

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ხელნაწერის უფლებით

## ირაკლი მახარაძე

### *ალავერდის X-XI საუკუნის ღვინის მარნის ქვევრის ფიზიკურ-ქიმიური გამოკვლევა*

სადოქტორო პროგრამა „ქიმიური – და ბიოლოგიური ინჟინერია“  
შიფრი – 0410

დოქტორის აკადემიური ხარისხის  
მოსაპოვებლად წარდგენილი დისერტაციის

## ავტორეფერატი

თბილისი  
2021 წ

სამუშაო შესრულებულია საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის  
ქიმიური ტექნოლოგიისა და მეტალურგიის ფაკულტეტის  
ქიმიური და ბიოლოგიური ტექნოლოგიების დეპარტამენტი  
სამეცნიერო ხელმძღვანელი: პროფესორი *გურამ გაფრინდაშვილი*

რეცენზენტები: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

დაცვა შედგება ----- წლის ”-----” -----, ----- საათზე  
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ქიმიური ტექნოლოგიისა და  
მეტალურგიის ფაკულტეტის სადისერტაციო საბჭოს კოლეგიის სხდომაზე,  
კორპუსი -----, აუდიტორია -----  
მისამართი: 0175, თბილისი, კოსტავას 77.

დისერტაციის გაცნობა შეიძლება საქართველოს ტექნიკური  
უნივერსიტეტის ბიბლიოთეკაში, ხოლო ავტორეფერატის - ფაკულტეტის  
ვებ-გვერდზე

სადისერტაციო საბჭოს მდივანი პროფ.

*ზ. გელიაშვილი*

## ნაშრომის ზოგადი დახასიათება

„ალავერდის მარანში გაწეული საქმიანობა ზენოლოგიის სფეროს განეკუთვნება, ღვინის ფერი, სურნელი, ტრადიციები, სირთულეები თაობიდან თაობისათვის გადაცემული ცოდნა - ყველაფერი ღვინის ერთ წვეთშია თავმოყრილი, ერთი ჭიქა ღვინოს შეუძლია ქვეყნის წარსული და მომავალი ჩაიტოს“  
ენოლოგიის დარგში ოსკარის მფლობელი, პროფესორი  
*დონატო ლანატი* (იტალია)

**ნაშრომში დასმული პრობლემა.** სადისერტაციო ნაშრომი აგრძელებს და იზიარებს ჩვენი შორეული წინაპრების მექვევრე ოსტატების 8000 წლიანი უწყვეტი ისტორიის კერამიკული ქვევრის წარმოების ქართულ ტრადიციებს. არსად მთელ მეღვინეობის მოყვარულ მსოფლიოში არ მოიძებნება 8000 წლის ბებერი, დღესაც მოქმედი ტექნოლოგიის ცოცხალი ტრადიცია.

აქტუალურია საკითხი - ღრმად შევისწავლოთ ძველი ქვევრების ნიმუშები და ადგილობრივ რესურსებზე დაყრდნობით, თანამედროვე მაღალი ტექნოლოგიური პროცესების გამოყენებით, შევქმნათ მაღალი ხარისხის, ეკოლოგიურად სუფთა ქვევრი, რომელმაც შეიძლება ბაზრის გარკვეული სეგმენტის ინტერესი გამოიწვიოს, როგორც შიდა ასევე საერთაშორისო ბაზარზე.

**სადისერტაციო ნაშრომის მიზანია:** ალავერდის, იყალთოს აკადემიის და შუამთის მონასტრის ძველი ქვევრების ფიზიკო-ქიმიური და მინერალოგიური ანალიზი, შორეული მექვევრე წინაპრების მიერ ძველ ქვევრებში გამოყენებული ადგილობრივი ნედლეულის შესახებ წარსული გამოცდილების შესასწავლად.

საქართველოს სხვადასხვა რეგიონის არამადნეული ნედლეულების ფიზიკო-ქიმიური და მინერალოგიური შესწავლა ქვევრის ეკოლოგიურად სუფთა კაზმის მიღების და მისი ოპტიმიზაციის მიზნით, თანამედროვე სამეცნიერო და ტექნოლოგიური პროცესების ცოდნის საფუძველზე.

მიღებული შედეგების საფუძველზე, ქვევრის სკოლა აკადემიაში ქვევრების დასამზადებლად ახლებური მეთოდების შეთავაზება და დანერგვა.

**კვლევის ძირითადი ამოცანებია:** ძველი ქვევრების შესწავლა.

პასუხი კითხვაზე – არის თუ არა ქვევრის დასამზადებლად გამოყენებული ნედლეული ღვინისათვის უსაფრთხო და შეესაბამება თუ არა სურსათის უვნებლობის ევროპულ სტანდარტებს.

ქვევრის დასამზადებლად საჭირო კაზმის დადგენა,

ქვევრის შიდა ზედაპირის დაფარვის ამოცანის გადაწყვეტა,

მარნის მხატვრული გაფორმების მიზნით ფაიფურის, მინანქრის მაიოლიკის და სხვა ნივთების წარმოებისათვის საჭირო ბუნებრივი ნედლეულების შერჩევა, მარნის და ქვევრის დაცვა რადონისა და სხვა მავნე აირების ზეგავლენებისაგან, ქვევრის დაჩქარებული მეთოდით დაყალიბების პრინციპების შეთავაზება.

სამუშაოს სამეცნიერო სიახლეს წარმოადგენს: შესწავლილია ალავერდის, იყალთოს აკადემიის და შუამთის მონასტრის ძველი ქვევრების ფიზიკურ-ქიმიური და მინერალოგიური მახასიათებლები,

შესწავლილია ქვევრის კაზმისთვის გამოსადეგი ადგილობრივი ნედლეულის ფიზიკურ-ქიმიური და მინერალოგიური მახასიათებლები,

შემუშავებულია ქვევრის კაზმის ახალი ოპტიმიზებული შემადგენლობები ბუნებრივი მალღობლების და სხვა ნედლეულების გამოყენებით,

შემუშავებულია ინოვაციური მეთოდი - ქვევრის შიგა ზედაპირის დაფარვა ბიონანოკოლოიდური წერნაქით, რომელიც ამკვრივებს ზედაპირს და უზრუნველყოფს ქვევრის ღვინოში არსებული წყლის ( $H_2O$ ) გარდაქმნას სამკურნალო, მეოთხეული სტრუქტურის წყლად ( $H_3O_2$ ), შემუშავებული კაზმის საფუძველზე დამზადებული ქვევრი დაცულია რადონისა და სხვა მავნე აირების ზეგავლენებისაგან,

დაპროექტებულია დანადგარი, რომელიც განსაზღვრავს ქვევრის მექანიკურ სიმტკიცეს და კედლების წყალშედწევადობის ინტენსიობას შიგა ჰიდრავლიკური წნევით.

შემოთავაზებულია ქვევრის დაჩქარებული მეთოდით დაყალიბების პრინციპები - იზოსტატიკური დაწნეხვა.

**სამუშაოს პრაქტიკული მნიშვნელობა** მდგომარეობს: დამუშავებულია, გაუმჯობესებული ფიზიკო-ქიმიური თვისებების, ახლი შემადგენლობის, გაზრდილი მექანიკური სიმტკიცის და სიმკვრივის ქვევრი, რომელის შიგა ზედაპირი დაფარულია ბიონანოკოლოიდური წერნაქით. ქვევრი დაცულია რადონისა და სხვა მავნე აირების ზეგავლენებისაგან,

**სამუშაოს აპრობაცია:** კვლევის შედეგი მოხსენიებულია: „ეკოლოგიურად უსაფრთხო ქვევრი – დაცვა რადონის რადიაქტიური გაზისგან“ საქართველოს ტექნიკურ უნივერსიტეტში, 2020 წელს ჩატარებულ საერთაშორისო კონფერენციაზე - „გარემოს დაცვა და მდგრადი განვითარება“, „შრომების კრებული“, თბილისი, 2020 წელი, გვ. 337-341.

**პუბლიკაცია.** კვლევის შედეგები გამოქვეყნებულია 3 სამეცნიერო შრომაში.

სადისერტაციო ნაშრომი შედგება შემდეგი ნაწილებისაგან: შესავალი, ლიტერატურული მიმოხილვა (ერთი ქვეთავი), ექსპერიმენტული ნაწილი (ათი ქვეთავი), შედეგები და განსჯანი (ცამეტი ქვეთავი), დასკვნა და წარმოდგენილია 164 ნახეჭდ ფურცელზე, შეიცავს რეზიუმეს ქართულ და ინგლისურ ენებზე, 44 ნახაზს, 17 ცხრილს, 93 ციტირებულ ლიტერატურას.

ნედლეულის მომზადების, საცდელი რეცეპტურების გამოცდის, მიღებული ოპტიმალური შედგენილობის კერამიკული მასების გამოცდა ვანხორციელებდით კერამიკის ტექნოლოგიაში მიღებული თანამედროვე ფიზიკურ-ქიმიური კვლევის მეთოდებით.

### **ქანების მინერალოგიურ-პეტროგრაფიული ანალიზის შედეგები ვარდისუბნის ადგილმდებარეობის თიხა**

თიხური მინერალებით შეცემენტებულია პოლიმიქტური (სხვადასხვა შემადგენლობის მქონე) ქვიშური ნაწილაკები. ქვიშის მარცვლები ერთმანეთისაგან მკვეთრად განსხვავებულია როგორც ზომებით, ასევე შემადგენლობით. შემადგენლობის მიხედვით დომინირებს კვარცი, რომელთა შო-

რის ჭარბობს ალევროლითური ფრაქცია (0,01 – 0,1 მმ), უფრო იშვიათად გვხვდება მარცვლები ზომით 0,5 მმ-მდე. კვარცთან ერთად ქანები შეიცავენ მინდვრის შპატისა და ვულკანიტურ ქანთა ნატეხებს. აღნიშნული ჩანართები ინტესიურად არის შეცვლილი მეორადი პროცესებით (გათიხება, გაქლორიტება, კარბონატიზაცია). ზემოთ აღნიშნული ცხადყოფს, რომ აღნიშნული თიხური ქანები ტუგენური ქანების ადგილზე გამოფიტვის შედეგად არიან მიღებული. თიხური მინერალი მონტმორილონიტის რიგისაა, მცირე რაოდენობით გვხვდება ილიტიც. თიხები შეიცავს რკინის ოქსიდებს (ლიმონიტი), რისგანაც ქანებს ახასიათებს მოწითალო-მოყვითალო შეფერილობა.

ინგრედიენტთა რაოდენობრივი თანაფარდობა: ქვიშური ნაწილი - 45-55 %, მონტმორილონიტი - 35-40 %, ილიტი 3-4 %, კალციტი - 2-3 %, ქლორიტი, ლიმონიტი, სხვა აქცესორები - 4-5 %.

### **იყალთოს ადგილმდებარეობის თიხა**

ქანი აგებულია 0,5 მმ-მდე ზომის ქანთა ნატეხებისა და ალევროლითური (0,01 – 0,2 მმ) ზომის მინერალთა ნამსხვრევისაგან. მინერალთა დაკუთხული ფორმის მარცვლები, ძირითადად, კვარცითაა წარმოდგენილი, უფრო იშვიათად გვხვდება პლაგიოკლაზის მარცვლებიც. ქანთა ნატეხები ძლიერ შეცვლილია და ჩანაცვლებულია მონტმორილონიტით, ქლორიტითა და მეორადი კვარცით. გათიხებული და კარბონატიზირებულია ქანის ძირითადი მასა. კალციტი ძირითადად მიკრო (0.01 მმ) კრისტალურია, იშვიათად გვხვდება მსხვილმარცვლოვანი (0.1 – 0.2 მმ) კალციტის ბუდობებიც, რომლებიც აშკარად ეპიგენტურია და ქანებში არსებულ სიციხეებს ავსებს.

მინერალური შემადგენლობა: თიხა – მონტმორილონიტი – 45-50 % (კალციტი) 15 – 20 %, კვარცი და მინდვრის შპატი – 15-20 %, ილიტი, ქლორიტი, მადნეული მინერალები და აქცესორები – 8 – 10 %.

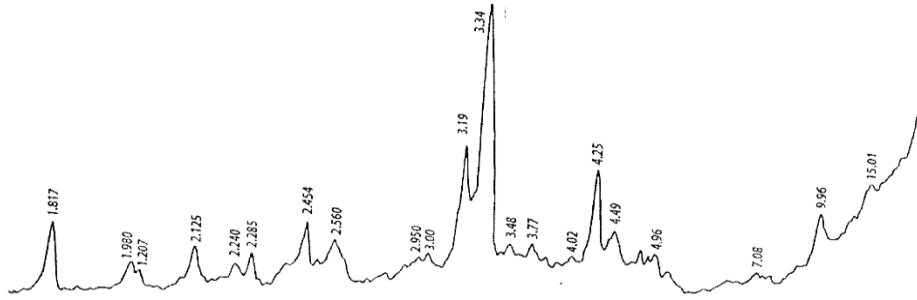
### **ნინოწმინდის ადგილმდებარეობის კემზა**

ქანში ფორების რაოდენობა 50 %-ს აღემატება. მათი ფორმები ძირითადად ოვალურია და ზომები გარდიგარდმო კვეთში 1,5 - მმ-ს აღწევს. ქანის ამგები მასა მჟავე შემადგენლობის ვულკანური მიწაა. ამ უკანასკნელის

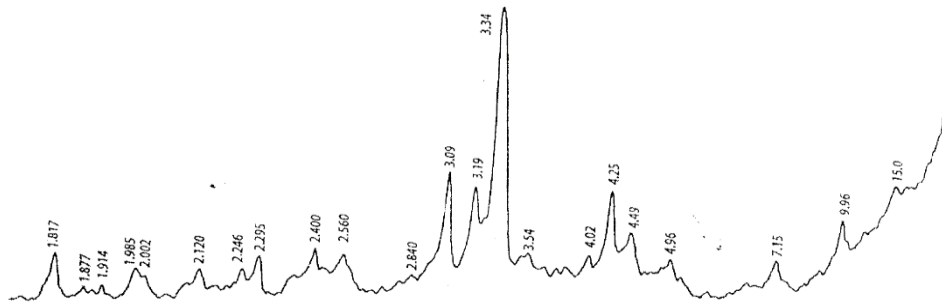
ნაწილაკები ერთმანეთისადმი სუბპარალელურად არიან ორიენტირებული და წვრილი წაგრძელებული ფორმებით ხასიათდებიან. ვულკანური მინა ჰემატიტითაა ( $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ ) ჩანაცვლებული და აქედან გამომდინარეობს ქანის შეფერილობაც.

### ქანების რენტგენოგრაფიული ანალიზის შედეგები

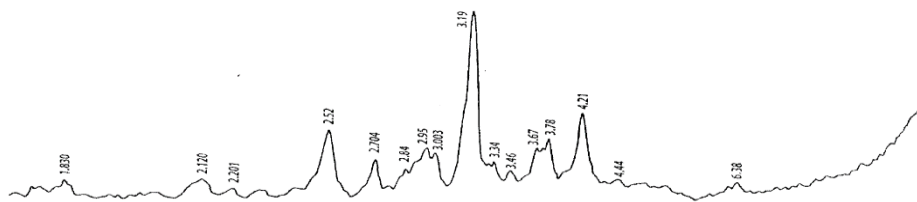
ქვემოთ წარმოდგენილია საკვლევი ქანების დიფრაქტოგრამები.



ნახაზი 1. ვარდისუბნის თიხის რენტგენოგრამა



ნახაზი 2. იყალთოს თიხის რენტგენოგრამა



ნახაზი 3. ნინოწმინდის პეზის რენტგენოგრამა

ვარდისუბნის თიხა (ნახ. 1)

კვარცი –  $\text{SiO}_2$  (4.25, 3.34, 3.19, 2.454, 2.285, 2.125, 1.817  $\text{A}^\circ$ );

ქარსი – კვალის სახით (9, 96  $\text{A}^\circ$ );

ქლორიტი – კვალის სახით (7.15  $\text{A}^\circ$ );

რკინის ამორფული ოქსიდები – კვალის სახით.

ნინოწმინდის პემზა (ნახ. 14)

K- იანი მინდვრის შპატი (6.38, 4.21, 3.78, 3.44, 3.19, 3.03, 2.95, 2.12 A<sup>0</sup>);

ჰემატიტი – ( $\alpha$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) (3.67, 2.704, 2.201, 1.830 A<sup>0</sup>)

**ცხრილი 1. თიხების გამოცდის შედეგები, მას. %**

დასახელება	სინესტე	ხურები თ.დანაჰ.	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	MnO	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	SO <sub>3</sub>	BaO
ნინოწმინდის პემზა	0,58	2,46	55,1	0,11	16,5	7,62	0,51	0,25	6,40	4,40	4,1	1,8	არ აღმ.	არ აღმ.
ვარდისუბანი	4,83	6,60	57,3	0,76	15,1	6,5	0,16	0,21	1,85	2,56	1,7	2,1	არ აღმ.	არ აღმ.
იყალთოს თიხა	3,52	6,76	60,8	0,70	13,1	5,84	0,14	0,19	2,40	2,67	1,6	2,0	არ აღმ.	არ აღმ.

**გამოცდის შედეგები, მას. %**

**ცხრილი 2. ტოქსიკური ელემენტები და მძიმე მეტალები**

დასახელება	As	Hg	Cd	Co	Cu	Pb	Ni	Cr	Zn
ვარდისუბანი	არ აღმ.	კვალი	არ აღმ.	0,002	0,005	0,010	0,007	არ აღმ.	0,011
იყალთოს თიხა	არ აღმ.	კვალი	არ აღმ.	0,002	0,005	0,008	0,009	არ აღმ.	0,010
პემზა	არ აღმ.	არ აღმ.	არ აღმ.	0,002	0,005	0,012	0,013	არ აღმ.	0,006

**საგარეჯოს თიხები** საგარეჯოს რ-ნის სოფ. წყაროსთვის უბნის თიხა (სინჯი) კვლევა ჩატარდა კერამიკულ წარმოებაში თიხის გამოყენების შესაძლებლობის დადგენის მიზნით.

ვიზუალურად სინჯი ნაცრისფერ-კრემისფერია, შრეებრივი აღნაგობით, 8-10-15 სმ-ის სიმძლავრის არგილიტის შუაშრეებით, კალციტის თხელი აფსკებით ზედაპირზე. გააჩნია ქვისმაგვარი სტრუქტურა.



თიხა გატარდა ლაბორატორიულ სამსხვერველაში, ხოლო შემდეგ გაფხვიერდა აქატის როდინში და ჩაუტარდა ქიმიური და მინერალოგიური ანალიზები.

თიხის ქიმიური შედგენილობა მოცემულია ცხრილში 3.

**ცხრილი 3. წყაროსათვის თიხის ქიმიური შედგენილობა, მას. % (სინჯი 1)**

სინესტი	ხურები თ დანაკ.	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	MnO	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	SO <sub>3</sub>
1.75	19,5	38,9	0,42	9,6	1,80	0,17	0,31	21,8	2,3	1,9	1,4	0,3

როგორც ცხრილი 6-ის მონაცემებიდან ჩანს, თიხის ქიმიური შედგენილობა შეესაბამება გოსტ 26594-85-ის მოთხოვნებს, გარდა (CaO + MgO) ჯამისა, რომელიც 24,1 მას. %-ს ტოლია.

