ.წ.	შეცემლობა, მას %																				
		SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	Co ₂ O ₃	Sb ₂ O ₃	CuO	SO ₂	Cl									
ძარღვანი კვარცი	60,23	59,28	0,42	0,09																		
ნაქარი	41,20	1,62	1,02	0,70	13,5	1,15	14,3	1,38									0,42				1,40	
ჭაბი	101,43	60,9	1,44	0,79	13,5	1,15	14,3	1,80									0,42				1,40	
Al ₂ O ₃	--	--	0,77	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sb ₂ O ₃	0,66	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	0,66	--	--	--	--	--	--	--	--	--
CuO	0,36	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	0,36	--	--	--	--	--	--	--	--
CaCO ₃	3,20	--	--	--	1,3	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Fe ₂ O ₃	0,78	--	--	0,78	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Co ₂ O ₃	0,42	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	0,42	--	--	--	--	--	--	--	--	--
ჭაბი	106,85	60,9	2,21	1,57	14,8	1,15	14,3	1,80	0,42	0,66	0,36	0,42	0,66	0,36	0,42	1,80	0,42	0,66	0,36	0,42	1,40	1,40

№2 მინის კამბის ანგარიში

მასალები	100 წ.ნ. მინის მისაღებად საჭირო მასალების რ-ბა, წ.ნ.	შემსუვლობა, მას %										
		SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	CuO	SO ₃	Cl	
ძარღვიანი კვარცი	67,75	66,68	0,47	0,09	-	-	-	0,45	-	-	-	-
ნაქარი	52,15	1,52	0,96	0,79	3,66	1,07	18,1	0,84	-	0,42	0,91	0,91
ჯამი	119,60	68,20	1,43	0,88	3,66	1,07	18,1	1,29	-	0,42	0,91	0,91
MgCO ₃	1,47	-	-	-	-	0,70	-	-	-	-	-	-
CaCO ₃	3,96	-	-	-	1,25	-	-	-	-	-	-	-
K ₂ CO ₃	1,18	-	-	-	-	-	-	0,8	-	-	-	-
CuO	1,09	-	-	-	-	-	-	-	1,09	-	-	-
ჯამი	127,3	68,2	1,43	0,88	4,91	1,77	18,1	2,09	1,09	0,42	0,91	0,91

№ 11 მინის ხარშვის შედეგების ვიზუალური და რენტგენოფაზური შეფასება

სარშვის რეჟიმი	მიღებული მასის ვიზუალური და რენტგენოფაზური შეფასება
ფრიტირება 1023 K (1 საათი)	მინამ შეიცვალა ფერი. შექიღვლობის (შეცხო-ბის) მეტად დაბალი ხარისხი.
ფრიტირება 1173K (1 საათი)	მასა შეიღება მოცისფრო მოლურჯო ფერში. შეფერილობა არაერთგვაროვანი. შეცხოების ხარისხი გაიზარდა.
სინჯი 1273 K ხარშვა 1473 K (6 საათი)	მინისებური ფაზა არაერთგვაროვანი კრისტა-კრისტალური და აირადი ჩანაროებით, ბლანტი. მინისებური მასა აირადი ჩანაროების დიდი რაოდენობით. საკმაოდ მოძრავი. იწვლება ადვილად. რენტგენოფაზური ანალიზი მიგვიითი-ებს ქვარცის ჩანაროებზე.
ფრიტირება 1173 K (2 საათი) სინჯი 1273 K ხარშვა 1473 K (6 საათი)	მასა ლურჯი ფერის, არაერთგვაროვანი, შეცხო-ბილი. მინისებური ფაზა შეიმჩნევა ვიზუალურ-ად. მინისებური ფაზა კრისტალური და აირადი ჩა-ნაროებით, ბლანტდენადი. მინისებური ნაღსო-ბი. საკმაოდ ღენადი. მიიღება ჩამოსხმითა და გამოწვლევით. რენტგენოფაზური ანალიზი ად-გენს ქვარცის ჩანაროებს.
ხარშვა 298-1473 K (8 საათი)	მინისებური ნაღსობი. დენადი. ყალიბდება გად-მოსხმით. კარგად იწვლება. კრისტალური ჩა-ნაროების მცირე რაოდენობა. აირადი ჩანარ-ოები წერილი ბუმგების სახით.

ასეთივე დასკვნების გაკეთება სამთავროსა და ურბნისის მინების შესახებ გართულებულია ჩვენს ხელთ არსებული არქეო-ლოგიური მონაპოვრების სიმცირისა და ფრაგმენტულობის გამო. თუმცა, არქეოლოგების მიერ დადგენილი მინის წარმოების ცენ-ტრების არსებობა, მინების გექნოლოგიური თვისებები და I-VI სს. შიდა ქართლის სოციალურ-პოლიტიკური მდგომარეობა მიგვიითი-თებს მინების ადგილობრივ წარმოშობაზე. ამ საკითხს უნდა დაეთ-მოს მიზანდასახული სისტემატური კვლევა.

ჩატარებული კვლევებით მიღებული შედეგების საფუძველზე შეიძლება გამოვიტანოთ შემდეგი დასკვნები:

1. ბრილის (ძ.წ. V - III სს), სამთავროსა და ურბნისის (ახ.წ. I - VI სს) სამაროვნების გათხრისას აღმოჩენილი მინის ნაკეთობების კვლევა ქიმიურ-გექსოლოგიური თვალსაზრისით ჩატარებული იყო მნიშვნელოვანი ხარვეზებით, რაბაც გამოიწვია რიგი უზუსტობანი და გაკეთდა არაკორექტული დასკვნები, რის გამოც აღნიშნულმა არქეოლოგიურმა აღმოჩენამ ვერ დაიკავა საკადრისი ადგილი მსოფლიო სამეცნიერო ლიტერატურაში.

