

ISSN 1512-0325

საქართველოს კერამიკოსთა ასოციაციის ჟურნალი
JOURNAL OF THE GEORGIAN CERAMISTS' ASSOCIATION



kerami ka **CERAMICS**

და მოწინავე
ტექნოლოგიები

**AND ADVANCED
TECHNOLOGIES**

სამეცნიერო-ტექნიკური და საარმოო ილუსტრაციები,
რეგისტრაციები, რეფერირებადი ჟურნალი

Vol. 23. 1(45).2021

სარედაქციო კოლეგია:

მ. ბალახაშვილი, მ. ბიბილაშვილი, გ. გაფრინდაშვილი (მთ. რედ. მოადგილე), ნ. გელოვანი, ლ. გვასალია, ნ. დარახველიძე, დ. ერისთავი, ლ. თოფურია, რ. თურმანიძე, მ. კეკელიძე, ზ. კოჭირიძე (მთ. რედაქტორი), ნ. კუციავა, ნ. ლოლაძე, მ. მაისურაძე, ნ. მარგიანი, ზ. მესტიერიშვილი, გ. მუმლაძე, მ. მუჯირი, ნ. მჭედლიშვილი, ნ. ნიჟარაძე (პასუხისმგებელი მდივანი), დ. ნოზაძე, გ. ტაბატაძე, რ. ქაცარავა, ვ. ქინკლაძე, ე. შაფაქიძე, ჯ. შენგელია, მ. ცინცაძე, რ. ხუროძე, თ. ჭეიშვილი, მ. ხუციშვილი

EDITORIAL BOARD:

M. Balakhashvili, M. Bibilashvili, T. Cheishvili, N. Darakhvelidze, D. Eristavi, G. Gaprindashvili (vice-editor-in-chief), **N. Gelovani, L. Gvasalia, R. Katsarava, M. Kekelidze, V. Khinqladze, R. Khurodze, M. Khutsishvili, Z. Kovziridze** (editor-in-chief), **N. Kuciava, N. Loladze, M. Maisuradze, N. Margiani, N. Mchedlishvili, Z. Mestvirishvili, G. Mumladze, M. Mujiri, N. Nizharadze** (executive secretary), **D. Nozadze, E. Shapavidze, J. Shengelia, G. Tabatadze, L. Topuria, M. Tsintsadze, R. Turmanidze**

შურნალში „კერამიკა“
გამოქვეყნებული სტატიების
პირითადი თემატიკა

ყველა სახის მიწის,
კერამიკის, კერამიკული და
პოლიმერული კომპოზიტების,
ჯელოგრაფიის მასალების,
ჭიმვის და მიწისძვრის,
სხვადასხვა
მიწისძვრის ბაზის,
მჭიდვ მასალების, ცემენტის და სხვა
არარეზინული,
კონსტრუქციული მასალების
სფეროში
ჩატარებული სამეცნიერო კვლევები,
მათი მიღების ტექნიკა და
ტექნოლოგია, ნანოტექნოლოგია და
ნანოქიმიკა
პოლიმერული ბიომასალები
ბიომედიცინის
ორგანულ ნივთიერებათა
ტექნოლოგია
მეტალურგია
მასალათმცოდნეობა
კომპოზიციური მასალები და
ღანაფარები
არარეზინული და ორგანული
სინთეზი
ნანომასალებისა და კომპოზიტების
მიღების ელექტროქიმიური
ტექნოლოგიები
თერმოქიმიკა, კინეტიკა და
კატალიზი

შურნალში აგრეთვე
შესაძლებელია განთავსდეს
სტატიები შემდეგ საკითხებზე:

- ✓ ასალი ტექნიკა, მონოპოლიმერული
სანარმოთა და ნარმოების ტექნიკური
გადაიარაღება.
- ✓ სანედლეულო ბაზის განვითარება,
ნედლეულის რაციონალური
გამოყენება, მათ შორის ადგილობრივი
ნარმოების ნარჩენების.
- ✓ რესურს- და ენერგოდამზოგველი
ტექნოლოგიები. გარემოს დაცვა.
- ✓ სანარმოთა სამეურნეო მოღვაწეობა
საბაზრო პირობებში, ეკონომიკა,
მარკეტინგი.
- ✓ საქარბო გამოცდილება.
- ✓ ინფორმაცია, რეკლამა.

გამოქვეყნების სფეროები

- ენერგეტიკა
- მშენებლობა
- სახალხო მოხმარების საგნები
- ქიმიკა და ქიმიური ტექნოლოგია
- მასალათმცოდნეობა
- მეტალურგია
- ელექტრონიკა და ელექტროტექნიკა
- მედიცინა
- ოპტიკა
- სხვა სფეროები
- გარემოს დაცვა
- ეკონომიკა

[http:// www.ceramics.gtu.ge](http://www.ceramics.gtu.ge)

უაკ 666. 1/2

სამრეწველო ნარჩენების საფუძველზე ადვილდნობადი მინანქრების მიღების შესაძლებლობის შეფასება

ქ. ბაკაშვილი-კიკნაძე, თ. ჭეიშვილი

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, ქიმიური და ბიოლოგიური ტექნოლოგიების დეპარტამენტი, საქართველო, 0160, თბილისი, კოსტავას 69

E-mail: keti.baakashvili@gmail.com

რეზიუმე: მიზანი. ორი სახის სამრეწველო ნარჩენის (მინის ლეწი და ძვლის ნაცარი) საფუძველზე ადვილდნობადი მინების მიღების შესაძლებლობის შეფასება პერსპექტივაში ადვილდნობადი მრავალფუნქციური მინების და მინანქრების მისაღებად.

მეთოდი. მინის ლეწის და ძვლის ნაცრის საფუძველზე ადვილდნობადი მინა/მინანქრის მიღების შესაძლებლობის ანალიზი ჩატარდა სამკომპონენტთან „მინის ლეწი – ძვლის ნაცარი – ნატრიუმის ბორატი“ კომპოზიციაში შერჩეული მასალათა შედგენილობის შედარებით არსებული და პრაქტიკაში გამოყენებული მინა/მინანქრებთან. მიზნობრივი გათვლების ჩატარება ახალი შედგენილობის მინა/მინანქრების ადვილდნობადობის და თბური გაფართოების კოეფიციენტის მოსალოდნელი სიდიდეთა დასადგენად.

შედეგი. მინების/მინანქრების შედგენილობათა შესწავლა-ანალიზით და ადიტიურობის მეთოდის ფართო გამოყენებით შესაძლებელი გახდა „მინის ლეწი – ძვლის ნაცარი – ნატრიუმის ბორატი“ კომპოზიციაში ადვილდნობადი და სასურველი პარამეტრების მატარებელ მინა მინანქრების შედგენილობათა უზნის გამოყოფა.

დასკვნა. დადგინდა, რომ სასურველი დნობის ტემპერატურის და თერმული გაფართოების ხაზობრივი კოეფიციენტის მინა/მინანქრის სინთეზი შესაძლებელია შედგენილობებიდან, რომლებიც შეიცავს მინის ლეწს (80-40 მას. %) და ძვლის ნაცარს (10-30 მას. %), ხოლო ძირითადი მალლობელი – ნატრიუმის ბორატის შემცველობა არ უნდა აღემატებოდეს 40 მას. %-ს.

საკვანძო სიტყვები: მინა; მინანქარი; მინის ლეწი; ძვლის ნაცარი; თბური გაფართოება; ადვილდნობადი.

1. შესავალი

ადვილდნობად მინად მიიჩნევენ ისეთ მინებს, რომელთა გარბილების ტემპერატურა უფრო დაბალია, ვიდრე ფანჯრის მინას აქვს, ე.ი. მათი გარბილების ტემპერატურა 600°C -ს არ აღემატება [1].

ადვილდნობადი მინები შეუცვლელია იმ შემთხვევაში, როდესაც ლითონთა შერჩილვის, ხელსაწყოთა ჰერმეტიზაციის ან ლითონების და მინის ნაწარმის მომინაქრება-დეკორირების ტემპერატურა $500-600^{\circ}\text{C}$ ზღვრებშია, რაც გამორიცხავს ძირითადი კონსტრუქციული მასალის ან ნაწარმის დეფორმაციას ან ფუნქციურ რღვევას. ცნობილია, რომ ადვილდნობადი მინები გამოირჩევა დაბალი გარბილების ტემპერატურით, რომლის დროსაც ხშირად მიმართავენ ტრანსფორმაციის ტემპერატურის (T_f) დადგენას [2].

ყველა ადვილდნობადი მინის კლასიფიკაცია უკავშირდება მათ შედგენილობას და/ან ფუნქციურ დანიშნულებას, როგორც ეს მიღებულია მინების ზოგად კლასიფიკაციაში. შედგენილობის მიხედვით განასხვავებენ ოქსიდურ, უჟანგბადო და კომბინირებულ ადვილდნობად მინებს. დანიშნულების მიხედვით ცნობილია ადვილდნობადი შესარჩილი მინები და მინაცემენტები, სილიკატური საღებავები და მინანქრები მინის ნაწარმისათვის, მინანქრები ალუმინისათვის და სხვა [3-5].

ადვილდნობადი მინების ყველაზე გავრცელებული ნაირსახეობაა ოქსიდური შედგენილობის მინები. მათგან გამოყოფენ ტყვიაშემცველ ($\text{PbO} - \text{B}_2\text{O}_3 - \text{SiO}_2$ სისტემა), ბორატულ ($\text{PbO} - \text{Li}_2\text{O} - \text{B}_2\text{O}_3 - \text{RO}$ სისტემები), ტყვია-ფოსფატურ მინებს ($\text{R}_2\text{O} - \text{PbO} - \text{P}_2\text{O}_5$ და $\text{RO} - \text{PbO} - \text{P}_2\text{O}_5$ სისტემები) და ცნობილია ასევე თუთიაშემცველი ($\text{PbO} - \text{ZnO} - \text{B}_2\text{O}_3 - \text{SiO}_2$ სისტემა) და სხვა სახის ად-

ვილდნობადი მინები: ბისმუტიანი, ტალიუმიანი, კადმიუმიანი, სტიბიუმიანი და ა.შ. თითქმის ყველა მათგანში წარმოდგენილია ეკოლოგიურად მავნე ტყვიის ოქსიდი, რომელიც ასევე „შეუცვლელ“ მალღობლად არის მიჩნეული [2, 4].

მოყვანილი ფაქტორებიდან გამომდინარე, შეიძლება აქტუალურად ჩაითვალოს ადვილდნობადი უტყვიო მინანქრების მიღება, რომლითაც შესაძლებელი იქნება მინის ნაწარმის ზედაპირის დაფარვა-დეკორირება და ასევე ალუმინის ნაკეთობათა დაფარვა – ზედაპირის პასივაცია ან მოხატვა. ამოცანის გადასაწყვეტად შეირჩა უტყვიო ექვსკომპონენტური კომპოზიცია – $R_2O - RO - Al_2O_3 - B_2O_3 - SiO_2 - P_2O_5$, რომელშიც მთელი რიგი ოქსიდების შემცველობის შევსებისთვის მიზნობრივად გამოიყენეს გარკვეული სახეობის საწარმოო ნარჩენები.

2. ძირითადი ნაწილი

რთული ექვსკომპონენტური კომპოზიციის საფუძველზე ადვილდნობადი მინანქრების მისაღებად შეირჩა სამკომპონენტური სისტემა: მინის ლეწი – საქონლის ძვლის ნაცარი – ნატრიუმის მეტაბორატი. მათგან მინის ლეწით (ფანჯრის უფერო მინა) შესაძლებელი ხდება SiO_2 , Al_2O_3 , CaO და Na_2O -ს, ხოლო საქონლის ძვლის ნაცრით ძირითადად CaO და P_2O_5 -ის საკვლევ კომპოზიციებში შესაბამისი ოქსიდების სრული ან ნაწილობრივი შევსება. რაც შეეხება $NaBO_2$ -ს, B_2O_3 -ის ძირითად და Na_2O -ს ნაწილობრივ დასაკმაყოფილებად მასალას წარმოადგენს. სამივე ნედლეულის ქიმიური შედგენილობა წარმოდგენილია 1-ელ ცხრილში.

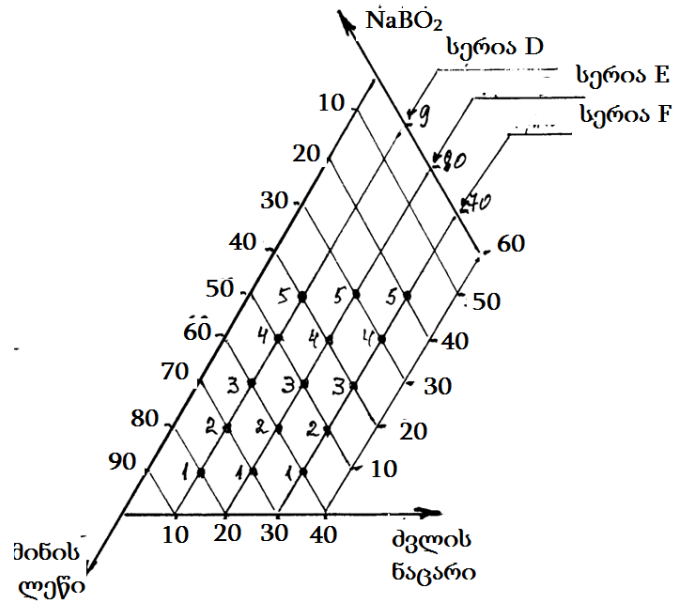
ცხრილი 1

ნედლეულის ქიმიური შედგენილობა

N	მასალის დასახელება	მასალის ქიმიური შედგენილობა, მას. %							
		SiO_2	R_2O_3 ,	RO	R_2O	P_2O_5	B_2O_3	ხ.დ.	ჯამი
1	მინის ლეწი,	72,5	1,6	12,0	13,7	–	–	0,2	100,0
2	ძვლის ნაცარი	0,4	0,4	57	–	40	–	2,2	100,0
3	$NaBO_2$	–	–	–	47,0	–	53,0	–	100,0

სამკომპონენტური საკვლევ სისტემაში წარმოდგენილიდან მხოლოდ ერთია მინისებრ მდგომარეობაში (მინის ლეწი), ხოლო ძვლის ნაცარი და $NaBO_2$ კრისტალური ნაერთებია, რომელთა შორის

განსხვავება იმაშია, რომ $NaBO_2$ ადვილდნობადი ნაერთია, ხოლო ძვლის ნაცარი – ძნელდნობადი მასალა. საკვლევ სისტემის კონცენტრაციული დიაგრამა წარმოდგენილია 1-ელ სურ-ზე.



სურ. 1. სამკომპონენტური „მინის ლუწი – ძვლის ნაცარი – ნატრიუმის მეტაბორატი“ სისტემის კონცენტრაციითა დიაგრამის ფრაგმენტი

ცხრილი 2

საკვლევად შერჩეული კომპოზიციების ქიმიური შედგენილობა

ინდექსი	კაზმის კომპ.			ოქსიდების შემცველობა, მას.%					
	მ.ლ.	შვ.	ბრ	SiO_2	R_2O_3	RO	R_2O	P_2O_5	B_2O_3
D - 1	80	10	10	58,2	1,3	15,4	15,7	4,0	5,4
D - 2	70	10	20	51,0	1,2	14,2	19,0	4,0	10,6
D - 3	60	10	30	43,6	1,0	13,0	22,4	4,0	16,0
D - 4	50	10	40	36,3	0,9	11,7	25,8	4,0	21,3
D - 5	40	10	50	29,1	0,7	10,5	29,4	4,0	26,6
E - 1	70	20	10	51,1	1,2	20,0	14,4	8,0	5,3
E - 2	60	20	20	43,8	1,1	18,8	17,7	8,0	10,6
E - 3	50	20	30	36,6	0,9	17,5	21,1	8,0	15,9
E - 4	40	20	40	29,2	0,8	16,3	24,4	8,0	21,3
E - 5	30	20	50	21,9	0,6	15,1	27,8	8,0	26,6
F - 1	60	30	10	43,9	1,1	24,5	13,0	12,1	5,4
F - 2	50	30	20	36,5	1,0	23,3	16,4	12,1	10,7
F - 3	40	30	30	29,4	0,8	22,1	19,6	12,1	16,0
F - 4	30	30	40	22,0	0,6	20,8	23,2	12,1	21,3
F - 5	20	30	50	14,7	0,5	19,6	26,4	12,1	26,7

შენიშვნა: მ.ლ. – მინის ლუწი; ძვ. – ძვლის ნაცარი; ბრ. – ნატრიუმის ბორატი

აღნიშნულ კონცენტრაციულ სამკუთხედში მინის მიღების შესაძლებლობას რეალურად ხდის შედგენილობათა ის უბანი, რომელიც მინის ლეწის მაქსიმალურ კონცენტრაციას მოიცავს. კონცენტრაციულ სამკუთხედში გამოიყო შედგენილობათა სამი (D, E და F) სერია, რომლებიც ხასიათდება ძვლის ნაცრის მუდმივობით (10, 20 და 30 მას. %), მინის ლეწის (80 – 20 მას. %) და $NaBO_2$ -ის (10-50 მას. %) ურთიერთჩანაცვლებით. თითოეულ სერიაში განხილულ იქნა 5–5 შედგენილობა, სადაც წარმოდგენილი ოქსიდების შემცველობა მოყვანილია მე-2 ცხრილში.

ყველა ახალი შედგენილობის ადვილდნობადი მინა საჭიროებს დაპროექტებას, რომელიც მოიცავს ორ ძირითად ეტაპს:

1. მინის სინთეზის შესაძლებლობის დადგენა;
2. სინთეზირებული მინების მოსალოდნელი მახასიათებელი (წამყვანი) თვისების დადგენა.

პირველი ეტაპის შესრულება გულისხმობს მინების დაპროექტებას და ამისათვის საჭირო ხდება არსებული ემპირული მონაცემების გამოყენება, კერძოდ დაგეგმილი და არსებული ადვილდნობადი მინების და მინანქრების შედგენილობათა შედარება და ანალიზი. აღნიშნული მასალა წარმოდგენილია მე-3 ცხრილში.

ცხრილი 3

არსებული ადვილდნობადი მინების (მინანქრების) და საკვლევი შედგენილობების შედარებითი ანალიზი

ოქსიდები და ნაერთები	ოქსიდების შემცველობა, მას. %						
	ადვილდნობადი სამრეწველო მინები და მინანქრები	საკვლევი კომპოზიციები და შედგენილობათა თანხვედრა (2)					
		სერია D	თანხვ.	სერია E	თანხვ.	სერია F	თანხვ.
$SiO_2 + TiO_2$	31 – 62	29 – 58	+	22 – 51	+	14 – 43	+
R_2O_3	0 – 3	≈ 1	++	≈ 1	++	≈ 1	++
RO	8 – 25	11 – 16	++	15 – 20	++	19 – 25	++
R_2O	3 – 25	15 – 26	++	14 – 28	++	13 – 26	++
P_2O_5	0 – 3	4	+	8	–	12	–
B_2O_3	4 – 19	5 – 27	+	5 – 26	+	5 – 27	+
F' (ფტორიდებიდან)	2 - 5	–	–	–	–	–	–

შენიშვნა: (1) - F' -ის შეტანა საჭიროდ მიიჩნევა ხშობის და ლღობის პირობების უზრუნველსაყოფად;

(2) – (++) თანხვედრა მაღალია; (+) თანხვედრა მიახლოებულია; (–) თანხვედრა არ არის ან არ შედის საკვლევი შედგენილობაში.

შედარების მონაცემებიდან შეიძლება გაკეთდეს დასკვნა, რომ ადვილდნობადი მინის (მინანქრის) მისაღებად პერსპექტიულად შეიძლება ჩაითვალოს სერია D-ს შედგენილობები, რომლებიც სერიები E-სა და F-თან შედარებით ფოსფორის ანჰიდრიდის 4%-ს შეიცავს. აღნიშნული არ გამორიცხავს ადვილ-

დნობადი მინების მინანქრების მიღებას E და F სერიის შედგენილობებში, განსაკუთრებით მინის ლეწის მაღალი კონცენტრაციების შემთხვევაში (შედგენილობები: E-1, E-2, E-3 და F-1, F-2, F-3).

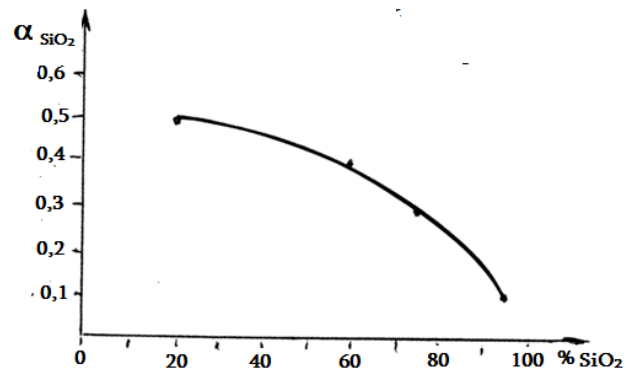
ადვილდნობადი მინების დაპროექტებისას მხედველობაში იღებენ მინის თვისებებზე შედგე-

ნილობის გავლენას და დასაპროექტებელი მინის მოსალოდნელ ადვილდნობადობას. ამასთან, მინის თვისებათა წინასწარი გათვლისათვის გამოიყენება ე.წ. ადიტიურობის პრინციპი, ხოლო ანგარიშის ჩატარება არაერთი ავტორის მიერ შემოთავაზებული ფორმულით და ადიტიურობის პარციალური კოეფიციენტებითაა შესაძლებელი [6].

ადვილდნობადი მინების გამოყენების სფეროებიდან გამომდინარე, პირველ რიგში საჭიროა საკვლევი შედგენილობისათვის თბური გაფართოების ხაზობრივი კოეფიციენტის (α) სავარაუდო (მოსალოდნელი) მნიშვნელობების დადგენა. ამ მიმართულებით გათვლები ჩატარდა ადიტიურობის პრინციპის ამსახველი ზოგადი ფორმულით, როდესაც ოქსიდთა ადიტიურობის კოეფიციენტების α_i მნიშვნელობა დიტცელის მიხედვით იქნა აღებული [6, გვ. 130].

დიტცელის მიერ შემოთავაზებული ოქსიდთა პარციალური კოეფიციენტის (α_i) მნიშვნელობა უცვლელია და არ არის დამოკიდებული მინის შედგენილობაში შემავალ ინგრედიენტთა კონცენტრაციაზე. მაგრამ მოვახდინეთ პირობითი დაშვება, რაც შეეხება SiO_2 -ის პარციალური კოეფიციენტის α_{SiO_2} სიდიდის მნიშვნელობას, მინაში მისი კონცენტრაციიდან გამომდინარე. ამ მიმართულებით გავიაზრეთ ქოლის მოსაზრება, შევადგინეთ და α -ს გაანგარიშებისას გამოვიყენეთ „ $\alpha_{SiO_2} - SiO_2$ “ დამოკიდებულების ამსახველი მრუდი (სურ. 2).

ადიტიურობის მეთოდის გამოყენებით α -ს ანგარიში ჩატარდა სამკომპონენტური სისტემის სამივე სესიის (D, E და F) 5-5 შედგენილობის მინებისათვის, რომელთა შედგენილობა მოყვანილია მე-2 ცხრილში, ხოლო გათვლის შედეგები – მე-4 ცხრილში.



სურ. 2. ადიტიურობის ფორმულაში α_{SiO_2} -ის მნიშვნელობის გამოსათვლელი „ $\% SiO_2 - \alpha_{SiO_2}$ “ დამოკიდებულების მრუდი

დასაპროექტებელი სამი სერიის მინებისათვის ადვილდნობადობის შეფასება ეფუძნება მინის აღნაგობის შესახებ არსებულ მოსაზრებებს, კერძოდ სტაბილური სტრუქტურული კარკასი წარმოიქმნება მხოლოდ ჯამური (კატიონი-ანიონი) მუხტის ელექტრონეიტრალობისას და მასზე გავლენას ახდენს ცალკეული კატიონების კოორდინაცია [2, 3].

არსებული პრაქტიკული გამოცდილებიდან, სამივე მინის საპროექტო ადვილდნობადობა (P) შეიძლება განისაზღვროს/შეფასდეს შემდეგი ფორმულით:

$$P = \frac{\% SiO_2 + \% Al_2O_3}{\% Na_2O + \% CaO + 0,5 \% B_2O_3}$$

როდესაც $P > 3$ – შეესატყვისება ძნელდნობად, ხოლო $P < 3$ – ადვილდნობად შედგენილობებს. ჩატარებული გათვლის შედეგები წარმოდგენილია მე-4 ცხრილში.

საკვლევი მინების ადიტიურობის მეთოდით გათვლილი α -ს და
P-ს მნიშვნელობები

შედგენილობის ინდექსი	თბური გაფართოების ხაზობრივი კოეფიციენტი ($\alpha \times 10^7, ^\circ\text{C}$)	ადვილდნობადობის კოეფიციენტი (P)
D - 1	117,6	1,8
D - 2	123,9	1,3
D - 3	131,1	1,1
D - 4	137,2	0,9
D - 5	143,1	0,6
E - 1	122,2	1,4
E - 2	128,6	1,1
E - 3	134,9	0,8
E - 4	140,3	0,6
E - 5	146,1	0,4
F - 1	125,9	1,1
F - 2	131,3	0,8
F - 3	137,5	0,6
F - 4	140,2	0,5
F - 5	149,5	0,3

3. დასკვნა

სამკომპონენტური „მინის ლეწი – ძვლის ნაცარი – ნატრიუმის ბორატი“ კომპოზიციაში შესაძლებელია ცნობილი შედგენილობის ადვილდნობადი მინებისა და მინანქრების შესატყვისი შედგენილობისა და იგივე ფუნქციური დანიშნულების მინა-მასალების მიღება, როდესაც მინის ლეწის შემცველობა 40 – 80 მას. %-ს შეადგენს. მოსალოდნელია, რომ ასეთი შედგენილობები გამოავლენს ადვილდნობადობას და ექნება თერმული გაფართოების ხაზობრივი კოეფიციენტის მაღალი ($\alpha = (110-150) \cdot 10^{-7}, ^\circ\text{C}^{-1}$) მნიშვნელობები. საკვლევი სამკომპონენტური კომპოზიციის შედგენილობათა შეფასება-დაპროექტებისა და შედეგების ირგვლივ ჩატარებული ანალიზის საფუძველზე შესაძლებელია გაკეთდეს ვარაუდი, რომ საკვლევ სამკომპონენტური სისტემაში ადვილდნობადი მინა/მინანქრის მიღების რეალური პერსპექტივები არსებობს.