მოთხოვნები:

SiO<sub>2</sub>-ის არაუმეტეს 85 მას. % (მათ შორის თავისუფალი კვარცი - არაუმეტეს 60 მას. %);

Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> + TiO<sub>2</sub> – არანაკლებ 7.0 მას. %;

CaO + MgO – არაუმეტეს 20 მას. %;

SO<sub>3</sub> - არაუმეტეს 2.0 მას. %;

Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> + FeO - არაუმეტეს 14.0 მას. %;

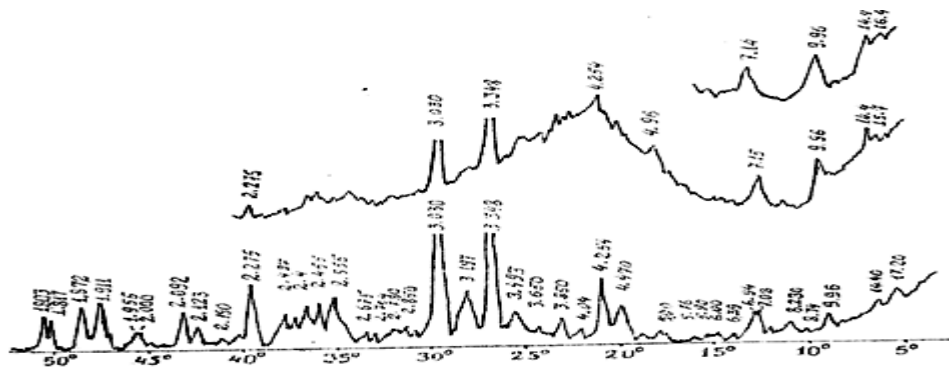
Na<sub>2</sub>O + K<sub>2</sub>O – არაუმეტეს 7.0 მას. %.

**დასკვნა.** მიღებული შედეგების მიხედვით შეიძლება დავასკვნათ, რომ წარმოდგენილი თიხის ნიმუში მიეკუთვნება მაღალპლასტიკური თიხების ჯგუფს: პლასტიკურობის რიცხვი ტოლია 22.6-ის (ნორმა  $\geq 15$ ).

მავე მინერალების სახით თიხა შეიცავს ნორმაზე მეტ კარბონატებს 94,1 %-ით), რაც განაპირობებს ამ თიხის გამოწვით მიღებული ნაკეთობის დაბალ სიმტკიცეს. გამომწვარი ნიმუშების ზედაპირზე კარბონატული ჩანართები არ შეინიშნება.

თიხის გამოწვის ოპტიმალური ტემპერატურა და შეცხოების ინტერვალია 950-1000°C. ამ ტემპერატურულ ინტერვალში გამომწვარი ნიმუშების წყალშთანთქმა შესაბამისად 19,8-19,2 %-ია, რაც ნორმის ფარგლებშია.

გამომწვარი ნიმუშების მექანიკური სიმტკიცის ზღვარი არის 54-78 კგ/სმ<sup>2</sup> ფარგლებში. ამრიგად, წარმოდგენილი თიხის ნიმუში წინასწარი კვლევის მონაცემებით, ვარგისია დაბალი ტემპერატურული კერამიკული პროდუქციის საწარმოებლად.



**ნახაზი 4. წყაროსთვის თიხების რენტგენოგრაფიული ანალიზი**

კვარცი (dÅ – 1,817; 1,980; 2,12; 2,275; 2,454; 3,348; 4,254)  
 კალციტი (dÅ – 1,873; 1,911; 2,088; 2,496; 3,030; 3,850)  
 თიხური (ქლორიტი – 7,15; 14, 14); მონტმორილონიტი (18,1; 19,6), ქარსი (4,96; 9,96)

რენტგენო ფაზური ანალიზის თანახმად თიხა შედგება ძირითადად დისპერსული ფაზისაგან -თიხური მინერალი, კალციუმის კარბონატისაგან – CaCO<sub>3</sub>, კვარცისაგან - SiO<sub>2</sub>, Ca – Na მინდვრის შპატისაგან და ქლორიტის (ჰიდროქარსი) კვალისაგან. მავნე მინერალები თაბაშირის სახით არ აღინიშნება.

ქიმიური და რენტგენოფაზური შედეგების შედარებისას შეიძლება ითქვას, რომ წარმოდგენილი სინჯი თიხურ მინერალს შეიცავს საშუალო რაოდენობით (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> + Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> = 11 მას. %), ხოლო კარბონატების შემცველობა (CaO + MgO = 24,1 მას. % და ანალიტიკური პიკი – 3,03 Å) მეტია კვარცზე (ანალიტიკური პიკი - 3,34 Å)

თიხის ბუნებრივმა ტენიანობამ შეადგინა 3,74 %.

განისაზღვრა თიხის ტექნოლოგიური და ფიზიკურ-მექანიკური პარამეტრები, კერძოდ; თიხის ცომის ნორმალური სისქის კონსისტენცია, პლასტიკურობის რიცხვი, საჰაერო ჩაჯდომა, გამოწვის ტემპერატურა, ცეცხლოვანი ჩაჯდომა, სრული ჩაჯდომა, წყალშთანთქმა, მექანიკური სიმტკიცე, რომელთა შედეგები წარმოდგენილია ცხრილში 4.

**ცხრილი 4. თიხის ტექნოლოგიური და ფიზიკურ-მექანიკური პარამეტრები**

ცომის ნორმალური კონსისტენცია, %	პლასტიკურობის რიცხვი	ჰაეროვანი ჩაჯდომა, %	გამოწვის ტემპერატურა °C	ცეცხლოვანი ჩაჯდომა, %	სრული ჩაჯდომა, %	წყალშთანთქმა, %	სიმტკიცის ზღვარი კუმშვაზე
21.0	22.6	5.3	900	2,2	7,5	23,9	21
			950	1,4	6,7	19,8	54
			1000	1,2	6,5	19,2	68

თიხის პლასტიკურობა განისაზღვრა ვასილიევის მეთოდით: დადგინდა თიხის დენადობის ქვედა ზღვრის სინესტე და გაბრტყელების ზღვრის სინესტე.

ნორმალური კონსისტენციის ცომისაგან პლასტიკური მეთოდით დაყალიბდა საცდელი ნიმუშები - ფილები 50×50×10 მმ ზომით და კუბები 20×20×20 მმ ზომით.

საცდელი ნიმუშები შრებოდა 6 დღე-ღამის განმავლობასი ბუნებრივ პირობებში, შემდეგ საშრობ კარადაში 100°C ტემპერატურაზე 6 სთ-ის განმავლობაში. გამომშრალი ნიმუშების გამოწვა ხდებოდა სხვადასხვა ტემპერატურაზე 900-დან 1000°C-მდე ტემპერატურაზე 50°C-იანი ინტერვალით და 1 სთ დაყოვნებით მაქსიმალურ ტემპერატურაზე.

გამომწვარი თიხის ნიმუშები ვიზუალურად ბეჭი ფერისაა.

ნიმუშების გამოშრობის შემდეგ განისაზღვრა მათი ჰაეროვანი ჩაჯდომა, გამოწვის შემდეგ - ცეცხლოვანი ჩაჯდომა, რომელთა საფუძველზე დადგინდა სრული ჩაჯდომა.

გამოწვის თითოეულ ტემპერატურაზე განისაზღვრა ნიმუშების წყალშთანთქმა და დადგინდა გამოწვის ოპტიმალური ტემპერატურა.

**დასკვნა.** მიღებული შედეგების მიხედვით შეიძლება დავასკვნათ, რომ წარმოდგენილი თიხის ნიმუში მიეკუთვნება მაღალპლასტიკური თიხების ჯგუფს: პლასტიკურობის რიცხვი ტოლია 22.6-ის (ნორმა  $\geq 15$ ).

მავე მინერალების სახით თიხა შეიცავს ნორმაზე მეტ კარბონატებს 94,1 %-ით), რაც განაპირობებს ამ თიხის გამოწვით მიღებული ნაკეთობის დაბალ სიმტკიცეს. გამომწვარი ნიმუშების ზედაპირზე კარბონატული ჩანართები არ შეინიშნება.

თიხის გამოწვის ოპტიმალური ტემპერატურა და შეცხოვის ინტერვალია 950-1000°C. ამ ტემპერატურულ ინტერვალში გამომწვარი ნიმუშების წყალშთანთქმა შესაბამისად 19,8-19,2 %-ია, რაც ნორმის ფარგლებშია.

გამომწვარი ნიმუშების მექანიკური სიმტკიცის ზღვარი არის 54-78 კგ/სმ<sup>2</sup> ფარგლებში. ამრიგად, წარმოდგენილი თიხის ნიმუში წინასწარი კვლევის მონაცემებით, ვარგისია დაბალი ტემპერატურული კერამიკული პროდუქციის საწარმოებლად.

**ცხრილი 5. წყაროსთვის თიხის ქიმიური შედგენილობა, მას. % (სინჯი 2)**

სინესტი	ხურები თ დაწვ.	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	MnO	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	SO <sub>3</sub>
1,75	19,5	38,9	0,42	9,6	1,80	0,17	0,31	21,8	2,3	1,9	1,4	0,3

საგარეჯოს რ-ნის სოფ. წყაროსთვის უბნის თიხა (სინჯი N2). კვლევა ჩატარდა კერამიკულ წარმოებაში თიხის გამოყენების შესაძლებლობის დადგენის მიზნით.

ვიზუალურად სინჯი წარმოადგენს მოცისფრო-მონაცისფრო თიხნარს არგილატების შუაშრეებით (სიმძლავრით 2-3-5 სმ), ქვისმაგვარი სტრუქტურით, თუმცა ადვილად იმსხვრევა და იცრება.

თიხა გატარდა ლაბორატორიულ სამსხვრეველაში, ხოლო შემდეგ გაფხვიერდა აქატის როდინში და ჩაუტარდა ქიმიური და მინერალოგიური ანალიზები.

თიხის ქიმიური შედგენილობა მოცემულია ცხრილში 6.

ცხრილი 6. თიხის ქიმიური შედგენილობა, მას. %

სინესტმ	ხურები თ დანაკ.	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	MnO	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	SO <sub>3</sub>
2,00	16,7	40,6	0,50	11,5	4,24	0,17	0,26	17,9	2,4	1,86	1,9	0,3

თიხის ქიმიური შედგენილობა შეესაბამება გოსტ 26594-85-ის მოთხოვნებს, გარდა (CaO + MgO) ჯამისა, რმელიც 20 მას. %-ს მეტია.

SiO<sub>2</sub>-ის არაუმეტეს 85 მას. % (მათ შორის თავისუფალი კვარცი - არაუმეტეს 60 მას. %);

Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> + TiO<sub>2</sub> – არანაკლებ 7.0 მას. %;

CaO + MgO – არაუმეტეს 20 მას. %;

SO<sub>3</sub> - არაუმეტეს 2.0 მას. %;

Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> + FeO - არაუმეტეს 14.0 მას. %;

Na<sub>2</sub>O + K<sub>2</sub>O – არაუმეტეს 7.0 მას. %.

რენტგენოფაზური ანალიზის თანახმად თიხა შედგება ძირითადად დისპერსული ფაზისგან - თიხური მინერალი, კალციუმის კარბონატისაგან – CaCO<sub>3</sub>, კვარცისაგან – SiO<sub>2</sub>, Ca-Na მინდერის შპატებისაგან და ქლორიტის (ჰიდროქარსი) კვალისაგან. მაგნე მინერალები თაბაშირის სახით არ აღინიშნება.

ქიმიური და რენტგენოფაზური შედეგების შედარებისას შეიძლება ითქვას, რომ წარმოდგენილი სინჯის უდიდეს ნაწილს თიხური მინერალი შეადგენს (რაოდენობით (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> + Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> = 16 მას. %), ხოლო კვარცი (ანალიტიკური პიკი - 3,34 Å) და კარბონატები (CaO + MgO = 20,1 მას. % და ანალიტიკური პიკი - 3,03 Å) მეტია კვარცზე

თიხის ბუნებრივმა ტენიანობამ შეადგინა 4,25 %.

განისაზღვრა თიხის ტექნოლოგიური და ფიზიკურ-მექანიკური პარამეტრები, კერძოდ; თიხის ცომის ნორმალური სისქის კონსისტენცია,

პლასტიკურობის რიცხვი, საჰაერო ჩაჯდომა, გამოწვის ტემპერატურა, ცეცხლოვანი ჩაჯდომა, სრული ჩაჯდომა, წყალშთანთქმა, მექანიკური სიმტკიცე, რომელთა შედეგები წარმოდგენილია ცხრილში 7.

**ცხრილი 7. თიხის ტექნოლოგიური და ფიზიკურ-მექანიკური პარამეტრები**

ცომის ნორმალური კონსისტენცია, %	პლასტიკურობის რიცხვი	ჰაეროვანი ჩაჯდომა, %	გამოწვის ტემპერატურა °C	ცეცხლოვანი ჩაჯდომა, %	სრული ჩაჯდომა, %	წყალშთანთქმა, %	სიმტკიცის ზღვარი კუმშვაზე
25.2	23.3	6.2	900	1.7	7.9	22.5	46
			950	2.0	8.2	18.5	79
			1000	2.2	8.4	17,2	95

თიხის პლასტიკურობა განისაზღვრა ვასილიევის მეთოდით: დადგინდა თიხის დენადობის ქვედა ზღვრის სინესტე და გაბრტყელების ზღვრის სინესტე.

ნორმალური კონსისტენციის ცომისაგან პლასტიკური მეთოდით დაყალიბდა საცდელი ნიმუშები - ფილები 50×50×10 მმ ზომით და კუბები 20×20×20 მმ ზომით.

საცდელი ნიმუშები შრებოდა 6 დღე-ღამის განმავლობაში ბუნებრივ პირობებში, შემდეგ საშრობ კარადაში 100°C ტემპერატურაზე 6 სთ-ის განმავლობაში. გამომშრალი ნიმუშების გამოწვა ხდებოდა სხვადასხვა ტემპერატურაზე 900-დან 1000°C ტემპერატურაზე 50°C -იანი ინტერვალით და 1 სთ დაყოვნებით მაქსიმალურ ტემპერატურაზე.

გამომწვარი თიხის ნიმუშები ვიზუალურად ბეჭი ფერისაა.

ნიმუშების გამოშრობის შემდეგ განისაზღვრა მათი ჰაეროვანი ჩაჯდომა, გამოწვის შემდეგ ცეცხლოვანი ჩაჯდომა, რომელთა საფუძველზე დადგინდა სრული ჩაჯდომა.

გამოწვის თითოეულ ტემპერატურაზე განისაზღვრა ნიმუშების წყალშთანთქმა და დადგინდა გამოწვის ოპტიმალური ტემპერატურა.

**დასკვნა.** მიღებული შედეგების მიხედვით შეიძლება დავასკვნათ, რომ წარმოდგენილი თიხის ნიმუში მიეკუთვნება მაღალპლასტიკური თიხების ჯგუფს; პლასტიკურობის რიცხვი ტოლია 23.3-ის (ნორმა  $\geq 15$ ).

მაგნე მინერალების სახით თიხა შეიცავს ნორმაზე მეტ კარბონატებს (0,1 %-ით), რაც განაპირობებს ამ თიხის გამოწვით მიღებული ნაკეთობის დაბალ მექანიკურ სიმტკიცეს. გამომწვარი ნიმუშების ზედაპირზე კარბონატული ჩანართები არ შეინიშნება.

თიხის გამოწვის ოპტიმალური ტემპერატურა და შეცხოების ინტერვალია 950-1000°C. ამ ტემპერატურულ ინტერვალში გამომწვარი ნიმუშების წყალშთანთქმა შესაბამისად 18.5-17.2 %-ია, რაც ნორმის ფარგლებშია.

გამომწვარი ნიმუშების მექანიკური სიმტკიცის ზღვარი არის 79-95 კგ/სმ<sup>2</sup> ფარგლებში.

**ცხრილი 8. თიხის ქიმიური შედგენილობა, მას. % (სინჯი 4)**

სინესტე	ხურები თ დანაკ.	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	MnO	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	SO <sub>3</sub>
2,00	16,7	40,6	0,50	11,5	4,24	0,17	0,26	17,9	2,4	1,86	1,9	0,3

ამრიგად, წარმოდგენილი თიხის ნიმუში წინასწარი კვლევის მონაცემებით, ვარგისია დაბალი ტემპერატურული კერამიკული პროდუქციის საწარმოებლად.

საგარეჯოს რ-ნის სოფ. პატარძლეულის უბნის თიხა (სინჯი N1). კვლევა ჩატარდა კერამიკულ წარმოებაში თიხის გამოყენების შესაძლებლობის დადგენის მიზნით. ვიზუალურად სინჯი თიხისმაგვარია, ღია ყავისფერ-მორუხო ფერის. ხასიათდება საშუალო ზომის ნატეხებით, აგრეთვე ქვიშის ფრაქციებით. თიხის გაფხვიერება მოხდა აქატის როდინში და ჩაუტარდა ქიმიური და მინერალოგიური ანალიზები.

თიხის ქიმიური შედგენილობა მოცემულია ცხრილში 9.

**ცხრილი 9. პატარძელის თიხის ქიმიური შედგენილობა, მას. %  
(სინჯი 1)**

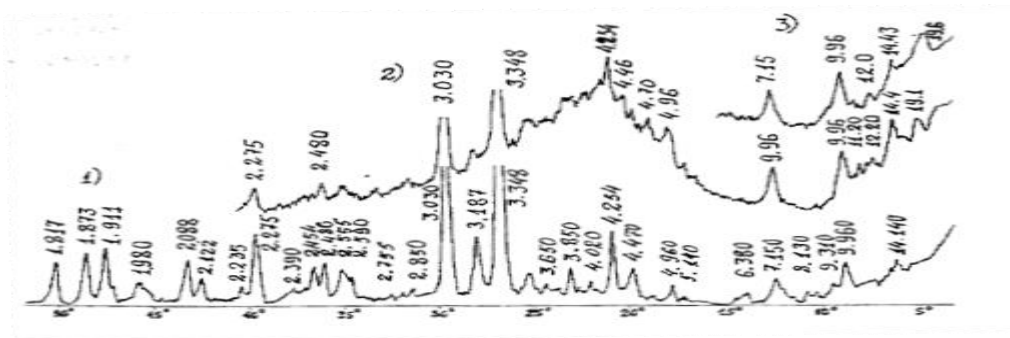
სინესტ	ხურები თ დანაკ.	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	MnO	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	SO <sub>3</sub>
3,72	12,5	47,6	0,70	13,1	5,92	0,19	0,26	10,2	2,1	2,0	2,1	

თიხის ქიმიური შედგენილობა შეესაბამება გოსტ 26594-85-ის მოთხოვნებს.

SiO<sub>2</sub>-ის არაუმეტეს 85 მას. % (მათ შორის თავისუფალი კვარცი - არაუმეტეს 60 მას. %);

Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> + TiO<sub>2</sub> – არანაკლებ 7.0 მას. %; CaO + MgO – არაუმეტეს 20 მას. %;

SO<sub>3</sub> - არაუმეტეს 2.0 მას. %; Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> + FeO - არაუმეტეს 14.0 მას. %;



**ნახაზი 5. პატარძელის თიხის რენტგენოგრაფული ანალიზი**

კვარცი 1,817; 1,980; 2,12; 2,275; 2,454; 3,348; 4,254

კალციტი 1,873; 1,911; 2,088; 2,496; 3,030; 3,850

მინდვრის შპატი – 2,807; 2,920; 3,187; 4,020, 6.380

თიხური (ქლორიტი – 7,15; 14, 14; მონტმორილონიტი – 18,1; 19,6, ქარსი 4,96; 9,96.