2. დადგენილია ბრილის, სამთავროსა და ურბნისის მინების ლეტალური ქიმიური შედგენილობა, რომლის ანალიზიც უფლებას იძლევა მივაკუთვნოთ საკვლევი მინები Na - Ca -- სილიკატურ მინებს, რომლებსაც გააჩნიათ სხვადასხვა შეფერილობა. ბრილის მინებისათვის უფრო მეტად, ვიდრე სამთავროსა და ურბნისის მინებისათვის, დამახასიათებელია მრავალი ელემენტის ოქსიდის არსებობა, რომელთა ოდენობა არ აღემატება 0,2 მას.%-ს და არ გააჩნია რაიმე ფუნქცია. ყველა მინაში დადგენილია P_2O_5 -ის, SO_2 -ისა და CL-ის, რიგ შემთხვევაში, Br-ის არსებობა.

3. დადგენილია, რომ შეფერილობის მისანიჭებლად სხვადასხვა მინაში მიმანდასახულად შეყვანილია Co_2O_3 , CuO , MnO , თუმცა მინის შეფერილობა აღნიშნულ ოქსიდთა სხვა პოლიმეტალურ ოქსიდებთან (Fe_2O_3 , TiO_2 , Sb_2O_3) ურთიერთგავლენის შედეგია. მინებში ლურჯი შეფერილობის მიზეზი არის Co_2O_3 , რომლის მოქმედება ძლიერდება Sb_2O_3 -ის, TiO_2 -ის, Fe_2O_3 -ის და CuO -ს თანაობისას. ცისფერი გონალობის მიმნიჭებლად მინიწული იქნა CuO . თუმცა მის მიერ მინიჭებულ ფერზე გარკვეულ გავლენას ახდენს Fe_2O_3 . $MnO : Fe_2O_3$ ფარდობის სხვადასხვა სიდიდებით გამოწვეულია საკვლევი მინების შეფერილობა მოყვითალო ყავისფრიდან ღია მწვანემდე.

4. დადგენილია ბრილის, სამთავროსა და ურბნისის მინების ხარშვის ტემპერატურები. ბრილის მინების $1\sigma\eta=3$ -ის შესაბამისი ტემპერატურები შედგენილობების მიხედვით მერყეობს 1025° -დან - 1158° C-მდე, ხოლო სამთავროსა და ურბნისის - 1116° -დან - 1192° C-მდე. საკვლევი მინების დნობადობის ტემპერატურა იცვლება 1018° -დან - 1100° C შუალედში, რაც იმაზე მიგვითითებს, რომ მათი ხარ-

შქვის მაქსიმალური ტემპერატურა არ უნდა ყოფილიყო 1200°C -ზე მაღალი, რაც შესაბამისობაშია იმავე პერიოდის მსოფლიოს მინები-სათვის ვ. თერნერის მიერ დადგენილი ხარშის ტემპერატურის სი-ლიდებთან. საკვლევი მინების უარდობითი სიცრძის ($126-154^{\circ}\text{C}$) და დაყალიბების (დამუშავების) ინტერვალის ($400-498^{\circ}\text{C}$) სილიდები ჯერჯერობით, რომ აღნიშნული მინების დაყალიბება და დამუშავება შინის ტექნოლოგიაში მიღებული ხერხებით დასაშვებია იყო.

5. მინაში შემავალ სხვადასხვა ძირითად ოქსიდთა (SiO_2 , R_2O_3 , RO და R_2O , სადაც R_2O_3 - Fe_2O_3 და Al_2O_3 ; RO - CaO და MgO ; R_2O - K_2O და Na_2O) საკმაოდ მნიშვნელოვანი მერყეობის მიუხედავად, უარდობა ძნელდნობად და ადვილდნობად ოქსიდთა შორის ყველა მინაში მუდმივია (2,1 + 2,4), რაც მიუთითებს ძველ ოსტატთა ხელოვნების მაღალ ხარისხზე მინის კაშების რეცეპტურის შედგენისას. ბრილის, სამთავროსა და ურბნისის მინების მსოფლიოში აღმოჩენილ არქეოლოგიურ მინებთან შედარებისას დადგინდა, რომ ქართულ მინებში SiO_2 -ისა და RO -ს შემცველობა ნაკლებია, ხოლო R_2O -ს მეტი, ვიდრე უცხოურ მინებში. უარდობა ($\text{SiO}_2 + \text{R}_2\text{O}_3$) : ($\text{RO} + \text{R}_2\text{O}$) უცხოურ მინებში, როგორც წესი, მეტია (საშუალოდ 2,51), ვიდრე ჩვენს მინებში (საშუალოდ 2,27). ქართული და უცხოური მინები ძლიერ განსხვავდება გამოყენებული საღებავების მიხედვით. ჩვენს ხელთ არსებული მონაცემებით, ძე.წ.V - ახ.წ.V სს. მიკუთვნებულ უცხოურ მინებში დაფიქსირებული არ არის კობალტის ოქსიდის მიზნობრივი გამოყენების შემთხვევა.

6. ზემო რაჭისა და შიდა ქართლის წიაღისეულის შესწავლის, მათი და ძველი მინების შედგენილობათა მიხედვით, სამაგალითო კაშების გაანგარიშების შედეგების საფუძველზე გამოთქმულია მოსაზრება, რომ შესწავლილ ნაკეთობათა უმრავლესობა და, პირველ რიგში, ბრილის მინების ნაკეთობები მიღებულია ადგილობრივი ნედლეულის გამოყენებით; ბრილის მინების კაშები ძირითადად სამკომპონენტისა: SiO_2 -ის შემცველი ნედლეული - გუგუშემცველი ნედლეული - საღებავი. პირველი კომპონენტის როლს ზემო რაჭაში ასრულებდა კვარცის ქარღვები, რომლებიც ასოცირებულია პოლიმეტალურ მადნებთან. მეორე კომპონენტს წარმოადგენდა ფოთლოვანი ხეებისა და ნაცარქათამას გიპის მცენარეთა დაწვით მიღებული ნაცარი, რომელსაც მინაში R_2O ოქსიდების გარდა შეჰყავდა მინაში შემავალი Fe_2O_3 -ის ნაწილი, RO -ს სრული რაოდენობა და აკრეთეუ P_2O_5 , SO_3 და CL . მესამე კომპონენტი - პოლიმეტალურ მადნებში არსებული მადნეული მინერა-

ლებია, რომელთა სახეობაც ღვინდებოდა მისაღები მინის შეფერილობით.