ლიტერატურა

1. Павлушкин Н.М., Журавлев А.К. Легкоплавкие стекла. М., Энергия, 1970
2. Химическая технология стекла и ситаллов. Под ред. Павлушкина Н.М. М. «Стройиздат», 1983, 432 с
3. Аппен А.А. Химия стекла. Л., Химия, 1974
4. Стекло. Справочник под ред. Н.М. Павлушкина. М., Стройиздат, 1973.
5. Бутт Л.М., Полляк В.В. Технология стекла. М., Стройиздат, 1971
6. Матвеев М.А., Матвеев Г.А., Френкель Б.Н. Расчеты по химии и технологии стекла. Справочное пособие. М., Стройиздат. 1972
7. Павлушкин Н.М., Сентюрин Г.Г., Ходаковская Р.Я. Практикум по технологии стекла и ситаллов. М. Стройиздат, 1987.

UDC 666. 1/2

ASSESSMENT OF OPPORTUNITY OF LOW-MELTING ENAMELS RECEIPT ON THE BASIS OF INDUSTRIAL WASTE

K. Baakashvili – Kiknadze, T. Cheishvili

Georgian Technical University, Department of Chemical and Biological Technologies, 69, Kostava Str., Tbilisi, 0160, Georgia

E-mail: keti.baakashvili@gmail.com

Resume: Goal. The work has set a goal of assessment the opportunity of low-melting glasses receipt on the basis of two kinds of industrial waste (crushed glass and bone ash) with the purpose of getting the low-melting multi-functional glasses and enamels in the long run.

Method. The opportunity of low-melted glasses/enamels receipt on the basis of crushed glass and bone ash has been analyzed in the triple-component composition “crushed glass – bone ash – sodium borate” via comparison of composition of selected materials with available glasses/enamels used in practice. Targeted calculation were made for determination of ready fusibility of designed glasses/enamels of new composition and expected values of thermal expansion coefficient.

Result. Study and analysis of designed glasses/enamels composition and wide application of additivity method made it possible to select a segment of composition of low-melting glasses-enamels having desirable parameters in the “crushed glass – bone ash – sodium borate” composition.

Conclusion. It was established that the synthesis of glasses/enamels with desirable melting temperature and linear coefficient of thermal expansion is possible from such compositions, which contain crushed glass (80-40 mass.%) and bone ash (10-30%), while the content of a main melting agent – sodium borate shouldn't exceed 40 mass. %.

Key words: glass; enamel; crushed glass; bone ash; thermal extension; ready fusibility.

უაკ 615.4

მეტრონიდაზოლით დატვირთული ფსევდოპროტეინული მიკროსფეროები წამლის ინტრავენალური მიწოდებისთვის. პრეპარატის უსაფრთხოების შესწავლა ლ. ზადუაშვილი¹, თ. ქანთარია², ნ. ჯოგლიძე³, რ. ქაცარავა¹

1. ქიმიური და ბიოლოგიური ტექნოლოგიის დეპარტამენტი. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, კოსტავას 69
2. ქიმიისა და მოლეკულური ინჟინერიის ინსტიტუტი. საქართველოს აგრარული უნივერსიტეტი, საქართველო, 0159, თბილისი, დავით აღმაშენებლის ხეივანი 240
3. ფარმაკოლოგიური და სამკურნალო საშუალებების კვლევის დეპარტამენტი, თბილისის სახელმწიფო სამედიცინო უნივერსიტეტი, საქართველო, 0186, თბილისი, ვაჟა-ფშაველას გამზირი, 33

E-mail: lika.likabaduashvili@gmail.com

რეზიუმე: მიზანი. ფსევდოპროტეინული მიკროსფეროების საფუძველზე მიღებული ბიოკომპოზიტური ფარმაკოლოგიური პრეპარატის (დროებითი სახელწოდება „მეტრომერი“) უსაფრთხოების საკითხის შესწავლა და „მეტრომერის“ მწვავე ტოქსიკური და ადგილობრივი გამლიზიანებელი მოქმედების შეფასება.

მეთოდი. ექსპერიმენტი ჩატარდა ალბინოს თაგვებზე, „ფარმაკოლოგიური საშუალებების უსაფრთხოების წინაკლინიკური შეფასების წესების“ მიხედვით.

შედეგები. კვლევის შედეგად დადასტურდა, რომ პრეპარატ „მეტრომერს“ არ ახასიათებს მწვავე ტოქსიკურობა, ადგილობრივი გამლიზიანებლობა და მაალერგიზებული მოქმედება.

დასკვნა. მიღებული ბიოკომპოზიტური ფარმაკოლოგიური პრეპარატის (დროებითი სახელწოდება „მეტრომერი“) გამოყენება პაციენტებში უსაფრთხოა, თუმცა იმ გარემოების გათვალისწინებით, რომ „მეტრომერი“ მრავალკომპონენტური სუსპენზიაა, არ შეიძლება გამოირიცხოს ჰიპერსენსიბილიზაციის განვითარება ადამიანებში, სუსპენზიაში შემავალი რომელიმე კომპონენტის მიმართ, ინდივიდუალური ჰიპერმგრძობელობის შემთხვევაში.

საკვანძო სიტყვები: ფსევდოპროტეინი; მიკროსფეროები; მეტრონიდაზოლით დატვირთვა; უსაფრთხოების კვლევა.

1. შესავალი

დღეისთვის მიკროსფეროების თვისებები და ტექნოლოგიური ხელმისაწვდომობა, მათი აქტიური, ზოგჯერ კი აუცილებელი გამოყენება შესაძლებელია მედიცინისა და ბიოლოგიის ისეთ დარგებში, როგორცაა იმუნოლოგია, ენზიმოლოგია, დიაგნოსტიკა, უჯრედული და მოლეკულური ბიოლოგია, ბიოსეპარაცია და სხვა. მიკროსფეროები აქტიურად გამოიყენება ასევე წამლის დამიზნული მიწოდებისა და ექსტრაკორპორალური თერაპიისთვის. თანამედროვე მედიცინისა და ფარმაკოლოგიის ერთ-ერთი აქტუალური პრობლემაა წამლების დაბალი სელექციურობა და ეფექტურობა – წამლის ადმინისტრირების ტრადიციული მეთოდების გამოყენებისას მოქმედი ნივთიერება თანაბრად ნაწილდება მთელ ორგანიზმში და მხოლოდ 1% აღწევს მიზანს[1,2]. ამ პრობლემების გადაჭრის ერთ-ერთ ეფექტურ გზად მიიჩნევა წამლის ჩართვა (ინკორპორირება) მიკროსფეროებში, როგორც გადამტან კონტეინერებში. ეს მიდგომა წამლის ადმინისტრირების მრავალ შესაძლებლობას გვთავაზობს. მიკროსფეროების მეშვეობით ხდება წამლის სამიზნე ქსოვილზე ფოკუსირება, მისი სასურველი რაოდენობის ზუსტი შერჩევა და კონცენტრაციის მნიშვნელოვანი შემცირება არასამიზნე ადგილებში. პარალელურად, მიკროსფეროებში ჩართვა უზრუნველყოფს წამლის დაცვას როგორც ადმინისტრირებამდე, ისე შემდეგაც (ორგანიზმის დაცვითი სისტემების შემოტევისგან). პრეპარატის ფარმაკოკინეტიკური პარამეტრების ცვლილება ხელს უწყობს თერაპიული

ეფექტის გაუმჯობესებას. ნებისმიერი ფარმაცევტული კომპონენტის ადმინისტრირების სისტემის მიზანია უზრუნველყოს ნაერთის (წამლის) თერაპიული კონცენტრაცია ორგანიზმში დანიშნულების ადგილზე, სწრაფად მიაღწიოს ამ ეფექტურ კონცენტრაციას და შემდეგ სასურველი დროით შეინარჩუნოს იგი. გადამტანი კონტინენტებიდან (მიკროსფეროებიდან) პრეპარატის გამოთავისუფლების ჯეროვნად შემუშავებულმა სისტემამ შეიძლება გადაჭრას თერაპიის რამდენიმე პრობლემა და მნიშვნელოვნად გაზარდოს წამლის ეფექტურობა, გააუმჯობესოს პაციენტის ცხოვრების ხარისხი [3]. როდესაც მიკროსფეროების კონსტრუირება ხდება იმ მიზნით, რომ უზრუნველყოს დანიშნულების ადგილზე წამლის კონტროლირებადი მიწოდება, უნდა განისაზღვროს გამოთავისუფლების ზუსტი და დახვეწილი კინეტიკა, რაც მიიღწევა მიკროსფეროების კომპოზიციის ნატიფი დიზაინით. აღნიშნულის გათვალისწინებით, უპირატესობა ენიჭება ბიოდეგრადირებად მიკროკონტინენტებს, ისეთებს, რომელთა *in vivo* დეგრადაციის პროდუქტები ადვილად მეტაბოლიზდება ან უვნებელია და გამოიდევენება ორგანიზმიდან გართულებების გარეშე. ამ თვალსაზრისით, წამლის გადამტან ერთ-ერთი ყველაზე პერსპექტული კონტინენტებია ფსევდოპროტეინების საფუძველზე მიღებული მიკროსფეროები [4].

2. ძირითადი ნაწილი

წინა კვლევაში [4] მივიღეთ მეტრონიდაზოლით დატვირთული ფსევდოპროტეინული მიკროსფეროების (მს) ჟელირებადი სუსპენზია. დავადგინეთ მს-ის საშუალო დიამეტრი და დისპერსიულობა, მს-ში წამლის ინკაფსულირების (ჩართვის) ეფექტურობა, შევისწავლეთ მს-დან წამლის გამოთავისუფლების კინეტიკა. მიღებული შედეგების საფუძველზე ჩავთვალეთ, რომ შექმნილი პრეპარატი ოპტიმალურია წამლის (ჩვენ შემთხვევაში მეტრონიდაზოლი) ინტრავაგინალური მიწოდებისთვის. პრეპარატს მივანიჭეთ დროებითი სახელწოდება „მეტრომერი“. შეზღუდული კლინიკური გამოყენებისათვის საჭირო იყო „მეტრომერის“ უსაფრთხოების შესწავლა, რასაც მოცემული კვლევა ეძღვნება.

„მეტრომერი“ თეთრი ფერის უსუნო სუსპენზიაა, რომელიც თხიერია (ბლანტდენადია) მაცივრის ტემპერატურაზე და ჟელირდება 30°C ზემოთ გათბობისას (ანუ სხეულის ტემპერატურაზე).

ახალი ფარმაკოლოგიური საშუალების სახით წარმოდგენილი ნებისმიერი ნივთიერება შესწავლილი უნდა იქნეს უსაფრთხოების თვალსაზრისით. ადრინდელ კვლევებში ჩვენმა ჯგუფმა აჩვენა წინამდებარე კვლევაში გამოყენებული პოლიესტერამიდური კლასის ფსევდოპროტეინული მატრიქსის საფუძველზე მიღებული ორი პრეპარატის („მიტოკოლი“ და „ეტოროკოლი“) [5,6] სრული უსაფრთხოება, რაც, თავის მხრივ, გამოყენებულ ფსევდოპროტეინის უსაფრთხოებაზე მეტყველებს. ამ გარემოებამ შესაძლებლობა მოგვცა ახალი პრეპარატი „მეტრომერი“ შეგვესწავლა მწვავე ტოქსიკურობასა და ადგილობრივ გამაღიზიანებლობაზე შემოკლებული პროგრამით.

მწვავე ტოქსიკურობის შესწავლა

„მეტრომერის“ მწვავე ტოქსიკურობა და ადგილობრივი გამაღიზიანებლობა შესწავლილ იქნა ალბინოს თაგვებზე, „ფარმაკოლოგიური საშუალებების უსაფრთხოების წინაკლინიკური შეფასების წესების“ მიხედვით. დადგინდა „მეტრომერის“ სადღეღამისო დოზა თაგვებისთვის – 0,07 მლ. პრეპარატი თაგვებს ეძლეოდა პერორალურად 5-ჯერ მეტი დოზით, ყოველ მეორე დღეს.

კვლევის მიზანი იყო მწვავე ტოქსიკურობის – სასიკვდილო დოზის (LD₅₀) დადგენა და ასევე ტოქსიკურობისა და გაღიზიანების ცალკეული სიმპტომების რეგისტრაცია.

„მეტრომერის“ ტოქსიკურობის განსაზღვრა თაგვებზე

მასალა და მეთოდიკა: დაკვირვება ჩატარდა რანდომიზირებულ 20 თეთრ ლაბორატორიულ თაგვზე, რომლებიც განაწილდა 2 ჯგუფში თანაბარი რაოდენობით. სხეულის მასა ყველა ჯგუფში იდენტურია და საშუალოდ 20,07 გ შეადგენს. ცხოველებზე ცდები ტარდებოდა ვივარიუმის პირობებში, კარანტინის ვადებისა და კვების რაციონის სრული დაცვით.

I ჯგუფის ცხოველებს პრეპარატი მიეცა პერორალურად – 0.07 მლ, II საკონტროლო ჯგუფის ცხოველებს – ექსპერიმენტის პირობებით განსაზღვრულ დროში – 2% სახამებლის სუსპენზია 0,07 მლ-ის ოდენობით.

კვლევის შედეგების შეფასება

„მეტრომერის“ ტოქსიკური ეფექტის შეფასდა ირვინის სკალის მიხედვით: გარემოში გათვით-ცნობიერება, ორიენტირება და ყნოსვითი რეაქციები, განწყობა ემოციურობა (მოუსვენრობის გაღრმავება, აგრესიულობა), მოძრაობის უნარი; ცნის აგზნება (შეკრთომა, კუდის გაშეშება, კანკალი, კრუნჩხვა); პოზა (პროსტრაცია, შებოჭილობა, კიდურების მდგომარეობა – მოხრილი, გაშლილი); მოტორული დისკოორდინაცია (ბარბაცი, უჩვეულო სიარული, დგომის რეფლექსი); კუნთოვანი ტონუსი (ჩაჭიდულობის ძალა, ჩაზნექილი ზურგი, მუცლის დაჭიმულობა); რეფლექსები (ნიჟარის, რქოვანას, იპსილატერული მოხრის რეფლექსი); ავტონომიური რეაქციები (გუბა, ქუთუთოები, ეგზოფთალმი, შარდვა, ნერწყვდენა, ცრემლდენა, აბურძგენა, კანის ფერი ნიჟარაზე); ციანოზი ან ჰიპერემია, გულისცემისა და სუნთქვის სიხშირე; მყისი ან დაყოვნებული სიკვდილი. სხეულის მასის ნამატის კონტროლდებოდა ცდის დაწყების დღეს და შემდგომ ყოველ მე-7 დღეს.

კვლევის შედეგები

დაკვირვება ხორციელდებოდა საკვლევი ნივთიერების მიღებისას და მიღებიდან 10 წუთის, 1, 2, 4 საათის განმავლობაში და შემდეგ ყოველდღიურად დღეში ერთხელ 14 დღის განმავლობაში.

დაკვირვების პერიოდში ყველა ცხოველი ჯანმრთელი, აქტიური იყო, ხოლო დაკვირვების მთელ პერიოდში – საცდელი ცხოველების ორიენტირება გარემოში, ყნოსვითი რეაქციები და მოძრაობითი უნარი ნორმაში. არ აღენიშნებოდა მოუსვენრობა და აგრესიულობა, შენარჩუნებული იყო ნორმალური პოზა, მოტორული აქტიურობა, კუნთოვანი ტონუსი, რეფლექსები გარე გაღიზიანებაზე (ხმაური, სინათლე, შეხება, ტკივილი). ავტონომიური რეაქციები ნორმის ფარგლებში ჰქონდათ, სუნთქვისა და გულისცემის სიხშირე

საწყის მაჩვენებლებს შეესაბამებოდა. ასევე არ აღენიშნებოდათ თვალთ შესამჩნევი გამოვლინებები. თავგების სხეულის წონის ნამატი არ განსხვავდებოდა საკონტროლო ჯგუფის მაჩვენებლებისგან. თავგები ნორმალურად მოიხმარდნენ საკვებსა და წყალს. დაკვირვების 14 დღის განმავლობაში ცხოველების დაცემა რეგისტრირებული არ არის. თავგების კვდომის არარსებობის შედეგად შეუძლებელი გახდა LD₅₀-ის ზუსტი გათვლა.

„მეტრომერის“ ადგილობრივი გამღიზიანებლობის შესწავლა თეთრ თავგებში

„მეტრომერის“ ადგილობრივი გამღიზიანებელი და მაალერგინიზებელი მოქმედების შეფასდა 0,2 მლ სუსპენზიის წასმით დეპილირებული კანის 2 სმ² ზედაპირზე ყოველდღე, საკონტროლო ჯგუფის ცხოველებში კი – 0,2 მლ ზეთიუნის ზეთის წასმით დეპილირებული კანის 2 სმ²-ზე. შეხელვა გაგრძელდა 14 დღის განმავლობაში.

კვლევის შედეგები

საცდელ პერიოდში ცხოველებს ვიზუალურად არ აღენიშნებოდა კანის გაღიზიანების ნიშნები, კერძოდ კანის ჰიპერემია, ქავილი და ზოგადად დაზიანება.

დაკვირვება ხორციელდებოდა საკვლევი ნივთიერების შეხელვისას ორი საათის განმავლობაში, შემდეგ ყოველ მომდევნო 14 დღეს დღეში ერთხელ, რა დროსაც ინტეგრალური მაჩვენებლების არავითარი გადახრა ნორმიდან არ დაფიქსირებულა.

დაკვირვების პერიოდში ყველა ცხოველი ჯანმრთელი, აქტიური იყო, ხოლო დაკვირვების მთელ პერიოდში საცდელი ცხოველების ორიენტირება გარემოში, ყნოსვითი რეაქციები და მოძრაობითი უნარი ნორმაშია. არ აღინიშნება მოუსვენრობა და აგრესიულობა, შენარჩუნებულია ნორმალური პოზა, მოტორული აქტიურობა, კუნთოვანი ტონუსი, რეფლექსები გარე გაღიზიანებაზე (ხმაური, სინათლე, შეხება, ტკივილი). ავტონომიური რეაქციები ნორმის ფარგლებშია. სუნთქვისა და გულისცემის სიხშირე საწყის მაჩვენებლებს შეესაბამება. თვალთ შესამჩნევი გამოვლინებები არ აღინიშნება. თავგების სხეულის წონის ნამატი არ განსხვავდებოდა საკონტროლო

ჯგუფის მაჩვენებლებისგან. თავგები ნორმალურად მოიხმარდნენ საკვებსა და წყალს. დაკვირვების 14 დღის განმავლობაში ცხოველების დაცემა რეგისტრირებული არ არის. თავგების კვდომის არ არსებობის შედეგად შეუძლებელი გახდა LD₅₀-ის ზუსტი გათვლა.

მაკროსკოპული გამოკვლევები

თავგებში ბეწვის საფარი სუფთა, სწორი განლაგება, კიდურებისა და ყურების კანი ვარდისფერი. დათვლიერებისას თმის ბუდობრივი ცვენის კერები არ იყო აღმოჩენილი. ბუნებრივი ხვრელებიდან გამონადენი არ აღენიშნება. შინაგანი ორგანოები განლაგებულია სწორად. ქსოვილები სუფთა, ცხიმოვანი ქსოვილი საშუალოდაა განვითარებული, სეროზული გარსების ზედაპირი ნამიანი, კრიალა, გარსები გამჭვირვალე, მიოკარდიუმი მკვრივი, პარკუჭების ღრუ ცარიელი, ენდოკარდიუმი სუფთა, ფილტვები ვარდისფერი ჰაეროვანი (წყალში არ იძირება), პარენქიმაში სისხლჩაქცევები არ აღინიშნება. განაკვეთზე სითხე ან სისხლი არ დაედინება. ღვიძლი და ელენთა გადიდებული არ არის. ზედაპირი სადა, ნამიანი, კრიალა, განაკვეთზე ანაფხეკს არ იძლევა. თირკმლებს კაფსულა ადვილად სცილდება, ორივე თირკმლის ზედაპირი სადა, განაკვეთზე – ქერქოვანი და ტვინოვანი ნივთიერება ადვილად გასარჩევია. შარდის ბუშტი სავსეა, შარდი გამჭვირვალე.

3. დასკვნა

ამრიგად, ექსპერიმენტმა ცხადყო, რომ „მეტრომერი“ მწვავე ტოქსიკურობა, ადგილობრივი

გამლიზიანებლობა და მაალერგიზებული მოქმედება არ ახასიათებს.

ამასთან, იმ გარემოებიდან გამომდინარე, რომ „მეტრომერი“ მრავალკომპონენტური სუსპენზიაა, არ შეიძლება გამოირიცხოს ჰიპერსენსიბილიზაციის განვითარება ადამიანებში, სუსპენზიაში შემავალი რომელიმე კომპონენტის მიმართ, ინდივიდუალური ჰიპერმგრძობელობის შემთხვევაში.

ლიტერატურა

1. Харкевич Д.А. Фармакология. Москва, 2013. Ст. 750
2. Kukes V.G., ed. Clinical pharmacology. M .; 2006. Pages 938
3. Neelesh K Varde & Daniel W Pack Microspheres for controlled release drug delivery. Pages 35-51, Published online: 03 Mar 2005
4. T. Kantaria, L. Baduashvili, D. Tugushi, R. Katsarava. Metronidazole-Loaded Pseudo-Protein. Microspheres for Intravaginal Drug Delivery: Evaluation of Drug Encapsulation Efficiency and Drug Release. Bull. Georg. Nat. Acad. Sci., 15 (1), 76-82, 2021.
5. ს. ბაძგარაძე, ნ. ჯოგლიძე, ნ. კუციავა, რ. ქაცარავა, საშვილოსნოს ყელის მკურნალობა ბიოდეგრადირებად პოლიმერში დეპონირებული მიტომიციინით: პოლიმერული პრეპარატის უსაფრთხოების შესწავლა. Georgian Engineering News, #1, 120-123, 2015.
6. კუბლაშვილი, ნ. ჯოგლიძე, ნ. კუციავა, რ. ქაცარავა. კანის მკურნალობა პოლიმერში დეპონირებული 5-ფთორურაცილით: პოლიმერული პრეპარატის უსაფრთხოების შესწავლა. კერამიკა, 17(1), 32-35 (2015).

UDC 615.4

METRONIDAZOLE-LOADED PSEUDO-PROTEIN MICROSPHERES FOR INTRAVAGINAL DRUG DELIVERY. DRUG SAFETY RESEARCH

L. Baduashvili¹, T. Kantaria², N. Joglidze³, R. Katsarava¹

1. Department of Chemical and Biological Technology. Georgian Technical University. Str Costava 69. 0160 Tbilisi. Georgia

2. Institute of Chemistry and Molecular Engineering. Georgian Agrarian University. Davit Aghmashenebeli Alley # 240. 0159 Tbilisi. Georgia

3. Department of Pharmacological and Drug Research. Tbilisi State Medical University. 33 Vazha-Pshavela Avenue. 0186 Tbilisi, Georgia

E-mail: lika.likabaduashvili@gmail.com

Resume: Purpose. Safety study of a biocomposite pharmacological drug (temporarily called "Metromer") based on pseudo-protein microspheres. Study of acute toxic and local irritant effects of Metromer.

Method. The experiment was performed on albino mice according to the "Preclinical Safety Assessment Rules for Pharmacological Remedies".

Results. The study confirmed that the drug "Metromer" is not characterized by acute toxicity, local irritation and allergenic action.

Conclusion. The biocomposite pharmacological drug (temporarily referred to as "Metromer") is safe for use in patients, however, given that "Metromer" is a multi-component suspension, hypersensitivity may not be ruled out in humans with individual hypersensitivity to any of the components.

Key words: Pseudo-protein; Microspheres; Metronidazole loading; Safety study.

უაკ 615.4

მეტრონიდაზოლით დატვირთული ფსევდოპროტეინული მიკროსფეროები წამლის ინტრავაგინალური მიწოდებისთვის: შეზღუდული კლინიკური კვლევის შედეგები ლ. ზადუაშვილი

ქიმიური და ბიოლოგიური ტექნოლოგიის დეპარტამენტი. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი. თბილისი 0160, კოსტავას 69

E-mail: lika.likabaduashvili@gmail.com

რეზიუმე: მიზანი. კვლევის მიზანია თერაპიული დანიშნულების, ფსევდოპროტეინული მიკროსფეროების საფუძველზე მიღებული, მეტრონიდაზოლის ლოკალური/კონტროლირებადი გამოყოფის, ინტრავაგინალური დანიშნულების პრეპარატის (დროებითი სახელწოდებით „მეტრომერი“) შეზღუდული კლინიკური კვლევა ტრიქომონადული ცერვიციტების სამკურნალოდ, მისი ზემოქმედების ეფექტიანობის, უპირატესობისა და უსაფრთხოების ხარისხის შეფასების მიზნით.