რენტგენო ფაზური ანალიზის თანახმად თიხა შედგება ძირითადად დისპერსული ფაზისაგან -თიხური მინერალი, კალციუმის კარბონატისაგან – CaCO<sub>3</sub>, კვარცისაგან - SiO<sub>2</sub>, Ca – Na მინდვრის შპატისაგან და ქლორიტის (ჰიდროქარსი) კვალისაგან. მავნე მინერალები თაბაშირის სახით არ აღინიშნება.



ქიმიური და რენტგენოფაზური შედეგების შედარებისას შეიძლება ითქვას, რომ წარმოდგენილი სინჯი თიხური მინერალი შეიადგენს ( $Al_2O_3 + Fe_2O_3 = 20$  მას. %), შემდეგია კვარცი (ანალიტიკური პიკი - 3,34 Å) და ბოლოს კარბონატები ( $CaO + MgO = 12.3$  მას. % და ანალიტიკური პიკი - 3,03 Å) მეტია.

თიხის ბუნებრივმა ტენიანობამ შეადგინა 10.1 %.

განისაზღვრა თიხის ტექნოლოგიური და ფიზიკურ-მექანიკური პარამეტრები, კერძოდ; თიხის ცომის ნორმალური სისქის კონსისტენცია, პლასტიკურობის რიცხვი, საჰაერო ჩაჯდომა, გამოწვის ტემპერატურა, ცეცხლოვანი ჩაჯდომა, სრული ჩაჯდომა, წყალშთანთქმა, მექანიკური სიმტკიცე, რომელთა შედეგები წარმოდგენილია ცხრილში 10.

**ცხრილი 10. თიხის ტექნოლოგიური და ფიზიკურ-მექანიკური პარამეტრები**

ცომის ნორმალური კონსისტენცია, %	პლასტიკურობის რიცხვი	ჰაეროვანი ჩაჯდომა, %	გამოწვის ტემპერატურა °C	ცეცხლოვანი ჩაჯდომა, %	სრული ჩაჯდომა, %	წყალშთანთქმა, %	სიმტკიცის ზღვარი კუმშვაზე
28,1	26,6	8,1	900	1,4	9,5	21,6	81
			950	1,6	9,7	13,9	130
			1000	1,9	10,0	12,2	142

თიხის პლასტიკურობა განისაზღვრა ვასილიევის მეთოდით: დადგინდა თიხის დენადობის ქვედა ზღვრის სინესტე და გაბრტყელების ზღვრის სინესტე.

ნორმალური კონსისტენციის ცომისაგა პლასტიკური მეთოდით დაყალიბდა საცდელი ნიმუშები - ფილები 50×50×10 მმ ზომით და კუბები 20×20×20 მმ ზომით.

საცდელი ნიმუშები შრებოდა 6 დღე-ღამის განმავლობაში ბუნებრივ პირობებში, შემდეგ საშრობ კარადაში 100°C ტემპერატურაზე 6 სთ-ის განმავლობაში. გამომშრალი ნიმუშების გამოწვა ხდებოდა სხვადასხვა ტემპერა-

ტურაზე 900-დან 1000°C ტემპერატურაზე 50°C -იანი ინტერვალით და 1 სთ დაყოვნებით მაქსიმალურ ტემპერატურაზე.

გამომწვარი თიხის ნიმუშები ვიზუალურად მოწითალო-მოვარდისფრო ფერისაა.

ნიმუშების გამოშრობის შემდეგ განისაზღვრა მათი ჰაეროვანი ჩაჯდომა, გამოწვის შემდეგ ცეცხლოვანი ჩაჯდომა, რომელთა საფუძველზე დადგინდა სრული ჩაჯდომა.

გამოწვის თითოეულ ტემპერატურაზე განისაზღვრა ნიმუშების წყალშთანთქმა და დადგინდა გამოწვის ოპტიმალური ტემპერატურა.

**დასკვნა.** მიღებული შედეგების მიხედვით შეიძლება დავასკვნათ, რომ წარმოდგენილი თიხის ნიმუში მიეკუთვნება მაღალპლასტიკური თიხების ჯგუფს; პლასტიკურობის რიცხვი ტოლია 26.6-ის (ნორმა  $\geq 15$ ).

თიხა არ შეიცავს მავნე მინერალებს, რომლებიც უარყოფით გავლენას ხდენენ თიხის პარამეტრებზე.

თიხის გამოწვის ოპტიმალური ტემპერატურა და შეცხოობის ინტერვალია 950-1000°C. ამ ტემპერატურულ ინტერვალში გამომწვარი ნიმუშების წყალშთანთქმა შესაბამისად 13.9-12.2 %-ია, რაც ნორმის ფარგლებშია.

950 – 1000°C ტემპერატურაზე გამომწვარი ნიმუშების მექანიკური სიმტკიცის ზღვარი კუმშვაზე არის 130-144 კგ/სმ<sup>2</sup> ფარგლებში.

ამრიგად, წარმოდგენილი თიხის ნიმუში წინასწარი კვლევის მონაცემებით, ვარგისია დაბალი ტემპერატურული კერამიკული ნაწარმის მისაღებად.

**ცხრილი 11. პატარძლელის თიხის ქიმიური შედგენილობა, მას. % (სინჯი 1)**

სინესტმ	ხურები თ დანაკ.	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	MnO	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	SO <sub>3</sub>
3,72	12,5	47,6	0,70	13,1	5,92	0,19	0,26	10,2	2,1	2,0	2,1	-

**ალუვიონი** ალუვიური ნალექი (ლათ. Alluvio – ნარიყი, ნაყარი) – მდინარეული ნალექი. შედგება გამოფიტვით და უშუალოდ მდინარეული წყლის მოქმედებით დაშლილი ქანების სხვადასხვაგვარად დამუშავებული და დახარისხებული მასალისაგან, რომელიც გრანულომეტრიული შედგენილობით შეიძლება იყოს კაჭარი, რიყის ქვა, ხვინშკა, ქვიშა, თიხნარი და თიხა. მდინარეების ჭალა და ტერასები უმეტესად ამ ნალექებითაა აგებული. ალუვიონისთვის დამახასიათებელია ირიბი შრეობრივობა. ძველ დანალექ წყებებში იგი, ჩვეულებრივ, შეცემენტებულია და წარმოდგენილია მკვრივი ნამსხვრევები ქანებით (კონგლომერატებით, ქვიშაქვებით და სხვა). ალუვიონი ზოგჯერ ძვირფას მინერალთა (პლატინა, ოქრო და სხვა) ქვიშრობია.

**ალუვიური ნიადაგი** – მდინარის აკუმულაციური მოქმედებით წარმოქმნილი ნიადაგი, განეკუთვნება აზონალური ნიადაგების ჯგუფს (იხ. ნიადაგის კლასიფიკაცია). ალუვიური ნიადაგი გვხვდება ყველა ლანდშაფტურ ზონაში, სხვადასხვა სისქისა და განსხვავებული გრანულომეტრიული შედგენილობისაა; სხვადასხვა სისქისა და განსხვავებული გრანულომეტრიული შედგენილობისაა; სხვადასხვა რაოდენობით შეიცავს კირს, ჰუმუსსა და საკვებ ელემენტებს; მეტ-ნაკლებად ხირხატიანია, ახასიათებს სუსტად დიფერენცირებული ჰორიზონტები და შრიანობა. საქართველოსი ალუვიური ნიადაგების საკმაოდ დიდი მასივები გვხვდება კოლხეთის დაბლობზე, ქართლისა და კახეთის ვაკეებზე. განასხვავებენ მცირე სისქის ძლიერ ხირხატიან, საშუალო და დიდი სისქის, უკარბონატო, კარბონატულ, თიხიან-მტვრიან, ძლიერ კარბონატულ („ლამი“), დაჭაობებულ, გაწრებულ, ჭალის ტყისა და სხვა ალუვიური ნიადაგს. აღმოსავლეთ საქართველოში ალუვიურ ნიადაგს უმეტესად იყენებენ ხორბლეულის, ხეხილი ვაზისა და ბოსტნეულ-ბაღჩეული კულტურებისათვის. დასავლეთ საქართველოში მოჰყავთ სიმინდი და ბოსტნეული კულტურები, უკარბონატო ალუვიურ ნიადაგზე კი გაშენებულია ჩაი.

**ალუვიური ნალექი** – კარბონატიზირებული ქვიშაქვა-ქანის სტრუქტურა ალევრო-პელიტურია. ალევრო-პელიტური სტრუქტურა წარმოდგე-

ნილია ქანში არსებული ალევრიტული ზომის კლასტური მარცვლებისა და მათი შემაცენტებული პელიტური მასის არსებობით.

ალევრიტული მარცვლები წარმოდგენილია სხვადასხვა ზომის (< 0,05 მმ), ფორმისა და შედგენილობის მქონე კლასტური მასალისაგან. მათში ნათლად გაირჩევა შემდეგი სახეობის მასალა: მონოკრისტალები – წარმოდგენილი კვარცის, მინდვრის შპატების, პიროქსენის, იშვიათი გლაუკონიტისა და ბიოტიტის კრისტალოკლასტებით. აღნიშნული მასალა ქაოსურადაა გაბნეული ქანში და ზოგიერთი მათგანი მთლიანადაა შემოსაზღვრული კარბონატული ნაჭუჭისებური ოოიდური გარსით, რომელიც კონცეტრიულ ხასიათს ატარებს. მინდვრის შპატები წარმოდგენილია, როგორც პლაგიოკლაზების სახით, ისე აღინიშნება K-იანი სახესხვაობები. პლაგიოკლაზები წარმოდგენილია მჟავე-ალბიტოლიგოკლაზის სახესხვაობით, ახასიათებს დაბალი რელიეფი და მათი გარჩევა კვარცისაგან, განსაკუთრებით პოლისინთეზურად დაუმრჩობლავი ინდივიდების შემთხვევაში, ძლიერ გაძნელებულია. K-იანი მინდვრის შპატები შედარებით შეცვლილია, ზოგიერთი მარცვლები მთლიანადაა გათიხებული, სერიციტიზირებული და ზოგჯერ პერატიტიზირებული. თუმცა შეინიშნება ერთეული სადი, შეუცვლელი მიკროკლინისთვის დამახასიათებელი ბადისებრი მრჩობლების მქონე კრისტალები.

პიროქსენის კლასტური მარცვლები სადი სახით თითქმის არ გვხვდება, ისინი მთლიანად ჩანაცვლდება მწვანე, ხშირად ბოქკოვანი აგებულების ქლორიტებით.

მუსკოვიტი და ბიოტიტი წარმოდგენილია ძალზე წვრილი ქერცლების (სერიციტი მუსკოვიტის შემთხვევაში) და ნემსისებური აგრეგატების სახით, რომლებიც დამახასიათებელი მაღალი ინტენფერენციული შეფერვით ადვილად დიაგნოსტირდება.

ქანში აღინიშნება გლაუკონიტის ერთეული მარცვლები და გელისებული მასა. დაიკვირვება თაბაშირის ერთეული მცირე ზომის რომბოიდური ფორმის კრისტალები. თაბაშირის კრისტალები დაბალი რელიეფი-

თადა დაბალი (მონაცისფრო-მოთეთრო) ინტეგრირებული შეფერვით ხასიათდება.

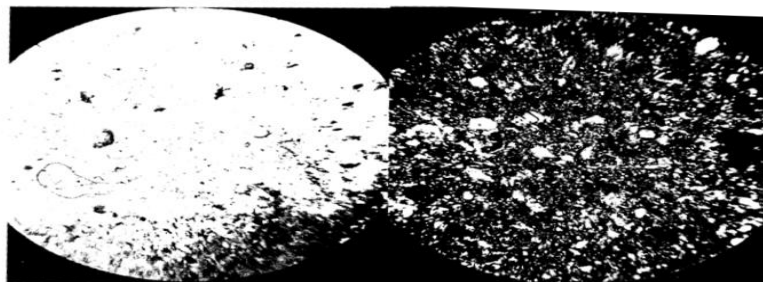
გარდა კლასტური მონოკრისტალური მასალისა, ქანში მცირე რაოდენობით გვხვდება მცირე ლითოკლასტები, რომელთაგანაც ნათლად გაირჩევა ძლიერ ეპიდოტ-ციოზიტიზირებული, სერიციტიზირებული და კარბონატიზირებული სხვადასხვა შედგენილობის ვულკანური ქანის მასალა, რომელთაგანაც იდენტიფიცირდება ანდეზიტური შედგენილობის ვულკანური ქანისა და ვულკანური მინის ლითო-ვიტროკლასტური ჩანართები.

ქანის კლასტური მასალის უდიდესი ნაწილი აგებულია კარბონატული შედგენილობის კალციტ-დოლომიტური (ძალზე იშვიათად) მინერალებით. კალციტი წარმოქმნის დამახასიათებელ მაღალი გარდატეხის მქონე იზომეტრულ მარცვლებს. დოლომიტი კი მეტწილად რომბოედრისებური კრისტალების სახით გვხვდება.

ქანის კრისტალო-ლითოკლასტური მასალის შემაკავშირებელი მასა წარმოდგენილია პელტური სტრუქტურის თიხურ-კარბონატული მასით. ალევრო-პელიტურ მასაში ზოგჯერ შეინიშნება ბიოკლასტური მასალა წარმოდგენილი ფორმინფერების ნამსხვრევებით.

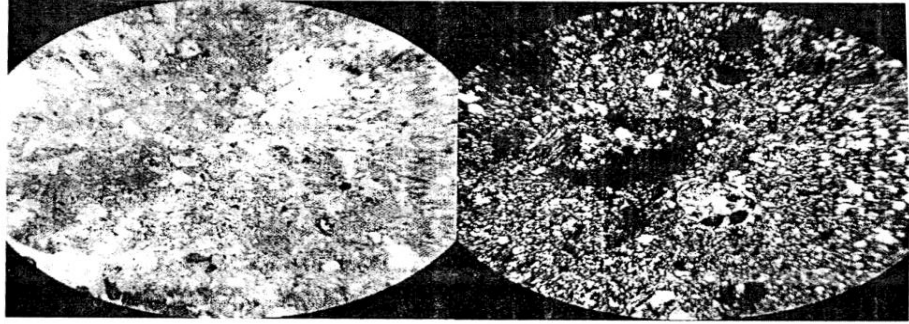
ქანში საერთო ჯამში კარბონატული მასალა 40-45 %-მდეა.

ქანი ისაზღვრება, როგორც ალევრო-პელიტური კარბონატიზირებული ქვიშაქვა.



**ნახაზი 6. ნიმუშის მიკროფოტო 135x; ალუვიური ნალექი**

ჩანს ნიმუშის ალევრო-პელიტური სტრუქტურა აგებული ალევრიტული ზომის კვარც-მინდვრისშპატ-კარბონატული მინერალებითადა შემაცემენტებული კარბონატიზირებული პელიტური ცემენტით.

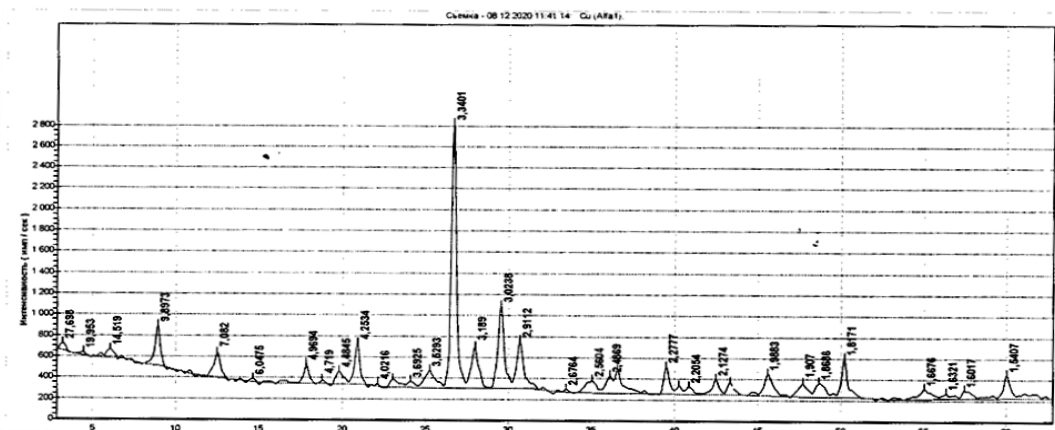


ა(-)

ბ(+)

### ნახაზი 7. ნიმუშის მიკროფოტო 135xალუვიური ნალექი

ჩანს ნიმუშის ალევრო-პელიტური სტრუქტურა, აგებული ალევრიტული ზომის კვარც-მინდვრისშპატ-ქარსკარბონატული მინერალებით და შემაცემენტებელი კარბონატიზირებული პელიტური ცემენტით. ცენტრალურ არეში შეინიშნება ორგანიკის (ფორამინიფერების კარბონატული ნიჟარა) ნაშთები



### ნახაზი 8. ალუვიური ნალექის რენტგენოგრაფიული ანალიზი

კვარცი – 4 253,3; 3401,2; 2.454,2; 277,2; 1274,1; 988,1. 8171 Å

კალციტი – 3,0238; 2, 843; 2,486; 2.277,1; 907; 1,868 Å

მინდვრის შპატი – 4,0216; 3.189 Å (Ca – Na-იანი მინდვრის შპატი)

ქარსი – 9,897; 4,969 Å.

Fe-Mg ქლორიტი – 7.082; 4,719,3; 529; 2,911Å

ქლორიტ – მონტმორილონიტი – 14,5; 4,484, 2,560 Å. 4,96; 9,96.

## ალავერდის, იყალთოს და შუამთის მონასტრების ძველი ქვევრები

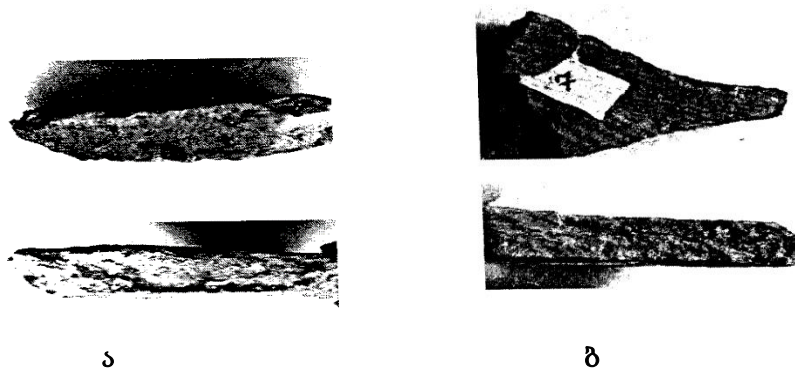
საქართველოს ტერიტორიაზე არქეოლოგიური გათხრების შედეგად მრავალი ღვინის მარანია აღმოჩენილი (მათ შორის, კახეთის რეგიონში), რომლებიც სხვადასხვა პერიოდში განსხვავებული ზომის ქვევრებითა წარმოდგენილი. ბოლო ათი წლის განმავლობაში საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ლაბორატორიებში გამოკვლეულია საქართველოს სხვადასხვა რეგიონის ძველი და ახალი ქვევრების შემადგენელი მასალა და მათი დამზადების ტექნოლოგია, ასევე, მათი სავარაუდო ნედლეულის კარიერების ნიმუშები. ჩვენი ვარაუდით, კვლევის შედეგების საფუძველზე, ქვევრების დამზადებისათვის გამოყენებული ნედლეული ადგილობრივია და დამზადებულია ადგილობრივი ხელოსნების მიერ.