7. ძვ.წ.V – ახ.წ.VI სს. ნაკეთობების დაყალიბების მსოფლიო პრაქტიკის კრიტიკული ანალიზის, ზემო რაჭაში ხელოსნობის დონის განვითარების და ექსპერიმენტების ჩაგარების საფუძველზე მოყვანილია მტკიცებანი ბრილში მინის კეთების ხელოვნების განვითარების მაღალი დონის შესახებ. ქიმიურ-ტექნოლოგიური კვლევის საფუძველზე დადგინდა რაჭის მინების თაღისებურება და განსხვავება უცხოური მინებისაგან როგორც შედგენილობით, ისე ტექნოლოგიური თვისებებით, ადგილობრივი ნედლეულის გამოყენება, მინის დაყალიბებისათვის საჭირო ჩვეულების არსებობა და მაღალი ტემპერატურების მიღწევის საშუალებათა ცოდნა. ჩვენ მიერ მოპოვებული მონაცემები ადასტურებენ გიოლოგიურ კვლევათა საფუძველზე გამოთქმულ მოსაზრებას – ბრილის ნიმუშების უმრავლესობა ადგილობრივი წარმოშობისაა. ასეთივე დასკვნების გაკეთება სამთავროსა და ურბნისის მინების შესახებ ვართულებულია ჩვენს ხელთ არსებული არქეოლოგიური მონაპოვრების სიმცირისა და ფრაგმენტულობის გამო. თუმცა, არქეოლოგების მიერ დადგენილი მინის წარმოების ცენტრების არსებობა, მინების ტექნოლოგიური თვისებები და ახ.წ. I-VI სს. შიდა ქართლის სოციალურ-პოლიტიკური მდგომარეობა მიგვითითებს მინების ადგილობრივ წარმოშობაზე. ამ საკითხს უნდა დაეთმოს მიზანდასახული სისტემატური კვლევა.

М. Капанадзе, А. Саруханишвили, Р. Чагунава

Химия и технология стекла в древней Грузии

Резюме

В настоящей работе исследована химия и технология грузинских археологических стекол. Древние стекла имеют интерес не только для археологов, историков, искусствоведов, будучи памятниками культуры прошлого, но также и для химиков, физиков и технологов.

Брильские (V-III вв. до н.э.), самтаврские (I-III вв. н.э.) и урбинские (I-VI вв. н.э.) стекла изучались в основном типологически, что осложняло задачу определения места их производства.

В работе проведен детальный химический анализ указанных стекол, на основе которого рассматриваются и обсуждаются некоторые технологические свойства, в частности проведен расчет температур, соответствующих определенным значениям вязкости в интервале 3-5 и 9-14 лгη.

Математической интер- и экстраполяцией этих величин получены кривые зависимости $\lg \eta - T^{\circ}C$, установлены "плавкости" и "длина" стекол. На основе исследования указанной зависимости определяется необходимая максимальная температура варки стекол ($1200^{\circ}C$), что находится в хорошем соответствии с данными, полученными В. Тернером и М. Безбородовым.

Визуально и рентгенофазовым анализом изучена степень аморфности стекол и окраска с привлечением спектрофотометрии.

Проведено сравнение исследуемых стекол со стеклами того же периода, изученными в мировой научной литературе. На основе этого сравнения высказывается мнение о самобытности грузинских древних стекол как в отношении состава, так и технологических свойств.

Анализ состава стекол и наличия полезных ископаемых в районах обнаружения стекол позволили определить сырьевые материалы, которые могли быть использованы в производстве стекла. В первую очередь обсуждается вспомогательное сырье – красители. Показано, что окраска стекол в самые разнообразные цвета (цвета почти всего видимого спектра) могла быть достигнута путем использования местных халькопиритовых, антимонитовых и марганцевых руд. Использование большинства из них доказано в производстве бронзы и меди в древней Грузии в период, который предшествовал периоду принадлежности грузинских стекол.

Вышеуказанные и другие руды полиметаллических элементов в основном ассоциированы с жильным кварцем или пегматитами, которые могли быть использованы в качестве кварцесодержащего сырья в стеклоделении. В качестве плавников, входящих в состав стекол (в основном Na_2CO_3), могли быть использованы золы растений типа "поташника" и золы деревьев дуба и бука, которыми и по сей день богата флора Грузии.

Для подтверждения высказанных предположений предпринята попытка воспроизведения всего технологического цикла получения древнейших стекол и изделия начиная от составления шихты и кончая

формовкой изделия. В качестве основных сырьевых материалов было использовано сырье предполагаемых месторождений и происхождений.

Практическая варка стекол, соответствующих археологическим стеклам, по трем возможным для того периода температурным режимам (варка - I фритование, варка - II фритование и варка) показала полную возможность использования каждого из этих режимов. Однако изделия не могли быть изготовлены непосредственно после варки полученного расплава, т.к. содержали многочисленные включения. Для изготовления изделий древнейшие мастера, с нашей точки зрения, прибегали к охлаждению полученного после варки расплава, сортировке стекла для вторичного нагрева. Изделия могли быть получены либо оплавлением, либо из стекольного расплава. Практические работы по воспроизведению технологического цикла производства стекла позволили сделать вывод, что при определении состава шихты по химическому составу археологических стекол, исследователи должны проявлять осторожность, т.к. в большинстве случаев состав стекла не адекватен составу шихты из-за частых сортировок шихт, прогретых при различных температурах.

Приведенные в настоящей работе результаты исследования свидетельствуют о том, что обнаруженные и изученные археологические стекла самобытны и производились в Грузии. Исходя из вышесказанного, с нашей точки зрения, Грузию периода с V в. до н.э. по VI в. н.э. следует причислить к центрам стеклоделия наряду с Финикией и Египтом.