მეთოდი. პრეპარატზე დაკვირვება წარმოებდა მოხალისეთა 2 ჯგუფზე, რომლებსაც ნაცხის ბაქტერიოსკოპიული ანალიზის შედეგად აღმოაჩნდა ტრიქომონადული ან შერეული ტიპის ვაგინიტი, ხოლო კოლპოსკოპიური დათვალიერებისას აღნიშნებოდა ცერვიციტი. პაციენტებს პრეპარატი შეუყვანეს ვაგინალურად აპლიკატორის დახმარებით; I ჯგუფის პაციენტებში ყოველდღიურად დღეში ერთხელ, II ჯგუფის პაციენტებში დღეგამოშვებით. მკურნალობის ეფექტურობა შეფასდა მეტრონიდაზოლის შემცველი სხვა ვაგინალური ფორმებით, პაციენტების მკურნალობის შედეგებთან შედარებით.

შედეგები. კვლევის შედეგად დადასტურდა, რომ პრეპარატ „მეტრომერს“, მოსალოდნელ ანტიტრიქომონადულ აქტივობასთან ერთად, ახასიათებს მაღალი რეგენერაციული ეფექტი, სხვა მეტრონიდაზოლის შემცველობის ვაგინალურ პრეპარატებთან შედარებით, რაც დაკავშირებულია ფსევდოპროტეინის უნიკალურ ბიოაქტივობასთან. განსაკუთრებულ ყურადღებას იპყრობს ის ფაქტი, რომ მეტრომერს ახასიათებს პროლონგაციური ეფექტი – მიკროკავსულებში დეპონირებული მეტრონიდა-

ზოლის სრული გამოთავისუფლება გრძელდება რამდენიმე დღის განმავლობაში, რაც საგრძნობლად ამცირებს წამლის ხარჯს და მის ტოქსიკურ გავლენას ორგანიზმზე.

დასკვნა. ბიოკომპოზიტური ფარმაცოლოგიური პრეპარატ „მეტრომერის“ კლინიკურმა კვლევამ აჩვენა უსაფრთხოებისა და ეფექტურობის მაღალი ხარისხი ტრიქომონადული ცერვიციტების მკურნალობაში. გვერდითი ეფექტებისა და რეაქციების გამომჟღავნებას საკვლევ ჯგუფებში ადგილი არ ჰქონია. თუმცა ვერ გამოვრცხავთ იმას, რომ მეტრომერის მრავალკომპონენტური ბუნების გათვალისწინებით შესაძლოა ჰიპერსენსიბილიზაციის განვითარება სუსპენზიაში შემავალი რომელიმე კომპონენტის მიმართ ინდივიდუალური ჰიპერმგრძნობელობის შემთხვევაში, რის დასადგენადაც აუცილებელია დამატებითი სისტემატური კვლევები.

საკვანძო სიტყვები: ფსევდოპროტეინი; მიკროსფეროები; მეტრონიდაზოლით დატვირთვა; ტრიქომონადული ცერვიციტი; კლინიკური კვლევა.

1. შესავალი

ტრიქომონადული ცერვიციტების დროს გამოიყენება იმიდაზოლის წარმოებული ანტიპროტოზოული საშუალებები: მეტრონიდაზოლი, ორნიდაზოლი, სეკნიდაზოლი. აღნიშნული პრეპარატები გამოიყენება სხვადასხვა ფორმით – როგორც ვაგინალური აბების, ისე სუპოზიტორების, ვაგინალური მალამოების თუ გელების სახით. მიუხედავად იმისა, რომ დღეს ხელმისაწვდომია იმიდაზოლის ციკლის შემცველი არაერთი ვაგინალური სამკურნალო საშუალება, მათ შორის უფრო ახალი

თაობისაც, კვლავ პოპულარული რჩება პრეპარატები ტრადიციული მეტრონიდაზოლის საფუძველზე, რაც გამოწვეულია აქტიური საწყისის როგორც დაბალი ფასითა და ხელმისაწვდომობით, ისე კლინიკური ეფექტურობით.

უნდა შევნიშნოთ, რომ გინეკოლოგიურ პრაქტიკაში გამოყენებულ მეტრონიდაზოლის შემცველ პრეპარატებს ახასიათებს შედარებით დაბალი ბიოშეღწევადობა მნიშვნელოვანი ტოქსიკურობის ფონზე. პრეპარატის ეფექტურობის გაზრდის მიზნით, ვაგინალურ ფორმებში მეტრონიდაზოლის კონცენტრაციის გაზრდა რისკს უქმნის ქალის ჯანმრთელობას, ტოქსიკური ეფექტის გაძლიერების გამო. შესაბამისად, გაუმართლებელია პრეპარატის დოზის მომატება ბიოშეღწევადობის გაუმჯობესების მიზნით. კომპრომისული მიდგომის მოსაძებნად ბოლო ათწლეულში ჩატარდა არაერთი კვლევა, შეიქმნა მეტრონიდაზოლის შემცველი მრავალი ფარმაცევტული კომპოზიცია, მათ შორის დეპონირებული ფორმები. მოწოდებული საშუალებების უმეტესობა ხასიათდება პროლონგაციის გარკვეული ეფექტით, თუმცა მათი ნაკლია ვაგინალურ დრუმში ფიქსაციის პრობლემა და დაზიანებული ზონის არასრული დაფარვა, ასევე დაზიანებული ვაგინალური ქსოვილების რეგენერაციის სტიმულირების დაბალი უნარი. პრობლემის წარმატებული გადაჭრის ერთ-ერთი გზაა კონტროლირებადი გამოყოფის მექანიზმით მოქმედი წამლის მიწოდების სისტემების კონსტრუირება, ბიოდეგრადირებადი პოლიმერული მატრიქსების გამოყენებით. ამასთან, სასურველია მატრიქსის იმგვარად შერჩევა, რომ მას ჰქონდეს დაზიანებული ქსოვილების რეგენერაციის პოტენციალი.

აღნიშნულ გარემოებათა გათვალისწინებით ჩავთვალეთ, რომ ტრიქომონადული ცერვიციტების სამკურნალოდ პერსპექტული იქნებოდა მეტრონიდაზოლის გახანგრძლივებული/კონტროლირებადი მიწოდების მექანიზმით მოქმედი ბიოკომპოზიტური პრეპარატი ბიოდეგრადირებადი პოლიმერის – ფსევდოპროტეინის საფუძველზე. ფსევდოპროტეინები ბიოდეგრადირებადი პოლიმერების შედარებით ახალი ოჯახია, რომლებიც მიღებულია ბუნებრივი წარმოშობის α -ამინომჟავების და სხვა

არატოქსიკური და ბიოასიმილირებადი ნივთიერებების – ალიფატური დიკარბომჟავების და დიოლების საფუძველზე [1]. ბიოლოგიურ თვისებათა გამო, განსაკუთრებულ ყურადღებას იპყრობს ფსევდოპროტეინები – ამინომჟავა ლეიცინის წარმოებულები [2]. ჩვენ მიერ დასახული ამოცანის გადასაწყვეტად არჩევანი შევაჩერეთ პოლიესტერ-მიდური კლასის ფსევდოპროტეინზე 8L6, რომელიც მიღებულია სეზაციის მჟავას (8), ლეიცინის (L) და 1,6-ჰექსანდიოლის (6) საფუძველზე. პოლიესტერ-მიდი 8L6 და მისი მონათესავე ლეიცინშემცველი ფსევდოპროტეინები გამოირჩევა მაღალი ბიოთავსებადობით და ქსოვილების რეგენერაციის მაღალი პოტენციალით [3], რის გამოც წარმატებით იქნა გამოყენებული ზედაპირული ჭრილობებისა და წყლულების შეხორცებისათვის [4,5], ვასკულარული სტენტის საფარად [6], თვალში წამლის ადმინისტრირებისთვის [7,8], ასევე მატრიქსად ბიოკომპოზიტური პრეპარატების მისაღებად, რომლებიც გამოვიყენეთ საშვილოსნოს ყელის [9] და კანის კიბოს [10] სამკურნალოდ.

გამოვიყენეთ რა მატრიქსად ფსევდოპროტეინი 8L6, შევიმუშავეთ ორიგინალური ბიოკომპოზიტური პრეპარატი დროებითი სახელწოდებით „მეტრომერი“, რომელიც მეტრონიდაზოლით დატვირთული, 8L6-ის მიკროსფეროების სუსპენზიას წყალში, რომელსაც ჟელირებად კომპონენტად დამატებული აქვს Poloxamer 407 (პოლიეთილენ-გლიკოლისა და პოლიპროპილენგლიკოლის ტრიბლოკ-თანაპოლიმერი, ფართოდ გამოიყენება ფარმაცევტულ პრაქტიკაში [12]), რომლის წყალხსნარი სითხეა 10–15°C-ზე და ჟელირდება სხეულის ტემპერატურაზე [11,12]. Poloxamer 407-ის ამ უნიკალური თვისების გამო, შესაძლებელი ხდება ბიოკომპოზიტური პრეპარატით ვაგინალური სივრცის მაქსიმალური და ეფექტური შევსება და მისი იქ დაფიქსირება დროის განმავლობაში. წამლის (მეტრონიდაზოლი) გამოთავისუფლება მიკროსფეროებიდან ხდება ლოკალურად, კონტროლირებადი გამოყოფის მექანიზმით, რაც მნიშვნელოვნად ამცირებს წამლის ტოქსიკურ ზემოქმედებას; ამასთან ფსევდოპროტეინი (მიკროსფერო) გამოირჩევა მაღალი ბიოთავსებადობით და დაზიანებულ ქსოვილების რეგე-

ნერაციის უნიკალური პოტენციალით, რაც, როგორც ზემოთ აღვნიშნეთ, დამახასიათებელია ფსევდოპროტეინებისთვის. შევნიშნავთ, რომ ტრიქომონადული ცერვიციტების სამკურნალო, მსგავსი შედეგნილობის, ეფექტურობის და კომბინირებული მოქმედების გინეკოლოგიური პრეპარატი ფარმაცევტულ ბაზარზე არ გვხვდება.

ახალი პრეპარატის პრაქტიკაში დანერგვისათვის, შესაძლო სამედიცინო შეცდომების მინიმიზაციისთვის, უსაფრთხოების დასადგენად ჩატარებული, დადებითი წინაკლინიკური კვლევის კვალდაკვალ, აუცილებელია პრეპარატის შეზღუდული კლინიკური გამოცდა, რომელთა წარმატება პრეპარატის გაფართოებული გამოცდის წინაპირობაა. ჩვენ მიერ წინაკლინიკური კვლევით დადასტურებულმა „მეტრომერის“ სრულმა უსაფრთხოებამ [13], ასევე ლეიციწმენველი ფსევდოპროტეინების და მათ საფუძველზე მიღებული პრეპარატების მრავალრიცხოვანი ბიოლოგიური კვლევების პოზიტიურმა შედეგებმა [1-10], ტრიქომონადული ცერვიციტების სამკურნალო ახალი, ორიგინალური პრეპარატ „მეტრომერის“ შეზღუდული კლინიკური კვლევის შესაძლებლობა მოგვცა.

2. ძირითადი ნაწილი

შეზღუდული კლინიკური კვლევა არის წამლის განვითარების განუყოფელი ეტაპი, რომელიც წინ უსწრებს მის ფართო სამედიცინო გამოყენებას. კლინიკურ კვლევებში ახალი პრეპარატის ან წამლის მიწოდების ახალი სისტემის შესწავლა ხდება მისი ეფექტურობისა და უსაფრთხოების შესახებ მონაცემების მისაღებად.

ახალი ფარმაკოლოგიური საშუალებისა და წამლის მიწოდების სისტემის შემუშავების პროცესი შეუძლებელია წარიმართოს კლინიკური კვლევის გარეშე, ვინაიდან ცხოველებსა და ბიოლოგიურ მოდელებზე ჩატარებული კვლევების შედეგების ექსტრაპოლაცია შესაძლებელია მხოლოდ ზოგადი ფორმით და ზოგჯერ შეუძლებელიც კია. მაგალითად, ფარმაკოკინეტიკა (როგორ ხდება პრეპარატის მოხვედრა სისხლში, განაწილება ორგანიზმში და გარეთ) ადამიანებში, ლაბორატორიულ საცდელ ცხოველებში მიმდინარე ფარმაკოკინეტიკისგან გან-

სხვავდება. ამასთან, პრეკლინიკური კვლევის ანალიზი ძალზე მნიშვნელოვანია გვერდითი მოვლენების აღბათობისა და ხასიათის შესაფასებლად, ადამიანში პრეპარატის თვისებების შესწავლის საწყისი დოზის გამოსათვლელად [3].

შეზღუდული კლინიკური გამოკვლევის დაწყება შესაძლებელია მხოლოდ მას შემდეგ, რაც მიღებულია დამაკმაყოფილებელი შედეგი წინასწარი კლინიკური კვლევების დროს (ბიოლოგიურ მოდელებსა და ლაბორატორიულ ცხოველებზე ჩატარებული კვლევები).

თავდაპირველად, ექსპერიმენტული პრეპარატი შეისწავლება მცირე რაოდენობის პაციენტებთან და / ან ჯანმრთელ მოხალისეებთან. მისი უსაფრთხოებისა და ეფექტურობის შესახებ მონაცემების დაგროვების შედეგად, შემდგომ კვლევაში მონაწილე პაციენტების რიცხვი იზრდება და თავად პრეპარატი შედარებულია უკვე ცნობილ და სამედიცინო პრაქტიკაში ფართოდ გამოყენებულ პრეპარატებთან.

სამედიცინო ეთიკის თვალსაზრისით, განსაკუთრებით აქტუალურია საკითხები, რომელთა ძირითადი პრინციპია ჰიპოკრატეს ცნობილი გამოთქმა „პირველ რიგში, არ ავნო“. ეს არის პრინციპი, რომელიც ყველა ექიმის პროფესიული მსოფლმხედველობის ფუნდამენტი უნდა იყოს. ფრაზა (თავისი გაგებით) ჩვენს დროში განსაკუთრებით აქტუალური გახდა იმდენად, რამდენადაც ფარმაცევტული საშუალებების ბუმის პირობებში ექიმმა სწორად უნდა შეარჩიოს ეფექტური, უსაფრთხო და ადვილად ხელმისაწვდომი სამკურნალო საშუალება.

როგორც ამბობენ „დიდი ხნის დაგვიწყებული ძველი, ახალიაო“ და ჩვენც სამკურნალო საშუალების შერჩევის პროცესში შევარჩიეთ მეტრონიდაზოლი, რომელიც 5-ნიტროიმიდაზოლის წარმოებულ ანტიპროტოზოული და ანტიბაქტერიული მოქმედებით (მოქმედებს: *Trichomonas Vaginalis*, *Streptococcus*, *Gardnerella Vaginalis*, აქვს აგრეთვე ძლიერი ბაქტერიციდული მოქმედება ანაერობული ბაქტერიების მიმართ).

თანამედროვე ქიმიური ტექნოლოგიის მიღწევების მეშვეობით შევქმენით ბიოკომპოზიტური პრეპარატი, რომელიც გამოვიყენეთ წამლის ლოკა-

ლური მიწოდებისათვის. ასეთი ლოკალური მიწოდების სისტემები განსაკუთრებით ეფექტურია ისეთი პათოლოგიების დროს, რომლებიც ლოკალიზებულია ზედაპირულად, რამეთუ ბიოდეგრადირებად პოლიმერულ მატრიქსში ჩართული (დეპონირებული) პრეპარატი გამოთავისუფლდება დანიშნულების ადგილზე მდგრადად და კონტროლირებადი სიჩქარით.

ჩვენ მიერ შექმნილი ლოკალური მიწოდების პოლიმერული ბიოკომპოზიტური პრეპარატი „მეტრომერი“ თეთრი ფერის უსუნო სუსპენზია, რომელიც თხიერია (ბლანტ-დენადია) მაცივრის ტემპერატურაზე და ჟელირდება 30°C ზემოთ გათბობისას (ანუ სხეულის ტემპერატურაზე).

ასეთი პოლიმერები ორგანიზმში დაშლის შედეგად გამოყოფს არათუ უვნებელ, არატოქსიურ ნაერთებს, არამედ ნაერთებს, რომლებიც შეიძლება ასიმილირდეს ორგანიზმის მიერ (მეტაბოლურ გზებში ჩართვით) და ამგვარად აქტიური მონაწილეობა მიიღოს ქსოვილების აღდგენითი, რეგენერაციული პროცესის სწრაფ და ეფექტურ წარმართვაში.

კლინიკური კვლევა

უსაფრთხოების კვლევამ დაადასტურა, რომ პრეპარატი „მეტრომერი“ მაქსიმალური დოზით გამოყენების შემთხვევაშიც კი არ ახასიათებს მწვავე ტოქსიკური, კუმულაციური, ადგილობრივი გამაღიზიანებელი და ალერგიული თვისებები, რამაც საშუალება მოგვცა გამოგვეცადა იგი კლინიკურ პირობებში, მოხალისეთა შეზღუდულ რაოდენობაში ტრიქომონადული ცერვიციტების დროს. ლოკალური მკურნალობისას ბიოკომპოზიტური პრეპარატის საშოში შეყვანის შემდეგ პოლიმერული მიკროკაფსულები იშლება ეროზიული მექანიზმით, რასაც თან ახლავს აქტიური საწყისის – მეტრონიდაზოლის განუწყვეტელი გამოთავისუფლება მიმდებარე ქსოვილებში. გამოთავისუფლების ასეთი მექანიზმი საშოს ლორწოვანის დეფექტის ლოკალიზაციის არეში უზრუნველყოფს წამლის ძალიან მაღალ კონცენტრაციას, რომელიც შეიძლება მრავალასეულჯერ აღმატებოდეს ტრადიციული ვაგინალური პრეპარატების ადმინისტრირებით მიღწე-

ულ კონცენტრაციას. პაციენტის მკურნალობის ეფექტის შეფასება ხდებოდა ნაცხის ბაქტერიოსკოპიული კვლევისა და კოლპოსკოპიური მეთოდის გამოყენებით.

შეზღუდული კლინიკური კვლევის ჩასატარებლად დავამზადეთ 2500 მლ მეტრომერი – მეტრონიდაზოლით დატვირთული მკ-ების ჟელირებადი სუსპენზია, ადრე გამოქვეყნებული პროტოკოლის შესაბამისად [11]. სუსპენზიის ეს მოცულობა საკმარისია 5 პაციენტის 10-დღიანი ყოველდღიური მკურნალობისთვის და 10 პაციენტის 10-დღიანი დღეგამოშვებით მკურნალობისთვის (მკურნალობის ერთი კურსი). დაგეგმილი კლინიკური კვლევების სქემის მიხედვით, I ჯგუფის 5 პაციენტიდან თითოეულ პაციენტს ყოველდღე ერთჯერადად, ადგილობრივად (ვაგინალურად) უკეთებოდა 25 მლ მიკროსუსპენზია (რომელიც შეიცავდა 250 მგ წამალს) 10 დღის განმავლობაში და II ჯგუფის 10 პაციენტიდან თითოეულ პაციენტს დღეგამოშვებით, ადგილობრივად (ვაგინალურად) – 25 მლ მიკროსუსპენზია (რომელიც ასევე შეიცავდა 250 მგ წამალს) 10 დღის განმავლობაში. ვაკვირდებოდით მკურნალობის ეფექტურობას. პაციენტების საკონტროლო (შესადარებელ) ჯგუფში მიკროსუსპენზიის ნაცვლად მკურნალობა ტარდებოდა მეტრონიდაზოლის ტრადიციული ვაგინალური ფორმების გამოყენებით.

I და II ჯგუფში განკურნების ეფექტი დადგა 10 დღის შემდეგ ანუ პრაქტიკულად „მეტრომერის“ ყოველდღიური ადმინისტრირების საჭიროების აუცილებლობა არ გამოიკვეთა. დოზირების რეჟიმის შემცირების მიზეზი არის ის გარემოება, რომ პოლიმერული ბიოკომპოზიტური ჟელირებადი სუსპენზია, მასში დეპონირებული მეტრონიდაზოლით, მთლიანად ამოეფინება საშოს ლორწოვანს, მისი დეფექტის ჩათვლით, მჭიდროდ მიეკვრება საშოს ლორწოვანის ზედაპირს, რასაც პარალელურად ახლავს წამლის კონტროლირებადი გამოთავისუფლება, რაც გამორიცხავს წამლის ყოველდღიური ადმინისტრირების საჭიროებას. ეს ამცირებს როგორც წამლის ხარჯს, ისე მის ტოქსიკურ გავლენას ორგანიზმზე.



პოლიმერული პრეპარატის ადმინისტრირების მექანიზმი

3. დასკვნა

დაკვირვების შედეგად დადგინდა, რომ ტრიქომონადული ცერვიციტის თერაპიის პროცესში „მეტრომერმა“, თავისი უნიკალური შედგენილობის წყალობით, აჩვენა დადებითი ეფექტი სხვა მეტრონიდაზოლის შემცველ ვაგინალურ ფორმებთან შედარებით. ასევე მნიშვნელოვანი ის გარემოებაა, რომ „მეტრომერის“ ლოკალური მიწოდების დროს, ყოველდღიური მიწოდებისა და დღეგამოშვებით ადმინისტრირების პირობებში, 10-დღიანი მკურნალობის ფონზე ხდება ენდოცერვიციტის კერის სრული რეგენერაცია.

წამლის ბიოშელწევადობის მაჩვენებლის გაზრდა და ეფექტური დოზირების რეჟიმის დადგენა წამლის მიწოდების თანამედროვე სისტემების მთავარი დანიშნულებაა. ჩვენს შემთხვევაში შემოთავაზებულმა წამლის მიწოდების სისტემამ, კონკრეტულად ინტრავაგინალური მიწოდებისთვის შემუშავებულმა მეტრონიდაზოლით დატვირთულმა ფსევდოპროტეინულმა მიკროსფეროებმა ამ მთავარ გამოწვევას წარმატებით გაართვა თავი.

ლიტერატურა

1. N. Zavrashvili, J. Puiggali, R. Katsarava, Artificial polymers made of α -amino acids – Poly(Amino Acid)s, Pseudo-Poly(Amino Acid)s, Poly (depsipeptide)s, and Pseudo-Proteins, *Current Pharmaceutical Design*. 26, 566-593, 2020.
2. R.Katsarava, J.Puiggali. Leucine Based Polymers: Synthesis and Applications. Book chapter in: Leucine: Biology, Consumption and Benefits. Biochemistry Research Trends, S.R. Newman, Ed., NOVA Sci. Publisher(2015).
3. DeFife KM, Grako K, Cruz-Aranda G, Price S, Chantung R, Macpherson K, Khoshabeh R, Gopalan S, Turnell WG. Poly (ester amide) co-polymers promote blood and tissue compatibility. *Journal of Biomaterials Science, Polymer Edition*. 2009 Jan 1; 20(11):1495-511.
4. Markoishvili K, Tsitlanadze G, Katsarava R, Glenn J, Morris Jr MD, Sulakvelidze A. A novel sustained release matrix based on biodegradable poly (ester amide) s and impregnated with bacteriophages and

- an antibiotic shows promise in management of infected venous stasis ulcers and other poorly healing wounds. *International journal of dermatology*. 2002 Jul; 41(7):453-8.
5. Jikia D, Chkhaidze N, Imedashvili E, Mgaloblishvili I, Tsitlanadze G, Katsarava R, Glenn Morris Jr J, Sulakvelidze A. The use of a novel biodegradable preparation capable of the sustained release of bacteriophages and ciprofloxacin, in the complex treatment of multidrug-resistant *Staphylococcus aureus*-infected local radiation injuries caused by exposure to Sr90. *Clinical and Experimental Dermatology: Clinical dermatology*. 2005 Jan; 30(1):23-6.
 6. Lee SH, Szinai I, Carpenter K, Katsarava R, Jokhadze G, Chu CC, Huang Y, Verbeken E, Bramwell O, DeScheerder I, Hong MK. In-vivo biocompatibility evaluation of stents coated with a new biodegradable elastomeric and functional polymer. *Coronary artery disease*. 2002 Jun 1;13(4):237-41.
 7. Kropp M, Morawa KM, Mihov G, Salz A, Harmening N, Franken A, Kemp A, Dias A, Thies J, Johnen S, Thumann G. Biocompatibility of poly (ester amide)(PEA) microfibrils in ocular tissues. *Polymers*. 2014 Jan; 6(1):243-60.
 8. Andrés-Guerrero V, Zong M, Ramsay E, Rojas B, Sarkhel S, Gallego B, de Hoz R, Ramírez AI, Salazar JJ, Triviño A, Ramírez JM. Novel biodegradable polyesteramide microspheres for controlled drug delivery in ophthalmology. *Journal of controlled release*. 2015 Aug 10; 211:105-17.
 9. ს. ბაძგარაძე, ნ. კუციავა, რ. ქაცარავა. საშვილოსნოს ყელის მკურნალობა ბიოდეგრადირებად პოლიმერში დეპონირებული მიტომიციინით: კლინიკური კვლევის შედეგები. საქართველოს კერამიკოსთა ასოციაციის ჟურნალი - კერამიკა. ტ. 17. 1(33). 2015. 10-14.
 10. ნ.კუბლაშვილი, ნ. კუციავა, რ. ქაცარავა. კანის კიბოს მკურნალობა ბიოდეგრადირებად პოლიმერში დეპონირებული 5-ფტორურაცილით: შეზღუდული კლინიკური კვლევის შედეგები. *Georgian Engineering News*. №1, 123-127, 2016.
 11. T. Kantaria, L. Baduashvili, D. Tugushi, R. Katsarava. Metronidazole-Loaded Pseudo-Protein Microspheres for Intravaginal Drug Delivery: Evaluation of Drug Encapsulation Efficiency and Drug Release. *Bull. Georgian Nat. Acad. Sci.*, 15 (1), 76-82, 2021.
 12. G. Dumortier, J.L. Grossiord, F. Angely, J.C. Chaumeil. A Review of Poloxamer 407 Pharmaceutical and Pharmacological Characteristics. *Pharmac. Res.* 23, 2709-2728 (2006)
 13. ლ. ბადუაშვილი, თ. ქანთარია, ნ. ჯოგლიძე, რ. ქაცარავა. მეტრონიდაზოლით დატვირთული ფსევდოპროტეინული მიკროსფეროები წამლის ინტრავაგინალური მიწოდებისთვის. პრეპარატის უსაფრთხოების შესწავლა. საქართველოს კერამიკოსთა ასოციაციის ჟურნალი კერამიკა, 2021 (იბეჭდება).