წარმოდგენილ ნაშრომში განხილულია ალავერდის, იყალთოსა და შუამთის მონასტრების ეზოში დაზიანებული ქვევრებისაგან აღებული ნიმუშების კვლევის შედეგები.

ალავერდის ქვევრების ნიმუშების უმეტესობა სამშრიანია, ცენტრალური უბანი მუქი ნაცრისფერი მოშავომდე ფერისაა, ხოლო ზედაპირები ყავისფერი ქვევრები, ძირითადად სქელკედლიანია.

ნიმუშების მინერალური შედგენილობის განსაზღვრისა და მათი ფრაქციულ-გრანულომეტრული ზომის დასადგენად გამოვიყენეთ პოლარიზაციული მიკროსკოპი (AMSCOP 600T). ნიმუშების შემადგენელი ცალკეული მინერალური ფაზების რაოდენობისა და რაობის დასადგენად - რენტგენოფაზური ანალიზატორი (DRON – 3), ხოლო ნიმუშების საერთო ქიმიური შედგენილობის დასადგენად - რენტგენოფლორესცენტული (XRFDSX 3600B) ანალიზატორი.

მიკროსკოპულად ალავერდის მონასტრის ქვევრის ნატეხი (ნიმუში N3) სამშრიანი, შიდა და გარე ზედაპირები მოწითალო ფერისაა, შუა შრე მუქი ნაცრისფერია. შეიმჩნევა სიცარიელები და მცირე და დიდი ზომის ჩანართები. ნიმუში მარილმჟავაზე რეაგირებს.



**ნახაზი 9. ალავერდის ქვევრის ნატეხები**  
(ა - ნიმუში N3 და ბ- ნიმუში N7)

მიკროსკოპული შესწავლისას ძირითადი თიხოვანი მასა კარგადაა გამოძვარი. შემავსებელი დიდი რაოდენობითაა. მაგრამ უმეტესად თიხოვან-კარბონატული მასითა და რკინის ჰიდროქსანგებითაა ჩანაცვლებული. მინერალურ შედგენილობაში ჭარბობს კვარცი. პლაგიოკლაზები, რომლებიც ზოგჯერ პოლისინთეტურად შემრჩობლებული, აგრეთვე კარბონატული მინერალები, გვხვდება ქარსებიც. ქანების ნატეხები უმეტესად ქვიშაქვები და კაჟია. შეინიშნება სიცარიელებიც.



**ნახაზი 10. ალავერდის ქვევრის ფრაგმენტის (ნიმუში N3) ნიმუშის მიკროფოტოები პოლარიზაციული მიკროსკოპით**

ქვევრის ნატეხი (ნიმუში (N7) სამშრიანია. შიდა და გარე თხელი ზედაპირები მოწითალო ფერისა. შუა შრე მუქი ნაცრისფერია. შეიმჩნევა ჩანართები. მარილმჟავაზე არ რეაგირებს. ძირითადი თიხოვანი მასა კარგადაა გამოძვარი. შემავსებელში არის როგორც მინერალების, ისე ქანების ნატეხები. მინერალებიდან, ძირითადად, კვარცი და პლაგიოკლაზებია. გვხვდება ქარსებიც. ქანების ნატეხები უმეტესად ქვიშაქვებია. არის თიხა-



ფიქალებიც. ზოგჯერ ნატეხები ნაწილობრივ რკინის ჰიდროქსიდებითაა გადაფარული. შეიმჩნევა სიცარიელებიც.

რენტგენოგრაფიული ანალიზით ალავერდის მონასტრის ქვევრის ნიმუშში შემდეგი მინერალური ფაზებია: კვარცი - 25-30%, Ca-Na მინდრის შპატი - 10-15%, ქარსები და რკინის ჟანგები – კვალის დონეზე. დანარჩენი-რენტგენომორფული და დისპერსიული ფაზა.

ალავერდის ქვევრის ნატეხი (ნიმუში N2) მუქი ნაცრისფერია. გარე ზედაპირზე აქვს თხელი მოწითალო ფენა. შეიმჩნევა დიდი ზომის ჩანართები. მარილმჟავაზე არ რეაგირებს. ძირითადი თიხოვანი მასა გამომწვარია. შემავსებელში არის, როგორც მინერალების, ისე ქანების ნატეხები. მინერალურ შედგენილობაში ჭარბობს კვარცი და პლაგიოკლაზები. გვხვდება კარბონატული მინერალებიც. ქანების ნატეხები ხშირად თიხოვანი მასითა და რკინის ჰიდროქსიდებითაა ჩანაცვლებული. არის ქვიშა-ქვები და კვარციტები, ზოგიერთი ქანის ნატეხი ძალიან წვრილმარცვლოვანია და მათი საწისი რაობის დადგენა გაძნელებულია.



**ნახაზი 11. ალავერდის ქვევრის ფრაგმენტი (ნიმუში N2)**

ალავერდის ქვევრის ნატეხი (ნიმუში N10) სამშრიანია. შუა შრე მუქი ნაცრისფერია, შიდა და გარე თხელი ზედაპირები კი მოწითალო ფერისაა. აქვს თეთრი ფერის ჩანართები. მარილმჟავაზე არ რეაგირებს. ძირითადი თიხოვანი მასა გამომწვარია. შემავსებელში მინერალების და ქანების ნატეხებია. მინერალებიდან ჭარბობს კვარცი, გვხვდება ამფიბოლებიც. ქანების ნატეხები წარმოდგენილია თიხაფიქალებით, ქვიშაქვებით, გვხვდება კვარციტებიც, ქანის ზოგიერთი ნატეხი თიხა მინერალითაა ჩანაცვლებული. არის სიცარიელებიც. შემავსებელ მასალაში მცირე ზომის მინერალები და

საშუალო და დიდი ზომის ქანების ნატეხებია. მინერალურ შედგენილობაში ჭარბობს პლაგიოკლაზები და კვარცი, ზოგიერთი კვარცის ნატეხი ტალღური ჩაქრობით ხასიათდება. გვხვდება მადნეული მინერალებიც და დიდი რაოდენობით სიცარიელები. ქანების ნატეხები, ძირითადად, კვარციტებითაა წარმოდგენილი, რომელთა უმეტესობა თიხითაა ჩანაცვლებული. ზოგიერთი ნატეხი ძალიან წვრილმარცვლოვანია.



**ნახაზი 12. იყალთოს ქვევრის ფრაგმენტი (ნიმუში N17; N15)**

ვიზუალურად იყალთოს სამონასტრო კომპლექსის ქვევრის ნატეხი (ნიმუში N15) ერთშრიანი მოწითლო ფერისაა. შეიმჩნევა თეთრი ფერის ჩანართები და სიცარიელები. მარილმჟავაზე რეაგირებს მხოლოდ გარე და შიდა ზედაპირები. ძირითადი თიხოვანი მასა კარგადაა გამომწვარი. შემავსებელი უმეტესად, მცირე ზომის მინერალები და დიდი ზომის ქანების ნატეხებია. მინერალურ შედგენილობაში ჭარბობს კვარცი, რომელიც ხშირად ტალღური ჩაქრობით ხასიათდება, მინდვრის შპატებიდან გვხვდება პლაგიოკლაზები, აგრეთვე, ქარსები. ქანების ნატეხები კვარციტები და ქვიშაქვებია, არის კაჟის ნატეხებიც. შეიმჩნევა მადნეული ჩანართები და სიცარიელებიც.

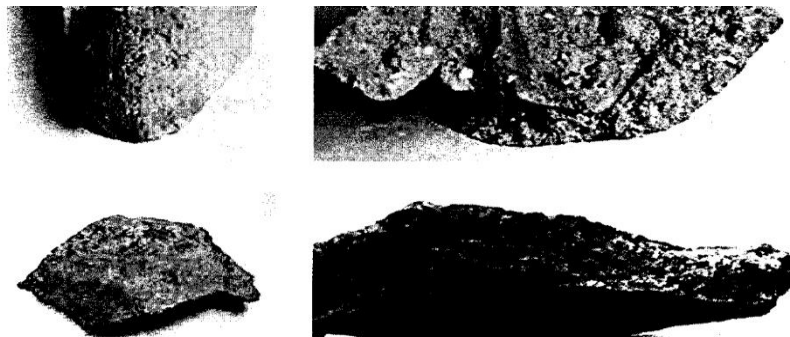
ვიზუალურად იყალთოს სამონასტრო კომპლექსის ქვევრის ნატეხი (ნიმუში N16) ერთშრიანი მოწითალო ფერისაა. შეიმჩნევა სიცარიელები და თეთრი ჩანართები. მარილმჟავაზე აქტიურად რეაგირებს. ძირითადი თიხოვანი მასა კარგადაა გამომწვარი. შემავსებელში როგორც მინერალები, ისე ქანების ნატეხებია. მინერალებიდან ჭარბობს პლაგიოკლაზები, რომლებიც ზოგჯერ პოლისინთეტურადაა შემრჩობლებული, გვხვდება კვარცი, ბევრია კარბონატული მინერალები. ქანების ნატეხებიდან ქვიშაქვები და კაჟის

ნატებია, მათი დიდი ნაწილი კარბონატებითა და რკინის ჰიდროქსიდებითაა ჩანაცვლებული. არის სიცარიელები და მადნეული მინერალები.

ვიზუალურად იყალთოს ქვევრის ნატები (ნიმუში N17) ერთშიანი მოწითალო ფერისაა. შეიმჩნევა სიცარიელები და სხვადასხვა ზომის ჩანართები. ძირითადი მასა გამომწვარია. მრავლადაა შემავსებელი, მინერალურ შედგენილობაში ჭარბობს კვარცი, რომელიც ხშირად ტალღური ჩაქრობით ხასიათდება, პლაგოზები პოლისინთეტიკური მარცვლებითაა წარმოდგენილი, გვხვდება ქარსებიც. ქანების ნატეხები თიხაფიქალები და კვარციტებია. გვხვდება კაჟის ნატეხებიც. შეინიშნება სიცარიელებიც.

რენტგენოგრაფიული ანალიზით იყალთოს სამონასტრო კომპლექსის ქვევრის ნიმუშში შემდეგი მინერალური ფაზებია: კვარცი 20%, Ca-Na მინდვრის შპატი - 15-20%. ქარსები და რკინის ჟანგები - კვალის დონეზე დანარჩენი - რენტგენომორფული და დისპერსიული ფაზა.

იყალთოს ქვევრის ნატები (ნიმუში N18) ერთშიანი მოწითალო ფერისაა. შეიმჩნევა სიცარიელები და თეთრი ფერის სხვადასხვა ზომის ჩანართები. მარილმჟავაზე არ რეაგირებს. ძირითადი თიხოვანი მასა გამომწვარია. შემავსებელი წარმოდგენილია მინერალებისა და ქანების ნატეხებით. მინერალურ შედგენილობაში ჭარბობს კვარცი და პლაგიოკლაზები. დამორჩილებული რაოდენობითაა ქარსები. ქანების შედგენილობაში ქვიშაქვები და კვარციტებია, არის სიცარიელებიც. ქანის ნატეხები ხშირად თიხოვანი მასითაა ჩანაცვლებული.



ნახაზი 13. იყალთოს ქვევრის ფრაგმენტი (ნიმუში N18);  
ძველი შუამთის ქვევრის ფრაგმენტები (ნიმუში 15)

ძველი შუამთის მონასტრის ქვევრის ნატეხი (ნიმუში N19) მუქი ნაცრისფერია. გარე თხელი ფენა მოწითალოა. აქვს თეთრი ჩანართები, მარილმჟავაზე არ რეაგირებს. ძირითადი მასა ამომწვარია. შემავსებელში მინერალებისა და ქანების ნატეხებია. მინერალები წარმოდგენილია კვარცითა და პლაგიოკლაზებით, ქანების ნატეხები კი – დიდი ზომის თიხაფიქალებით, კვარციტებითა და ქვიშაქვებით. გვხვდება სიცარიელებიც.

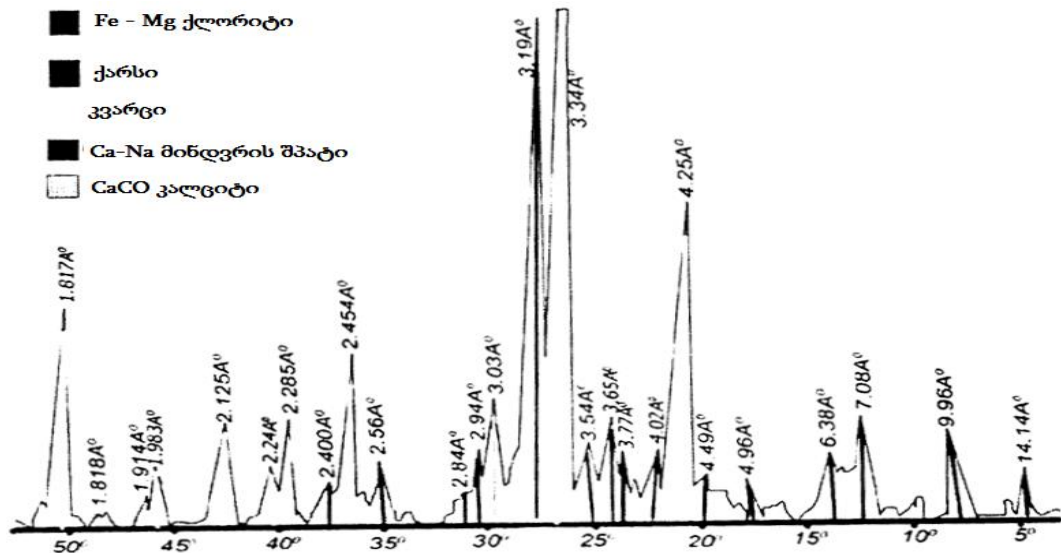
რენტგენოგრაფიული ანალიზით ძველი შუამთის მონასტრის ქვევრის ნიმუშში შემდეგი მინერალური ფაზებია: კვარცი – 20 %; Ca-Na მინდრის შპატი - 5-10%, ქარსები და რკინის ჟანგები - კვალის დონეზე. დანარჩენი - რენტგენოამორფული და დისპერსიული ფაზა.

ძველი შუამთის მონასტრის ქვევრის ნატეხი (ნიმუში N20) სამშრია. შუა შრე მუქი ნაცრისფერია. გარე და შიდა თხელი ზედაპირები მოწითალო ფერისაა. აქვს დიდი ზომის ჩანართები. მარილმჟავაზე არ რეაგირებს. ძირითადი მასა გამომწვარია მეტ-ნაკლებად. შემავსებელში მინერალებისა და ქანების ნატეხებია. მინერალურ შედგენილობაში ჭარბობს პლაგიოკლაზები, კვარცი, გვხვდება ძარღვის კვარცი და ძარღვის კალიუმის მინდრის შპატები. ქანების ნატეხებიდან კი - ასპიდური ფიქლები, ქვიშაქვები, კვარციტები, ეფუზიური ქანების ნატეხები. ზოგიერთი ნატეხი ძალიან წვირმარცვლოვანია.

ქვევრების ნიმუშების შემადგენელი ნედლეულის რაობისა და წარმომავლობის დასადგენად გამოკვლეულია ვარდისუბნის კარიერის ნედლეული და მდინარე დურუჯის ხეობის ნატანი მასალა.

ვარდისუბნის კარიერის ნედლეულით 2016 წელს დამზადებული ქვევრის ნატეხების ნიმუში (ნიმუში 15-ქ) შემდეგი მინერალური ფაზებია: კვარცი 30%; K-Na მინდრის შპატები – 10 %; მონტმორილონიტი – 7-10; ჰემატიტი – 5%; დანარჩენი რენტგენოამორფული ფაზებია. ქვევრის ნიმუშში მონტმორილონიტის ფაზები - 7-10; ჰემატიტი - 5%; დანარჩენი რენტგენოამორფული ფაზებია. ქვევრის ნიმუშში მონტმორილონიტის ფაზების არსებობა მუთითებს ქვევრის გამოწვის პროცესის ნაკლოვანებებზე, კერძოდ

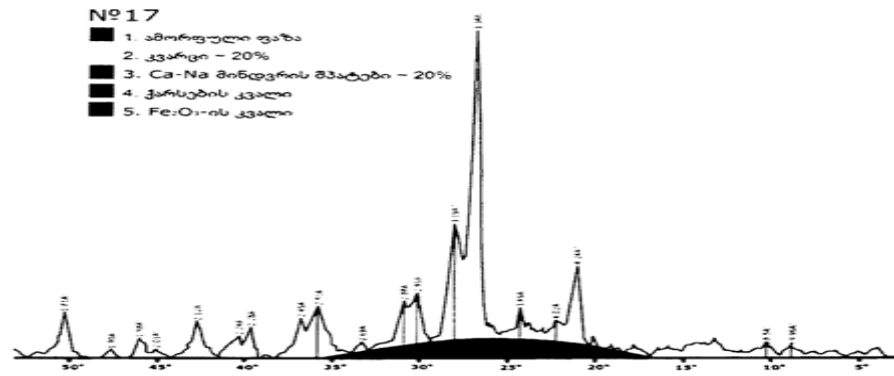
გამოწვის პროცესი ბოლომდე არ არის მიყვანილი და, საერთოდ, 890-950°C ტემპერატურაზეა გამომწვარი, რაზეც ნიმუშში მონტმორილონიტის კრისტალური ფაზის არსებობა მიუთითებს.



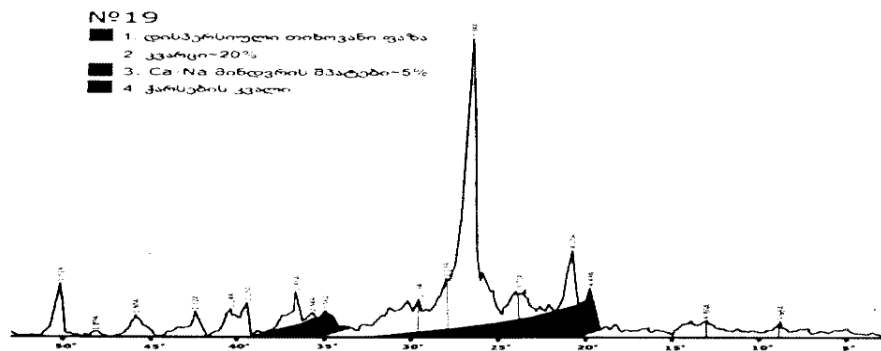
ნახაზი 14. მდინარე დურუჯის ხეობის ნატანი მასალის ნიმუშის (NX-285) რენტგენოფაზური ანალიზის რენტგენოგრამა

მდინარე დურუჯის ხეობის ნატანი მასალა სუსტად რეაგირებს მარილმჟავაზე. შემავსებელი წარმოდგენილია როგორც მინერალების, ისე ქანები ნატეხებით. მინერალებიდან, ძირითადად, კვარცი და პლაგიოკლაზებია, გვხვდება ქარსებიც და ქლორიტებიც. მცირე რაოდენობით ფიქსირდება კალციტი. ქანების ნატეხები, ძირითადად, თიხაფიქალები და ქვიშაქვებია. ზოგჯერ ნატეხები ნაწილობრივ რკინის ჰიდროქსანგებითაა გადაფარული.