В результате проведенного исследования мы пришли к следующим выводам :

1. Химико – технологическое исследование свойств стеклянных изделий найденных близ села Геби в местечке Брили (V-III вв. до н.э.), а также в самтаврских и урбнисских могильниках (I - VI вв. до н.э.) было проведено недостаточно квалифицированно с точки зрения технологии стекла, в результате чего столь значительные археологические находки не нашли соответствующего места в мировой научной литературе.

2. Установленный нами химический состав брильских стекол позволил отнести исследуемые стекла к Na – Ca - силикатным стеклам, которые имеют разнообразную окраску. Для брильских стекол в большей степени, чем для самтаврских и урбнисских, характерно наличие в их составе оксидов многих элементов, число которых не

превышало 0,2 мас. % и не несли никакой функциональную нагрузку. Во всех стеклах выявлено P_2O_5 , SO_3 и Cl , а в ряде случаев – Br .

3. Для получения желаемой окраски в стекла вводились Co_2O_3 , Fe_2O_3 , CuO , MnO , хотя достигнутая окраска являлась результатом взаимодействия вышеуказанных оксидов с полиметаллическими оксидами (Fe_2O_3 , TiO_2 , Sb_2O_3). Синяя окраска стекол обусловлена наличием в их составе Co_2O_3 , действие которого усиливается в стеклах при наличии Sb_2O_3 , Fe_2O_3 и CuO . Голубые тона достигались наличием в составе стекол CuO . Однако на цвет, который придавал CuO определенное влияние оказывал Fe_2O_3 . Различная величина соотношений $MnO : Fe_2O_3$ обуславливает различную окраску исследуемых стекол от желтовато-коричневого до зеленого.

4. Установлены температуры варки брильских, самтаврских и урбнисских стекол.

$t_{гр} = 3$ соответствующие температуры брильских стекол в зависимости от состава колеблются от $1025^0 C$ до $1158^0 C$, в самтаврских и урбнисских - от $1116^0 C$ до $1192^0 C$. Температура плавления исследуемых стекол изменяется от $1018^0 C$ до $1100^0 C$, что указывает на то, что максимальная температура их варки должна была превышать $1200^0 C$, что находится в хорошем соотношении с установленными В. Тернером величинами температур варки зарубежных стекол того же периода.

Величины относительной длины ($126^0-154^0 C$) и интервалы формирования (обработки) ($400^0-498^0 C$) исследуемых стекол показывают, что формирование и обработка указанных стекол соответствовали приемлемым в технологии стекла способам.

5. Несмотря на довольно значительное колебание основных оксидов (SiO_2 , R_2O_3 , RO и R_2O , где $R_2O_3 - Fe_2O_3$ и Al_2O_3 ; $RO - CaO$ и MgO , $R_2O - K_2O$ и Na_2O), входящих в состав стекла, соотношение между тугоплавкими и легкоплавкими оксидами во всех стеклах постоянное (2,1+2,4), что свидетельствует о высоком уровне составления рецептов стекольных шихт древними мастерами.

При сравнении брильских, самтаврских и урбнисских стекол с зарубежными археологическими стеклами установлено, что в грузинских стеклах SiO_2 и RO содержится в меньшем количестве, а R_2O в большем количестве, чем в зарубежных стеклах. Соотношение ($SiO_2 + R_2O_3$) : ($RO + R_2O$) в зарубежных стеклах, как правило, более высокое (в среднем 2,51), чем в наших стеклах (в среднем 2,27).

Отечественные и зарубежные стекла значительно отличаются друг от друга по содержанию в их составах красящих оксидов. В соот-

ветствии с данными, которыми мы располагаем, в зарубежных стеклах, датированных VI в. до н.э. по V в. н.э. не зафиксировано целенаправленное использование окиси кобальта.

6. На основании изучения минерального сырья Верхней Рачи и Шида Картли, а также соответственно состава этого сырья и древних стекол, нами рассчитаны показательные стекольные шихты, что позволило высказать соображение о том, что большинство изученных нами стеклянных изделий и, в первую очередь брильские стекла, изготовлены из местного сырья. Шихты брильских стекол в основном трехкомпонентные: сырье, содержащее SiO_2 , щелочесодержащее сырье и красители.

В качестве первого компонента в Верхней Раче использовали жильные кварцы, которые ассоциируются с полиметаллическими рудами. Вторым компонентом представлял собой золу лиственных деревьев и растений типа поташника, посредством которой помимо R_2O оксидов вводилось в стекло часть Fe_2O_3 входящего в состав стекла, полностью RO , а также P_2O_5 , SO_3 и Cl . Третий компонент это минералы, входящие в полиметаллические руды, разновидности которых устанавливались в зависимости от окраски получаемых стекол.

7. На основе химико – технологического исследования брильских археологических стекол, критического анализа формирования зарубежных стекол, датированных V – III вв. до н.э. и сравнения их с исследуемыми нами стеклами, можно судить о наличии высокого уровня технологии стеклоделия в Верхней Раче. Нами установлены: самобытность брильских стекол и их отличие от зарубежных стекол того же периода, как по составу, так и по технологическим свойствам; использование местного сырья; наличие необходимых навыков формирования стекла и умение достигать высокие температуры. Наши данные подтверждают высказанное на основе технологических исследований соображение о том, что большая часть брильских стеклянных изделий местного производства. Подобный вывод сложнее сделать по отношению к самтавским и урбнисским стеклам, так как мы не располагаем достаточным количеством археологических находок. Однако существование центров стеклоделия, обнаруженных археологами, технологические свойства стекол и социально – политическое положение Шида Картли I – V вв. говорит о местном происхождении стеклянных изделий. Этот вопрос требует систематического и целенаправленного исследования.

Chemistry and Technology of Glass in Ancient Georgia

Summary

The given work analyzes the chemistry and technology of the Georgian archeological glass. The issue of the ancient glass, as a cultural heritage, is a subject of interest not only for archeologists, historians, art critics but also for chemists, physicists and technologists.