UDC 615.4

METRONIDAZOLE LOADED PSEUDOPROTEIN MICROSPHERES FOR INTRAVAGINAL DRUG DELIVERY: THE RESULTS OF LIMITED CLINICAL TESTING

L. Baduashvili

Georgian Technical University, Department of Chemical and Biological Technologies, 69, Kostava Str., Tbilisi, 0160, Georgia

E-mail: lika.likabaduashvili@gmail.com

Resume: Purpose. The aim of the study was to conduct a clinical trial (test) of a biocomposite pharmacological drug (temporarily referred to as "Metromer") based on pseudoprotein microspheres for therapeutic purposes in a limited practice to evaluate its efficacy, benefits and safety.

Method. The drug was observed in 2 groups of volunteers who, as a result of bacterioscopic analysis of the smear, were found to have trichomonad or mixed type vaginitis, and on colposcopic examination, cervicitis was observed. The drug was administered to patients vaginally with the help of an applicator; With group I patients once a day, and with group II patients day after day. We compared the efficacy of treatment with the treatment outcomes of patients treated with other metronidazole-containing vaginal forms.

Results. The study confirmed that the drug "Metromer" has a high degree of antichromonad activity and regenerative effect compared to other vaginal preparations containing metronidazole. Also of particular interest is the fact that the most effective result during treatment with our drug is achieved by reducing the dosage, because the complete release from the microcapsules of metronidazole deposited in the microcapsules lasts for 4 days.

Conclusion. A clinical trial of a biocomposite pharmacological drug has shown a high degree of safety and efficacy in the treatment of trichomoniasis. Exposure to side effects and reactions did not occur in the study groups. However, given that Metromer is a multi-component suspension, hypersensitivity to individual components of the suspension may not be ruled out in case of individual hypersensitivity to any of the components. [1]

Keywords: Pseudoprotein; microspheres; metronidazole loading; Trichomonas cervicitis; Clinical trial.

უაკ 613.26

ჩვეულებრივი ძეძვის (ლათ. *Paliurus spina-christi*) მერქნისა და ქერქის ქსოვილის ქიმიური შედგენილობის კვლევა

ი. გოდერძიშვილი

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, ფარმაციის დეპარტამენტი, საქართველო, 0160, თბილისი, კოსტავას 69

E-mail: irmuka72@mail.ru

რეზიუმე: მიზანი. კვლევის მიზანია ჩვეულებრივი ძეძვის (ლათ. *Paliurus spina-christi*) მერქნისა და ქერქის ქსოვილის ქიმიური შედგენილობის კვლევის მეთოდების შერჩევა.

მეთოდი. მერქნიდან ინდივიდუალური კომპონენტების ანალიზის მეთოდები ძალიან მრავალფეროვანია, სპეციფიკურია და. როგორც აღმოჩნდა, განსხვავებულ შედეგებს იძლევა. ნიმუშის ფრაქციული შედგენილობის ცვლილებამაც კი შეიძლება განსხვავებული შედეგები მოგვცეს. ამიტომ, შედეგების მისაღებად აუცილებელი პირობაა ერთი და იგივე ტიპის ანალიზის მეთოდების გამოყენება. მოვხდინეთ ნივთიერებების წყლით და ორგანული გამხსნელებით ექსტრაქცია.

შედეგი. მერქნის კომპონენტებიდან ორგანული ნივთიერებების წილი თითქმის 97%-ია, არაორგანული ნივთიერებების – 3%-მდე. მეტალების მარილები (მცენარის სითხეებში გახსნილი ან ფისებში, პექტინებში) – დაახლოებით 1%; ტერპენები – კვალის სახით; ალიფატური სპირტები და სტერინები – 0.1%; ფენოლური ნაეთები – 25%.

ძეძვის ქერქში ცელულოზის კონცენტრაცია 18,5%-ია. პენტოზანები 11%-მდე. ქერქი შეიცავს მნიშვნელოვნად მეტ ლიგნინს, 48%-მდე; ექსტრაქტული ნივთიერებები – 30%-მდე; ნაცარი – 6%.

დასკვნა. მერქნიდან გამოცალკევებული ექსტრაქტული ნივთიერებები განისაზღვრება ჯგუფებად, მაექსტრაჰირებელი აგენტის ტიპის მიხედვით:

წყალი – მთრიმლავი ნივთიერებები, დაბალმოლეკულური შაქრები, სახამებელი, პექტინური ნივთიერებები, ჰემიცელულოზური პოლისაქარიდები და სხვა.

ორგანული გამხსნელები – ფისოვანი და ცხიმოვანი მჟავები, ეთერზეთები, ფიტოსტერინები და ა.შ.

წყლის ორთქლთან ერთად გამოხდა – ტერპენები.

ნახშირწყლები, რომლებიც ნაპოვანია ქერქში, როგორც აღმოჩნდა, განსხვავდება მერქანში ნაპოვნი ნახშირწყლებისგან როგორც შედგენილობით, ისე სტრუქტურული აგებულებითაც.

საკვანძო სიტყვები: ძეძვი; მერქანი; ქერქი; ცელულოზა; ჰემიცელულოზა; ლიგნინი; ექსტრაჰირება.

1. შესავალი

მცენარის მერქნის ქიმიური შედგენილობის სფეროში პირველი კვლევები XIX საუკუნის დასაწყისის მასალებში გვხვდება, რომლებშიც საუბარია მერქნის ელემენტურ შედგენილობაზე. როგორც ჩანაწერებიდან ირკვევა, მერქანი მიაჩნდათ ინდივიდუალურ ნაერთად, რომელშიც განსაზღვრავდნენ ცალკეულ ელემენტებს. ზოგჯერ ამ ნივთიერებების (მერქნის) ზოგიერთი ფორმულაც იყო მითითებული, მაგალითად, $C_{38}H_{24}O_{20}$.

მერქნის შემადგენელი კომპონენტების კვლევას საფუძველი ჩაუყარა ფრანგმა მკვლევარმა ბრაკონომ, რომელმაც დაადგინა, რომ კონცენტრირებული გოგირდმჟავას ზემოქმედებით მერქნიდან გამოიყოფა შაქრები. ამ ფაქტის საფუძველზე მან დაასკვნა, რომ ხე შედგება "ცელულოზის ტიპის" პოლისაქარიდებისგან.

2. ძირითადი ნაწილი

ჩვეულებრივი ძეძვის ქერქის და მერქნის ქსოვილის ელემენტური შედგენილობა

ჩვეულებრივი ძეძვი (*Paliurus spina-christi*) ხშირ-ტოტებიანი და ეკლიანი ბუჩქია, რომლის სიმაღლე 1-4 მ აღწევს.

აღმოსავლეთ საქართველოში ძეძვი გვხვდება ზღვის დონიდან 1200 მ სიმაღლემდე, ხოლო დასავლეთ საქართველოში გავრცელებულია ზღვისპირეთის ქვიშარებში, აგრეთვე მშრალ და ქვიან ფერდობებზე. რაჭაში აღწერილია სოფლების: წესისა და კვაცხუთის მიდამოებში.



ჩვეულებრივი ძეძვი (*Paliurus spina-christi*)

მცენარე შეიცავს საპონინებს, ალკალოიდებს, ფლავონოიდებს (რუტინს, ჰიპერინს, იზოკერციტრინს), მთრიმლავ ნივთიერებებს, საქაროზას.

ხალხურ მედიცინაში შარდმდენ საშუალებად იყენებენ ფესვების, ფოთლებისა და ნაყოფების ნახარშს. ქერქის ნახარში და ნაყენი ცნობილია, როგორც დიარეის საწინააღმდეგო საშუალება.

მერქანი გამოსადეგია ტყავის სათრიმლაკად.

მერქნის ქსოვილის ელემენტური შედგენილობა: გამოირჩევა აზოტისა და მიკროელემენტების მაღალი შემცველობით (ცხრ. 1), რომელიც გამოწვეულია დიდი რაოდენობით ცოცხალი უჯრედების შემცველობით პროტოპლაზმაში, შეიცავს ცილოვან ნივთიერებებს.

ცხრილი 1

მერქნის და ხემცენარის მწვანე ნაწილის ელემენტები, %

მცენარის ნაწილები	C %	H %	O %	N %	K, Na, Ca, Mg, Fe, Mn, Co, Zn, Si, P, S, Hal %
მერქანი	48,5-51,8	6,1- 6,9	41,1-45,2	0,1- 1,3	0,3-1,0
ხემცენარის მწვანე ნაწილი	46,0-47,0	7,0-7,3	40,0-41,0	>2,0	დაახლოებით 4,0

ნახშირბადი, წყალბადი და ჟანგბადი მერქნის ქსოვილის ძირითადი კომპონენტებია და წარმოქმნის მერქნის ექსტრაქტული ნივთიერებების უმეტეს ნაწილს. მიკროელემენტები ხის ცოცხალ ქსოვილებში ასრულებს შემდეგ ფუნქციებს:

ცხრილი 2

**მიკროელემენტების შემცველობა
ძებვის ქერქში, %**

№	მიკროელემენტები	%
1	P	0.01
2	Ca	0.7
3	K	0.1
4	Mg	0.5
5	Mn	0.04
6	Fe	0.02
7	Cu	0.003
8	B	-

აზოტი, გოგირდი – ამინომჟავებისა და ცილების სინთეზი; ფოსფორი – ცილების სინთეზი და ენერჯის გადაცემა; ჰალოგენები და ტუტე ლითონები – ოსმოსური და იონური წონასწორობა; კალციუმი – უჯრედის კედლის სტაბილიზაცია უჯრედის განვითარების ადრეულ ეტაპზე, ოქსალატის წარმოქმნის გამო; მაგნიუმი – ქლოროფილის სინთეზი; რკინა – სუნთქვის პროცესი უჯრედებში; სპილენძი – ჟანგვითი ფერმენტები; მოლიბდენი – ფერმენტების შემცირება; მანგანუმი, კობალტი, თუთია – ფერმენტების აქტივატორები.

ძებვის მერქნის კომპონენტური შედგენილობა

მერქნის კომპონენტებიდან ორგანული ნივთიერებების წილი თითქმის 97%-ია, არაორგანული ნივთიერებების – 3%-მდე.

მეტალების მარილები (მცენარის სითხეებში გახსნილი ან ფისებში, პექტინებში) – დაახლოებით 1%;

ტერპენები – გვხვდება კვალის სახით;

ალიფატური სპირტები და სტერინები – 0.1%;

ფენოლური ნაერთები – 25%; ფენოლური ნაერთების დიდი წილი წარმოქმნის ლიგნინებს, ბევრი მათგანი შედის წყალსა და ორგანულ გამხსნელებში ხსნადი ნივთიერებების შედგენილობაში (ტანიდები, ლიგნანები და საღებრები).

ალიფატური და ფისოვანი მჟავები – უმაღლესი ცხიმოვანი მჟავები გვხვდება რთული ეთერების

სახით, ძმარმჟავა – ეთერების სახით პოლისაქარიდების ნაწილთან 3%-მდე ოდენობით; ფისოვანი მჟავების თანაპოვნიერება არ დასტურდება.

ნახშირწყლები ძირითადად წარმოდგენილია პოლისაქარიდებით, რომლებიც შეადგენს ხის მასალის დაახლოებით 75%-ს (ცელულოზა, ჰემი-ცელულოზები, სახამებელი, წყალში ხსნადი პოლისაქარიდები), აგრეთვე მცირე კონცენტრაციით – დაბალმოლეკულური შაქრების სახით;

ცილები ნაპოვნია მცირე კონცენტრაციით.

მერქნის შედგენილობაში შემავალი ნივთიერებების იზოლაციის მეთოდები ემყარება სხვადასხვა "გამხსნელში" მათ ხსნადობას (ცხრილი 3).

მეთოდები: წყლით და ორგანული გამხსნელებით ექსტრაქცია.

ცივი წყლის ურთიერთქმედებისას ძებვის ცალ-ცალკე დაქუცმაცებულ მერქანსა და ქერქთან ხდება წყალში ხსნადი ნივთიერებების გარკვეული ნაწილის გადასვლა სითხეში. ხსნარის ტემპერატურის მომატებისას მათი ხსნადობა იზრდება. ამის მიზეზია აცეტილჯგუფების ჰიდროლიზის შედეგად გარემოს მჟავიანობის მომატება – ამ დროს წარმოიქმნება ძმარმჟავა. გარემოს pH 3,5–4,5 ფარგლებში მერყეობს. ამრიგად, მერქნისა და ქერქის წყალთან ერთად შეთბობისას ადგილი აქვს ექსტრაქციას სუსტ მჟავა გარემოში, ამიტომ ამ დროს ძირითადად გამოცალკევდება პოლისაქარიდების და ლიგნინის ჰიდროლიზის პროდუქტები.

დუღილის დროს ზრდასთან ერთად ექსტრაქტირებული ნივთიერებების რაოდენობა განუწყვეტლივ იზრდება. ეს პროცესი ლაბორატორიაში ტარდებოდა 72 საათის განმავლობაში (პერიოდული წყვეტით და დაღობით). წყალში ხსნადი ნივთიერებების 20% გადავიდა ხსნარში (ნიმუშების წონა შემცირდა 20%-ით).

ტემპერატურის მატება პრაქტიკულად არ მოქმედებს გამოსავალზე არაპოლარული ორგანული გამხსნელებით, ძებვის მერქნიდან და ქერქიდან კომპონენტების ექსტრაქტირებისას.

სპირტები ურთიერთქმედებს ლიგნინთან და ხსნის მის მნიშვნელოვან ნაწილს.

მერქნიდან გამოცალკევებული ექსტრაქტული ნივთიერებები განისაზღვრება ჯგუფებად, მაექსტრაპირებული აგენტის ტიპის მიხედვით:

წყალი – მთრიმლავი ნივთიერებები, დაბალ-მოლეკულური შაქრები, სახამებელი, პექტინური ნივთიერებები, ჰემიცელულოზური პოლისაქარიდები და სხვა.

ორგანული გამსხნელები – ფისოვანი და ცხიმოვანი მჟავები, ეთერზეთები, ფიტოსტერინები და ა.შ.

წყლის ორთქლთან ერთად გამოხდა – ტერპენები.

მერქნიდან ინდივიდუალური კომპონენტების ანალიზის მეთოდები მრავალფეროვანია, სპეციფიკურია და, როგორც აღმოჩნდა, განსხვავებულ შედეგებს იძლევა, ნიმუშის ფრაქციული შედგენილობის ცვლილებამაც შეიძლება განსხვავებული შედეგები მოგვცეს.

ცხრილი 3

ძებვის მერქნის შედგენილობაში შემავალი ნივთიერებების იზოლირება სხვადასხვა გამსხნელით

მერქნის შედგენილობაში შემავალი ნივთიერებები					
№	გამსხნელები	ცელულოზა	ჰემიცელულოზები	ლიგნინები	ექსტრაქტული ნივთიერებები
1	წყალი	-	-	-	+
2	ორგანული გამსხნელები	-	-	-	+
3	კონცენტრირებული მჟავები				
4	განზავებული მჟავები	+	+	-	-
5	კონცენტრირებული ტუტეები				
6	განზავებული ტუტეები	-	+	-	-

ზედმეტად დაქუცმაცებული მერქნის დახარისხებისას შეიძლება მოხდეს ადვილად დაშლადი ქსოვილების სეპარაცია ქსოვილებისგან, რომლებმაც არ განიცადა დაქუცმაცება, ამიტომ შედეგების მისაღებად აუცილებელი პირობაა ერთი და იგივე ტიპის ანალიზის მეთოდების გამოყენება.

მერქნის სტანდარტული ანალიზის მეთოდები არ არის ეფექტური ქერქის გამოსაკვლევადა. ქერქის ანალიზის საყოველთაოდ მიღებული სქემა ჯერ შემუშავებული არ არის.

ძებვის ქერქში ცელულოზის კონცენტრაცია 18,5%-ია. პენტოზანები – 11%-მდე. ქერქი შეიცავს მნიშვნელოვნად მეტ ლიგნინს, 48%-მდე. ექსტრაქტული ნივთიერებები – 30%-მდე, ნაცარი – 6%.

**ძეძვის ქერქის შედგენილობაში შემავალი
ნივთიერებები**

№	ნივთიერებები	რაოდენობა %
	ცელულოზა	18,5
	პენტოზანები	11
	ჰექსოზანები	-
	პოლიურონიდები	-
	ლიგნინი	48%
	სუბერინი	1.2
	წყლით ექსტრაჰირებული ნივთიერებები	7
	წყლის ორთქლთან გამოხდით	-
	ორგანული გამხსნელებით ექსტრაჰირებული ნივთიერებები	8
	ნაცარი	6
	ცილები	4

ნახშირწყლები, რომლებიც ნაპოვნია ქერქში, როგორც აღმოჩნდა, განსხვავდება მერქანში ნაპოვნი ნახშირწყლებისგან როგორც შედგენილობით, ისე სტრუქტურული აგებულებით.

ქერქის ექსტრაქტული ნივთიერებები მრავალფეროვანია: სპირტები, ფენოლები, ალდეჰიდები, კეტონები, კარბონმჟავები, ამიდები, ლაქტონები, ლიგნინები, ქინონები, ალფა და გამა-პირონის წარმოებულები, ცვილები და ცხიმები, ტერპენი და ფისოვანი მჟავები, გლუკოზიდები, ფლავანოლები, ალკალოიდები, ტანიინები, ცილები და ა.შ.

3. დასკვნა

1. მერქნიდან გამოცალკევებული ექსტრაქტული ნივთიერებები განისაზღვრება ჯგუფებად, მაექსტრაჰირებელი აგენტის ტიპის მიხედვით:

წყალი – მთრიმლავი ნივთიერებები, დაბალ-მოლეკულური შაქრები, სახამებელი, პექტინური ნივთიერებები, ჰემიცელულოზური პოლისაქარიდები და სხვა.

ორგანული გამხსნელები – ფისოვანი და ცხიმოვანი მჟავები, ეთერზეთები, ფიტოსტერინები და ა.შ.

წყლის ორთქლთან ერთად გამოხდა – ტერპენები;

2. ნახშირწყლები, რომლებიც ნაპოვნია ქერქში, როგორც აღმოჩნდა, განსხვავდება მერქანში ნაპოვნი ნახშირწყლებისგან როგორც შედგენილობით, ისე სტრუქტურული აგებულებითაც;

3. ძეძვის ქერქში ცელულოზის კონცენტრაცია 18,5%-ია. პენტოზანები – 11%-მდე. ქერქი შეიცავს მნიშვნელოვნად მეტ ლიგნინს, 48%-მდე. ექსტრაქტული ნივთიერებები – 30%-მდე, ნაცარი – 6%.

4. მერქნის კომპონენტებიდან ორგანული ნივთიერებების წილი თითქმის 97%-ია, ხოლო არაორგანული ნივთიერებების – 3%-მდე. მეტალების მარილები (მცენარის სითხეებში გახსნილი ან ფისებში, პექტინებში) – დაახლოებით 1%; ტერპენები – კვალის სახით; ალიფატური სპირტები და სტერინები 0.1%; ფენოლური ნაერთები – 25%.

ლიტერატურა

1. ნ. გელოვანი, რ. სხილაძე. მრგვალი ფშუკუნას (*bovista nigrescus (pers)*) ქიმიური შესწავლა. საქართველოს ქიმიური ჟურნალი, ტ.7, (4), 425-428 (2007).
2. ნ. გელოვანი, თ. ცინცაძე, ხ. წიქარიშვილი, ი. გველესიანი, დ. ლულუნიშვილი. საქართველოში გავრცელებულ ქონდარში (*Satureia Laxiflora C. Koch*) მინერალური კვების ელემენტების პროცენტული შემცველობის განსაზღვრა. თბი-

- ლისი: საქართველოს ქიმიური ჟურნალი, ტ.11, №4, გვ. 465-468. 2011.
3. Новицкая Ю.Е., Габукова В.В. Биохимический состав сосновой коры // Изучение химического состава коры хвойных и ее использование в целлюлозно-бумажном производстве. Петрозаводск, 1987. С. 5–15.
 4. Гудвин Т., Мерсер Э. Введение в биохимию растений: в 2-х т. М., 1986. Т. 1. 393 с.
 5. Оболенская А.В., Ельницкая З.П., Леонович А.А. Лабораторные работы по химии древесины и целлюлозы. М., 1991. 321 с.
 6. <https://agrokvkaz.ge/samkurnalo-mcenareebi/chveulebrivi-dzedzvi-samkurnalomtsenare.html>
 7. მაცაშვილი ა. ბოტანიკური ლექსიკონი / მცენარეთა სახელწოდებანი. თბ.: საბჭოთა საქართველო, 1961 (საქმთავარპოლიგრაფიკამომც. მე-2 სტ). - 260გვ.
-

UDC 613.26

STUDY OF THE CHEMICAL COMPOSITION OF THE PLANT PALIURUS SPINA-CHRISTI WOOD AND BARK TISSUE

I. Goderdzishvili

Georgian Technical University, Department of Pharmacy, 69, Kostava Str., Tbilisi, 0160, Georgia
E-mail: irmuka72@mail.ru

Resume: Goal. The aim of the research is to select methods for the study of the chemical composition of the plant *Paliurus spina-christi* wood and bark tissue.

Method. The methods of analysis of individual components from wood are very diverse, specific and as it turned out, give different results, even a change in the fractional composition of the sample can give different results. Therefore, it is necessary to use the same type of analysis methods to get the results. Extraction of substances with water and organic solvents.

Results. The share of organic matter in wood components is almost 97%, and inorganic matter - up to 3%. Metal salts (dissolved in plant fluids or in resins, pectins) - about 1%; Terpenes - found in the form of traces; Aliphatic alcohols and sterols 0.1%; Phenolic compounds - 25%;

The cellulose concentration in the mammary gland is 18.5%. Pentosans up to 11%. The bark contains significantly more lignin, up to 48%. Extractive substances up to 30%, ash 6%.

Conclusions. Extracts from wood are defined in groups according to the type of extraction agent:

Water: tannins, low molecular weight sugars, starches, pectins, hemicellulose polysaccharides, etc.

Organic solvents: resin and fatty acids, essential oils, phytosterols, etc.

Distilled with water vapor: Terpenes.

The carbohydrates found in the bark, as it turned out, differ from the carbohydrates found in the wood both in composition and structural structure.

Key words: wood; bark; cellulose; hemicellulose; lignin; *Paliurus spina-christi* extraction.

უაკ 666. 1/2

პოლიმიკროელემენტმცველ კომპოზიციაში მიღებული მასალების მახასიათებელი თვისებების დადგენა

მ. ზაქარაია

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, ქიმიური და ბიოლოგიური ტექნოლოგიების დეპარტამენტი, საქართველო, 0160, თბილისი, კოსტავას 69

E-mail: maia_zakaraia_2005@yahoo.com

რეზიუმე: მიზანი. ოთხი სახის (Zn, Cu, Mn, B) მიკროელემენტების შემცველი მასალების თვისებების დადგენა, რომლებიც განსაზღვრავს მათ პერსპექტიულობას პროლონგური მიკროსასუქების სახით გამოყენების თვალსაზრისით.

მეთოდი. საკვლევი მინამასალები მიიღება მინის ტექნოლოგიაში მასალების სინთეზის და შესწავლის ცნობილი გზით – მაღალტემპერატურული ხარშვა ($1050-1100^{\circ}\text{C}$), მათი იძულებითი დაკრისტალება, მინისებრი და დაკრისტალებული მასალების მახასიათებელი თვისებების დადგენა.

შედეგი. დადგინდა, რომ საკვლევი მინამასალების თვისებები დამოკიდებულია მასალათა ქიმიურ შედგენილობაზე და მათ თერმულ წარსულზე. კერძოდ, მინების იძულებითი დაკრისტალების ხარისხს და სიმკვრივეს მნიშვნელოვნად განსაზღვრავს შედგენილობა, ხოლო მათი ფხვნილების მოცულობით მასას – მარცვლების ზომა.

დასკვნა. დადგინდა საკვლევ კომპოზიციებში მინაკრისტალური მასალის მიღების შესაძლებლობა, ხოლო მიღებული მინამასალების სიმკვრივე დამოკიდებულია შედგენილობაზე და $2425-2470$ კგ/მ³ ზღვრებში იცვლება. ფხვიერი მასალებისათვის ნაყარი მოცულობითი მასის ზრდას განაპირობებს მასალათა ფრაქციულობის შემცირება და მასალათა სიმკვრივე.