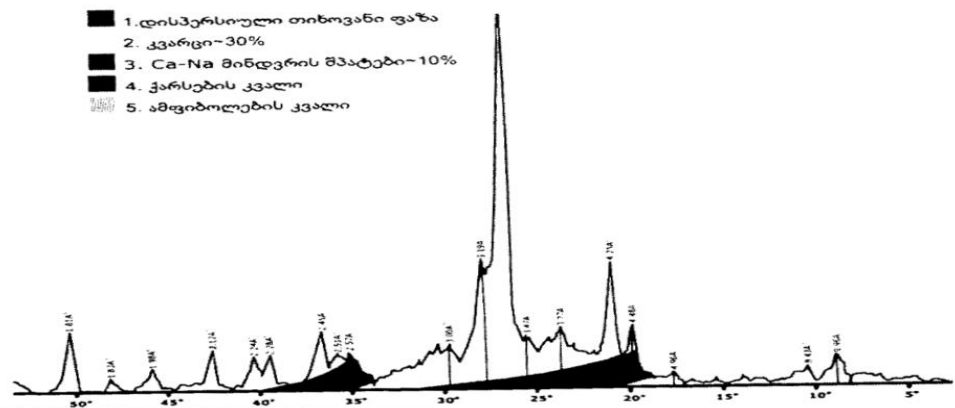
რენტგენოფაზური ანალიზით მდინარე დურუჯის ხეობის ნატანი მასალიდან აღებული ნიმუშში შემდეგი მინერალური ფაზებია: კვარცი (4,25Å; 3,34Å, 1,817 Å), Ca-Na მინდვრის შპატები (4,02Å, 3,19 Å), კალციტი (3,03 Å) და ქარსები (9,96Å, 4,96 Å).



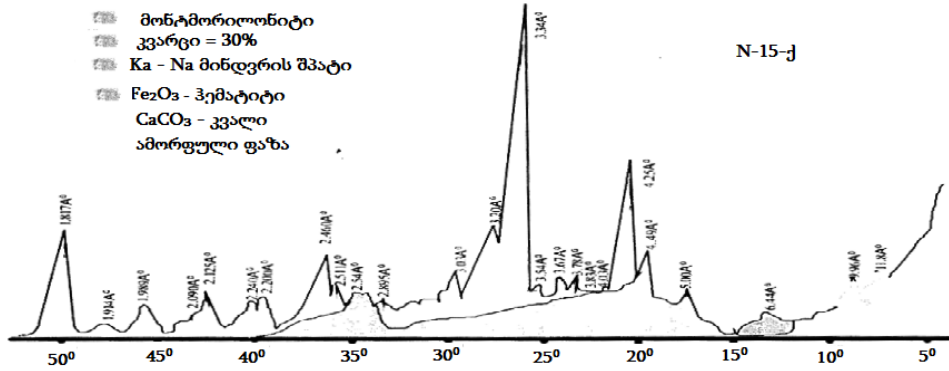
ნახაზი 15. იყალთოს ქვევრის ფრაგმენტის (ნიმუში N17) რენტგენოსტრუქტურული ანლიზის რენტგენოგრამა



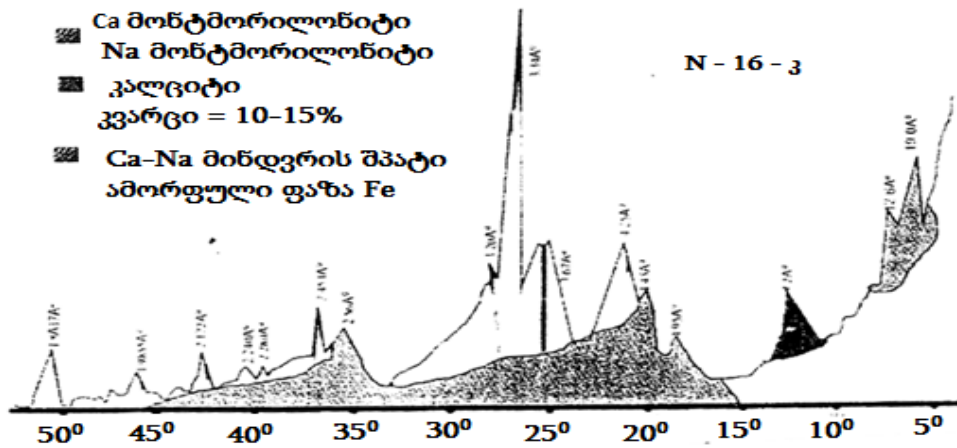
ნახაზი 16. შუამთის ქვევრის ფრაგმენტის (ნიმუში N19) რენტგენოსტრუქტურული ანლიზის რენტგენოგრამა



ნახაზი 17. ალავერდის ქვევრის ფრაგმენტის (ნიმუში N4) რენტგენოსტრუქტურული ანლიზის რენტგენოგრამა



ნახაზი 18. ვარდისუბნის (ნიმუში N15)კარიერის ნედლეულის ნიმუშის რენტგენოფაზური ანალიზის რენტგენოგრამა



ნახაზი 19. ვარდისუბნის კარიერიდან აღებული ნიმუშის რენტგენოფაზური ანალიზის რენტგენოგრამა

ამრიგად, ჩატარებული კვლევის შედეგად გამოვლინდა, რომ ალავერდის, იყალთოსა და შუამთის მონასტრებისა ქვევრების ნატეხების ნიმუშებში მსგავსი ქიმიური და მინერალური შედგენილობით ხასიათდება. ეს გვაძლევს შესაძლებლობას დავასკვნათ, რომ ამ ქვევრების დამზადებისათვის

გამოყენებული ნედლეული იდენტურია. ნედლეულად, ძირითდად, მდინარე დურუჯის ხეობიდან აღებული ნატანი მასალა გამოყენებული, რასაც, სავარაუდოდ, ადგილობრივად მოძიებული მასალაც აქვს დამატებული. რაც შეეხება ვარდისუბნის კარიერის ნედლეულს, ამ ქვევრების დამზადებისათვის ეს მასალა არ არის გამოყენებული, რადგანაც ვარდისუბნის კარიერის ნედლეულში K-Na მინდვრის შპატები ვხვდება, შესწავლილი ქვევრების ნიმუშებში კი Ca-Na მინდვრის შპატები.

თანამედროვე ქვევრები. ვარსისუბანი- 40, იყალთო- 40, პენზა - 20  
(კაზმიN1).

მაკროსკოპულად ნიმუში მოწითალო (აგურისფერი) ფერით ხასიათდება. მასალის ტექსტურა მასიურია, ვიზუალურად არ იდენტიფიცირდება სხვადასხვა ზომისა ფერის ჩანართები, ნიმუში მარილმჟავაზე არ რეაგირებს.

მიკროსკოპში ნათლად გაირჩევა ორგვარი მასალა, ერთი წარმოდგენილი სხვადასხვა შედგენილობის კლასტური ფორმის მარცვლებით, ხოლო ამ მასალის შემაკავშირებელი ნივთიერებით.

თიხვანი პელიტური სტრუქტურის შემაკავშირებელი მასა ოპტიკურად არააქტიურია (იზოტროპიულია), რაც გამოწვეულია მასალის თერმული დამუშავების დროს თიხური ფრაქციის მინისებრ, ამორფულ მასაში, გადასვლით. უნდა აღინიშნოს, რომ ნიმუში ძირითადი მასის შეცხოების მხრივ ერთგვაროვანია, არ აღინიშნება ოპტიკურად აქტიური უბნები, რაც მასში საწყისი თიხური ნივთიერების ფრაგმენტების არსებობას გამორიცხავს. თიხური მასის მინერალური შედგენილობის შესახებ საუბარი მხოლოდ პოლარიზაციული მიკროსკოპის საშუალებით ძალზედ რთული და პირობითია, ამდენად ამ საკითხის დაზუსტება მოითხოვს ნიმუშის რენტგენოსტრუქტურულ კვლევას.

ნიმუშში არსებული მეორე მასალა წარმოდგენილია სხვადასხვა ზომის, კლასტური მორფოლოგიის მქონე ქანისა (ლითოკლასტური მასალა) და ცალკეული მინერალების ფრაგმენტების ნატეხებით (კრისტალოკლასტური მასალა).

მინერალურ შედგენილობაში ჭარბობს პლაგიოკლაზი, რომელიც მეტწილად მეორადი მინერალებითაა ჩანაცვლებული (სოსურიტული თიხური მასა, სერიციტი), ზოგჯერ პოლისინთეტურად შემრჩობლებული, იშვიათად გვხვდება ამფიბოლის მარცვლები, ქარსი გვხვდება, როგორც ცალკეული ფირფიტების სახით, ასევე ძირითად თიხურ მასაში ქერცლების სახით.

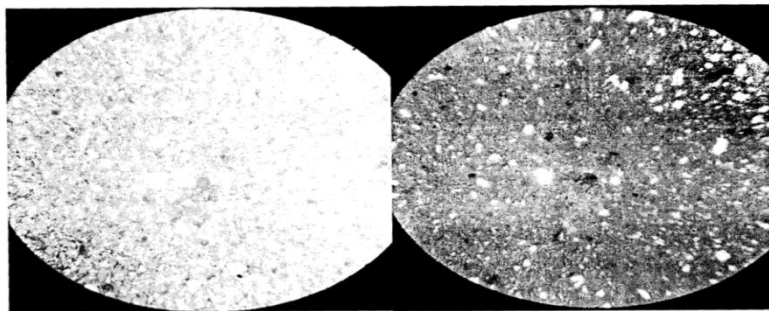
ნიმუშში ძალიან მცირე რაოდენობით არსებული კვარცი მაღალი რელიეფით ხასიათდება და მცირე ( $< 0,01$  მმ) ზომის ნამსხვრევებითაა



წარმოდგენილი, უნდა აღინიშნოს, რომ ზოგიერთი მათგანი დაბზარულია და ჩაქრობია მეტად ამღვრეული აქვთ, რაც სავარაუდოდ თერმული ზემოქმედების შედეგად უნდა იყოს ფორმირებული. ნიმუშში აღინიშნება პირიტის ერთეული ჩანაწინწკლები.

ქანში არსებული ლითოკლასტური მასალა წარმოდგენილია ორგვარი სახესხვაობით. ერთი ამკარა მეტწილად იზოტროპული, ფოროვანი, რკინის მეორადი მინერალებით ძლიერ გაჯერებული წარმონაქმნები, რომლებშიც ძალზედ იშვიათად დაიკვირვება მინის დევიტრიფიკაციის შედეგად წარმოქმნილი ოპტიკურად აქტიური უბნები. ასეთი მასალა ნიმუშში არაუმეტეს 30% ის განაწილებით გვხვდება. ძალზედ იშვიათად ნიმუშში არსებულ ამგვარ ჩანართსა და შემაკავშირებელ თიხურ მასას შორს დაიკვირვება მიკრობზარები, რაც შემაკავშირებელია მასის თერმულად დამუშავების დროს მასალის შეკლების შედეგად უნდა იყოს ფორმირებული.

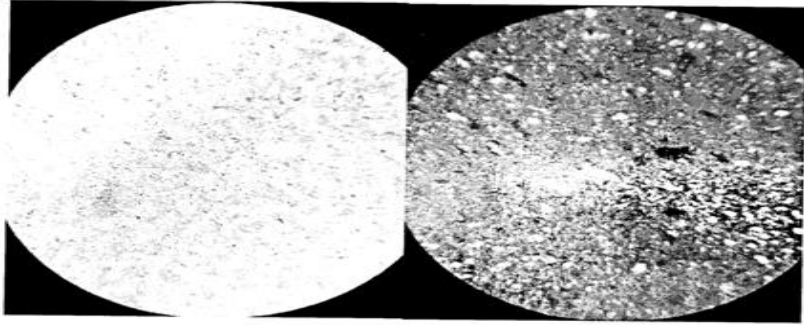
მეორე სახის ლითოკლასტური მასალა წარმოდგენილია ეფუზიური, აფანიტური ვულკანური ქანის მცირე ნატეხებით, უნდა აღინიშნოს, რომ ამგვარი ნატეხები ძალზედ მცირე გრანულომეტრიით და მცირე პროცენტული გავრცელებით ხასიათდება.



**ნახაზი 20. ნიმუშის მიკროფოტო 135x (კაზმი1)**

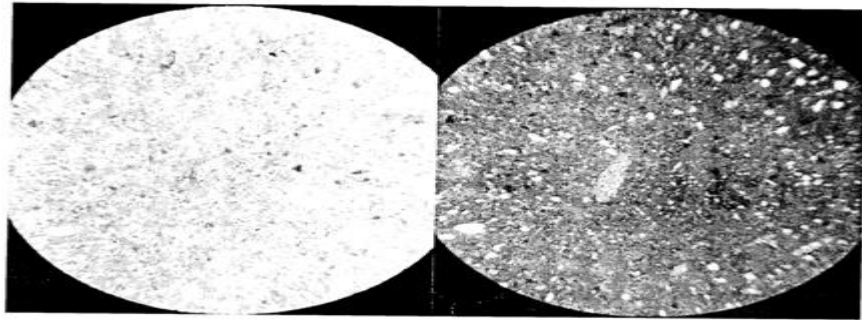
ჩანს ნიმუშის წვრილმარცვლოვანი კლასტური ჩანართები და შემაცემენტებელი ოპტიკურად არააქტიური, იზოტროპული თიხური მასა. ცენტრალური არეში გაირჩევა წიდის ლითოკლასტური ჩანართი

ნიმუშში მეორადი კარბონატული მინერალები არ ფიქსირდება. ძალზედ იშვიათად, დაკვირვება თაბაშირის დეჰიდრატაციის პროდუქტების ერთეული რომბოიდული კრისტალები.



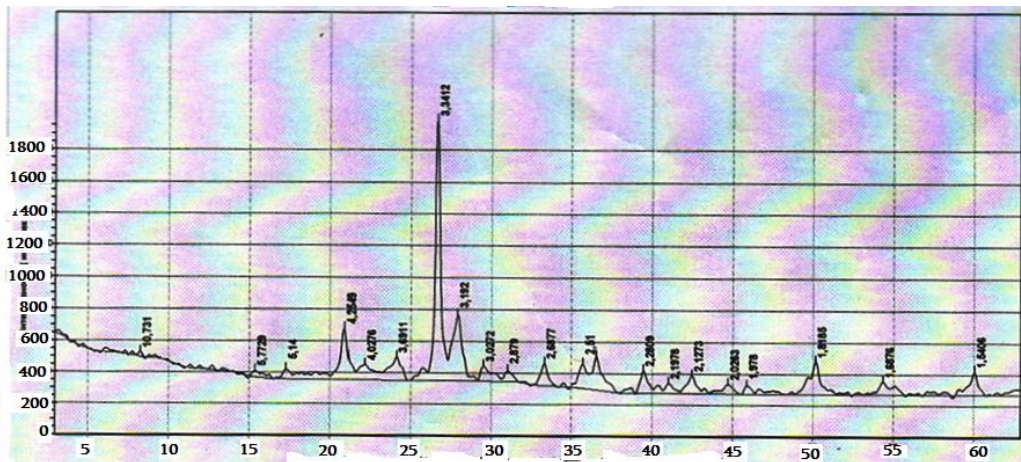
ნახაზი 21. ნიმუშის მიკროფოტო 135x (კაზმი 1)

ჩანს ნიმუშის წვრილმარცვლოვანი კლასტური ჩანართები და შემაცემენტებული ოპტიკურად არააქტიური, იზოტროპული თიხური მასა. თეთრიდან მონაცრიდფრო შეფერვის მინერალები წარმოდგენილია პლაგიოკლაზით და კვარცით. ცენტრალური არეში გაირჩევა რკინის მეორადი მინერალებით ჩანაცვლებული წიდის ლითოკლასტური ჩანართი.



ნახაზი 22. ნიმუშის მიკროფოტო 135x(კაზმიN1)

ჩანს ნიმუშის წვრილმარცვლოვანი კლასტური ჩანართები და შემაცემენტებული ოპტიკურად არააქტიური, იზოტროპული თიხური მასა. თეთრიდან მონაცრიდფრო შეფერვის მინერალები წარმოდგენილია პლაგიოკლაზით და კვარცით. ცენტრალური არეში გაირჩევა რკინის მეორადი მინერალებით ჩანაცვლებული წიდის ლითოკლასტური ჩანართი.



ნახაზი 23. რენტგენოგრამა (ქვევრის კაზმი N1)

1. ამორფული ფაზა
2. კვარცი – 4,254; 3,3401; 2,454; 2,279; 2,1261; 1,9853,1; 8179 Å.
3. მინდვრის შპატი – 6,45; 4.0359; 3,1956 Å (Ca-Na მინდვრის შპატი)
4.  $\alpha$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – ჰემატიტი – 3,6845; 2,5084 Å.

კაზმი N2 ვარდისუბანი - 45; იყალთო - 40; პერლიტი - 15

მიკროსკოპული შესწავლით არსებითად იდენტურია N1-ისა. მათ შორის ძირითადი კომპონენტების შედგენილობაში განსხვავება არ ვლინდება.

მიკროსკოპულად ნიმუში მოწითალო (აგურისფერი) ფერით ხასიათდება. მასალის ტექსტურა მასიურია, ვიზუალურად არ იდენტიფიცირდება სხვადასხვა ზომისა და ფერის ჩანართები ნიმუში მარილმჟავაზე არ რეაგირებს.

მიკროსკოპში ნათლად გაირჩევა ორგვარი მასალა, ერთი წარმოდგენილია სხვადასხვა შედგენილობის კლასტური ფორმის მარცვლებით ხოლო მეორე ამ მასალის შემაკავშირებელი ნივთიერებით.

თიხვანი პელიტური სტრუქტურის შემაკავშირებელი მასა ოპტიკურად არააქტიურია (იზოტროპულია), რაც გამოწვეულია მასალის თერმული დამუშავების დროს თიხური ფრაქციის მინისებრ, ამორფულ მასაში, გადასვლით. უნდა აღინიშნოს, რომ ნიმუში ძირითადი მასის შეცხოების მხრივ ერთგვაროვანია, არ აღინიშნება ოპტიკურად აქტიური უბნები, რაც მასში საწყისი თიხური ნივთიერების ფრაგმენტების არსებობას გამორიცხავს. თიხური მასის მინერალური შედგენილობის შესახებ საუბარი მხოლოდ პოლარიზაციული მიკროსკოპის საშუალებით ძალზედ რთული და პირობითია, ამდენად ამ საკითხის დაზუსტება მოითხოვს ნიმუშის რენტგენოსტრუქტურულ კვლევას.

მიკროსკოპში ნათლად გაირჩევა ორგვარი მასალა, ერთი წარმოდგენილია სხვადასხვა შედგენილობის კლასტური ფორმის მარცვლებით ხოლო მეორე ამ მასალის შემაკავშირებელი ნივთიერებით.