The sites of Brili (V-III BC), Samtavro (I-III AC) and Urbnisi (I-VI AC) glass had been studied mainly technologically, which made it difficult to define the glass production origin.

The work includes the implemented detailed analysis of the indicated glass, based on which some technological characteristics are defined and discussed, in particular calculation of the degrees of temperature, corresponding specific values of tenacity within the interval 3-5 and 9-14 lgη.

By mathematical inter and extrapolation of these volumes we have received the curve dependences $\lg\eta-T^{\circ}\text{C}$, thus defining "fusibility" and "length" of the glass. Based on the study of the given dependences we define the maximum degree of temperature necessary for glass boiling ($\approx 200^{\circ}\text{C}$), which corresponds the showings by V. Turner and M. Bezborodov.

Based on the visual and X-ray – phase analysis there has been studied a level of glass amorphism and paint with additional application of spectrophotometry. *

There has also been a special work carried out on comparing the samples of glass under study with the ones of the same period, dealt in the world scientific literature. The comparison gives the basis for the suggestions on the peculiarity of the Georgian ancient glass in regards with composition as well as technological characteristics.

The analysis of the glass composition and a number of mineral resources within the glass detection area has allowed to define the raw materials possibly used for the production of glass in ancient times. The primary

subject for discussion is supplementary materials – pigments. As shown, the glass painting with usage of various colors (the colors with almost all visual spectrum) could be made by means of application of local chalcopyrite, antimonite and manganese ores. Studies have shown that majority of the ores were used in the production of copper and bronze in ancient Georgia during the period preceding the Georgian glass production period.

The above-mentioned and other ores with polymetallic elements are basically associated with quartz or pegmatite that could be used as quartz-containing materials in glass industry. The ashes from a plant, such as saltwort and the trees such as oak and beech, which still enrich flora of Georgia, are used as fluxes, as a part of glass composition (Mainly Na₂Co₃).

In order to confirm the expressed proposals it has been attempted to reproduce the whole technological cycle of the ancient glass and articles manufacture starting from charge and ending with moulding. The materials from the suggested layers and origins were used as main raw materials. Practical boiling of glass, common to archeological glass by three temperature regimes probably applied for the given period (boiling- I fritting, boiling- II fritting and boiling) has proved complete possibility of the application of all the three. However articles could not be made immediately after the boiling of the received melt, because they included various additional components. In order to make various articles the ancient masters, from our point of view, used the method of cooling the melt after boiling, and sorting of glass for secondary heating. The articles could be made either through flashing or from glass melt. Practical works directed to the reproduction of the technological cycle of the glass manufacture has made it possible to conclude that when defining the charge composition based on the chemical composition of the archeological glass, the researchers should be very cautious for the reason that in many cases the glass composition does not correspond to the charge composition because of separate sorting of the charges heated with various temperature.

The research results presented in the given work prove that the detected and studied pieces of the archeological glass are original and were produced in Georgia. Based on the above-said, from our point of view, Georgia of the V BC-VI AC has to be considered as a glass-manufacture center equally with Phoenicia and Egypt.

As a result of the researches we've come to the following conclusions:

1. Chemical-technological studies of the peculiarities of the glass articles found near the village Gebi within Brili area (V-III BC), as well as in Samtavro and Urbnisi burial grounds have not been held completely professionally from the point of glass technology, as a result of which such significant archeological findings have not held a special place in the world scientific literature.
2. The chemical composition of the Brili glass has allowed us to categorize the given glass as Na – Ca silicate glass, which has different colors. Mostly, the pieces of Brili glass rather than Samtavro and Urbnisi ones, include in their composition oxides of various elements, the number of which did not exceed 0,2 % and have any functional load. In all the pieces we have detected P_2O_5 , SO_3 and Cl and in some cases –Br.
3. In order to get the needed color for the glass they used Co_2O_3 , Fe_2O_3 , CuO , MnO , though the received color was a result of the interaction of the above oxides with polymetalic oxides (Fe_2O_3 , TiO_2 , Sb_2O_3). Blue color was resulted from application of Co_2O_3 , the action of which becomes stronger in glass in presence of Sb_2O_3 , Fe_2O_3 and CuO . Navy color was resulted from application of CuO . However, the color from CuO was partially influenced by Fe_2O_3 . Different quantity of the correlation $MnO : Fe_2O_3$ conditions various colors of the pieces under study from yellow-brown to green.
4. The boiling temperature of the Brili, Samtavro and Urbnisi glass have been detected. $lg\eta=3$ the corresponding temperatures of Brili glass depending on the composition varies from $1025^\circ C$ to $1158^\circ C$, for Samtavro and Urbnisi glass it is from $1116^\circ C$ to $1192^\circ C$. The melting temperature of the pieces under study changes from $1018^\circ C$ to $1100^\circ C$, which indicates that their maximum boiling temperature had to exceed $1200^\circ C$, which is in sufficient correlation with the volumes of the boiling temperature of the foreign glass of the same period, observed by B. Turner.

The relative length ($126^\circ C$ - $154^\circ C$) and forming (treatment) intervals ($400^\circ C$ - $498^\circ C$) of the glass pieces under study show that the moulding and processing of the indicated glass were in correspondence with the applicable glass technology methods.

5. Despite a rather significant variation of the main oxides (SiO_2 , R_2O_3 , RO and R_2O , where $R_2O_3 - Fe_2O_3$ and Al_2O_3 ; $RO - CaO$

and MgO: R2O – K2O and Na2O) which are included in glass composition, the correlation of high-melting and fusible oxides is permanent in all types of glass (2,1+2,4), speaking of the high level glass charge formulas of the ancient masters.

When comparing the Brili, Samtavro and Urnisi types of glass with foreign archeological samples, it has been established that the Georgian glass contains less SiO₂ and RO than the foreign one. The correlation (SiO₂ + R2O₃) : RO + R2O) in the foreign types are generally higher (on average 2,51) than in our types (on average 2,27).