საკვანძო სიტყვები: მიკროელემენტები; მინამასალა; სინთეზი; დაკრისტალება; სიმკვრივე; მოცულობითი მასა.

1. შესავალი

თანამედროვე, ხშირად გამოყენებული მიკროსასუქებიდან ოთხი სახეობის გამოყოფა შეიძლება:

არაორგანული მასალები, ჰელატები, გადამუშავებული ნედლი ქანები ან საწარმოო ნარჩენები და სილიკატური ტექნოლოგიით დამზადებული პროლონგური ქმედების მასალები. მათ დადებით მხარედ მიიჩნევა მცენარეთა მიზნობრივი კვება, ხოლო უარყოფით მხარედ – მაღალი წყალხსნადობა (არაორგანული მასალები და ჰელატები) ან, პირიქით, ძალზე დაბალი წყალხსნადობა და შესაბამისად ნაკლები ეფექტურობა (მთის ქანები და მინის ფრიტები) [1 – 3].

ახალი სახეობის მიკროსასუქების მისაღებად ორი განსხვავებული შედგენილობის $\text{ZnO} - \text{MnO} - \text{B}_2\text{O}_3$ და $\text{CuO} - \text{MnO} - \text{B}_2\text{O}_3$ მოდელური სისტემებით ჩავატარეთ მინების სინთეზი და შევისწავლეთ მათი მიღებისას მიმდინარე ტემპერატურული პროცესები, სტრუქტურული გარდაქმნები და ასევე სხვადასხვა აღნაგობის (ამორფული, კრისტალური) მასალის მიღების შესაძლებლობა. აღნიშნულიდან გამოიკვეთა საკვლევი სისტემიდან მიღებული მინამასალების და შეცხოვრილი მასალების პერსპექტიულობა პროლონგური ქმედების მასალების (მიკროსასუქების) მიზნობრივად გამოყენების შესაძლებლობათა განსაზღვრით [4, 5].

ჩატარებული კვლევა მიზნად ისახავდა ორ სამკომპონენტო და ამავე დროს ოთხი განსხვავებული ფუნქციური დანიშნულების მიკროელემენტის (Zn, Cu, Mn, B) შემცველი მინამასალების კრისტალიზაციური უნარის შესწავლას, რის საფუძველსაც წარმოადგენდა კარგად ცნობილი ფაქტი, რომ მინაკრისტალური მასალები თავისი თვისებებით მნიშვნელოვნად განსხვავდება იმ მინის თვისებებისაგან, საიდანაც ისინია მიღებული [6].

გარდა აღნიშნულისა, დასადგენი იყო ორი მნიშვნელოვანი თვისება – მასალათა სიმკვრივე და ფხვიერი მასალების ნაყარი მოცულობითი წონა,

რომელიც განხორციელდა შესაბამისი რეკომენდებული კვლევის მეთოდებით [7].

ჩატარებული კაზმების თერმოგრამების ანალიზით დადგინდა, მათი თერმული დამუშავებისას, მრავალრიცხოვანი გარდაქმნების (თერმოფექტებით დადასტურებული) არსებობა და მინების სინთეზის სავარაუდო ტემპერატურა. აღნიშნულით ჩატარდა 6 შედგენილობის მინის სინთეზი, რომელთა მიღების პირობები და საბოლოო შედეგები წარმოდგენილია 1-ლ ცხრილში. ყველა შედეგ-

ნილობის მინის სინთეზი განხორციელდა ელექტრომახურებლიან კარბორუნდისდეროებიან ლუმელში, როდესაც მინის სახარშავ ჭურჭლად გამოყენებულ იქნა დაახლოებით 120 მლ ტევადობის გამომწვარი ფაიფურის ქოთანის კაზმის ლობის შედეგად წარმოქმნილი ნადნობები გამოისახა ლითონის ფილაზე და ჰაერზე გაცივების შემდეგ მათგან დამზადდა საცდელი ნიმუშები.

ცხრილი 1

**ZMB და CMB სერიის მინების
სინთეზის პირობები და შედეგები**

სისტემა	შედგენილობის ინდექსი	ხარშვის პირობები		შედეგების შეფასება
		ტემპერატურა (°C)	დაყოვნების დრო (სთ)	
$ZnO - MnO - B_2O_3$	ZMB-1	1100 ± 20	1	შავი ფერის მინა
	ZMB-2	1100 ± 20	1	შავი ფერის მინა
	ZMB-3	1100 ± 20	1	შავი ფერის მინა
$CuO - MnO - B_2O_3$	CMB-1	1050 ± 20	2/3	მასში შავი ფერის მინა, ზედაპირზე აფსკი
	CMB-2	1050 ± 20	2/3	მასში შავი ფერის მინა, ზედაპირზე აფსკი
	CMB-3	1050 ± 20	2/3	მასში შავი ფერის მინა, ზედაპირზე აფსკი

ჩვენ მიერ დაგეგმილი ამოცანის მიხედვით საჭირო გახდა მიღებული მინების მნიშვნელოვანი (მახასიათებელი) თვისებების შესწავლა, რომლებითაც უნდა განსაზღვრულიყო მიღებული მინების პერსპექტიულობა – მათი პროლონგური ქმედების მიკროსასუქებად გამოყენება. აქედან გამომდინარე, საჭიროდ მივიჩნიეთ ნიმუშების მომზადება ისეთი თვისებების შესასწავლად, როგორცაა საკვლევი ნიმუშების დაკრისტალეების უნარი სხვადასხვა ტემპერატურაზე, ასევე მიღებული მასალების სიმკვრივისა და მათი ფხვნილების ნაყარი მოცულობითი მასის დადგენა.

მინების მიზნობრივი დაკრისტალეობა მოხდა მუფელის ტიპის ელექტროლუმელში. მიღებული

მინის ნიმუშები დაიდო მოუჭიქურებელ ფაიფურის ფილაზე და მოთავსდა ლუმელში. სასურველი ტემპერატურა მიიღწევა 10°C (წთ სიჩქარით), ხოლო თერმული დამუშავების ტემპერატურაზე მინის ნიმუშების დაყოვნება – ერთსაათიანი.

დაკრისტალეების უნარი შეფასდა ვიზუალურად (×4 გადიდების ლუპით) როგორც ზედაპირზე დაკვირვებით, ისე საგანგებოდ გატეხილი ნიმუშების ახლად წარმოქმნილი ზედაპირის შემოწმებით, ხოლო შესაფასებლად გამოყენებულ იქნა 6-ბალიანი შეფასების პირობითი სკალა, რომელიც მე-2 ცხრილშია წარმოდგენილი.

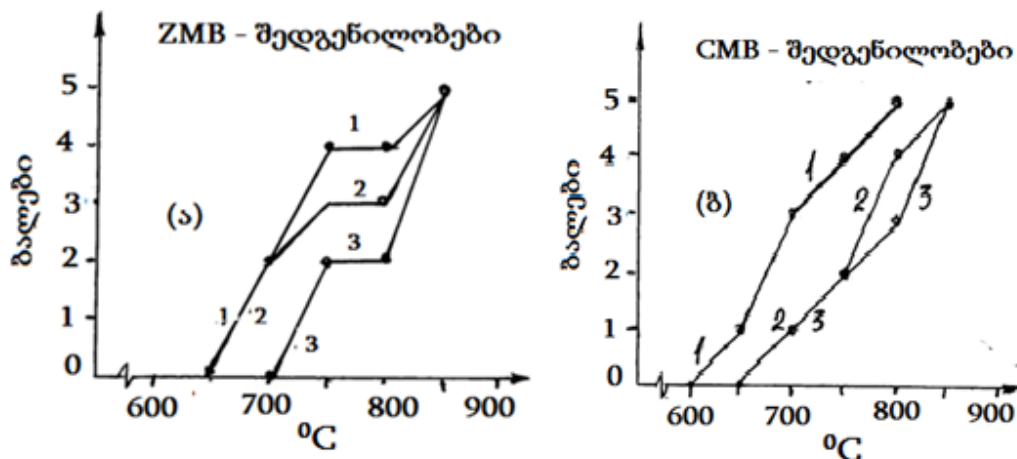
საკვლევი მინების კრისტალიზაციისადმი მიდრეკილების
შეფასების პირობითი სკალა

შეფასების ბალები	მიწის ნიმუშის სახე	დამატებითი აღნიშვნა
0	უცვლელი	საწყისი სახე არ შეცვლილა
1	ზედაპირზე კრისტალიზაციური აფსკის წარმოქმნა	მოცულობის 10 %-მდე
2	ზედაპირზე კრისტალიზაციური ქერქის წარმოქმნა	მოცულობის 30 %-მდე
3	ცალკეული კრისტალების არსებობა მინის მოცულობაში	მოცულობის 70 %-მდე
4	სრული მოცულობითი დაკრისტალება	მოცულობის 90 %-მდე
5	გამინებული ნადნობი	კრისტალების გარეშე

მინების გაფხვიერება (დამარცვლა) ხდებოდა რკინის სანაყში და შემდგომ (წმინდა ფრაქციებისათვის) ფაიფურის როდინში. დამსხვრეული მასალები ფრაქციებად დაიყო 5 საცრისაგან შემდგარ საცერთა კრებულთ, რომელთა ბადის ნომერია: N5, N3, N1, N0,5 და N 0,1.

2. ძირითადი ნაწილი

მინების კრისტალიზაციის შესწავლა მოხდა 600–900°C ტემპერატურულ ინტერვალში. ტემპერატურული ბიჯი შეადგენდა 50°C, ხოლო სასურველ (შერჩეულ) ტემპერატურაზე დაყოვნება – ერთ საათს. ორივე განსხვავებული შედგენილობის სერიის მინების დაკრისტალებისადმი მიდრეკილების შეფასების შედეგები წარმოდგენილია 1-ელ სურათზე.



სურ. 1. $ZnO - MnO - B_2O_3$ (ა) და $CuO - MnO - B_2O_3$ (ბ) კომპოზიციათა შედგენილობის მინების დაკრისტალების უნარი

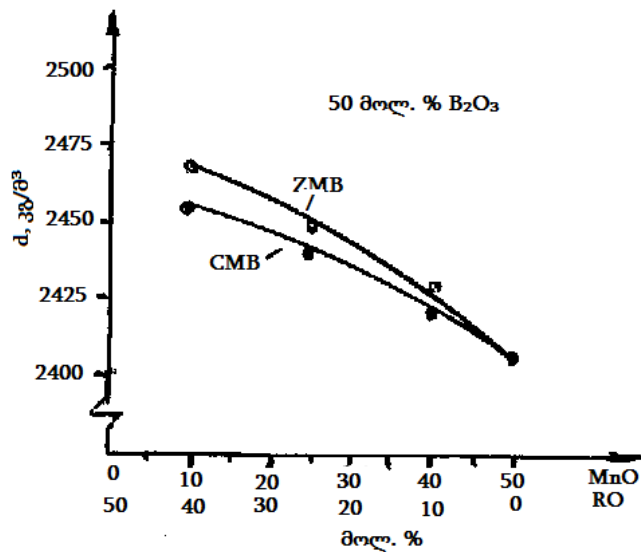
მიღებული შედეგებიდან ჩანს, რომ თუთიის შემცველი მანგანუმბორატული მინები ინტესიურად კრისტალდება (3 და 4 ბალი) 750–800°C ტემპერატურულ ინტერვალში, ხოლო მათი ლღობა

850°C-ზე მიიღწევა. ამასთან, კრისტალიზაციის უნარის ზრდის მიხედვით ZMB სერიის მინები შემდეგი მწკრივის სახით შეიძლება წარმოვადგინოთ: ZMB – 1 > ZMB – 2 > ZMB – 3, ე.ი. 50 მოლ.%

B_2O_3 შემცველობის მუდმივობისას მინის შედგენილობაში MnO-ს ჩანაცვლება ZnO-თი ამცირებს მინების კრისტალიზაციის უნარს (სურ. 1, ა).

განსხვავებული სურათი მიიღება $CuO - MnO - B_2O_3$ კომპოზიციის CMB სერიის მინების შემთხვევაში. აქ 750–800°C-ზე ადგილი აქვს სრულ კრისტალიზაციას (4 ბალი), როდესაც CuO-ს რაოდენობის ზრდა MnO-ს სანაცვლოდ, ზრდის კრისტალიზაციის უნარს. ამ შემთხვევაშიც დაკრის-

ტალეზული მასალების სრული გამინება (ლღობა) 800–850°C ინტერვალში ხდება, მაგრამ კრისტალიზაციის დაწყების ტემპერატურები CMB შედგენილობებისათვის უფრო დაბალ ტემპერატურაზე (700–750°C) ფიქსირდება. კრისტალიზაციის უნარის ზრდის მიხედვით CMB სერიის მინები შემდეგი მწკრივის სახით შეიძლება ჩაიწეროს: CMB - 2 > CMB - 3 > ZMB - 1 (სურ. 1, ბ).



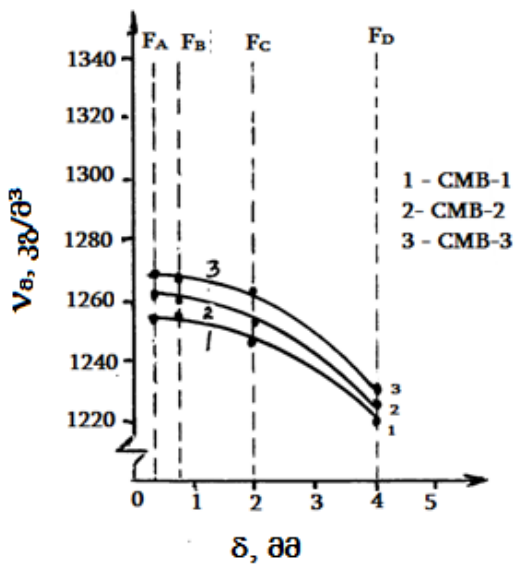
სურ. 2. ZMB და CMB სერიის მინების სიმკვრივეთა დამოკიდებულება შედგენილობაზე

განისაზღვრა მიღებული მინების სიმკვრივე, რომლის შედეგები წარმოდგენილია მე-2 სურათზე. აღსანიშნავია, რომ ორკომპონენტური (50 მოლ. % MnO და 50 მოლ. % B_2O_3) შედგენილობის მინაში MnO-ს ჩანაცვლება ZnO ან CuO-თი იწვევს მინების სიმკვრივეთა ზრდას, რაც კარგად შეესატყვისება შესაბამისი ოქსიდების მოლურ მასას შორის არსებულ სხვაობას ($M_{MnO}=70,9$; $M_{CuO}=79,5$; $M_{ZnO}= 81,4$). ზოგადად, საკვლევი მინების სიმკვრივე დაახლოებით 2425-2470 კგ/მ³ (2,43–2,47 გ/სმ³) ზღვრებში იცვლება.

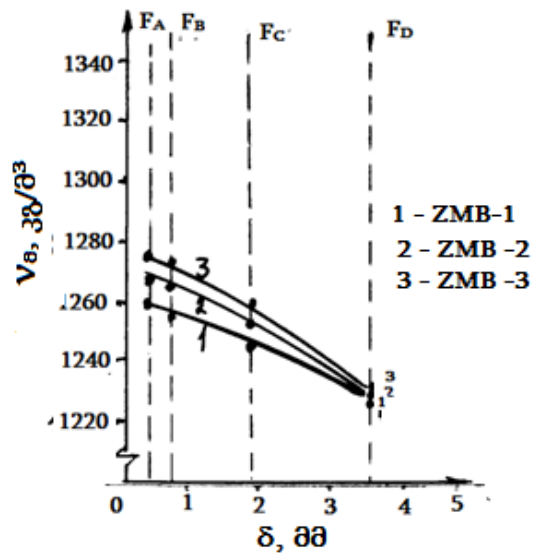
როგორც აღინიშნა, მიღებული მინები დაქუცმაცდა და გაიცრა საცერთა კრებულში. მიღებულ 4 ფრაქციაში მარცვლების ზომა შეადგენდა:

- ფრაქცია 0,1 მმ $\leq \delta_1 \leq 0,5$ მმ (აღინიშნა FA; $\delta_{საშ} = 0,30$ მმ)
- ფრაქცია 0,5 მმ $\leq \delta_1 \leq 1,0$ მმ (აღინიშნა FB; $\delta_{საშ} = 0,75$ მმ)
- ფრაქცია 1,0 მმ $\leq \delta_1 \leq 3,0$ მმ (აღინიშნა FC; $\delta_{საშ} = 2,0$ მმ)
- 3,0 მმ $\leq \delta_1 \leq 5,0$ მმ (აღინიშნა FD; $\delta_{საშ} = 4,0$ მმ)

აღნიშნული მასალების ფრაქციებისათვის (6 შედგენილობა, თითოეულისათვის 4 ფრაქცია) განისაზღვრა ნაყარის სიმკვრივე (მოცულობითი მასა, კგ/მ³). ჩატარებული ექსპერიმენტის შედეგები წარმოდგენილია მე-3 და მე-4 სურათებზე.



სურ. 3. $CuO - MnO - B_2O_3$ კომპოზიციის
- CMB შედგენილობის მინების
ფრაქციულობის გავლენა მათ
ნაყარ სიმკვრივეზე



სურ. 4. $ZnO - MnO - B_2O_3$ კომპოზიციის
ZMB შედგენილობის მინების
ფრაქციულობის გავლენა მათ
ნაყარ სიმკვრივეზე

ცხრილი 3

საკვლევ CMB და ZMB კომპოზიციის მინების კრისტალიზაციური
უნარი, სიმკვრივე და ფხვნილების მოცულობითი მასა

N	თვისება	განზ. ერთი	მინების სერია და შედგენილობათა ინდექსები					
			სერია ZMB			სერია CMB		
			1	2	3	1	2	3
1	აქტიური კრისტალიზაციის ტემპერატურული ინტერვალი	°C	750-800	750-800	750-800	750-800	750-800	750-800
2	სიმკვრივე ნაყარი სიმკვრივე ფრაქციულობის მიხედვით:	კვ/მ³	2427	2452	2470	2425	2430	2560
	FA ($\delta_{საშ} = 0,30$ მმ)	1260	1267	1274		1255	1263	1269
	FB ($\delta_{საშ} = 0,75$ მმ)	1258	1266	1268		1250	1260	1266
	FC ($\delta_{საშ} = 2,0$ მმ)	1246	1252	1260		1246	1252	1260
	FD ($\delta_{საშ} = 4,0$ მმ)	1230	233	1236		1205	1212	1225

ჩატარებული ექსპერიმენტით ირკვევა, რომ (როგორც მოსალოდნელი იყო) მინის მარცვლების ზომა განსაზღვრავს ცალკეული ფრაქციულობის მასალების ნაყარი მასის სიდიდეს – რაც ნაკლებია მარცვლების ზომა (ცალკეულ ფრაქციაში), მით მეტია მოცულობითი სიმკვრივე. ამავე დროს, ფიქსირდება შედგენილობის გავლენა მოცულობითი სიმკვრივის სიდიდეებზე და დამოკიდებულება:

– მინების შედგენილობაზე, რადგან ZMB სერის მინები ხასიათდება უფრო მაღალი V_a მნიშვნელობებით, ვიდრე CMB სერიის მინები;

– რაც მეტია შესაბამის მასალებში ZnO-ს და CuO-ს რაოდენობა, მით მეტია იდენტური ფრაქციულობის მასალის მოცულობითი სიმკვრივე.

კვლევის მიღებული შედეგები შეჯერდა და წარმოდგენილია მე-3 ცხრილში.

3. დასკვნა

● ჩატარდა მინების სინთეზი (10 – 40) CuO · (40 – 10) MnO · 50B₂O₃ (სერია CMB) და (10 – 40) ZnO · (40 – 10) MnO · 50B₂O₃ (სერია ZMB) სერიებში 1050 – 1100°C-ზე და შესწავლილ იქნა მიღებული მინების მახასიათებელი თვისებები.

● დადგინდა, რომ სინთეზირებული მინების კრისტალიზაციისადმი მიდრეკილება დამოკიდებულია მინების შედგენილობაზე და წარმოდგენილია შემდეგი მწკრივებით: ZMB-1>ZMB-2>ZMB-3 და CMB-2>CMB-3>CMB-1.

მიღებული შედეგებით გამოვლინდა სინთეზირებული მინებიდან მინაკრისტალური მასალების მიღების და ამ გზით მათი თვისებების რეგულირების შესაძლებლობა.

მინების სიმკვრივეთა შესწავლით დადგინდა, რომ მათი სიდიდე დამოკიდებულია მინების შედგენილობაზე და 2425 – 2470 კგ/მ³ ზღვრებში იცვლება. ამავე დროს, სიმკვრივეთა სიდიდეები დამოკიდებულია მინის შედგენილობაზე და

ამასთან ZnO – MnO – B₂O₃ კომპოზიციის მინები, CuO – MnO – B₂O₃ შედგენილობის მინებთან შედარებით, უფრო მაღალი სიმკვრივეთ ხასიათდება.

მიზნობრივად დაქუცმაცებული და ფრაქციებად დაყოფილი მინებისათვის დადგინდა, რომ მათი მოცულობითი მასა 0,1–5,0 მმ ფრაქციულობის მარცვლებისათვის 1220-დან 1275 კგ/მ³ შეადგენს, როდესაც თვისების პარამეტრის ზრდას განაპირობებს მარცვლების ზომების შემცირება და მინების სიმკვრივე.

ლიტერატურა

1. Микроудобрения. Труды НИУИФ. Под. ред. проф. И.В. Каталимова. Из-во «Колос», М. 1965, 176 с.
2. <https://www.zerno-ra.com/journals/2012/January-2012-god/helatnyeudobreniyaiikh-perspektivy>.
3. Жданов Ю.А., Азаров К.П., Горбатенко В.Е. «Стекло и фритты для удобрения почв микроэлементами». ДАН, N6, 1966.
4. მ. ზაქარია, მ. მშვილდაძე, თ. ჭეიშვილი. პროლოგიური ქმედების მიკროსასუქების მიღება თუთიისა და სპილენძის ბორმანგანუმთან სისტემურ კომპოზიციებში და მათი შესწავლა. საერთ. სამეც. ტექნ. კონფერენცია „გარემოს დაცვა და მდგრადი განვითარების შრომები, თბილისი, 2020 გვ. 317 – 322.
5. მ. ზაქარია, მ. მშვილდაძე, თ. ჭეიშვილი. მიკროელემენტბუმცველ მოდელოურ კომპოზიციებში ფუნქციური დანიშნულების მასალების მიღება. კერამიკა და მოწინავე ტექნოლოგიები. ტ.22, 2(44), 2020. გვ. 3 – 7.
6. Химическая технология стекла и ситаллов. Под ред. Павлушкина Н.М. М., «Стройиздат», 1983, 432 с.
7. Павлушкин Н.М., Сентюрин Г.Г., Ходаковская Р.Я. Практикум по технологии стекла и ситаллов, М., Стройиздат, 1970, 512 с.

UDC 666. 1/2

DETERMINATION OF CHARACTERISTIC PROPERTIES OF MATERIALS OBTAINED IN THE POLYMICROELEMENT-CONTAINING COMPOSITION

M. Zakaraia

Georgian Technical University, Department of Chemical and Biological Technologies, Str Costava 69.
0160 Tbilisi. Georgia

E-mail: maia_zakaraia_2005@yahoo.com

Resume: Goal. Determination of a number of properties of materials containing four types of microelements (Zn, Cu, Mn, B), which define the perspectives of their application as prolonged microfertilizers.

Method. Investigated glass materials are obtained through ways of material synthesis and study known in glass technology, namely high-temperature melting (1050-1100°C), their coercive crystallization, determination of characteristic properties of glasslike and crystallized materials.

Result. It was established that the properties of glass materials under study depend on chemical composition and thermal history of materials. In particular, the coercive crystallization degree and density of glasses is substantially determined by composition, and volume weight of their powders – by grain size.

Conclusion. The opportunity of vitrocrySTALLINE materials receipt in the investigated compositions is determined, as well as the fact that a density of obtained glass materials depends on the composition and varies within a limit of 2425-2470 kg/m³. Increase of bulk volume weight of powdered materials is caused by reduction of fractional makeup and by materials density.

Key words: microelements; glass material; synthesis; crystallization; density; volume weight.

უაკ 330.625

კლასტერების არსი, მათი სახეები და როლი ეკონომიკაში

ალ. კანკაძე

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, ტრანსპორტისა და მანქანათმშენებლობის მენეჯმენტის დეპარტამენტი, საქართველო, 0160, თბილისი კოსტავას 68^ბ

E-mail: a.kankadze@gtu.ge

რეზიუმე: *მიზანი.* კლასტერი ურთიერთ-დაკავშირებული კომპანიების: მოწყობილობათა მომწოდებლების, მავკომლექტებელი, სპეციალიზებული მომსახურების, ინფრასტრუქტურის, ასევე სამეცნიერო-კვლევითი ინსტიტუტების, უმაღლესი სასწავლებლებისა და სხვა ორგანიზაციების გეოგრაფიულად ლოკალიზებული ურთიერთშემავსებელი ჯგუფია, რომელიც აძლიერებს ცალკეული კომპანიებისა და მთლიანობაში კლასტერის კონკურენტულ უპირატესობას.

მეთოდი. ტერმინი „კლასტერი“ ეკონომისტებს შორის პოპულარული გახდა XX საუკუნის 80-იანი წლებიდან. ამჟამად კლასტერული მიდგომის გამოყენება განიხილება, როგორც ტერიტორიების განვითარების ერთ-ერთი ყველაზე ეფექტიანი გზა. კონკურენტული უპირატესობების წყაროების განვითარების ხარისხსა და მნიშვნელობას განსაზღვრავს კონკურენციის განვითარების სტადიები, ასევე სახელმწიფოების, რეგიონებისა და საწარმოების ეკონომიკური ზრდის მოდელები.