თიხვანი პელიტური სტრუქტურის შემაკავშირებელი მასა ოპტიკურად არააქტიურია (იზოტროპულია), რაც გამოწვეულია მასალის თერმული დამუშავების დროს თიხური ფრაქციის მინისებრ, ამორფულ მასაში,

გადასვლით. უნდა აღინიშნოს, რომ ნიმუში ძირითადი მასის შეცხოების მხრივ ერთგვაროვანია, არ აღინიშნება ოპტიკურად აქტიური უბნები, რაც მასში საწყისი თიხური ნივთიერების ფრაგმენტების არსებობას გამოორიცხავს. თიხური მასის მინერალური შედგენილობის შესახებ საუბარი მხოლოდ პოლარიზაციული მიკროსკოპის საშუალებით ძალზედ რთული და პირობითია, ამდენად ამ საკითხის დაზუსტება მოითხოვს ნიმუშის რენტგენოსტრუქტურულ კვლევას.

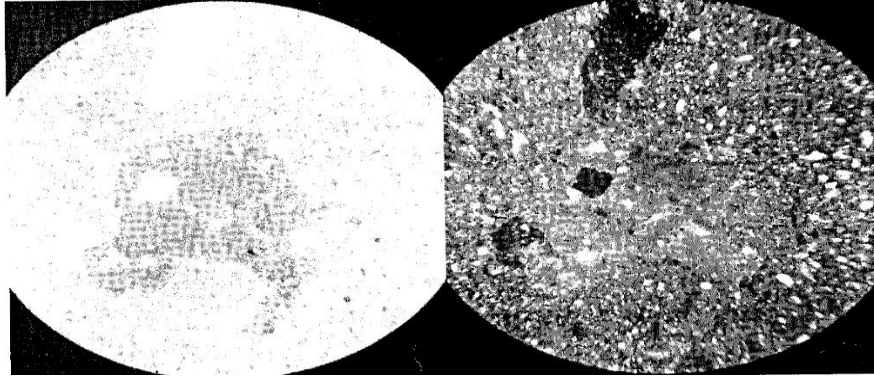
ნიმუშში არსებული მეორე მასალა წარმოდგენილია სხვადასხვა ზომის, კლასტური მორფოლოგიის მქონე ქანისა (ლითოკლასტური მასალა) და ცალკეული მინერალების ფრაგმენტების ნატეხებით (კრისტალოკლასტური მასალა).

მინერალურ შედგენილობაში ჭარბობს პლაგიოკლაზი, რომელიც მეტწილად მეორადი მინერალებითაა ჩანაცვლებული (სოსურიტული თიხური მასა, სერიციტი), ზოჯერ პოლისინთეტურად შემრჩობლებული, იშვიათად გვხვდება ამფიბოლის მარცვლები, ქარსი გვხვდება, როგორც ცალკეული ფირფიტების სახით. ასევე ძირითად თიხურ მასაში ქერცლების სახით.

ნიმუშში ძალიან მცირე რაოდენობით არსებული კვარცი მაღალი რელიეფით ხასიათდება და მცირე ( $< 0,01$  მმ) ზომის ნამსხვრევებითაა წარმოდგენილი, უნდა აღინიშნოს, რომ ზოგიერთი მათგანი დაბზარულია და ჩაქრობია მეტად ამღვრეული აქვთ, რაც სავარაუდოდ თერმული ზემოქმედების შედეგად უნდა იყოს ფორმირებული. ნიმუშში აღინიშნება პირიტის ერთეული ჩანაწინწკლები.

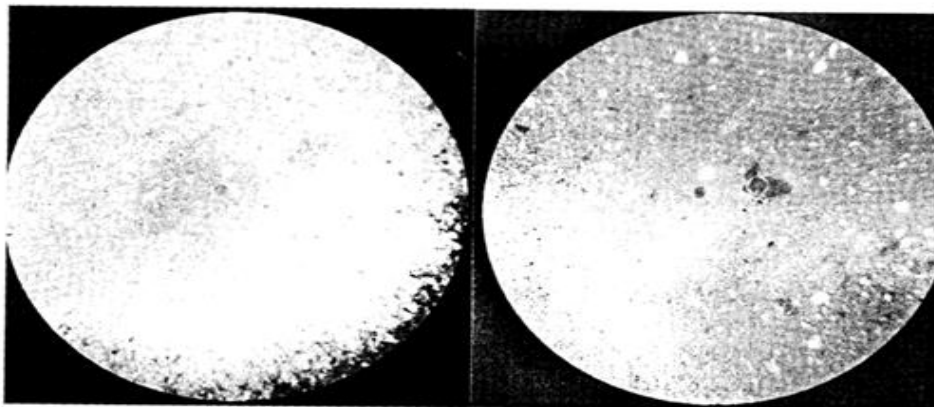
ქანში არსებული ლითოკლასტური მასალა წარმოდგენილია ორგვარი სახესხვაობით. ერთი ნაწილი დაიკვირვება  $0,1$  მმ ზომის ლითოკლასტური (ვიტროკლასტური) ჩანართების სახით, რომლებიც მთლიანად ოპტიკურად არააქტიურია, მთლიანად იზოტროპულია და არ ამჟღავნებს ინტერფერენციის თვისებებს. ჩანართები სავარაუდოდ ვულკანური ქანის, პერლიტის თერმული გარდაქმნის (აფუების) შედეგად უნდა იყოს ფორმირებული.

ასეთი მასალა ნიმუშში არაუმეტეს 20% ის განაწილებით გვხვდება. ძალზედ იშვიათად ნიმუშში არსებულ ამგვარ ჩანართსა და შემაკავშირებელ თიხურ მასას შორის დაიკვირვება მიკრობზარები, რაც შემკვრელი მასის თერმულად დამუშავების დროს მასალის შეკრების შედეგად უნდა იყოს ფორმირებული.



**ნახაზი 24. ნიმუშის მიკროფოტო 135x (კაზმი 2)**

ჩანს ნიმუშის წვრილმარცვლოვანი კლასტური ჩანართები და შემაცემენტებელი ოპტიკურად არააქტიური, იზოტროპული თიხური მასა. თეთრიდან მონაცრისფრო შეფერვის მინერალები წარმოდგენილია პლაგიოკლაზით და კვარცით. ცენტრალური არეში გაირჩევა რკინის მეორადი მინერალებით ჩანაცვლებული წიდის ლითოკლასტური ჩანართი.



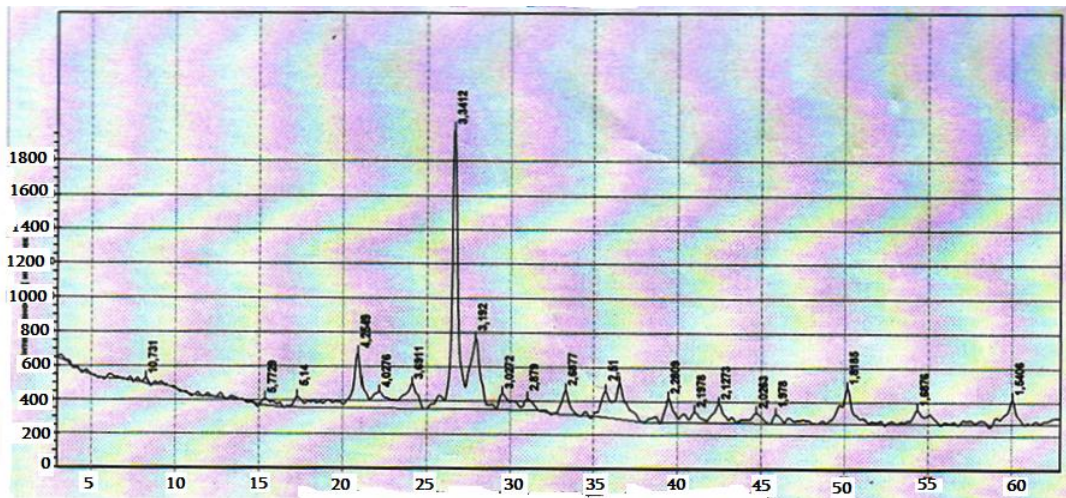
**ნახაზი 25. ნიმუშის მიკროფოტო 135x(კაზმი 2)**

ჩანს ნიმუშის წვრილმარცვლოვანი კლასტური ჩანართები და შემაცემენტებელი ოპტიკურად არააქტიური, იზოტროპული თიხური მასა. თეთრიდან მონაცრისფრო შეფერვის მინერალები წარმოდგენილია პლაგიოკლაზით და კვარცით. ცენტრალური არეში გაირჩევა რკინის მეორადი მინერალებით ჩანაცვლებული წიდის ლითოკლასტური ჩანართი



ნიმუშში მეორადი კარბონატული მინერალები არ ფიქსირდება. ძალზედ იშვიათად, დაკვირვება თაბაშირის დეჰიდრატაციის პროდუქტების ერთეული რომბოიდული კრისტალები.

მეორე სახის ლითოკლასტური მასალა წარმოდგენილია ეფუზიური, აფანიტური ვულკანური ქანის მცირე ნატეხებით, უნდა აღინიშნოს, რომ ამგვარი ნატეხები ძალზედ მცირე გრანულომეტრიით და მცირე პროცენტული გავრცელებით ხასიათდება.



ნახაზი 26. რენტგენოგრამა (ქვევრის კაზმი N2)

1. ამორფული ფაზა
2. კვარცი – 4,254; 3,3412,2; 2,454; 2.2809, 2.127,1.978, 1.8185 Å.
3. მინდვრის შპატი – 4.0276, 3.192,2. 1978 Å (Ca-Na მინდვრის შპატი)
4.  $\alpha$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – ჰემატიტი – 3,6911, 2.6877,2.51 Å
5. კალციტის კვალი –3.0272 Å.

**ცხრილი 12. ქვევრის ტექნოლოგიური და ფიზიკურ  
- მექანიკური პარამეტრები**

N	ქვევრის შედგენილობა	საყალიბო ცომის ნორმა- ლური კონსი- სტენცია, %	პლასტიკურობის რიცხვი	საპაე- რო ჩაჯდო- მა %	გამოწვის ტემპე- რატურა, °C	ცეცხლოვა- ნი ჩაჯდო- მა %	სრული ჩაჯდო- მა, %	წყალ- შთანთქ- მა	სიმ- ტკიცის ზღვა- რი კუმშ- ვაზე, კგ/სმ <sup>2</sup>
1	ვარდის სუბნის თიხა- 40	27,4	25,2	7,8	900	2,1	9,9	14,7	910
					950	2,4	10,2	12,4	920
	იყალ თოს თიხა- 40	27,4	25,2	7,8	1000	2,8	10,6	9,5	1210
					1050	3,2	11,0	8,2	1470
	პემზა	27,4	25,2	7,8	1100	3,7	11,5	7,3	1530
2	ვარდის სუბნის თიხა- 45	27,9	25,9	8,2	900	2,2	10,4	14,5	980
					950	2,5	10,7	12,3	1010
	იყალ თოს თიხა- 40	27,9	25,9	8,2	1000	3,0	11,2	9,2	1320
					1050	3,4	11,6	7,2	1580
	პერ- ლიტი	27,9	25,9	8,2	1100	3,8	12,0	7,0	1650

ფორმების ფორმა და შემოწერილობა კერამიკაში კერამიკული ქვევრი მეტ-ნაკლებად ფოროვანი ნაკეთობის კლასტერს მიეკუთვნება. ამიტომ გამომწვარ ქვევრში ფორმების რაოდენობა, ფორმა, ზომა, კეცში თანაბრად განაწილება და სხვ. დიდ გავლენას ახდენს ღვინის ხაროსხზე. განსაკუთრებით გამოვყოფთ თიხის მინერალების ღვინოსთან ინტერაქციას ანუ ქვევრის

ღვინოში გადასული მინერალების სახეობა და რაოდენობა. სამწუხაროდ ქვევრის ფორებთან დაკავშირებული საკითხები დღემდე სათანადოდ არაა შესწავლილი.

საერთოდ კერამიკული მასალის (ქვევრი) საერთო ფორიანობა ანუ ყველა დახურული და ღია ფორების ჯამი ცნობილია, როგორც ჭეშმარიტი ან ნამდვილი ფორიანობა.

$$P_{\text{საერთო}} = P_{\text{დახურული}} + P_{\text{ღია}}$$

საერთო ფორიანობა განისაზღვრება ფორმულით:

$$P_b = \frac{y_{b\beta} - \gamma_{\beta\theta\beta}}{\gamma_{b\beta}} \cdot 100\%$$

$y_{b\beta}$  და  $\gamma_{\beta\theta\beta}$  მასალის ხვედრითი და მოცულობითი წონა მ<sup>2</sup>/სმ

ღია ფორიანობას ზოგჯერ უწოდებენ მოჩვენებით ფორიანობას:

$$P_{\varnothing} = \frac{G_{\beta} - G_{\beta\theta}}{\nu} \cdot 100\%$$

$G_{\beta}$ ,  $G_{\beta\theta}$  – წყლით გაჯერებული მასალის წონა და მშრალ მდგომარეობაში.

დახურული ფორები (ნახ. I). ძირითადად წრიული ფომისაა, წარმოიქმნება კერამიკული ნაკეთობის გამოწვის დროს აირების გაფართოებისას შეცხოების პროცესში, როცა წარმოიქმნება მინისებური ფაზა, ფორები იზოლირებული ხასიათისაა და არ მონაწილეობს სითხის ფილტრაციის პროცესში, ამდენად, ფორომეტრული განსაზღვრისას მასში ვერცხლისწყალი ვერ შედის. ჩაკეტილი ფორების წარმოქმნა ზოგადად შემცხვარი კერამიკული ნაკეთობის დამახასიათებელია, როგორებიცაა ფაიფური, კლინკერი და ა.შ. რაც შეეხება ქვევრს, შედარებით არასრული შეცხოების გამო მათი რაოდენობა კეცში, ჩვენი ვარაუდით მცირეა.

ორივე მხრიდან ღია პირდაპირ არხისებურ ფორებში თავისუფლად გაედინება სითხე (ფლუიდი), რომლის რაოდენობა დამოკიდებულია სითხის სახეობაზე, ფორების ზომაზე კლაკლინობის ხასიათზე და სხვა. ფორის სახეობებია პირდაპირი (ნახ. IIა), ჭიხისებური (კლაკნილი, ნახ. II ბ) და მარყუჟისებური (ნახ. IIბ), ბოლო სახეობები ნაკლები ინტესიობით მონაწილეობს სითხის დინებაში.



ჩიხური ფორები (ნახ. III) ფილტრაციის დროს ავსებენ არხებს, ასევე ფორომეტრული ანგარიშისას ივსება ვერცხლისწყლით, ისინი ზრდიან ღია ფორიანობის მაჩვენებელს, მაგრამ გავლენას ვერ ახდენენ მასალის შეღწევა-დობაზე. ჩიხური ფორები, რომლებიც ღიაა მხოლოდ ერთი მიმართულებით (ბოლოდან), შეიძლება იყოს სხვადასხვა „გეომეტრიული“ ფორმის: პირ-დაპირი არხი (ნახ.IIIა), ჭისებური (ნახ.IIIბ), მარყუჟისებური (ნახ.IIIგ).

ფოროვანი კერამიკის (ქვევრი) თვისებები დამოკიდებულია ყველა ზემოაღნიშნული ტიპის ფორების თვისებებზე, რაც დიდ გავლენას ახდენს ნაკეთობის სტრუქტურაზე, მასში არსებული სითხის ხარისხზე, ინტერაქციის დონეზე სითხესა და ჭურჭლის კედელს შორის და ა.შ.

**დასკვნა.** ქვევრის ფორების პარამეტრებზეა დამოკიდებული თიხის კომპონენტების ღვინოში გადასვლა, თუ რამდენად ხდება (ან არ ხდება) ქვევრიდან ღვინოში სხვადასხვა მინერალი, რამდენად შედის ღვინოსთან რეაქციაში დიდად განსაზღვრავს ღვინის არომატს და გემოს ცვლილებას, ასევე, ქვევრის სიმკვრივე, შოკების მიმართ გამძლეობა და ზოგადი სიმყარე მნიშვნელოვნად იცვლება ფორების გავლენით.

აღსანიშნავია, რომ ღვინის დენადობა ქვევრის კაპილარებში ექვემდებარება პუაზილის კანონს:

$$V_k = \frac{\pi r^4 t (P_1 - P_2)}{8 \eta l}$$

$V_k$  – სითხის მოცულობა გამდინარე ერთ კაპილარში;

$r$  – კაპილარის რადიუსი;

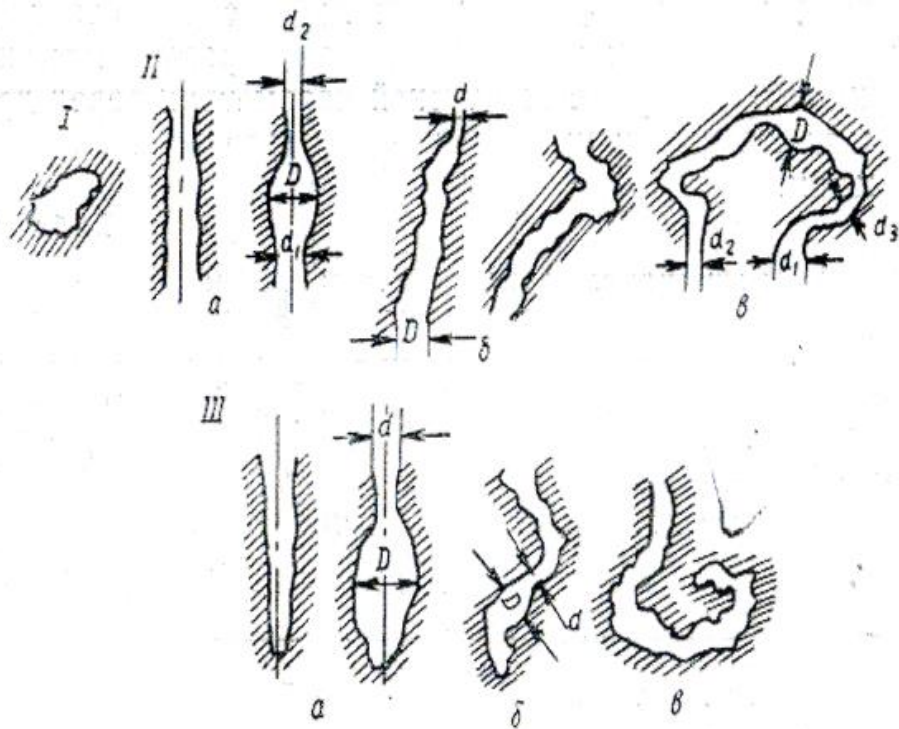
$t$  – დრო;

$P_1$  – წნევა კაპილარის დასაწყისში;

$P_2$  – წნევა კაპილარის ბოლოს;

$l$  – კაპილარის სიგრძე;

$\eta$  – სითხის აბსოლუტური სიბლანტე.



ნახაზი 27. ფორების ფორმა კერამიკაში

I - დახურული ანუ ჩაკეტილი; II - ღია არხისებური; ა-პირდაპირი; ბ-ჭიხისებური (კლავნილი). ბ- მარყუჟისებური, III-ჩიხური ფორები: ა-პირდაპირი; ბ-მარყუჟისებური

ქვევრის შიდა ზედაპირის დაფარვა ბიონანოკოლოიდური წერნაქით შუასაუკუნეებიდან ქვევრის კედლების მაღალფორიანობის გამო სახალხო ოსტატები ახალ ქვევრებს მიწაში ჩადგამდნე 140-150°C-მდნე ახურებდნენ (ან ღუმელიდან გამოტანილი ქვევრის გაციებისას) და შიგნიდან სხვადასხვა ორგანული მასალებით ფარავდნენ (მოგვიანებით იყენებენ თაფლის ცვილს) შედეგად, როგორც მექვევრეები გვეუბნებიან, გამოირიცხება ღვინის გაჟონვა ან გრუნტიდან ქვევრში წყლის შეჟონვა.