The local and foreign glass significantly differ from each other from the point of painting oxide contents. In accordance with the data we have, in the foreign glass dated VI BC-V AC, there has been no purposeful usage of cobalt oxide observed so far.

6. Based on the study of the minerals from Upper Racha and Shida Kartli, as well as according to the composition of the given minerals and the ancient types of glass, we have suggested the sample glass charges, allowing us to suppose that majority of the glass articles we have studied and firstly the Brili glass, were made of local materials. The charges of the Brili glass have mostly three components: the materials containing SiO₂, alkali-containing materials and pigments.

In Upper Racha they used vein quartz as the first component, which is associated with the polymetallic ores. The second component was ashes from foliage trees and saltwort, by which besides R2O oxides they included partly Fe₂O₃, fully RO and P₂O₅, SO₃ and Cl. The third component is the minerals which are part of the polymetallic ores, the different types of which were determined depending on the color of the received glass.

7. Based on the chemical-technological study of the Brili Archeological glass, the critical analysis of forming of the foreign glass, dated V-III BC and their comparison with the types studied by us, it is possible to conclude on the high-level glass – making technology in Upper Racha. We have found out about: originality of the Brili glass and its difference from the foreign types of the

same period from the point of composition and technological characteristics; usage of the local materials; a number of necessary skills in regards with glass forming and ability to reach high degrees of temperature. Our data supports the expressed suggestions, made on the basis of the technological studies, on the local manufacturing of the major part of the Brili glass articles. It is difficult to make the same conclusion in relation with the Samtavro and Urbnisi glass, due to lack of enough archeological findings. However the existence of the glass-making centers, found by archeologists, the technological characteristics of the glass and the socio-political situation of Shida Kartli in I-Vc-s speak of the local originality of the glass articles. The given issue requires systematic and aimful studies.

ლიტერატურა

1. Plini. Natural Histjri. vol. X,L. XXXVI-XXXVII. London. Book XXXVI, 1963, p.44-145; 148-150.
2. Джавахарлал Неру. Открытие Индии. М., 1955, И.Л, с.69-70.
3. Flinders Petri. Glass in the early ages. Journ, Society of Glass Technology, vol. X, N 39, 1926, p.229-234.
4. W.E. Turner. Studies in ancient Glasses and Glass-making processes. Part II. Journ. Society of Glass Technology, vol.38, N 184. 1954, p.445.
5. М.А. Безбородов. Стеклоделие в древней Руси. Изд. АН. БССР. Минск, 1956. 306 с.
6. ნ. უგრელიძე. შინა ქველ საქართველოში. მეცნიერება. თბ., 1961. 14 გვ.
7. Н. Качалов. Стекло. Изд.Акад.наук СССР, Москва, 1959, 464с.
8. F. Neuburg. Glass in antiquity. London, 1949. p.10.
9. W.B. Honei. Glass. A hendbook and a quite to the museum collection. London, 1946, p.16.
10. А. Лукас. Материалы и ремесленные производства древнего Египта. М., Наука, 1958, с.409.
11. F. Rogers and A. Beard. 5000 years of glass. Philadelphia and New-Jork, 1948, p.23.

12. Теофил. Трактат о различных ремеслах. Мин. культ. СССР. М., 1963, 184 с.
13. საქართველოს ისტორიის ნარკვევები. ტ. I. საქართველო უძველესი დროიდან ახალი წელთაღრიცხვის IV საუკუნემდე. საბჭოთა საქართველო. თბილისი, 1970, 809 გვ.
14. გ. გობეჯიშვილი. არქეოლოგიური გათხრები საბჭოთა საქართველოში. საქ. სსრ. მეცნიერებათა აკადემიის გამომცემლობა. თბილისი, 1952, 166 გვ.
15. გ. გობეჯიშვილი. ძველი ქართული სამთამადნო და მეტალურგიული წარმოების ნაშთები სოფ. ლებთან. საქ. სსრ. მეცნიერებათა აკადემიის მოამბე. ტ. XIII, №3, თბილისი, 1952, გვ. 183-190.
16. В.К. Гончаров. Райковецкое городище. Киев, Изд. АН. УССР, 1950, с.129-131.
17. Н.В. Хоштариа. Археологические раскопки в Вани. კაეკასიურ-ახლო აღმოსავლური კრებული, II, გვ. 69.
18. ჯ. აფაქიძე. ფერადი ქვისა და მინის მძიეების წარმოების საკითხისათვის ძველ კოლხეთში. საქ. სსრ. მეცნიერებათა აკადემიის მოამბე, №3, 1986, გვ. 657-660.
19. М.М. Максимова. Стекланные многогранные печати, найденные на территории Грузии. ენიშის მოამბე, X, с. 466-467.
20. გ. ლემლეინი. მინისაბერი წარმოების ნაშთები კარსანში, მცხეთის მახლობლად. საქ. სსრ. მეცნიერებათა აკადემიის მოამბე, ტ. VI, №9, 1945, გვ. 743-749.
21. იოანე მოსხი. ლიმონარი (სამოსხე). ილ. აბულაძის გამოცემა. საქ. სსრ. მეცნ. აკად. გამ-ბა. თბ., 1960, გვ. 37.
22. В.И. Чачанидзе. Петр Ивер и археологические раскопки грузинского монастыря в Иерусалиме. Мецниереба, Тбилиси, 1977, с. 97.
23. ს. ჭანტურიშვილი. კაეკასიის ხალხთა ეთნოლოგიური შესწავლის და ეთნიკური ისტორიის ძირითადი საკითხები. პაკო. თბილისი, 1997, გვ. 12.
24. Патерик Киево-Печерского монастыря. Под.ред. Д.И.Абрамовича. СПб, 1941.
25. მ. კაპანაძე, რ. ჩაგუნაეა. ფერადი სმალტების დამზადების ძველქართული ტექნოლოგია. სამეცნიერო-მეთოდური კონფერენცია ქიმიიაში. მოსხენებათა თეზისები. თსუ-ს გამ-ბა, თბილისი, 1998, გვ. 105-106.