მთლიანობაში კლასტერების არსებული 3 ვრცელი განმარტება ხაზს უსვამს მათი ფუნქციონირების ძირითად ნიშნებს:

1. მონათესავე სექტორების შიგნით ეკონომიკური აქტივობის რეგიონალურად შეზღუდული ფორმები მიმაგრებულია ამა თუ იმ სამეცნიერო დაწესებულებაზე;

2. ვერტიკალური საწარმოო ჯაჭვი, სექტორთა ვიწრო წრე, რომელშიც საწარმოო პროცესის მომიჯნავე ეტაპები წარმოქმნის კლასტერის ბირთვის. ამავე კატეგორიაში ხვდება სათავო ფირმების ირგვლივ შექმნილი ქსელები;

3. მრეწველობის დარგები (მაგალითად, „ქიმიური კლასტერი“) ან სექტორების ერთობლიობა

აგრეგაციის უფრო მაღალ დონეზე (მაგალითად, „აგროსამრეწველო კლასტერი“).

შედეგი. მოცემული ნაშრომი თანამედროვე ეტაპზე მნიშვნელოვანია, ხელს უწყობს და აღიარებს, რომ ეკონომიკის კლასტერული განვითარება არის ბიზნესის განსაზღვრული ინსტრუმენტი.

კლასტერები შეიძლება იდენტიფიცირებულ იქნეს, როგორც გრძელვადიანი კონტრასტების საფუძველზე, ისე რესურსებისა და სპეციფიკური უპირატესობების ეფექტიანი გამოყენების გზით, სამეწარმეო პროექტების ერთობლივი რეალიზაციისთვის გაერთიანებული ამა თუ იმ ბაზრის მონაწილე ფირმების ჯგუფი.

დასკვნა. ერთიანდება არა მხოლოდ წარმოებითი, არამედ ინოვაციური ბიზნესი. მოცემული ნაშრომში გადმოცემულია კლასტერების არსი, მისი სახეები და როლი ეკონომიკაში. კლასტერის განმასხვავებელი ნიშანია მიზნობრივი სამეწარმეო საქმიანობა, კლასტერის პროდუქციის ხარისხის კომპლექსური მართვა, სერვისული მომსახურება. მეწარმეების, მმართველობის ორგანოების, საინვესტიციო და ინოვაციური საქმიანობის სუბიექტების ძალისხმევით გაერთიანება განსაზღვრულ ტერიტორიაზე მათ მნიშვნელოვან უპირატესობას ანიჭებს კონკურენტულ ბრძოლაში, ხელს უწყობს საწარმოო-საბაზრო პროცესების რაციონალიზაციას, რისკების გადასაწილებას და სწრაფად ცვალებადი კონიუნქტურის პირობებში მეტად საჭირო მოქნილი პოლიტიკის გატარებას.

საკვანძო სიტყვები. კლასტერი; ეკონომიკა; გლობალიზაცია, პარადიგმა, ინოვაცია, ინტეგრაციული, ინვესტიცია.

1. შესავალი

თანამედროვე ეკონომიკურ ლიტერატურაში კლასტერების პრობლემას მნიშვნელოვანი ყურადღება ეთმობა. განიხილება მათი ჩამოყალიბების, ფუნქციონირებისა და განვითარების სხვადასხვა ასპექტი. კერძოდ, შესწავლილი უნდა იქნეს: კლასტერების, როგორც რეგიონის კონკრეტული უპირატესობის მნიშვნელოვანი ფაქტორის როლი; კლასტერების, როგორც რეგიონული ეკონომიკის დინამიკის განსაკუთრებული მიმართულების მნიშვნელობა; მათი, როგორც მცირე და საშუალო ფორმების ოპტიმალური ურთიერთქმედების ფორმის შეფასება; ურთიერთკავშირი კლასტერებს, ინოვაციურ აქტივობასა და სწავლების ხარისხს შორის განათლების რეგიონულ სისტემაში; სამუშაო ძალის ღირებულების დიფერენციაცია სამრეწველო კლასტერების ყველა სტრუქტურულ რგოლში; მაღალტექნოლოგიური კლასტერების პოზიციების ანალიზი რეგიონულ ფერმათმორის ქსელებში; კლასტერების როლი რეგიონული ინოვაციური სისტემის შექმნაში.

დარგის ევოლუციის პროცესმა შეიძლება მიგვიყვანოს კლასტერების შექმნამდე ან გაფართოებამდე, რაც სცილდება დარგის ფარგლებს და ეკონომიკური განვითარების მძლავრი ძალაა.

მეწარმეობის განვითარებისთვის ხელსაყრელი გარემო ხელს უწყობს კონკურენტების რიცხვის სწრაფ ზრდასა და თანამშრომლობისთვის პარტნიორების ძიების ინტენსივობას. კლასტერების წარმოქმნა აჩქარებს პროცესს ცალკე აღებულ რომელიმე დარგში, იწვევს ინოვაციათა ბუმს და განამტკიცებს კონკურენციის უნარს მსოფლიო ბაზარზე. კლასტერების მსგავსი დინამიკურობა და მოქნილობა კიდევ ერთი უპირატესობაა ეკონომიკური სისტემის ორგანიზაციის სხვა ფორმებთან შედარებით. ორგანიზაციების, სექტორებისა და საზოგადოების თანამშრომლობა აღნიშნული რესურსების ხელმისაწვდომობის მოსაპოვებლად და საწარმოთა ჯგუფების მისწრაფება ამ თანამშრომლობისკენ ხელს უწყობს კლასტერის სტრუქტურული აგებულების ეფექტიანობის ზრდას.

ჩვენი ქვეყნის განვითარების თანამედროვე პერიოდის უმნიშვნელოვანესი ამოცანაა მთლიანი

შიგა პროდუქტის მოცულობის და წარმოების ეფექტიანობის შემდგომი ზრდის საფუძველზე მოსახლეობის ცხოვრების მაღალი დონისა და ხარისხის უზრუნველყოფა.

როგორც განვითარებული, ისე განვითარებადი ქვეყნების ეკონომიკური პოლიტიკის პრიორიტეტული ამოცანაა დღესდღეობით არის ეროვნული კონკურენტუნარიანობის ზრდა და სამამულო კომპანიების წილის გაფართოება შიგა და მსოფლიო ბაზრებზე, მათი საქმიანობის ეფექტიანობის ამაღლება.

მსოფლიო ეკონომიკისათვის დამახასიათებელი გლობალიზაციის საერთაშორისო კონკურენციის გაძლიერების პროცესები კონკურენტუნარიანობის მართვის პარადიგმის ცვლილების ობიექტური წინამძღვარია. აღნიშნული პარადიგმა მდგომარეობს ტრადიციული სამრეწველო პოლიტიკის უარყოფასა და წარმოების ორგანიზაციის ახალ სისტემაზე გადასვლაში, რომელიც ემყარება სპეციალიზაციისა და კოოპერაციის უპირატესობათა გამოყენებას.

2. ძირითადი ნაწილი

ტექნოლოგიების, ლოგისტიკის, სატრანსპორტო საშუალებების განვითარებამ გამოიწვია ის, რომ ინფორმაციის გადაცემა, ფინანსური ნაკადების მოძრაობა პრაქტიკულად წამიერი გახდა, ტვირთის ტრანსპორტირება კი – იაფი და სწრაფი.

თანამედროვე ინდუსტრიულ კომპლექსში ინტეგრირებული მცირე მრეწველობა მისი მოდერნიზაციის ფაქტორი ხდება. ის ასევე ხელს უწყობს კონკურენტუნარიანი პროდუქციის გამოშვებაზე ორიენტირებული საწარმოო კლასტერების ჩამოყალიბებას.

კლასტერი ურთიერთდაკავშირებული კომპანიების: მოწყობილობათა მომწოდებლების, მაკომპლექტებელი, სპეციალიზებული მომსახურების, ინფრასტრუქტურის, ასევე სამეცნიერო-კვლევითი ინსტიტუტების, უმაღლესი სასწავლებლებისა და სხვა ორგანიზაციების გეოგრაფიულად ლოკალიზებული ურთიერთშემავსებელი ჯგუფია, რომელიც აძლიერებს ცალკეული კომპანიებისა და მთლიანობაში კლასტერის კონკურენტულ უპირა-

ტესობებს. „კლასტერი არის განსაზღვრულ დარგებში გეოგრაფიული ნიშნით კონცენტრირებული ურთიერთდაკავშირებული კომპანიების, სპეციალიზებული მომწოდებლების, მომსახურების მომწოდებლების, შესაბამისად დარგებში მომუშავე ფირმების, ასევე მათ საქმიანობასთან დაკავშირებული ორგანიზაციების ჯგუფები, რომლებიც კონკურენციას უწევენ ერთმანეთს, მაგრამ, იმავდროულად ეწევიან ერთობლივ საქმიანობას.

ტერმინი „კლასტერი“ ეკონომისტებს შორის პოპულარული გახდა XX საუკუნის 80-იანი წლებიდან. ამჟამად კლასტერული მიდგომის გამოყენება განიხილება, როგორც ტერიტორიების განვითარების ერთ-ერთი ყველაზე ეფექტიანი გზა.

კონკურენტული უპირატესობების წყაროების განვითარების ხარისხსა და მნიშვნელობას განსაზღვრავს კონკურენციის განვითარების სტადიები, ასევე სახელმწიფოების, რეგიონებისა და საწარმოების ეკონომიკური ზრდის მოდელები.

აღსანიშნავია ისიც, რომ ეკონომიკის კლასტერული განვითარება არის ბიზნესის განსაზღვრული ინსტრუმენტი. კლასტერები შეიძლება იდენტიფიცირებულ იქნეს, როგორც გრძელვადიანი კონტრაქტების საფუძველზე, რესურსებისა და სპეციფიკური უპირატესობების ეფექტიანი გამოყენების გზით, სამეწარმეო პროექტების ერთობლივი რეალიზაციისათვის გაერთიანებული ამა თუ იმ ბაზრის მონაწილე ფირმების ჯგუფი.

3. დასკვნა

კლასტერის განმასხვავებელი ნიშანია მიზნობრივი სამეწარმეო საქმიანობა. კლასტერის ფარგლებში ერთიანდება არა მხოლოდ წარმოებითი, არამედ ინოვაციური ბიზნესი, პროდუქციის

ხარისხის კომპლექსური მართვა, სერვისული მომსახურება.

საწარმოთა გაერთიანების კლასიკური ტექნოლოგიების დანერგვა ხელს უწყობს სამეწარმეო სტრუქტურების საქმიანი აქტივობის ზრდას, ქვეყნის რეგიონში საინვესტიციო კლიმატის გაუმჯობესებას, სოციალური, ეკონომიკური, ინფორმაციული და ინტეგრაციული სისტემების განვითარებას, რაც, თავის მხრივ, იმპულსს აძლევს მეწარმეობის უფრო ინტენსიურ განვითარებას, ინვესტიციების მოზიდვასა და ტერიტორიების ეკონომიკურ აღმავლობას.

საწარმოთა შედგენილობის თვალსაზრისით, კლასტერი შეიძლება იყოს მრავალრიცხოვანი ან მცირერიცხოვანი, ან მოიცავდეს დიდ და მცირე საწარმოებს სხვადასხვა თანაფარდობით. ის „ასპარეზია“, სადაც ხდება რეალური ურთიერთქმედება ადგილობრივ სამეწარმეო სტრუქტურებს, ასევე სამეწარმეო სტრუქტურებსა და სხვა ინსტიტუტებს შორის.

ლიტერატურა

1. ე.ბარათაშვილი, ნადარეიშვილი, ნ. ძიძიკაშვილი. კლასტერიზაციის თეორიული საფუძვლები და მათი დანერგვის წინაპირობები. ჟ. „საქართველოს ეკონომიკა“, 9 და 10, 2007.
2. ე.ბარათაშვილი, ნ.ფარესაშვილი, თ.აბრალავა. კლასტერი, როგორც კონკურენტუნარიანობის მართვის ინსტრუმენტები. ჟ. „ეკონომიკა“, 1-2, 2011.
3. ი. გაგნიძე. კლასტერების როლი საქართველოს ეკონომიკის განვითარებაში. ჟ. „ეკონომიკა და ბიზნესი. თბ., 3, 2008.
4. ე.ბარათაშვილი, ი. ბარათაშვილი. კლასტერების მენეჯმენტი. თბ., 2019.

UDC 330.625

THE ESSENCE OF CLUSTERS, THEIR TYPES AND ROLE IN THE ECONOMY

Al. Kankadze

Georgian Technical University, Department of Transport and Mechanical Engineering Management.
Str Costava 68b. 0160 Tbilisi. Georgia

E-mail: a.kankadze@gtu.ge

Resume. Purpose. The cluster is a geographically localized intergroup of interconnected companies: equipment suppliers, staff, specialized services, infrastructure, as well as research institutes, higher education institutions and other organizations, which enhances the competitive advantages of the individual company and the cluster as a whole.

Method. Considered The term "cluster" has become popular among economists since the 1980s. Currently, the use of the cluster approach is considered as one of the most effective ways of developing areas. The quality and importance of the development of sources of competitive advantage are determined by the stages of competition development, as well as the economic growth models of states, regions and enterprises.

Overall, the 3 extensive definitions of clusters highlight the key features of their functioning.

1. Regionally limited forms of economic activity within related sectors, attached to this or that scientific institution;
2. Vertical production chain, a narrow circle of sectors in which adjacent stages of the production process form the core of the cluster. In the same category falls the networks created around the head firms;
3. Industries (for example, "chemical cluster") or a combination of sectors with a higher level of aggregation (for example, "agro-industrial cluster").

Result. This paper is important at the present stage, it promotes and recognizes that cluster development of the economy is a definite tool of business.

Clusters can be identified as a group of firms united in the market for the joint implementation of entrepreneurial projects through the effective use of resources and specific benefits based on long-term contrasts.

Conclusion. The framework combines not only manufacturing but also innovative business, this paper outlines the essence of clusters, its types and role in the economy. The distinguishing mark of a cluster is targeted entrepreneurial activity. Complex quality management of cluster products. Service. Combining the efforts of entrepreneurs, governing bodies, entities of investment and innovation activities in a given area gives them a significant advantage in their competitive struggle, contributes to the rationalization of production and market processes. Risk redistribution and flexibility of much-needed policies in a rapidly changing environment.

Key words: Cluster; economic; Globalization, paradigm, innovation, integration, investment.

უაკ 330:625

რეგიონული კლასტერები და მისი მნიშვნელობა ეკონომიკაში

ალ. კანკაძე, ჯ. კანკაძე, ა. წულაია, ჯ. შანიძე

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, ტრანსპორტისა და მანქანათმშენებლობის მენეჯმენტის დეპარტამენტი, საქართველო, 0160, თბილისი კოსტავას 68^ბ

E-mail: a.kankadze@gtu.ge

რეზიუმე: მიზანი. მაიკლ პორტერის თანახმად, კლასტერი არის „ცალკეული ერების, ქვეყნებისა და ქალაქების ცხოვრებაში განსაკუთრებული როლის მქონე ფირმების, მომწოდებლების, ურთიერთდაკავშირებული დარგების გეოგრაფიული კონცენტრაცია. ისინი განაპირობებს ახლებურ შეხედულებას ეკონომიკასა და მის განვითარებაზე; ბიზნესის, მთავრობისა და ინსტიტუტების ახალ როლსა და ურთიერთდამოკიდებულებების აგების ახალ ხერხებზე, როგორცაა ბიზნესი – მთავრობა ან ბიზნესი – ინსტიტუტები.

მეთოდი. კლასტერული მეთოდის გამოყენება, მის მონაწილეებს შორის მჭიდრო კონტაქტის აუცილებლობის გამო, განსაკუთრებით აქტუალურია რეგიონულ დონეზე, რაც, თავისთავად, გულისხმობს ერთგვარ ტერიტორიული შეზღუდვებს.

ეკონომიკის კლასტერული მართვის ერთ-ერთი უპირატესობაა ეკონომიკური ფაქტორების როლის გაძლიერება და ადმინისტრაციული ფაქტორების როლის შემცირება. რეგიონის საგარეო ეკონომიკური კომპლექსის მართვა, კლასტერიზაციის მეთოდის გამოყენების შემთხვევაში, გულისხმობს რეგიონში მიმდინარე ეკონომიკური პროცესების ზოგად რეგულირებას.

შედეგი. საბჭოთა ეკონომიკაში თანამედროვე კლასტერული წარმონაქმნების პირველი სახე იყო ტერიტორიულ-საწარმოო კომპლექსი, რომელიც „სოციალისტური საზოგადოების საწარმოო ძალების სივრცითი ორგანიზაციის ფორმას წარმოადგენდა და სრულად პასუხობდა მათი განვითარების ამოცანებს სამეცნიერო-ტექნიკური რევოლუციის პირობებში“.

რეგიონული კლასტერის არის მეურნეობის ერთი ან რამდენიმე მონათესავე დარგში მომუშავე ფირმების ეკონომიკური აგლომერაცია.

რეგიონის კონკურენტუნარიანობის ამაღლების ერთ-ერთი ამოცანაა რეგიონის კლასტერიზაციის პოტენციალის გამოვლენა.

კლასტერის ეკონომიკური საქმიანობის კრიტიკური უმია საწარმოების მიერ მსოფლიო ბაზარზე კონკურენტუნარიანო პროდუქციის წარმოება.

დასკვნა. რეგიონის კონკურენტუნარიანობის ზრდას აფერხებს არაერთი ფაქტორი: საწარმოები და რეგიონები კონკურენტუნარიანობის ამაღლების წყაროდ განიხილავს მოგების მაქსიმიზაციას მაშინ, როცა პოსტინდუსტრიული ეპოქის მამოძრავებელ ძალად აღიარებულია ინტელექტი, ხოლო კონკურენტუნარიანობის წყაროდ – დამატებული ღირებულება. არამატერიალური აქტივები მეწარმეთა მიერ არ აღიქმება კონკურენტუნარიანობის ხარისხის ამაღლების წყაროდ მაშინ, როცა მატერიალური აქტივების ხარჯზე კონკურენტუნარიანობის ზრდის შესაძლებლობა პოსტინდუსტრიულ ეპოქაში იწურება.

რეგიონის საგარეო ეკონომიკური კომპლექსის მართვა, კლასტერიზაციის მეთოდის გამოყენების შემთხვევაში, გულისხმობს რეგიონში მიმდინარე ეკონომიკური პროცესების ზოგად რეგულირებას.

საკვანძო სიტყვები: კლასტერი; კლასტერული; კონკურენტაცია; კომპლექსი აგლომერაცია; კონკურენტუნარიანი; ბიფურკაცია; ინვესტირება.

1. შესავალი

რეგიონული მეურნეობის ეკონომიკური ეფექტიანობის ამაღლების აუცილებლობა ტერიტორიების წინაშე აყენებს ახალ ამოცანებს, პირველ რიგში რეგიონული ეკონომიკის კონკურენტუნარიანი მოდელის არჩევანთან დაკავშირებულ საკითხებს, რაც შესაძლებელს ხდის არსებული პოტენციალის მაქსიმალურ გამოყენებას.

კონკურენტუნარიანობა რთული მრავალსაპეტიანი და მრავალდონიანი ცნებაა, რომელიც ორგანულადაა დამახასიათებელი მეურნეობის საბაზრო სისტემისთვის. ყველაზე ზოგადი სახით კონკურენტუნარიანობა ნიშნავს თავისი ფუნქციის (დანიშნულების, მისიის) შესრულებას მოთხოვნილი ხარისხითა და ღირებულებით კონკურენტული ბაზრის პირობებში. რეგიონის კონკურენტუნარიანობა არის მისი უნარი, წარმატება მოიპოვოს ეკონომიკურ შეჯიბრებაში საქონლის გასაღების შიგა და მსოფლიო ბაზრებზე; ბიზნესის განვითარებისთვის გარემოს, ინცესტიციური მიმზიდველობის შექმნაში; შიგა და უცხოური ინვესტიციებისათვის ცხოვრების ხარისხში.

არსებობს კონკურენტუნარიანობის ჩამოყალიბებისა და განვითარების მრავალი თეორია, რომელთაგან ერთ-ერთი ეკონომიკის კლასტერული მართვის თეორია. ეს თეორია ფართოდ გამოიყენება განვითარებულ ქვეყნებში.

კლასტერული კონცეფცია ემყარება კონკრეტული რეგიონის კონკურენტუნარიანობას, რომელიც დამოკიდებულია ურთიერთდაკავშირებული დარგების კლასტერის არსებობაზე.

მაიკლ პორტერის თანახმად, კლასტერი არის ცალკეული ერების, ქვეყნებისა და ქალაქების ცხოვრებაში განსაკუთრებული როლის მქონე ფირმების, მომწოდებლების, ურთიერთდაკავშირებული დარგების გეოგრაფიული კონცენტრაცია. კლასტერები განაპირობებს ახლებურ შეხედულებას ეკონომიკასა და მის განვითარებაზე; ბიზნესის, მთავრობისა და ინსტიტუტების ახალ როლსა და ურთიერთდამოკიდებულების აგების ახალ ხერხებზე, როგორცაა ბაზური – მთავრობა ან ბიზნესი – ინსტიტუტები“. მ. პორტერი მოცემულ განმარტებაზე ყურადღებას ამახვილებს თავისი ცნობილი წიგნ „კონკურენციის“ შესავალში, როცა მიუთითებს რეგიონული ფაქტორის ცენტრალურ როლზე კლასტერების წარმოქმნის პროცესებში.

რეგიონალური კლასტერი არის მეურნეობის ერთ, რამდენიმე მონათესავე დარგში მომუშავე ფირმების ეკონომიკური აგლომერაცია.

ამრიგად, ენრაიტის თეორიის თანახმად, კონკურენტული უპირატესობები ყალიბდება არა ეროვ-

ნული, არამედ რეგიონულ დონეზე, სადაც მთავარ როლს ასრულებს რეგიონების განვითარების ისტორიული წინამძღვარები, ბიზნესი წარმოების კულტურის, წარმოების ორგანიზაციისა და განათლების მიღების მრავალფეროვნება.

საბჭოთა ეკონომიკაში თანამედროვე კლასტერული წამონაქმნების პირველი სახე იყო ტერიტორიული – საწარმოო კომპლექსი (ტსკ), რომელიც წარმოადგენდა „სოციალისტური საზოგადოების საწარმოო ძალების სივრცითი ორგანიზაციის ფორმას, რომელიც ყველაზე სრულად პასუხობდა მათი განვითარების ამოცანებს სამეცნიერო-ტექნიკური რევოლუციის პირობებში. ტსკ-ის შექმნის ობიექტური წინამძღვრები მნიშვნელოვანწილად დამოკიდებული იყო ადგილობრივი ბუნებრივი რესურსების – მინერალური ნედლეულის, სათბობ-ენერგეტიკული, წყლის, მცენარეული ნედლეულის, და მიწის რესურსების თავისებურებებზე. რესურსების ამგვარი დაჯგუფება მათი გამოყენების სპეციფიკური ნიშნების გამოვლენის საშუალებას იძლეოდა.

2. ძირითადი ნაწილი

რეგიონის კონკურენტუნარიანობის ამაღლების ერთ-ერთი ამოცანაა რეგიონის კლასტერიზაციის პოტენციალის გამოვლენა. კლასტერის ეკონომიკური საქმიანობის კრიტერიუმია საწარმოების მიერ მსოფლიო ბაზარზე კონკურენტუნარიანი პროდუქციის წარმოება.

როგორც მსოფლიო პრაქტიკა გვიჩვენებს, კლასტერული მიდგომა არის არა მხოლოდ სამრეწველო პოლიტიკის მიზნების მიღწევის საშუალება (სტრუქტურული ცვლილებები, კონკურენტუნარიანობის ამაღლება, ინოვაციური მიმართულების გაძლიერება და სხვა), არამედ ის ასევე მძლავრი ინსტრუმენტია რეგიონული განვითარების სტიმულირებისათვის, რომელიც, საბოლოო ჯამში, შეიძლება მდგომარეობდეს რეგიონის სავაჭრო ბალანსის სტიმულირებაში, დასაქმების გაზრდაში, სხვადასხვა სახის ბიუჯეტში ანარიცხებისა და ხელფასის ზრდაში, რეგიონული მრეწველობის მდგომარეობისა და კონკურენტუნარიანობის ამაღლებაში.

საქართველოში ხაზი უნდა გაესვას მსხვილი კონკურენტუნარიანი სტრუქტურების შექმნის მი-

ზანშეწონილობას. ასეთი სტრუქტურები შეიძლება იყოს დარგთაშორისი კლასტერული წარმონაქმნები, რომლებიც ხელს უწყობს საჭირობოროტო ეკონომიკური პრობლემების გადაწყვეტას და უზრუნველყოფს ეკონომიკის მზარდ განვითარებას. კლასტერების ჩამოყალიბება უნდა მოხდეს ეკონომიკური საქმიანობის ხელის შეწყობით რეგიონის კონკურენტუნარიანობის ამაღლებაში. მისი შედეგი იქნება ტერიტორიებში არსებული რესურსების გამოყენება რეგიონის ეკონომიკური, ეკოლოგიური, სოციალური და დემოგრაფიული მდგრადობის უზრუნველყოფის მიზნით.

თანამედროვე რეგიონული განვითარება ხასიათდება იმით, რომ არასაბაზრო გარემოში წარმოქმნილმა და განვითარებულმა რეგიონებმა საბაზრო ეკონომიკაზე გადასვლისას შეწყვიტოს ღია ბაზრის ეკონომიკური, სოციალური, ეკოლოგიური და ორგანიზაციულ-მმართველობითი პროცესების მასშტაბებთან შესაბამისობა, რომელიც ითვალისწინებს კონკურენციას როგორც მცირე ეკონომიკური სუბიექტების, ისე ფედერალურ დონეზე.