იტალიაში, საფრანგეთში, ესპანეთში, გერმანიაში და ღვინის მწარმოებელ სხვა ქვეყნებში ბეტონისა და ლითონისაგან დამზადებულ ღვინის რეზერვუარების, კერამიკული ქვევრების შიგა ზედაპირის დასაფარავად იყენებენ სხვადასხვა ქიმიურ ორგანულ მასალებს, რაც ჩვენი ღრმა რწმენით სანიტარულ-ჰიგიენური ნორმების დარღვევაა, ასევე გავლენას მოახდენს ღვინის ორგანოლექტიკურ თვისებებზე (ფერი, გემო, არომატი და სხვა).

ჩვენ მიერ დამუშავებული ახალი ტექნოლოგიით ცვილის ნაცვლად ქვევრის შიგა ზედაპირს გამოწვამდე პულვერიზაციით ვფარავთ ნანო-კოლოიდური წერნაქით, რომელიც ამკვრივებს ქვევრის შიგა კედელს, ხოლო ნანოფორებს შეუძლია გარდაქმნას 100%-ით ნატურალური ყურძნის წვენში 85% წყალი სამკურნალო (გულსისხლძარღვთა დაავადებების და ავთვისებიანი სიმსივნეების ჩათვლით) თვისებების მქონე 4-ეული სტრუქტურის წყლად, რომლის აღმომჩენია ვაშინგტონის უნივერსიტეტის პროფ. პოლაკი (პოლაკმა აღმოაჩინა მე-4 სტრუქტურის წყალი, რაც შეეხება ქვევრსა და ქვევრის ღვინოს ეს გამოგონების ავტორების იდეა).

- მე-4 სტრუქტურის წყალი, ცოცხალი წყალია, მას დაერქვა „გამორიცხვის ზონა“ ანუ EZ Exchus Zone Water). წყალი იჩენს თხევადი კრისტალის თვისებას, შეუძლია აწარმოოს დენი, მიიღოს და დაამუშაოს ელექტროენერგია, შეიწოვოს ენერგია შემოფარგლული გარემოდან მსგავსად მცენარეებისა, ასევე შეუძლია შეინახოს ენერგია აკუმულატორის მსგავსად. განსხვავება ჩვეულებრივ წყალსა და EZ წყალს შორის ეხება აგრეთვე მათ სტრუქტურას. ტიპიური გამდინარე წყალი  $H_2O$ , მაგრამ მე-4 ფაზა არა  $H_2O$ , არამედ  $H_3O_2$ , უფრო ბლანტი, მოწესრიგებული და ტუტე ხასიათისა, ვიდრე ჩვეულებრივი წყალი და რაც მთავარია გააჩნია უარყოფითი მუხტი (უარყოფითი ელექტრო პოტენციალი). ეს მტკიცება შეიძლება გახდეს პასუხი კითხვაზე - რატომაა ადამიანის უჯრედები უარყოფითი მუხტის მატარებელი, მაშინ როდესაც სასაწავლო სახელმძღვანელოებში საუბარია იმაზე, რომ მიზეზი ამ უარყოფითი ელექტრო პოტენციალისა არის თვით მემბრანა და მასში არსებული იონური არხები. პოლაკი ამტკიცებს, რომ უჯრედები დამუხტულია უარყოფითად იმიტომ, რომ წყალი უჯრედში ძირითადად EZ ფაზაა და არანეიტრალური  $H_2O$ .

ღვინის სამკურნალოდ გამოყენების ტრადიციას, ანუ ენოთერაპიას შორეული საუკუნოვანი წარსული აქვს, რასაც მდიდარი ეთნოგრაფიული წყაროები და მეცნიერული გამოკვლევები ადასტურებენ. ქართულ ხალხურ მედიცინაში ზაზა ფანასკერტელ-ციციშვილის „სამკურნალო წიგნი-

კარაბადინში” უხვადაა აღწერილი ღვინის მრავალმხრივი გამოყენების რჩევები, როგორც პროფილაქტიკური, მასტიმულირებელი და სხვადასხვა დაავადების დროს სამკურნალოდ ქვევრის ღვინოში შემავალი ფენოლური ნაერთები და ფერმენტები ორგანიზმისთვის ძალიან მნიშვნელოვანია, როგორც ანტიოქსიდანტები, ანტიანთებითი და სხვადასხვა პათოლოგიური დაავადებისაგან დამცავი თვისებების მქონე ნივთიერებები, რაც განპირობებულია თიხის ქვევრის შედგენილობაში ბუნებრივ მინერალური ნაერთთა მდიდარი შემცველობით.

დღეს სამეცნიერო პუბლიკაციებში და რიგი ქვეყნების კვლევით ცენტრებში დადგენილი მონაცემებით, ქვევრის ღვინო აღიარებულია, როგორც კვების პროდუქტი და ხარისხის სხვა მაჩვენებლებთან ერთად უმნიშვნელოვანესი როლი ენიჭება ბიოლოგიურად აქტიური ნივთიერებების შემცველობას, როგორცაა პოლიფენოლები, ბუნებრივი ანტიოქსიდანტები: ტოკოფეროლი, ასკოფენის მჟავა, კაროტინი, სელენიუმი და სხვა თავისუფალი რადიკალების „დამჭერი მკვლელები“.

**წერნაქი.** წერნაქს და წერნაქის ტექნიკას ჩვენი შორეული წინაპრები იყენებდნენ 15 ათასი წლის წინათ სხვადასხვა დანიშნულების კერამიკული ნაწარმის დასაფარავად. ეს ტექნიკა დღესაც გამოიყენება. წერნაქის შეჭიდულობა მშრალ, გამოუწვავ ქვევრთან ემყარება მყარი ტანის ზედაპირის წყლით დასველების მოვლენას და დამოკიდებულია შემხები ტანის ზედაპირის წყალთან ურთიერთქმედების თვისებებზე, რომელიც შეიძლება იყოს ჰიდროფილური ან ჰიდროფობური – გამოუწვავი ქვევრი ჰიდროფილურია და ეს თვისება განაპირობებს ნანოწერნაქსა და ქვევრს შორის მტკიცე ადგეზიის უნარს. ქვევრის შიგა ზედაპირი ინტენსიურად ღრმად შეიწოვს ნანოწერნაქს და ამავე დროს ქვევრთან ქმნის გაპრიალებულ ერთგვაროვან ზედაპირს. წერნაქი ქვევრთან გამოწვის პროცესში ხელს უწყობს შეცხოების პროცესს, რაც მკვეთრად განასხვავებს ჩვეულებრივ წერნაქს ნანოწერნაქისაგან, რომელსაც ვღებულობთ განსაკუთრებული ტექნოლოგიით.

ნანოტექნოლოგია მეცნიერების ახალი მიმართულებაა, რომელსაც ხშირად უწოდებენ „მაღალ ტექნოლოგიებს“, ემყარება სამეცნიერო და ექსპერიმენტულ საფუძვლებს და აერთიანებს ფიზიკას, ქიმიას, ბიოლოგიას, მედიცინას და სხვა დარგებს. მოვიყვან ჩვენი პრაქტიკული მუშაობიდან ერთ საინტერესო ფაქტს – ფირუზისფერი მხატვრული მინანქარი ნანო-მდგომარეობაში გვამღევს წითელ ფერს.

ტექნიკურ უნივერსიტეტში მრავალწლიანი კვლევების შედეგად გამოვლენილია რიგი ბიოლოგიურად აქტიური ნივთიერებისა სხვადასხვა სფეროში გამოყენების მიზნით: მედიცინა, მინერალოგია, მეღვინეობა, კვება, ფარმაცოლოგია, ვეტერინარია და სხვა. ერთ-ერთი ასეთი ბუნებრივი მასალაა ბენტონიტი (საქართველოში 100-მდე საბადოა), რომელსაც თამამად შეიძლება ვუწოდოთ დედაბუნების გულუხვი საჩუქარი, ღმერთების ნაბოძარი (შუმერები), სასწაულმოქმედი თიხა (აკად. თ. ოფჩარენკო), 100 დაავადების მკურნალი (ქართველი და საზღვარგარეთელი ექიმების დიდი ჯგუფი).

მონტმორილონიტი და მისი ჯგუფის მინერალები: ბეიდელიტი, ნონტრონიტი, საპონიტი, პიროფილიტი აღჭურვილი არიან მკვეთრად გამოხატული კოლოიდურ - ქიმიური თვისებებით: პეპტიზაცია, კოაგულაცია, ადსორბცია, იონცვლა და ა.შ. ბენტონიტის სამკურნალო თვისებები ადამიანმა ისწავლა უძველეს დროში. პირველი დამოწმებული ცნობები, ბენტონიტის მედიცინაში აბების სახით მესოპოტამიაში გამოყენების შესახებ, დათარიღებულია 2500 წელი ჩვ. ერამდე. დამტკიცებულია, რომ ძველი ეგვიპტელები ბენტონიტს იყენებდნენ ბალზამირებაში, რაც ამტკიცებს მის ძლიერ ანტიბაქტერიულ თვისებებს, რეცეპტები მოცემულია ეგვიპტურ პაპირუსებში. მოიხსენიებს ბენტონიტს, როგორც სამკურნალო საშუალებას ძველი დროის გამოჩენილი ექიმი ჰიპოკრატე. შუა საუკუნეებში ირანში ექიმების პრინცად წოდებული ავიცენა ცნობილ „საექიმო კანონში“ და მრავალრიცხოვან ტრაქტატებში დაწვრილებით აღწერს ბენტონიტის თვისებებს და მედიცინაში გამოყენების წესის შესახებ. ნიშანდობლივია,

რომ ბენტონიტი იონების სახით შეიცავს 70 -მდე ყველა მაკრო და მიკრო ელემენტს, რომლებიც სასიცოცხლოდ აუცილებელია ადამიანის ორგანიზმისთვის იმ 81 ელემენტიდან, რომელიც აღმოჩენილია ორგანიზმში.

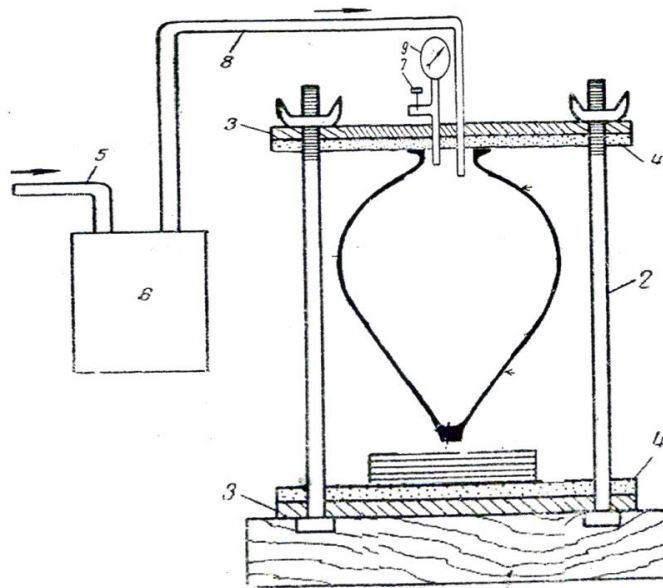
ბუნებრივი მაღალი კოლოიდურობის, ტიქსოტროპულობის, პლასტიკურობის, შემწებავი და სხვა თვისებების გამო ასკანის და ვანის ქედის (ოზურგეთი) ტუტე ბენტონიტები საუკეთესო ნედლეულია ბიონანოკოლოიდური ( $10^{-9}$  –  $10^{-6}$ ) მ წერნაქის მისაღებად. ასკან-გელი მომწვანო ფერისაა, გამშრალი ნატეხები წყალში ინტენსიურად იჯირჯვება, მოცულობა იზრდება 10-15-ჯერ, ხასიათდება წვრილმარცვლოვნობით და წარმოქმნის ჟელატინის მსგავს მასას.

ვიღებთ მშრალი ბენტონიტის 1-5 სმ ზომის ნატეხებს და ვათავსებთ ფრთებიან ამრევში, ვასხავთ ცხელ  $80-100^{\circ}\text{C}$  წყალს (1 კგ თიხაზე 5 ლიტრი წყალი), ვაყოვნებთ 5-6 სთ, შემდეგ ამრევს ვამუშავებთ 3-4 საათს, კვლავ ვაყოვნებთ 4-5 საათს, მეორედ ამრევში პროცესი გრძელდება 5-6 საათი, 24 სთ დაყოვნების შემდეგ ამოვიღებთ სუსპენზიის ზედა 2/3 ნაწილს. არეომეტრით ვამზადებთ მუშა წერნაქს 1,1-1,2 ხვედრითი წონით. გამოწვამდე ქვევრის შიგა ზედაპირი პულვერიზაციით იფარება წერნაქით.

ბიონანოკოლოიდური წერნაქი შეიძლება მივიღოთ ასევე ბენტონიტის (მაკრომასალა) დაწვრილმანებით ბირთვებიან წისქვილში ანუ დისპერგირების მეთოდით, რომელიც ნანონაწილაკების სინთეზის ერთ-ერთი ძირითადი მეთოდია - „ზემოდან ქვემოთ“. წერნაქის არაწონასწორული მეტასტაბილური მდგომარეობის გამო ნანონაწილაკები შეიძლება გადავიდეს კომპაქტური ნივთიერების სტადიაში. იმისათვის, რომ თავიდან ავიცილოთ არასასურველი ეფექტი სისტემაში შეგვყავს სტაბილიზატორი - ფისების მოლეკულური ხსნარი, პოლიმერები, ზედაპირულად აქტიური ნივთიერება და სხვა. აგრეგაციის განსაზღვრულ სტადიაზე სტაბილიზატორი შედის მოქმედებაში - მისი მოლეკულები შემოეკვრება მზარდ ნანონაწილაკებს ყოველი მხრიდან, რაც ეწინააღმდეგება მათ შემდგომ ზრდას მაკროკრისტალების წარმოქმნით.

ამრიგად, ბიონანოკოლოიდური წერნაქით ქვევრის შიგა ზედაპირის დაფარვა გადაწყვეტს ფუნდამენტალური მნიშვნელობის ორ პრობლემას - ღვინოში არსებული 85% წყლის სამკურნალო მე-4 სტრუქტურის წყლად გარდაქმნა და გამოირიცხვა ქვევრის შიგა ზედაპირის დაფარვა ფუტკრის ძვირადღირებული ცვილით (1 ტონა ღვინის ტევადობის ქვევრში იხარჯება 1,5-2,0 კგ ცვილი) ან ქიმიური ორგანული ნივთიერებებით.

დაპროექტებულია ქვევრის მექანიკური სიმტკიცის და კედლების წყალშედწევადობის შესასწავლი დანადგარი, რომელიც ქვევრში ზომავს შიგა ჰიდრავლიკურ წნევას. ვზომავთ შემდეგნაირად: საცდელ ქვევრს ჰერმეტიულად ვხურავთ ორივე მხრიდან და ვაწვდით დაჭირხნულ წყალს 2 ატმ წნევით, ვაყოვნებთ 5 წუთი. თუ ამ ოპერაციის შემდეგ ქვევრი არ გვადლევს ბზარებს, კედლები არ ატარებს სინესტეს და არ გვიჩენებს სხვა რაიმე დაზიანებას, მაშინ ვთვლით, რომ ქვევრმა გაუძლო ამ გამოცდას.



ნახაზი 28. ქვევრის გამოცდა სიმტკიცეზე შიგა ჰიდრავლიკური წნევით

საცდელ ქვევრს (სურ. 4) 1 ვუჭერთ ოთხი ხრახნული მომჭიმავით 2 ორ საყრდენს შორის ლითონის სიბრტყეებზე 3; შეხების ადგილებში ლითონის სიბრტყეზე დაფენილია სქელი ფურცლოვანი ჰერმეტიზაცია; წყალი

მიწოდება ქვევრს წყალსადენი ქსელიდან 5 ტუმბოთი 6; ჰაერის ქვევრიდან თავისუფლად გამოდენისთვის ვალებთ ვენტილს 7 და ვავსებთ ქვევრს წყლით 8 მილიდან; შემდეგ ვაკეტავთ ვენტილს და ვაგრძელებთ ქვევრში დაჭირხნული წყლის მიწოდებას; ვაკვირდებით ქვევრში ჰიდრავლიკურ წნევას მანომეტრით 9.

საცდელ ქვევრს (სურ. 4) 1 ვუჭერთ ოთხი ხრახნული მომჭიმავით 2 ორ საყრდენს შორის ლითონის სიბრტყეებზე 3; შეხების ადგილებში ლითონის სიბრტყეზე დაფენილია სქელი ფურცლოვანი ჰერმეტიზაცია; წყალი მიეწოდება ქვევრს წყალსადენი ქსელიდან 5 ტუმბოთი 6; ჰაერის ქვევრიდან თავისუფლად გამოდენისთვის ვალებთ ვენტილს 7 და ვავსებთ ქვევრს წყლით 8 მილიდან; შემდეგ ვაკეტავთ ვენტილს და ვაგრძელებთ ქვევრში დაჭირხნული წყლის მიწოდებას; ვაკვირდებით ქვევრში ჰიდრავლიკურ წნევას მანომეტრით 9.

მაღალი ხარისხის ქვევრმა ზომიერად შემცხვარი სტრუქტურით, ჩვენი წინასწარი განსაზღვრით უნდა გაუძლოს 4 ატმ ჰიდრავლიკურ წნევას, ქვევრის კედლების წინალობის სიდიდე შიგა ჰიდრავლიკური წნევის მიმართ შეიძლება გამოვსახოთ ფორმულით:

$$R = \frac{P \cdot D}{2l}, \text{ კგძ/სმ}^2$$

სადაც P - შიგა წნევაა მანომეტრის მიხედვით, ატმ

D - ქვევრის შიგა დიამეტრი, მმ

l - ქვევრის კედლის სისქე, მმ

მაგალითად, თუ ქვევრის დიამეტრია 200 მმ, კედლის სისქე 20 მმ და უძლებს შიგა წნევას 4 ატმ-ს მაშინ ქვევრის წინალობა იქნება

$$R = \frac{4 \cdot 200}{2 \cdot 20} = 20 \text{ კგძ/სმ}^2$$

ქვევრის ღვინის დაცვა რადონის რადიაქტიური გაზისა და გეოპათოლოგიური ზონისაგან უკანასკნელ წლებში მსოფლიოს განვითარებულ ქვეყნებში დიდი ყურადღება ენიჭება მიწის ქერქის ზედაპირიდან ამოსული რადონის სხვადასხვა გარემოში გავრცელების საკითხს. რადიაციის ბუნებრივი წყაროებიდან ყველაზე ძლიერია რადონი, რომელიც წარმოიქმნება



ურან 238-ის და თორიუმ 232-ის ბირთვის დაშლის შედეგად, უწყვეტად მოედინება დედამიწის ქერქიდან, ადვილად იხსნება მიწისქვეშა წყლებში, მასთან ერთად ამოდის მიწის ზედაპირზე და შეერევა სხვადასხვა ქანებს. რადონი განსაკუთრებით საშიშია ჩაკეტილ სივრცეში, როგორც ქვევრია. რადონის შესაძლო მოხვედრის ძირითად წყაროს წარმოადგენს ქვევრის გარშემო არსებული გრუნტი. ამიტომ როცა შევარჩევთ ქვევრის მიწაში ჩადგმის ადგილს, აუცილებელია წინასწარ გამოვიკვლიოთ პერიმეტრზე რადონის გავრცელების არეალი [33].