26. მ. საჩკოვი, მ. კაპანაძე, რ. ჩაგუნაეა. ოქროს სმალგების დამზადების ძველქართული ტექნოლოგია. ქუთაისის მუზეუმის მასალები. კრებული IX-X, ქუთაისი, 1997, გვ. 165-169.
27. ვახტანგ VI. წიგნი ჩეთების შეზავებისა და ქიმიის ქმნისა. თსუ-ს გამ-ბა. თბილისი, 1986, 267 გვ.
28. გ. საგინაშვილი. ურბნისის სამაროვნის მინის ჭურჭელი. მეცნიერება, თბილისი, 1970, 126 გვ.
29. რ. ბახტაძე. საქართველოს უძველესი მინების შესწავლისათვის, მეცნიერება, თბილისი, 1964, 107 გვ.
30. Р. Рамншвили. Материалы к истории Картлийского царства во второй половине первого тысячелетия до н.э. (Камараховский могильник). Авт.реф.дис. на соиск.уч. степени кандидата исторических наук, Тбилиси, 1960, с. 15.
31. ა. გეგენაეა, ს. პაპუაშვილი, მ. ჩხაგარაშვილი. საქართველოში აღმოჩენილი შუა საუკუნეთა მინის ჭურჭლის ქიმიური შედგენილობის გამოკვლევა. საქართველოს არქეოლოგიის საკითხები. მეცნიერება, 1978, გვ. 32-49.
32. ივ. ჯაფახიშვილი. მასალები საქართველოს მაგერიალური კულტურის ისტორიისათვის. მეცნიერება, თბილისი, 1965, გვ. 54-55.
33. იაკობ ხუცესი. შუშანიკის წამება. ქართული პროზა. საბჭოთა საქართველო. თბილისი, 1982, გვ. 13.
34. ილ. აბულაძე. ძველი ქართული ენის ლექსიკონი (მასალები). მეცნიერება, თბილისი, 1973, გვ. 23.
35. ვისრაშიანი. ა. გვახარიას და მ. თოდუას რედაქციით. საბჭოთა საქართველო, თბილისი, 1964, 371 გვ.
36. შოთა რუსთაველი. ვეფხისტყაოსანი. საბჭოთა საქართველო, თბილისი, 1970, გვ. 6, 89, 193.
37. გ. გაბაშვილი. მიმოსლვა. ქართული პროზა. საბჭოთა საქართველო, თბილისი, 1983, გვ. 468.
38. სულხან-საბა ორბელიანი. ლექსიკონი ქართული. ტ. I-II. მერანი, თბილისი, 1991-1993.
39. ი. იმნაიშვილი. ქართული ოთხთავის სიმფონია-ლექსიკონი. თბილისი, 1986, გვ. 6, 692.
40. Б.В. Миллер. Персидско-русский словарь. М., 1953.
41. Ю.Л. Рубинчик. Персидско-русский словарь. М., 1970, т. I-II.
42. ს. ყაუხჩიშვილი. გეორგიკა. ბიზანტიელი მწერლების ცნობები საქართველოს შესახებ. ტ. V. მეცნიერება, თბილისი, 1963, გვ. 245.

43. ქუთაისის სახელმწიფო ისტორიული მუზეუმის ხელნაწერთა აღწერილობა. ტ. I-II. თბილისი, 1953,1986, გვ. 213-214.
44. Абу-Р-Райхан Мухамед Ибн Ахмед ал-Бируни. Собрание сведений для познания драгоценностей (Минералогия). М.,1963, с.174-175.
45. Е. Чижев. Стекло.. Рассказы про старое и новое время. С.-Петербург, 1912, с.14-45.
46. У.И. Каримов. Нейизвестное сочинение Ар- Рази. Книга тайны тайн. Ташкент,1957, с.153.
47. მ. კაპანაძე, რ. ჩაგუნაძე. მინისა და მინის ნაწარმის ძველქართული სახელწოდებები. საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის მოამბე, 159, №2, 1999, გვ. 365-367.
48. ე. ბერიძე. XVI-XVII სს. ქართული ხუროთმოძღვრება. ტ. I. თბილისი, ხელოვნება, 1983, გვ. 226.
49. მცირე სჯულის კანონი. ე. გიუნაშვილის გამოცემა. მეცნიერება, თბილისი, 1972, გვ. 127.
50. სულხან- საბა ორბელიანი. მოგზაურობა ევროპაში. ქართული პროზა. საბჭოთა საქართველო, თბილისი, 1983, გვ. 194.
51. მ. კაპანაძე. მინის მოზაიკასთან დაკავშირებული ძველქართული გერმინების შესახებ. სამეცნიერო-მეთოდური კონფერენცია ქიმიისში. მოხსენებათა თემისები. თსუ-ს გამ-ბა, თბილისი, 1998, გვ. 104-105.
52. ძველი ქართული მწერლობის ძეგლები. ტ. V. ბასილი კესარიელის „სწავლათა“ ექვთიმე ათონისეული თარგმანი, თბილისი, 1983, გვ. 101.
53. В.В. Варгин. Производство цветного стекла. М.-Л., 1940, 284 с.
54. И.И. Китайгородский. Крашение и глушение стекла. М., ОНТИ, 1935, 296 с.
55. Химическая технология стекла и ситалов. П/р Н.М. Павлушкина. М.,Стройиздат, 1983, с.106-109.
56. De Bufalla R. La colaracionde cosvidrias degilicares por los elements de transicion. Part I. Manganeso. –Bol. Soc. Esp. Ceram., 1971, v. 10. № 2, p. 247-260.
57. А.В. Саруханишвили. Многомарганцевые боратные и силикатные стекла. Тб., ТГУ, 1989. 160 с.
58. Технология стекла. Под редакцией И.И. Китайгородского. Гос. изд-во легкой промышленности. Москва-Ленинград, 1938, 578 с
59. Виды брака в производстве стекла. П/р Г. Иебсена-Мерведела и Р. Брукнера. М., Стройиздат, 1986, с.73-97.