რეგიონების კონკურენტუნარიანობის თეორია ჯერ კიდევ ჩამოყალიბების პროცესშია. იგი გამოხატავს მრავლობითი ურთიერთობის ერთობლიობას რეგიონის ეკონომიკურ განვითარებასთან დაკავშირებით, სხვა რეგიონებთან ურთიერთქმედებაში.

ზოგადად შეიძლება ვილაპარაკოთ რეგიონთაშორისი კონკურენციის ორი ტიპის არსებობაზე:

- ვერტიკალური, ე.ი. ცენტრალური და რეგიონული ხელისუფლების სხვადასხვა დონეს შორის კონკურენცია სახელისუფლებო უფლებამოსილებებისა და ფინანსური რესურსების განაწილების მოცულობაზე;

- ჰორიზონტალური, ე.ი. რეგიონებს შორის კონკურენცია მობილური რესურსებისთვის. კონკურენციის ობიექტია ყოველივე ის, რაც შეიძლება გამოყენებულ იქნეს შემოსავლის რეალური ან პოტენციური წყაროს სახით.

რეგიონის კონკურენტუნარიანობის აბსოლუტიზაციის შეუძლებლობას განაპირობებს შემდეგი მიზეზები: საბოლოო მოხმარების პროდუქციის წარმოებაში რეგიონის ადგილის განმსაზღვრელი

შრომის საერთაშორისო დანაწილება; რეგიონის დარგებისთვის აუცილებელი წარმოების ფაქტორების თავმოყრის განმსაზღვრელი ისტორიული სპეციალიზაცია; ნივთიერებისა და ენერჯის ამოღების დასაშვები ნორმების განმსაზღვრელი გარე საზღვრების მიღწევა, რომელთა გადაჭარბება განაპირობებს გარემოს უკურეაქციას (დედამიწის სფეროს მიერ ბიფურკაციის წერტილის მიღწევა, რომელშიც სისტემები ახალ მდგომარეობაში გადადის).

კონკურენტულ ბრძოლაში რეგიონის უპირატესობა ისეთი ხარისხისა და დონის წარმოების ფაქტორების არსებობა, რომლებიც მიზიდაველი იქნებოდა პოტენციური „დონორებისთვის“.

თუკი წარმოების ფაქტორები კონკურენტულ ბრძოლაში წარმატების მიღწევის წინამძღვარია, კონკურენტუნარიანობის შედეგები ვლინდება ისეთ მაჩვენებლებში, როგორცაა შრომის მწარმოებლურობის ზრდა; ეკონომიკური ზრდა ტრადიციული და ახალი დარგების სტაბილური განვითარების შედეგად, რაც ემყარება წარმოებაში ინოვაციების სწრაფ დანერგვას; საქონლისა და მომსახურების ხარისხის ზრდა იმ პარამეტრებით, რაც უზრუნველყოფს შიგა და გარე მოთხოვნის დაკმაყოფილებას; ყურადღების გამახვილება ეკონომიკურ-გეოგრაფიული მდგომარეობის, სასარგებლო წიაღისეულის, კულტურულ-ისტორიული მემკვიდრეობისა და სხვა რესურსების რაციონალურ გამოყენებაში; მოსახლეობის ცხოვრების დონის ამაღლება.

რეგიონის კონკურენტუნარიანობის მართვის სუბიექტებად გვევლინება ყველა დაინტერესებული პირი: სახელმწიფო და რეგიონული ხელისუფლების ორგანოები, მეწარმეები, სამეცნიერო-კვლევითი ინსტიტუტები, საზოგადოებრივი ორგანიზაციები (ეკოლოგები). რეგიონის კონკურენტუნარიანობის უზრუნველსაყოფად გამოყოფენ სამ ძირითად კონცეფციას: კლასტერული მიდგომა; რეგიონის ინოვაციური სისტემების განვითარება; რეგიონის კონკურენტუნარიანობის შექმნის პოტენციური ფაქტორები.

კლასტერების მაღალ კონკურენტუნარიანობასა და სტაბილურობას განსაზღვრავს ახალი ტექნოლოგიების გავრცელების, მეცნიერების, განათლების, დაფინანსების, სახელმწიფო პოლიტიკისა და

მრეწველობის ურთიერთქმედების ხასიათისა და სტრუქტურის მასტიმულირებელი ფაქტორები, თუმცა საკმაოდ წინააღმდეგობრივია ინოვაციური საქმიანობის ურთიერთობა საბაზრო ეკონომიკასთან, კლასტერის განვითარების გარემოსთან.

გარდა ამისა, ინოვაციის პროცესის უზარმაზარი კაპიტალტევადობის გათვალისწინებით, გონივრულად გვეჩვენება ცალკეულ კონკურენტუნარიან დარგებში სელექციური სამრეწველო პოლიტიკის გატარება ინოვაციური განვითარების საფუძველზე, რაც ხელს შეუწყობს, ერთი მხრივ, ამ დარგების სწრაფ განვითარებას და მათი კონკურენტული უპირატესობების განმტკიცებას მსოფლიო ბაზარზე და, მეორე მხრივ, თავიდან აიცილებს დანახარჯიან და ნაკლებეფექტიან პროცესებს იმ დარგების განვითარებაში, რომელსაც იმ მომენტისთვის არ შეუძლია კონკურირება სხვა ქვეყნების იდეალურ დარგებთან.

დასკვნა

მოკლედ, კლასტერი საწარმოთა ტერიტორიული გაერთიანებაა მართვის სხვადასხვა სტრუქტურით, ბიზნესის წარმოების კულტურითა და სტრატეგიული მიზნებით, რომელიც აუცილებელია რეგიონის მდგრადი განვითარების ამოცანის – საბაზრო ეკონომიკის პირობებში რეგიონის რესურსების უფრო ეფექტიანი გამოყენებისთვის.

საქართველოს რეგიონების სოციალურ-ეკონომიკური განვითარების კონცეფციაში ხაზგასმულია რეგიონული განვითარების მართვისთვის ინსტრუმენტთა ნაკრების – საბიუჯეტო ტრანსფერტებისა და რეგიონული მიზნობრივი პროგრამების შეზღუდულობა. საზოგადოების რეფორმირების პროცესი არ განახლდება წარსულში დაგროვილი რაციონალური ელემენტების გამოყენების გაუთვალისწინებლად. მაგალითად, საქართველოსა და საზღვარგარეთის ქვეყნების ეკონომიკებში საწარმოებისა და ჰოლდინგების მართვისთვის წარმატებით იყენებენ კორპორაციული მართვის სისტემას. ის იგება ოთხი პრინციპის – გამჭირვალობის, ანგარიშვალდებულების, პასუხისმგებლობისა და სამართლიანობის დაცვით.

კორპორაციული მართვის პრინციპების დაცვის შედეგი, რომელიც ითვალისწინებს საწარმოსა და რეგიონის სოციალურ-ეკონომიკური განვითარების

ინტერესებს, არის რეგიონის მდგრადი განვითარების ამოცანათა გადაწყვეტა და საწარმოს ეფექტიანი ფუნქციონირება თანამედროვე ეკონომიკაში.

კლასტერის მონაწილეთა მოქმედების შეთანხმებისა და სინქრონიზაციის სახით შემოთავაზებულია მექანიზმი, რომლის საფუძველი რეგიონული მართვისას გამოყენებული კორპორაციული მართვის პრინციპები და ინსტიტუტებია.

კლასტერის დანერგვის პროცესს აღვივებამთ, როგორც ბიზნესისა და ხელისუფლების ინტერესთა წონასწორობის პროცესს, რომლის დროსაც ხდება მეურნე სუბიექტის ეფექტიანობის ამაღლების გზების ძიება და, შესაბამისად, ეკონომიკის სხვადასხვა დონის სუბიექტის კონკურენტუნარიანობის ამაღლება.

კლასტერული მეთოდის გამოყენება მის მონაწილეებს შორის, მჭიდრო კონტაქტის აუცილებლობის გამო, განსაკუთრებით აქტუალურია რეგიონულ დონეზე, რაც, თავისთავად, გულისხმობს ერთგვარ ტერიტორიულ შეზღუდვებს.

ეკონომიკის კლასტერული მართვის ერთ-ერთი უპირატესობაა ეკონომიკური ფაქტორების როლის გაძლიერება და ადმინისტრაციული ფაქტორების როლის შემცირება.

რეგიონის საგარეო-ეკონომიკური კომპლექსის მართვა, კლასტერიზაციის მეთოდის გამოყენების შემთხვევაში, გულისხმობს რეგიონში მიმდინარე ეკონომიკური პროცესების ზოგად რეგულირებას. ამ შემთხვევაში რეგიონულ მთავრობას შეუძლია განახორციელოს რეგიონის საგარეო-ეკონომიკური კომპლექსის განვითარების კოორდინაციის ფუნქცია საგამოფენო-საბაზრო საქმიანობის განხორციელების, საგადასახადო გარანტიების, შეღავათებისა და სუბსიდიების გაცემის გზით.

ლიტერატურა

1. ე.ბარათაშვილი, ნ.ფარესაშვილი, თ.აბრალავა. კლასტერი, როგორც კონკურენტუნარიანობის მართვის ინსტრუმენტი. ჟ. „ეკონომიკა“, 1-2, 2011.
2. ნ.ფარესაშვილი, თ. აბრალავა. კლასტერის როლი ბიზნესპროცესების მართვაში. სტუ-ის საერთაშორისო სამეცნიერო-პრაქტიკული კონფერენცია, 15-16 აპრილი, 2011.

3. ნ.ფარესაშვილი, თ. აბრალავა. კლასტერი, როგორც რეგიონის კონკურენტუნარიანობის უზრუნველყოფის მექანიზმი. თსუ-ის საერთაშორისო სამეცნიერო-პრაქტიკული კონფერენცია, 2011.
4. ი. გაგნიძე. კლასტერების როლი საქართველოს ეკონომიკის განვითარებაში. ჟ. „ეკონომიკა და ბიზნესი“, თბ., 3, 2008.

UDC 330:625

REGIONAL CLUSTERS AND ITS IMPORTANCE IN THE ECONOMY

Al. Kankadze, J. Kankadze, A. Tsulaia, J. Shanidze

Transport and Mechanical Engineering Management Department. Georgian Technical University.
Str Costava 68b. 0160 Tbilisi. Georgia

E-mail: a.kankadze@gtu.ge

Resume: Purpose. According to Michael Porter, the cluster is “the geographical concentration of firms, suppliers, and interconnected industries that play a special role in the lives of individual nations, countries, and cities. They give rise to new perspectives on the economy and its development; The new role of business, government, and institutions, and new ways of building relationships, such as business-government or business-institutions.

Method. The use of the cluster method is especially relevant at the regional level due to the need for close contact between its participants, which in itself implies a kind of territorial constraints.

One of the advantages of cluster management of the economy is to strengthen the role of economic factors and reduce the role of administrative factors. The management of the foreign economic complex of the region, in case of using the clustering method, implies the general regulation of the current economic processes in the region.

Result. The first form of modern cluster formation in the Soviet economy was the territorial-industrial complex, which was "the form of the spatial organization of the productive forces of the socialist society, which most fully met the tasks of their development in the conditions of the scientific-technical revolution."

The regional cluster is the economic agglomeration of firms operating in one or more related fields of agriculture.

One of the tasks of increasing the competitiveness of the region is to identify the clustering potential of the region.

The criterion of economic activity of the cluster is the production of competitive products by enterprises in the world market.

Conclusion. Numerous factors hinder the growth of the region's competitiveness: Enterprises and regions consider profit maximization as a source of competitiveness, while intellect is recognized as the driving force of the post-industrial era, and value added as a source of competitiveness; Intangible assets are not perceived by entrepreneurs as a source of increasing the degree of competitiveness, while the opportunity to increase competitiveness at the expense of tangible assets expires in the post-induction era.

The management of the foreign economic complex of the region, in case of using the clustering method, implies the general regulation of the current economic processes in the region.

Key words. Cluster; cluster; competition; complex agglomeration; competitive; bifurcation; investment.

უაკ 666.291.3

ქვევრის ფორმების ფორმა და მექანიკური სიმტკიცე შიგა ჰიდრავლიკური წნევის მიხედვით

ი. მახარაძე

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, ქიმიური და ბიოლოგიური ტექნოლოგიების დეპარტამენტი, საქართველო, 0160, თბილისი, კოსტავას 69

E-mail: g.gafrindashvili@gtu.ge

რეზიუმე: მიზანი. კერამიკული ქვევრი მეტ-ნაკლებად ფოროვანი ნაკეთობის კლასტერს მიეკუთვნება, ამიტომ გამომწვარ ქვევრში ფორმების ფორმა, რაოდენობა, ზომა, კეცში თანაბრად განაწილება და სხვა დიდ გავლენას ახდენს ღვინის ხარისხზე (ორგანოლექტიკა). განსაკუთრებით გამოყოფთ თიხის მინერალების ღვინოსთან ინტერაქციას. დიდი მნიშვნელობა აქვს ფოროვანი კერამიკის სიმტკიცესა და კეცში გაჭიმული ფორმის ფორმების რაოდენობას შორის დამოკიდებულებას [1]. ამავე დროს ზომიერად შემცხვარი ქვევრი განაპირობებს ნაკეთობის მაღალ მექანიკურ სიმტკიცეს (იხ. დანადგარი).

მეთოდი. IX-XI საუკუნის იყალთოს, ალავერდის და შუამთის მონასტრების ძველი ქვევრების მინერალური შედგენილობის განსაზღვრისა და მათი ფრაქციულ-გრანულომეტრიული ზომების დასადგენად გამოვიყენეთ პოლარიზაციული მიკროსკოპი (AMSKOP 600T) ნიმუშების შემადგენელი ცალკეული მინერალური ფაზების რაოდენობისა და რაობის დასადგენად – რენტგენოფაზური ანალიზატორი (DRON-3), ხოლო ნიმუშების ქიმიური შედგენილობის დასადგენად – რენტგენოფლუორესცენტრული (XRFEDx360B) ანალიზატორი.

შედეგი. ამრიგად, ჩატარებული კვლევის შედეგად გამოვლინდა, რომ ალავერდის, იყალთოს და შუამთის მონასტრების ქვევრების ნატეხების ნიმუშები მსგავსი ქიმიური და მინერალოგიური შედგენილობით ხასიათდება. ეს გვამლევს შესაძლებლობას დავასკვნათ, რომ ქვევრების დამზადებისთვის გამოყენებული ნედლეული იდენტურია. ნედლეულად, ძირითადად 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 გვხვდება, შესწავლილი ქვევრების ნიმუშებში კი – Ca-Na მინდვრის შპატები.

დასკვნა. ფოროვანი კერამიკის (ქვევრი) ფაზურ-მექანიკური და ქიმიურ თვისებებზე დიდ გავლენას ახდენს ფორმების მიკრო- და მაკროსტრუქტურა, მათი ორიენტაცია ანუ კერამიკულ კეცში თანაბრად განაწილება, რაც განსაზღვრავს ნაკეთობის სიმტკიცეს, ღვინოსთან ინტერაქციის დონეს და ა.შ. სითხის ფორმებში გადინების რაოდენობა დამოკიდებულია სითხის სახეობაზე, ფორმების ზომაზე, კლავნილობის ხასიათზე და სხვა. ქვევრის ფორმების სახეობა ასევე გავლენას ახდენს თიხის კომპონენტების ღვინოში გადასვლის ინტენსივობაზე, რაც, თავის მხრივ, მოქმედებს ღვინის არომატსა და გემოზე. ზომიერად შემცხვარი ქვევრი გვამლევს მაღალი მექანიკური სიმტკიცის პროდუქტს, რაც განპირობებულია ქვევრის მომზადების ტექნოლოგიური და თბოფიზიკური პროცესების ჩატარებაზე.

საკვანძო სიტყვები: კლასტერი; ორგანოლექტიკა; ქვევრი; შეცხოვა; კლინკერი; ფლუიდი; ფილტრაცია; ჩიხური; ჭიხებური; მარყუჟისებრი ფორმები; პუაზი-ელი; დაჭირხნული წყალი; ტუმბო; მანომეტრი; წყლის მე-4 ფაზა.

1. შესავალი

ქვევრის ფორმებთან დაკავშირებული საკითხები, ქვევრის ოპტიმალური მექანიკური სიმტკიცე, ქვევ-

რის კედლების სითხეშეღწევადობა, ინტერაქცია კედლებსა და ღვინოს შორის დღემდე სათანადოდ არაა შესწავლილი. ყველა პრობლემური საკითხია და მიუხედავად ქვევრის 8000 წლის ისტორიისა, ერთ სტატიაში შეუძლებელია მათი ფართო მასშტაბით განხილვა.

საერთოდ კერამიკული მასალის (ქვევრი) საერთო ფორიანობა ანუ ყველა ღია და დახურული ფორის ჯამი ცნობილია, როგორც ჭეშმარიტი ანუ ნამდვილი ფორიანობა [1]; [2,3]

$$P_{\text{საერთო}} = P_{\text{ღია}} + P_{\text{დახ.}}$$

საერთო ფორიანობა განისაზღვრება ფორმულით:

$$P_b = \frac{V_{\text{სვ}} - V_{\text{მთვ.}}}{V_{\text{სვ}}} \cdot 100\%,$$

სადაც $V_{\text{სვ}}$ და $V_{\text{მთვ.}}$ მასალის ხვედრითი და მოცულობითი წონაა გ/სმ³.

ღია ფორიანობას ზოგჯერ უწოდებენ მოჩვენებით ფორიანობას:

$$P_e = \frac{G_b - G_{\text{მთ.}}}{V} \cdot 100\%,$$

სადაც G_b , $G_{\text{მთ.}}$ წყლით გაჯერებულ და მშრალ მდგომარეობაში მასალის წონაა, გ; V – მასალის მოცულობა, სმ³.

ქვევრის მექანიკური სიმტკიცის განსაზღვრა უპირველესი ვალდებულებაა ამ დარგის მწარმოებლებისათვის, რაც დღემდე არ არსებობს. ჩვენ პირველად წარმოვადგენთ დანადგარის პროექტს, რომელიც სრულად ამოწურავს არსებულ პრობლემას.

2. ძირითადი ნაწილი

ტრადიციული კერამიკის დიდი უმრავლესობა ხასიათდება ფოროვანი აღნაგობით. კერამიკული ნაკეთობის ზოგიერთი სახეობა – სხვადასხვა სახის ფიანსი, ტერაკოტული საოჯახო ჭურჭელი, მაიოლიკა და ა.შ. გამოყენების პირობების მიხედვით არ უნდა იყოს სითხეების მიმართ შეღწევადი, ამიტომ მათ ფარავენ მინისებრი დამფარავებით ანუ ჭიქურებით.

სხვა სახის კერამიკული ნაწარმი – ცეცხლგამძლეები, საკედლე საამშენებლო კერამიკა, ფაიფურის გამოსაწვავი სპეციალური კაპსელები, ასევე კერამიკული ქვევრები უნდა იყოს შეღწევადი და არა სითხეების მიმართ გაჭონვის უნარის მქონე [4,5].

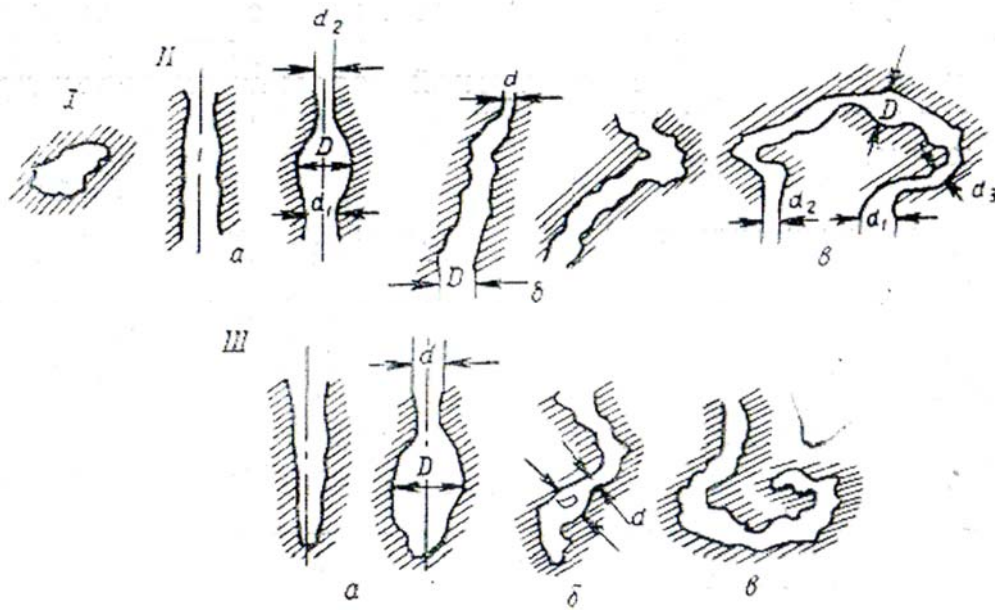
ფორების ფორმა, შემოწერილობა, ზომა კერამიკაში სხვადასხვა სახისაა, რაც მრავალ ფაქტორზეა დამოკიდებული – გამოყენებული ნედლეულის სახეობა, ალიზში მათი გრანულომეტრიული შედგენილობა, თერმული დამუშავების თავისებურება, ნაწარმის შეცხოვის ხარისხი და ფაზური შედგენილობა, კრისტალთშორის არსებული ფორიანობა და ა.შ. [6,7].

დახურული ფორები (სურ. 1 (1)) ძირითადად წრიული ფორმისაა, წარმოიქმნება კერამიკული ნაკეთობის გამოწვის დროს აირების გაფართოებისას შეცხოვის პროცესში, როცა ჩნდება მინისებრი ფაზა, ფორები იზოლირებულია და არ მონაწილეობს სითხის ფილტრაციის პროცესში, ამდენად ფორომეტრული განსაზღვრისას მასში ვერცხლისწყალი ვერ შედის. ჩაკეტილი ფორების წარმოქმნა ზოგადად დამახასიათებელია შემეხვარი კერამიკული ნაკეთობისთვის, როგორცაა ფაიფური, კლინკერი და ა.შ. რაც შეეხება ქვევრს, შედარებით არასრული შეცხოვის გამო, მათი რაოდენობა კეცში, ჩვენ ვარაუდით, მცირეა.

ორივე მხრიდან ღია პირდაპირ არხისებრ ფორებში (II) თავისუფლად გაედინება სითხე (ფლუიდი), რომლის რაოდენობა დამოკიდებულია სითხის სახეობაზე, ფორების ზომაზე, კლაკნილობის ხასიათზე და სხვა. ფორების სახეობებია პირდაპირი (II ა), ჭიხებრი (II ბ) და მარყუჟისებრი (II ვ). ბოლო სახეობები ნაკლები ინტენსივობით მონაწილეობს სითხის გადინებაში.

ჩიხური ფორები (III) ფილტრაციის დროს ავსებს არხებს, ასევე ფორომეტრული ანგარიშისას ივსება ვერცხლისწყლით, რომელიც ზრდის ღია ფორიანობის მაჩვენებელს, მაგრამ გავლენას ვერ ახდენს მასალის შეღწევადობაზე. ჩიხური ფორები, რომლებიც ღიაა ერთი მიმართულებით (ბოლოდან), შეიძლება იყოს სხვადასხვა „გეომეტრიული“ ფორმის: პირდაპირი არხი (III ა), ჭიხებრი ((III ბ) და მარყუჟისებრი ((III ვ).

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



სურ.1. ფორების ძირითადი ფორმები კარამიკაში
I – დახურული ანუ ჩაკეტილი; II - ღია არხისებრი: ა) პირდაპირი,
ბ) ჭიისებრი (კლავნილი), ვ) მარყუჟისებრი, III – ჩიხური ფორები:
ა) პირდაპირი ბ) ჭიისებრი (კლავნილი), ვ) მარყუჟისებრი

ქვევრის ფორების პარამეტრებზეა დამოკიდებული თიხის კომპონენტების ღვინოში გადასვლა, თუ როგორ ხვდება (ან არ ხვდება) ქვევრიდან ღვინოში სხვადასხვა მინერალი, როგორ 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 პუაზიელის კანონს:

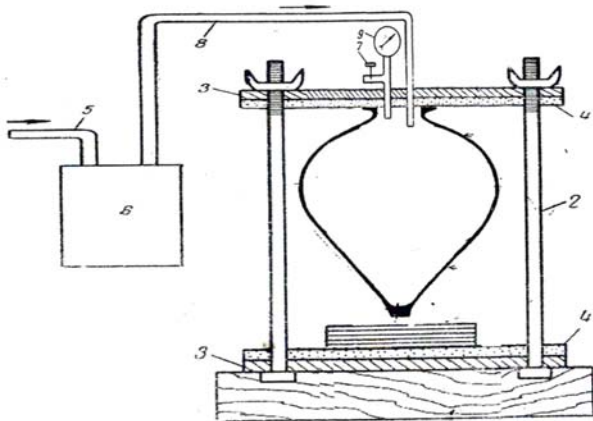
$$V_k = \frac{\pi r^4 t (P_1 - P_2)}{8 \mu l}$$

სადაც V_k სითხის გადინებაა ერთ კაპილარში, r – კაპილარის რადიუსი, t – დრო; P_1 – წნევა კაპილარის დასაწყისში, P_2 – წნევა კაპილარის ბოლოს, l – კაპილარის სიგრძე, μ – სითხის აბსოლუტური სიბლანტე.