რადონი (მას არ გააჩნია სუნი, გემო და ფერი) განსაკუთრებით საშიშია იმ შემთხვევაში, თუ გახსნილია წყალში ან შერეულია წყლის ორთქლში. აშშ-ს გარემოს დაცვის სააგენტოს მონაცემებით ფილტვის კიბოს გამომწვევ მიზეზთა შორის რადონი თამბაქოს შემდეგ მეორე ადგილზეა.

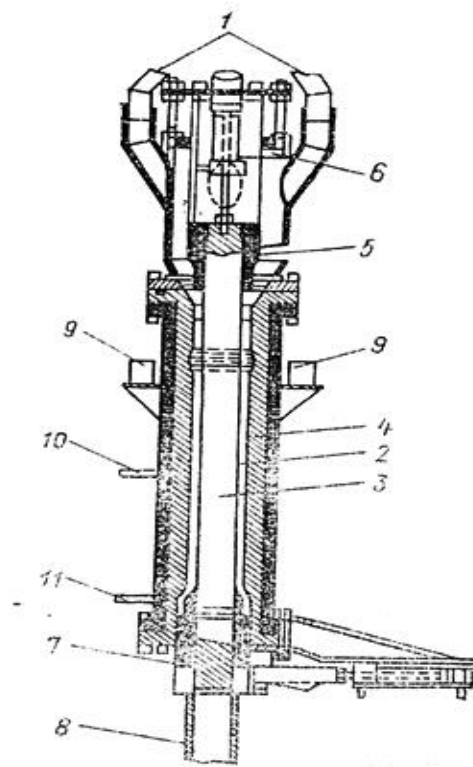
პირველად, ქვევრის დამზადების მრავალსაუკუნოვანი ისტორიისა, მივმართავთ ქვევრის საწარმოებს და მეწარმეებს, მხედველობაში მიიღონ აღნიშნული საფრთხე - დავიცვათ ქვევრი (ღვინო), განსაკუთრებით, ზედაშის კულტურის ქვევრი, რადიაქტიური რადონისაგან და სხვა გეოპათოლოგიური ზემოქმედებისაგან. ამისათვის მნიშვნელოვანია მაღალი სიმტკიცისა და სიმკვრივის კეცის მქონე ქვევრების გამოყენება.

**ქვევრის იზოსტატიკური დაწნეხვა.** ნახევრად მშრალი კერამიკული მასის იზოსტატიკური მეთოდით დაწნეხვა პირველად განხორციელდა ყოფილ საბჭოთა კავშირში ლუჟკის ტიგელის ქარხანაში, ხოლო დიდი გაბარიტული ზომის კერამიკული მილების დაწნეხვა დაამუშავა ბლოხინმა, ზაიონცმა და როსვარგერმა. მოგვიანებით ეს მეთოდი დაპატენტდა აშშ-ში, სადაც მოხდა მისი სამრეწველო დანერგვა [94].

მილიდან 1 წნეხვხვნილი სინესტით 5-10% მიეწოდება ღრუ გარემოს (2), რომელიც იქმნება გულარით (3) და რეზინის გარსი (4). სიღრუე ჰერმეტიკულად იხურება წრიული რგოლ საცობით (5), რომელიც მოქმედებაში მოდის ჰიდრავლიკური (6), წნეხის ქვემოთ წრიული საცობი (7) დაკავშირებული დგუმით (8) აყალიბებს მილის მილმაბრა ბოლოს. ფხვნილის გა-

მკვრივებას უზრუნველყოფს ვიბრატორი (9), მილყელიდან (10) მიწოდებული სითხე ქმნის ჰიდრავლიკურ წნევას, რომელიც გადაეცემა რეზინის გარსს და თანაბრად წნეხავს ნაკეთობას. დაწნეხვის შემდეგ სითხე გამოედინება მილყელით (11).

ამერიკული წარმოების ხერხი განსხვავდება საბჭოთა ინჟინრების მეთოდისაგან (უარეს მხრივ), რომ დანადგარს არა აქვს წნეხ-ფხვნილის ვაკუუმირების ეტაპი. კომპიუტერული ტექნიკის გამოყენებით შესაძლებელია ნებისმიერ ტევადობის ქვევრის (100-8000 ლ) დაყალიბება.



ნახაზი 29. ვერტიკალური ვაკუუმ წნეხი ქვევრის იზოსტატიკური მეთოდით დასაყალიბებლად

## დასკვნა

- ჩატარებული კვლევების შედეგად გამოვლინდა, რომ ალავერდის, იყალთოს და შუამთის მონასტრების ძველი ქვევრების ნატეხების ნიმუშები მსგავსი ქიმიური და მინერალური შედგენილობით ხასიათდება. ამიტომ ეს გარემოება გვაძლევს შესაძლებლობას დავასკვნათ, რომ ამ ქვევრების დამზადებისათვის გამოყენებული ნედლეული იდენტურია. ძირითად ნედლეულად მდინარე დურუჯის ხეობიდან აღებული ნატანი მასალაა გამოყენებული, რასაც სავარაუდოდ ადგილობრივად მოძიებული მასალაც აქვს დამატებული. რაც შეეხება ვარდისუბნის კარიერის ნედლეულს, მიუხედავად არაერთგვაროვანი ქიმიური შემადგენლობისაა. ამ ქვევრების დამზადებისათვის ეს მასალა არ არის გამოყენებული, ვინაიდან ვარდისუბნის კარიერის ნედლეულში გვხვდება, როგორც Ca-Na მინდვრის შპატები ასევე K-Na მინდვრის შპატები, ხოლო გამოკვლეული ძველი ქვევრის ნიმუშებში კი Ca-Na მინდვრის შპატები.

- საქართველოს ტექნიკურ უნივერსიტეტში ადგილობრივ ბუნებრივ ნედლეულზე წინასწარ ჩატარებული სანიტარულ-ჰიგიენური ექსპერტიზის საფუძველზე პასუხი გაეცა კითხვას: არის თუ არა ქვევრის საწარმოებლად გამოყენებული ნედლეულები ღვინის დასამზადებლად უსაფრთხო და შესაბამემა თუ არა სურსათის უვნებლობის ევროპულ სტანდარტებს. დადგენილია, რომ ქვევრი არ შეიცავს არავითარ ტოქსიკურ ნივთიერებებს და მკაცრადაა დაცული საერთაშორისო სასურსათო კანონმდებლობის მიხედვით გარკვეული ლიმიტის ზევით მათი შემცველობა.

- დამუშავებულია ინოვაციური ტექნოლოგია ქვევრის შიგა ზედაპირის დასაფარად სპეციალური თიხისგან დამზადებული წერნაქით, რომელიც შეიცავს ნანოკოლოიდურ და თიხური სუბსტანციისათვის დამახასიათებელ ნაწილაკებს. ქვევრი ალიზურ მდგომარეობაში სუპერჰიდროფილურია, რაც განაპირობებს წერნაქსა და ქვევრის მტკიცე ადგეზიის კავშირს, რომელიც დამატებით მტკიცდება გამოწვის პროცესში, შედეგად ქვევრის შიგა ზედაპირზე წარმოქმნილ ნანოფორებს შეუძლია გარდაქმნას ნატუ-

რალურ ყურძნის წვენში არსებული წყლის ჩვეულებრივი სტრუქტურა მეოთხე სტრუქტურის წყლად ( $H_2O \rightarrow H_3O_2$ ).

- კატეგორიულად არ ვეთანხმებით ქვევრის კვლევის ავტორებს, რომლებიც ამტკიცებენ თითქოს მიწაში მოთავსებული ქვევრის გარე კედლებიდან ქვევრში შედის ჟანგბადის ნაკადი, ხოლო ქვევრსა და ღვინოს შორის არავითარი ქიმიური პროცესები არ ხდება. ჟანგბადის შედინება ქვევრში გამორიცხულია, ხოლო ქვევრსა და ღვინოს შორის მიმდინარე ინტერაქციული პროცესებით ღვინო მდიდრდება ქვევრიდან გადასული მიკრო ელემენტებით.

- მკვრივი და მტკიცე მექანიკური სტრუქტურის ქვევრებში გამორიცხულია რადონის რადიაქტიური აირის და სხვა მავნე აირების შეღწევა.

- დაპროექტებულია დანადგარი, რომელიც განსაზღვრავს ქვევრის მექანიკურ სიმტკიცეს და კედლების წყალშეღწევადობის ინტენსიობას შიგა ჰიდრაულიკური წნევით.

- შემოთავაზებულია ქვევრის დაჩქარებული მეთოდით დაყალიბების პრინციპები - იზოსტატიკური დაწნევისათვის.

**პუბლიკაციები:** სამუშაოს ძირითადი შედეგები გამოქვეყნებულია შემდეგ სამეცნიერო ნაშრომებში:

1. **ი. მახარაძე.** ქვევრის ფორმების ფორმა და მექანიკური სიმტკიცე შიგა ჰიდრავლიკური წნევის მიხედვით. ჟურნალი „კერამიკა და მოწინავე ტექნოლოგიები“, ტ. 23, № 1(45) თბილისი, 2021, გვ.44-48
2. **ი. მახარაძე, ნ. ფოფორაძე, გ. გაფრინდაშვილი.** ეკოლოგიურად უსაფრთხო ქვევრი და ალავერდის მარნის სამონასტრო ძველი ქვევრები. ჟურნალი „კერამიკა და მოწინავე ტექნოლოგიები“, ტ.23, № 1(45) თბილისი, 2021, გვ. 49-60
3. **ი. მახარაძე, ნ. ფოფორაძე, გ. გაფრინდაშვილი.** ეკოლოგიურად უსაფრთხო ქვევრი და ალავერდის მარნის სამონასტრო ძველი ქვევრები. ჟურნალი „კერამიკა და მოწინავე ტექნოლოგიები“, ტ. 23, № 1(45) თბილისი, 2021, გვ.49-60

## Abstract

The *qvevri*, a unique clay vessel dating back 8,000 years, was used in Georgia by our distant ancestors to ferment and store wine. It is thanks to their efforts and merits that Georgia's international acclaim was secured to culminate in 2013, when UNESCO enshrined the Ancient Georgian Traditional Qvevri Wine-Making Method on the Representative List of the Intangible Cultural Heritage of Humanity. All that is the reason why the construction of the First Qvevri Academy School was launched in the Alaverdi Monastery Complex, namely in the village of Ikalto, near the ancient Ikalto Academy. Financed by the Municipal Development Fund of Georgia and the World Bank, the project was finalized in 2016.

The grapevine, vineyard, and wine are inseparable from Georgia's rich historical past, present, and future. Interestingly, Georgia is the only country in Christendom to unite itself to the True Faith through a cross made of vine canes. In the same vein, no other nation in the world has the term *Month of Wine* reserved for the period in fall when grapes are harvested.

The whole world identifies and praises Georgia, our small homeland, as *Cradle of Wine*. In 2017, the newly opened Center for Wine and Civilizations in Bordeaux, France—also known as City of Wine—showcased scientific studies and exhibits reflecting 8,000 years of Georgia's continuous history of winemaking. That year, Georgia was rightfully designated as Host of the Bordeaux Center for Wine and Civilizations, an enormous responsibility to shoulder.

Various sources confirm that winemaking in Georgia was traditionally tied to pottery, with surviving *dergi*, *qvevri*, *doki*, *kantsi*, *piala*, and other types of earthenware wine vessels dated the 6<sup>th</sup>-5<sup>th</sup> millennia B.C. The authentic distinctiveness of the *qvevri* vessel is confirmed by a variety of contemporary studies, historical sources, and archeological artifacts, as a product of the Georgian nation's intellectual development.

The entrance of the Wine City of Bordeaux sports a *qvevri* vessel personifying Georgian winemaking and culture. In 2016, a sizeable ancient Georgian *qvevri* was delegated and installed to celebrate the anniversary of the Merano WineFestiva in Italy, and to immortalize the years-long cooperation between our countries. In the same year 2016, a Georgian *qvevri* took up its abode in the courtyard of the United Nations Office in Geneva, Switzerland. Similarly, a Georgian *qvevri* appeared in 2019 in the Georgian Embassy's courtyard in Washington, DC. The same year saw the exhibition Georgia—Homeland of Wine in Tokyo, Japan, with an ancient Georgian *qvevri* embellished using the kintsugi technique to transform it into the event's symbol. Presently, this *qvevri* adorns the Georgian Embassy in Tokyo.

In 2010, the Alaverdi Monastery hosted the World Congress of Vine and Wine, with its delegates enchanted and amazed by the archeological discoveries at the monastery's 8<sup>th</sup>-century wine cellar, this impression further intensified by the newly restored 11<sup>th</sup>-century wine cellar. 2011 marked the inaugural international breakthrough: The Qvevri Foundation, with support from the leaders of state institutions and the USAID's Economic Growth Initiative, organized the First Scientific Symposium of Qvevri Wine, a top-notch three-day event, at the Alaverdi Monastery. The conference's working sessions were broadcast live in the United States.

In 2015-2020, Georgian Technical University, based on the preliminary sanitary and hygienic analysis of natural local raw materials, answered the following questions:

Are the raw materials used in *qvevri* vessels safe for winemaking? And do they meet European food safety standards? Evidently, these raw materials contain no toxins.

Traditionally, a special area in a wine cellar is set aside for the *zedashe* (sacramental) *qvevri* corner. This prominent vessel, designated just for sacramental wine and displaying scenes praising national craftsmanship and spirituality, is made in the Qvevri School, which also produces maiolica, terracotta, china, and synthetic goods using a variety of techniques for enameling precious metals and ceramics, also liturgical and secular items with oil paintings in chromatic and achromatic colors, and many others.

Since the Middle Ages, Georgian folk master craftsmen—taking into account the high porosity of *qvevri* vessels—started heating them at 140-150<sup>o</sup> C (285-302<sup>o</sup> F) before burying them in the ground, also making sure that the inside walls are covered with various organic materials, a procedure also carried out as *qvevri* vessels, fresh out of the chamber kiln, were cooling off. All that was designed to ensure against the wine leaking out or groundwater permeating the vessel.

Our technology involves a pulverizing device covering the interior surface of a *qvevri* vessel with engobe made from a special kind of clay which contains particles of a size characteristic of colloids and clay minerals.

Unfired *qvevri* vessels are super-hydrophilic, a factor ensuring engobe's robust adhesion to the vessel which grows even stronger in the process of firing. *Qvevri* nanopores are just the force behind the potential transformation of the common water structure found in grape juice (H<sub>2</sub>O) into so-called fourth-phase water (H<sub>3</sub>O<sub>2</sub>) loaded with medicinal properties. Engobe's clay minerals in the form of ions incorporate macro- and microelements vitally important for the human body—namely, almost 70 of the 81 elements discovered in our systems.

Adding natural softeners to the composition of *qvevri* content—a method presently unparalleled elsewhere—doubles the vessel's robustness, and reduces the material's porosity and the maximal firing temperature to about 50-70<sup>o</sup>C (120-160<sup>o</sup>F). Invaluable in this regard is perlite from Paravani Lake, Georgia—it is an active softener and shrinkage-reducer in one. Perlite, as a product containing rare feldspars, has been in active use globally since the 1960s, thanks to the studies conducted by such prominent Georgian scientists as K. Kutateladze, G. Gaprindashvili, I. Khizanishvili, and others.

Given the vessel's complex form, considerable dimensions, and heavy weight, of equal importance is the task of drying a *qvevri* after shaping. It requires sticking to a very precise operating temperature, and here is why. Because of the specific characteristics of clay components, uneven drying may trigger shrinkage strain forces causing cracks in the vessel. To prevent against it, we use manual power-driven devices to dry especially large vessels, thus reducing the duration of drying by half and ensuring an even thermal process without creating moisture gradients in the material.

Sealing a *qvevri* with the right lid is key to ensuring proper wine fermentation and subsequent storage. Georgian *qvevri*-makers use a variety of lid materials ranging from smooth stone and shale to durable wood, glass, and many others. We offer lids using delicate lithoid ceramic, a material eclipsing its counterparts above thanks to the mechanical robustness of its basin, chemical hardness, durability, and other characteristics. We plan to manufacture such lids at the Wine Academy, ultimately to offer them to consumers.

Firing, the final stage in *qvevri*-manufacturing, takes place in a periodic chamber kiln. Our operating method relies on intensively directing the heat emitted by fuel materials, and reflected by the walls of the kiln, onto the product. Italian chamber kilns

defy Kirchhoff's fundamental circuit laws, consequently leading to far larger amounts of fuel material necessary for each product. This flaw can be eliminated by increasing the coefficient of blackness of the kiln's interior walls.

In terms of unwanted cracks in a *qvevri* vessel, the firing operation is far less complex and dangerous compared to the cooling process. Here we run into an unbending law governing the thermal aspect of ceramic manufacturing. In particular, the denser the structure of ceramic material to be fired is, the harder it gets to shrink it—to incur dimensional changes, that is—because its dimensions exceed the acceptable elasticity of a product, eventually leading to cracks. That explains why we opt to use air recirculation outside the kiln instead of enforcing cooling inside the chamber.

We strongly disagree with the authors of *The Qvevri Wine Identity—Practice of the Qvevri Wine Cluster Members*, a study published in 2017, when they argue that the exterior walls of a *qvevri* vessel buried in the ground intrude oxygen, and that no chemical processes occur between the *qvevri* and the wine. Firstly, oxygen penetration into a vessel is simply impossible. Secondly, there certainly is a *qvevri*-wine interaction enriching the beverage with microelements migrating from the vessel.

We assure all stakeholders that no penetration of radon radioactive gas into—or geopathic zone interference with—*qvevri* vessels with dense and robust structures can ever take place.

We have designed a device using internal hydraulic pressure to measure the mechanical robustness of *qvevri* vessels and the intensity of water permeability in the walls. Unfortunately, this issue, yet to be decided on an international level, is a frequent reason behind poor-quality *qvevri* manufacturing and sales.

The Qvevri Academy intends to adopt computer engineering technologies for shaping *qvevri* vessels of any capacity on modern vertical vacuum pressure gauge, using isostatic and plastic molding methods.

The core types of pores and their circumferences have already been defined. Unlike in the ideal structure, pore channels in physical solid objects (ceramics) are positioned randomly, chaotically, in a disorderly fashion, the reason why they make up a complex structure impacting the conditions of fluid (wine) flow from one capillary-like channel into another which, in our case, facilitates the process of wine fermentation.

To measure the mineralogical composition of *qvevri* vessels (and raw materials), and to define their granular particle sizes, we used a polarized light microscope (AMSCOPE 600T). To identify the number and nature of individual mineral phases comprising *qvevri* vessels, we utilized an X-ray phase analyzer (DRONE-3). As for defining the general chemical composition of *qvevri* vessels and raw materials to manufacture them, we turned to an X-ray fluorescence analyzer (XRF 3600B).