60. A.A. Аппен. Химия стекла. Л., Наука, 1970, с.5-6.
61. Ю.Г. Дударев, И.Г. Дударев. Расчеты по технологии керамики. Справочное пособие. М., Стройиздат., 1973, с. 51-52.
62. Lyle A. Desinghand development of glasses for manufacture of containers-a Laboratory procedure. Glass Industry. 1967., vol. 48., №5, p. 252.
63. Williams H. The influence of chemical composition on the working properties of container glass. Glastekniks Tideschift. 1972, v. 37, №3, p.77-82.
64. მ. წხატარაშვილი. მინის ჭურჭელი შუა საუკუნეთა საქართველოში. თბილისი, მეცნიერება, 1978, 85 გვ.
65. A. Dietzel. Emalliezyng. Wissenschaftliche Grundlagen und Grundzüge der Technologie. Springer-Verlog Berlin. Heidelberg. N-J, 1981, S. 2-10.
66. М.А. Безбородов. Химия и технология древних и средневековых стекол. Наука, Минск, 1969. 247с.
67. В. Neumann. Antike Gläser. IV. Zeitschrift fur angewandte Chemie, 1929, Bd. 42, S.835-838 ("Altbabilonisch- Assirische Gläser").
68. В. Neumann. Antike Gläser, ihre Zusammensetzung und Färbung. Zeitschhhrift für angewandte Chemie, Bd. 38, S. 857-864.
69. V. Biringuccio. Pirotechnia. 1540. XIV Kapitel. Übersetzt von O. Johansen, Braunschweig, 1925.
70. G. Agricola. Zwölf Bücher vom Berg-und-Hüttenwesen. XII Buch, VDI-Verlag, Berlin, 1928.
71. W.E.S. Turner. Studies in Ancient Glasses and Glass-making Processes, Part. v. Raw Materials and Melting Processes. Journ. Soc. Glass Techn., vol. XL, p. 277-300, 1956.
72. Н.И. Базилевич. Особенности круговорота зольных элементов и азота в некоторых почвенно-растительных зонах СССР. Почвоведение, №4, 1955, с.8.
73. საქართველოს უღლორა. ტ. I, თბილისი, 1952, გვ. 170.
74. საქართველოს უღლორა. ტ. III, თბილისი, 1975, გვ. 210.
75. ბაგონიშვილი ვახუშტი. აღწერა სამეფოსა საქართველოსა. ქართლის ცხოვრება, ტ. IV. საბჭოთა საქართველო, თბილისი, 1973, გვ. 328.
76. იოანე ბავრაგიონი. საბუნებისმეტყველო განმარტებითი ლექსიკონი, მეცნიერება, თბ., 1986, გვ. 41, 190.
77. R.C. Thompson. The Chemistri of the Ancient Assirians. London, 1925, p. 99-105.

78. Минеральные ресурсы ССР Грузии. Гостехиздат Грузии. Тифлис. 1933, 1078 с.
79. Природные ресурсы Грузинской ССР. Металлические полезные ископаемые. т. I, М., изд. АН СССР, 1958, 232 с.
80. Природные ресурсы Грузинской ССР. Неметаллические полезные ископаемые. т. II, М., изд. АН СССР, 1959, 380 с.
81. Н.А. Васюгинский. Стехиометрия горных пород. М., Недра, 1986, с. 152-156.
82. Г.М. Заридзе. Петрография магматических и метаморфических пород. М., Недра, 1980, с. 54-62.
83. А. В. Саруханишвили, М.Б. Капанадзе. Химико-технологическое исследование бриллиантовых стекол. ჯგერბოჯ, №2, 1999, გვ. 13-16.

შინაარსი

	შესავალი -----	3
1	ძველ მსოფლიოში მინის წარმოების ზოგადი დახასიათება -----	8
2	საქართველო ძვ.წ. VI ს-დან ახ.წ. VI ს შორის -----	14
3	მინა ძველ საქართველოში და მისი ასახეა ლიგურაგურაში -----	17
4	მინისა და მინის ნაწარმის ძველქართული სახელწოდებები -----	30
5	ძვ.წ. V – ახ.წ. VI სს მინების ქიმიურ – ტექნოლოგიური დახასიათება -----	37
5.1	ბრილის მინები -----	38
5.1.1	ბრილის მინების შედგენილობის შესწავლა -----	39
5.1.2	ბრილის მინების რიგი თავისებურებების შესწავლა-შეფასება -----	59
5.2	სამთაეროს მინები -----	62
5.2.1	სამთაეროს მინების შედგენილობის შესწავლა - - -	65
5.2.2	სამთაეროს მინების რიგი თავისებურებების შესწავლა-შეფასება -----	67
5.3	ურბნისის მინები -----	68
5.3.1	ურბნისის მინების შედგენილობის შესწავლა - - -	69
5.3.2	ურბნისის მინების რიგი თავისებურებების შესწავლა -----	72
5.4	ძველი მინების შედგენილობის თავისებურებები - -	73
5.5	ბრილის, სამთაეროსა და ურბნისის მინების შედარება -----	79
6	ბრილის, სამთაეროსა და ურბნისის მინების წარმოებისას გამოყენებული ნელექული -----	87
7	ძველქართული მინების ხარშვისა და დაყალიბების შესახებ -----	107
	ზოგადი დასკვნები -----	122
	Химия и технология стекла в древней Грузии (резюме) -----	124
	Chemistry and Technology of Glass in Ancient Georgia (Summary) - - - - -	129
	ლიტერატურა -----	133

კორექტორი ნ. რობაქიძე
კომპიუტერული უზრუნველყოფა თ. თაქთაქიშვილის,
მ. ვანაძის,
დ. ჯიხვაშვილის

გადაეცა წარმოებას 29.05.2004 წ. ხელმოწერილია დასაბეჭდად
15.11.2004 წ.