ჩვენი აზრით, ფორმულა მუშაობს წვეთოვანი სითხეებისთვის, ლამინარული რეჟიმისას.

საჭიროების შემთხვევაში, ფოროვანი კერამიკული მასალის მისაღებად გაზრდილი კეცის სიმტკიცით, დღეს გავრცელებული მეთოდებიდან, ვირჩევთ ამოწვადი დანამატების მეთოდს, რადგან ითვლება ყველაზე იაფ მეთოდად, შეგვიძლია ფართო ზღვრებში ვარეგულიროთ ფორების ზომა და რაოდენობა, ხოლო სიმტკიცის კომპენსირება მოვახდინოთ შერჩეული ორგანული დანამატით.

ცელულოზას აქვს აუცილებელი პარამეტრების შექმნის უნარი: მაღალი ფარდობა სიგრძის განივკვეთთან, ამოწვის სიმარტივე, სიიაფე, იძლევა გაჭიმულ მოწესრიგებულ ერთი მიმართულების ფორებს, რაც ზრდის კერამიკული ნაკეთობის სიმტკიცეს; ასევე ცელულოზა ამოწვის შემდეგ არ ტოვებს არავითარ ნარჩენს, ხოლო გამოუწვავ პროდუქტში (ალიზი) ასრულებს არმატურის როლს და ზრდის ნაკეთობის სიმტკიცეს (მნიშვნელოვანი მოვლენაა ქვევრისთვის) [1,8,9].



სურ.2. ქვევრის გამოცდა სიმტკიცეზე შიგა ჰიდრავლიკური წნევით

ქვევრის მექანიკურ სიმტკიცეს და კედლების წყალშლწვევადობას, რომელიც ქვევრში ზომავს შიგა ჰიდრავლიკურ წნევას ვზომავთ შემდეგნაირად: საცდელ ქვევრს 1 ჰერმეტიულად ვხურავთ ორივე მხრიდან და ვაწვდით დაჭირხნულ წყალს 2 ატმ წნევით, ვაყოვნებთ 5 წუთი, თუ ამ ოპერაციის შემდეგ ქვევრი არ გვადლევეს ბზარებს, კედლები არ ატარებს სინესტეს და არ გვიჩვენებს სხვა რაიმე დაზიანებას, მაშინ ვთვლით, რომ ქვევრმა გაუძლო ამ საწყის გამოცდას.

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

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

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

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 4 ატმ შიგა წნევას, მაშინ ქვევრის წინააღობა იქნება:

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

3. დასკვნა

ფოროვანი კერამიკის (ქვევრი) ფაზურ-მექანიკური და ქიმიურ თვისებებზე დიდ გავლენას ახდენს ფორების მიკრო- და მაკროსტრუქტურა, მათი ორიენტაცია ანუ კერამიკულ კეცში თანაბრად განაწილება, რაც განსაზღვრავს ნაკეთობის სიმტკიცეს, ღვინოსთან ინტერაქციის დონეს და ა.შ. სითხის ფორებში გადინების რაოდენობა დამოკიდებულია სითხის სახეობაზე, ფორების ზომაზე, კლაკნილობის ხასიათზე და სხვა. ქვევრის ფორების სახეობა ასევე გავლენას ახდენს თიხის კომპონენტების ღვინოში გადასვლის ინტენსივობაზე, რაც, თავის მხრივ, მოქმედებს ღვინის არომატსა და გემოზე. ზომიერად შემცხვარი ქვევრი გვადლევეს მაღალი მექანიკური სიმტკიცის პროდუქტს, რაც განპირობებულია ქვევრის მომზადების ტექნოლოგიური და თბოფიზიკური პროცესების ჩატარებაზე.

ლიტერატურა:

1. Беркман А.С. Пористая прищемаемая керамика. Гос.Изд. Лит. По Строител., Архитектуре и Стройматериалам, М.1959, с.171
2. გ. გაფრინდაშვილი. კერამიკის და ცეცხლგამძლე მასალების ტექნოლოგია. თბილისი: საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, 2020, 215 გვ.
3. Августиник А.И. Керамика, Л., „Стройиздат“, 1975, с.590
4. პ.პ. ბუდნიკოვი და სხვ. კერამიკის და ცეცხლგამძლეების ტექნოლოგია. თბ.: განათლება, I ტ., 1975, 373 გვ.
5. გ. გაფრინდაშვილი. ტიხრული მინანქარი ძვლის ფაიფური ფუძეზე. თბ.: ტექნიკური უნივერსიტეტი, 2016, 169 გვ.

6. Дубинин М.М. Методы исследования. Структуры высокодисперсных и пористых тел. Изд. АН СССР, 1953, с.72
 7. Андреева Ж.В., Захаров А.И. Пористая керамика с регулярной структурой. Российский Химико-техн. Университет им. Д.И. Менделеева. Г. Москва.
 8. Успехи в химии и химич. Технологии, Т. XXVI, 2012, № 6(135).
 9. Белянкин И. И д. Петрография техн. Камня. М., изд. АН СССР, 1952
 10. Строительная керамика. Справочник, М., „Стройиздат“, 1975
-

UDC 666.291.3

THE SHAPE AND MECHANICAL STRENGTH OF THE WINE-JAR PORES ACCORDING TO THE INTERNAL HYDRAULIC PRESSURE

I. Makharadze

Georgian Technical University, Department of Chemical and Biological Technologies, Str Costava 69. 0160 Tbilisi. Georgia

E-mail: g.gafrindashvili@gtu.ge

Resume: Goal. Ceramic wine-jar belong to the cluster of more or less porous products, so the shape, quantity, size of pores in roasted wine-jar, even distribution in wine-jar and other great influences on the quality of wine (organoleptics). We especially highlight the interaction of clay minerals with wine. Of great importance is the relationship between the strength of porous ceramics and the number of shaped pores in the wine-jar. At the same time, moderately baked wine-jars cause high mechanical strength of the product.

Method. A polarizing microscope is an X-ray analyzer used to determine the number and quantity of individual mineral phases, and a chemical composition to determine its chemical composition. Used to determine the mineral composition of old pitchers and to determine fractional-granulometric measurements X-ray fluorescent analyzer

Results. Thus, the study revealed that the samples of the fragments of the pitchers of Alaverdi, Ikalto and Shuamta monasteries are characterized by similar chemical and mineralogical composition. This allows us to conclude that the raw materials used to make the pitchers are identical. The raw material is mainly sediment taken from the valley of the river Duruji, which is probably supplemented by locally found material. As for the raw materials of Vardisubani quarry, this material is not used for the production of these pitchers, as K-Na field slopes are found in the raw materials of Vardisubani quarry, and Ca-Na field slopes are found in the samples of the studied pitchers.

Conclusions. The physical-mechanical and chemical properties of porous ceramics are greatly influenced by the micro and macro structure of the pores, their orientation. Moderately baked pitcher gives us a product of high mechanical strength. It depends on the technological and thermophysical processes of wine-jar preparation.

Key words: cluster; organoleptics; wine-jar; baking; clinker; fluid; filtering; deadeng; wormwood; looped pores; poissier; pump; manometer; pressed water; the fourth phase of water

უაკ 666.291.3

ეკოლოგიურად უსაფრთხო ქვევრი და ალავერდის მარნის სამონასტრო ძველი ქვევრები

ი. მახარაძე, ნ. ფოფორაძე, გ. გაფრინდაშვილი

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, ქიმიური და ბიოლოგიური ტექნოლოგიების დეპარტამენტი, საქართველო, 0160, თბილისი, კოსტავას 69

E-mail: g.gafrindashvili@gtu.ge

რეზიუმე: მიზანი. კახეთის რეგიონის გეოპოლიმერების სტრუქტურული შესწავლა, მათ ბაზაზე საქართველოში ქვევრების წარმოების განვითარების მიზნით.

მეთოდი. გეოპოლიმერების კვლევა რენტგენოსტრუქტურული, ოპტიკურ-მიკროსკოპული, მინერალოგიური კვლევის, რენტგენოფლორესცენციული (XRFEDX 3600B) მეთოდებით.

შედეგი. კვლევის შედეგად დადგინდა, რომ ალავერდის, იყალთოს და შუამთის მონასტრების ქვევრების ნატეხების ნიმუშები მსგავსი ქიმიური და მინერალოგიური შედგენილობით ხასიათდება.

დასკვნა. ქვევრების ნედლეულად, ძირითადად, მდინარე დურუჯის ხეობიდან აღებული ნატანი მასალა გამოყენებული, რასაც სავარაუდოდ ადგილობრივად მოძიებული მასალაც აქვს დამატებული. რაც შეეხება ვარდისუბნის კარიერის ნედლეულს, მის ბაზაზე ქვევრების დამზადებისათვის ეს მასალა არ არის გამოყენებული, რადგანაც ვარდისუბნის კარიერის ნედლეულში K-Na მინდვრის შპატები გვხვდება, შესწავლილი ქვევრების ნიმუშებში კი – Ca-Na მინდვრის შპატები.

საკვანძო სიტყვები: გეოპოლიმერი; ქვევრი; რენტგენოფლორესცენციული; მინერალოგიური; მიკროსკოპული.

1. შესავალი

ქვევრი 8000 წლის ისტორიის მქონე თიხის უნიკალური ჭურჭელია, რომელსაც საქართველოში ღვინის დასაყენებლად და შესანახად იყენებდნენ.

დიდია ჩვენი შორეული წინაპრების ღვაწლი და დამსახურება მეღვინეობაში, რომლის გარეშე არ მოხდებოდა ის დიდი საერთაშორისო აღიარება, რაც დაგვირგვინდა 2013 წლის 4 დეკემბერს, როცა იუნესკომ „ქვევრში ღვინის დაყენების უძველეს ტრადიციულ ქართულ მეთოდს“ კაცობრიობის არამატერიალური კულტურის მემკვიდრეობის ძეგლის სტატუსი მიანიჭა.

UNESCO-ს დოკუმენტში ქვევრის ღვინო შემდეგნაირად არის აღწერილი: „მარტივი ტექნოლოგიური პროცესი, რომელიც ყურძნის საწნახელში დაწურვისგან, ყურძნის ტკბილის, კანის, ყუნწების და წიპწის ქვევრში ჩასხმისგან, ქვევრის დალუქვისა და ამ ნაერთის 5–6 თვის განმავლობაში დამკვლევისგან შედგება“ [1].

საქართველოს მუნიციპალური განვითარების ფონდის, მსოფლიო ბანკის დაფინანსებით სოფელ იყალთოში (ცნობილ იყალთოს აკადემიასთან ახლოს, სადაც სწავლობდა შოთა რუსთაველი) აშენდა თანამედროვე საწარმო „ქვევრის პირველი სკოლა აკადემია“, რომელიც 2016 წლის 22 სექტემბერს საზეიმო ვითარებაში გაიხსნა.

ქართული ქვევრის უნიკალურობა ადგილობრივი ბუნებრივი თვისებების შერწყმით არის განპირობებული – თიხის ქიმიური და მინერალური შედგენილობა, სუფთა, ანკარა წყლების არსებობა, ჰავა, დაყალიბების და შრობა-გამოწვის საუკუნეებში განმავლობაში დახვეწილი მეთოდები, სადაც ღვინო მხოლოდ ქართული აბორიგენული ვაზის ჯიშებისაგან (500-ზე მეტი) მზადდება და შენარჩუნებულია ღვინის კახური წესით ქვევრში დაყენების ტექნოლოგია.

ქვევრის ხარისხი დიდწილად განისაზღვრება გამოყენებული ნედლეულის ფიზიკურ-ქიმიური მაჩვენებლებით, აგრეთვე წარმოების ტექნოლოგიური პროცესების თავისებურებებით.

ქვევრის წარმოების ძირითად ნედლეულად ითვლება ძნელად ლღობადი თიხები (ქვედა ზღვარი) ან სხვადასხვა თიხის ნარევი შეცხოვის დაბალი და ღღობის მაღალი ტემპერატურით. ქვევრებში გამოსაყენებელი თიხები უნდა იყოს წვრილდისპერსიული, ზომიერად პლასტიკური, რაც აუცილებელია გამამჭლეველი დანამატების დაკავშირებისა და ნაკეთობის დაყალიბებისათვის, დაბალ ტემპერატურაზე შეცხოვადი, შეცხოვის ოპტიმალური ინტერვალით. ადვილად ლღობადი თიხები და ლიოსისებრი თიხნარები ქვევრის წარმოებაში არ გამოიყენება, ვინაიდან ასეთი თიხებიდან პრაქტიკულად შეუძლებელია მაღალი ქიმიური მდგრადობისა და აუცილებელი მექანიკური სიმტკიცის [2, 3] მკვრივი, ზომიერად შემცხვარი კეცის მიღება.

სწორად აშენებული, კარგად გამომწვარი და დამუშავებული ქვევრი, მექანიკური და გარემო – კლიმატური თვალსაზრისით მდგრადია, ის ღვინის დადუღების „ბუნებრივი მართვისთვის“ მზადაა და მხოლოდ პროდუქტისათვის დამახასიათებელ უნიკალურ თვისებებს იძენს [1].

სამწუხაროდ გამოჩნდნენ კერამიკის ტექნოლოგიის არმცოდნე ადამიანები, რომლებიც ქვევრის მიმართ სერიოზულ შეცდომებს უშვებენ – „ქვევრში ღვინო არაა იზოლირებული გარე სამყაროსაგან და მისთვის საჭირო ჟანგბადის ალება, ქვევრის კედლის გავლით, ქვევრის გარშემო შემოყრილი ჟანგბადით გაჯერებული სველი მიწიდან შეუძლია“. შეუძლებელია!!!

2. ძირითადი ნაწილი

2015–2017 წლებში საქართველოს ტექნიკურ უნივერსიტეტში ჩატარებული სანიტარიულ-ჰიგიენური ექსპერტიზის საფუძველზე პასუხი გაცვა კითხვას – არის თუ არა ქვევრის დასამზადებლად გამოყენებული ნედლეული ღვინისათვის უსაფრთხო და შეესაბამება თუ არა სურსათის უვნებლობის ევროპულ სტანდარტებს. დადგინდა, რომ მძიმე

მეტალები პოტენციურად ტოქსიკური ნივთიერებებია და ევროპის სასურსათო კანონმდებლობის მიხედვით, გარკვეული ლიმიტის ზემოთ დაუშვებელია.

უკანასკნელ წლებში მსოფლიოს განვითარებულ ქვეყნებში დიდი ყურადღება ენიჭება მიწის ქერქის ზედაპირიდან ამოსული რადონის სხვადასხვა გარემოში გავრცელების საკითხს.

პირველად, ქვევრის დამზადების მრავალსაუკუნოვანი ისტორიიდან გამომდინარე მივმართავთ ქვევრის საწარმოებს და მეწარმეებს მხედველობაში მიიღონ აღნიშნული საფრთხე – დაიცვან ქვევრი (ღვინო) რადიოაქტიური რადონისგან, განსაკუთრებით ზედაშის კულტურის ქვევრი.

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 და ამოდის მიწის ზედაპირზე და ადვილად ერევა სხვადასხვა ქანს, განსაკუთრებით საშიშია ჩაკეტილ სივრცეში, როგორც ქვევრია. მას არ გააჩნია სუნი, გემო და ფერი. რადონი ატმოსფეროში ხვდება აგრეთვე ორგანულ საწვავზე (ქვანახშირი, ნავთობი, მაზუთი) მომუშავე საწარმოებიდან. ქვევრში რადონის შესაძლო მოხვედრის ძირითად წყაროს წარმოადგენს ქვევრის გარშემო არსებული გრუნტი. ამიტომ, როცა შევარჩევთ ქვევრის მიწაში ჩადგმის ადგილს, აუცილებელია წინასწარ გამოვიკვლიოთ პერიმეტრზე რადონის გავრცელების არეალი.

რა საფრთხეს ქმნის რადონი და როგორ მოქმედებს ადამიანის ორგანიზმზე?

რადონი განსაკუთრებით საშიშია იმ შემთხვევაში, თუ გახსნილია წყალში ან შერეულია წყლის ორთქლში. რადონი და მისი დაშლის პროდუქტები გროვდება ზოგიერთ ორგანოსა და ქსოვილში, განსაკუთრებით ჰიპოფიზისა და თირკმელზედა ჯირკვლის ქერქში, ასევე გულში, ღვიძლსა და სხვა სასიცოცხლო ორგანოში. სისხლისა და ლიმფის მეშვეობით რადონი და მისი დაშლის პროდუქტები სწრაფად ვრცელდება ორგანიზმში და იწვევს მის მასიურ შინაგან დასხივებას. რადონის საფრთხე, გარდა მის მიერ განპირობებული ფუნქციური

დარღვევებისა (ასთმური შეტევები, შაკიკი, თავბრუსხვევა, გულისრევა, დეპრესიული მდგომარეობა და ა.შ.), მდგომარეობს იმაშიც, რომ ფილტვის ქსოვილის შინაგანი დასხივების შედეგად მან შეიძლება გამოიწვიოს ფილტვის კიბო. რადონის დასხივებით გამოწვეული კიბო მეექვსე ადგილზეა კიბოთი სიკვდილიანობის მიზეზებს შორის. აშშ-ის გარემოს დაცვის სააგენტოს მონაცემებით ფილტვის კიბოს გამომწვევ მიზეზებს შორის რადონი თამბაქოს შემდეგ მეორე ადგილზეა.

თითქმის ყველა ძირითადი საშენი მასალა – ქვიშა, ლორღი, ცემენტი, ბეტონი, ლითონი და ა.შ. მზადდება რა მიწის ქერქში მდებარე მთის ქანების გადამუშავებით, მეტ-ნაკლებად შეიცავს და გამოასხივებს რადონს. მისი საშიში შემცველობის გამო, ბევრ სახელმწიფოში უარი თქვეს გრანიტისა და მარმარილოს გამოყენებაზე შენობათა შიგა ინტერიერში. მივმართავთ გეოლოგებს და ეკოლოგებს – გაითვალისწინეთ ზემოაღნიშნული საშიშროება.

თიხისა და ქვევრის დამახასიათებელი პარამეტრები და მათი ინტერპრეტირება ტექნოლოგიური პროცესების ჩატარების საფუძველია ლაბორატორიულ პირობებში. ქვევრის ღვინის ერთ-ერთი მთავარი დამახასიათებელი შემადგენელი ნაწილია თავად ქვევრი. ამ ტიპის ღვინის დამზადების ფილოსოფია ეყრდნობა იმ მოცემულობას, რომლის მიხედვითაც, ღვინის დუღილისა და დაყენების დროს, ღვინოში მიმდინარეობს ქიმიური პროცესები, რომლებიც განაპირობებს ქვევრის ღვინისთვის დამახასიათებელ გემოს, არომატს და გარეგნობას. აღნიშნული პროცესები განპირობებულია ღვინის კავშირით ქვევრის ღვინოსთან. ქვევრები სხვადასხვა საბადოდან მოპოვებული თიხისაგან მზადდება, აქედან ვარდისუბნის კარიერები ყველაზე მნიშვნელოვანია. 2016 წელს ამ კარიერებიდან თიხის 30 ნიმუში აიღეს და განსაზღვრეს მათი ფიზიურ-ქიმიური მახასიათებლები, რათა დადგინოდა, თუ რამდენად გამოსადეგია ეს ნიმუშები ქვევრის და, ზოგადად, ღვინის წარმოების პროცესში. ანალიზის დროს შეისწავლეს თიხის შედგენილობის და მისი კომპონენტების ღვინოში გადასვლის, თიხის გრანულაციის, თერმული ქვევისა და მინერალოგიური შედგენილობის, ასევე გამომწვარი

თიხის სიმკვრივისა და მის მიერ წყლის შთანთქმის უნარი.

- სრული ელემენტური ანალიზი დეტალურ ინფორმაციას იძლევა თიხის ქიმიური შედგენილობის შესახებ. ამგვარი ანალიზის შედეგები აჩვენებს, თუ რამდენადაა წარმოდგენილი თიხის შემადგენელი ქიმიური კომპონენტები ამა თუ იმ ნიმუშში და რამდენად არის სახეზე ქიმიური ნივთიერებები, რომლებსაც თიხის სტრუქტურის დარღვევა შეუძლია. გარდა ამისა, აღნიშნული ანალიზით დგინდება არსებობს თუ არა შედგენილობაში (ცხრ. 1) ტოქსიკური ნივთიერებები (ცხრ. 2) (ასეთი ნივთიერებების არსებობისას, ამგვარი თიხა სასურსათო პროდუქტებისთვის არ უნდა იქნეს გამოყენებული). ალუმინისა და სილიციუმის გარდა, თიხის შედგენილობაში მნიშვნელოვან როლს მძიმე მეტალებისა და ნახშირბადის შემცველობაც ასრულებს. მძიმე მეტალები პოტენციურად ტოქსიკური ნივთიერებებია და ევროპის სასურსათო კანონმდებლობის მიხედვით, გარკვეული ლიმიტის ზემოთ მათი არსებობა დაუშვებელია. ორგანული ნახშირბადის მაღალი კონცენტრაციისას, შესაძლებელია ქვევრში ე.წ. „შავი გულები“ (black cores) გაჩნდეს. ჭარბად წარმოდგენილ ნახშირყანგს წვის პროცესისთვის ხელის შეშლა და გამომწვარი ქვევრების სიმკვრივესა და ფერზე უარყოფითი ზეგავლენის მოხდენა შეუძლია.

- ექსტრაქციის მინერალების გადასვლის ტესტით დგინდება თუ რამდენად ხვდება (ან არ ხვდება) ქვევრიდან ღვინოში სხვადასხვა მინერალი, რამდენად შედის ის ღვინოსთან რეაქციაში და იწვევს მისი არომატისა და გემოს ცვლილებას.

- გრანულაციის ანალიზი აჩვენებს, თუ რამდენად გამოყენებადია თიხა. თიხის მინერალები ძალზე წვრილმარცვლოვანი ნაწილაკებისგან შედგება. ჩვეულებრივ, მათი ზოგადი გრანულირების მაჩვენებელი 20 მიკრომეტრზე ქვემოთ არის ხოლმე. თუ მასა ზედმეტად ბევრი მსხვილი ნაწილაკებისგან შედგება, მაშინ საბოლოო პროდუქტში დიდი ფორები იქმნება, რაც ქვევრის სიმკვრივეს აზიანებს და, ამავე დროს, არასასურველი მიკრობების გამრავლებისთვის ხელსაყრელ პირობებს ქმნის. ზედმეტად წვრილი ნაწილაკებისგან შემდგარ მასასთან

მუშაობა რთულია, რაც მრგვალ ქვევრებში ნაპრა-
ლებსა და ბზარებს აჩენს. აქედან გამომდინარე,
ქვევრის სიმკვრივე, შოკების მიმართ გამძლეობა და
ზოგადი სიმყარე მნიშვნელოვნად მცირდება.

- მინერალოგიური ანალიზი თიხის ნიმუშში
არსებული მინერალების დადგენისთვის გამოიყე-
ნება. მაღალი ხარისხის თიხა, ძირითადად, მინე-
რალების ორი და სამი შრისაგან შედგება. ოთხი
შრის მქონე მინერალებისგან შემდგარ თიხაში
კვარცისა და მინდვრის შპატის ან მათთან დაკავ-
შირებული კომპონენტების მაღალი შემცველო-
ბისას, თიხის კონსისტენცია გარანტირებული ვერ
იქნება. ტემპერატურის ზეგავლენის შედეგად,
კვარცი და მინდვრის შპატი ორი და სამი შრის
მინერალებისგან განსხვავებულად ფართოვდება და
იკუმშება, რაც შიგა დამაბულობას, მიკრობზარებსა
და ნაპრალებს იწვევს. თუ წვის ტემპერატურა
ზედმეტად დაბალია, მაშინ თიხის „შეცხოვის“ და
ჰომოგენური მასის მიღება არ ხდება და შედეგად
მიიღება არაერთგვაროვანი ბლოკები, რომლებიც
ქვევრის კონსისტენციას და სიმყარეს აზიანებს.

- წყლის შთანთქმის უნარი გამომწვარი ქვევ-
რის სიმკვრივეს და სითხის გაჭონვის შესაძლებ-
ლობას ზომავს. ეს ნედლი მასალის შედგენილობაზე
და წვის პროცესებზე დამოკიდებული, ამიტომ
აღნიშნული ტესტი უნდა ჩატარდეს გამომწვარ
თიხაზე.

კვლევები ჩატარებულია გერმანიის საერთაშო-
რისო თანამშრომლობის (GIZ) მიერ, გერმანიის
ეკონომიკური თანამშრომლობისა და განვითარების
ფედერალური სამინისტროს (BMZ) სახელით და
ხელშეწყობით [1].

დადგენილია ქვევრის წარმოებაში გამოყენებუ-
ლი ნედლეულის კაზმის შედგენილობა, წარმოების
სრული ტექნოლოგია, რაც უზრუნველყოფს
ქვევრის მაღალ სიმკვრივეს, შოკების მიმართ
გამძლეობას და ზოგად სიმყარეს, რაც გამორიცხავს
მიწაში ჩადგმული ქვევრის კედლებიდან რაიმე
გაზის შეღწევას და ღვინოსთან კონტაქტს.

ქვევრის კაზმის შედგენილობაში გამოყენებუ-
ლია ვარდისუბნის და იყალთოს ადგილობრივი
თიხები, გამამჟღავნებლად ნინოწმინდის პეშა.

ქანების მინერალოგიურ-პეტროგრაფიული ანალი-
ზის შედეგები მოყვანილია ქვემოთ [4, 5].

ვარდისუბნის ადგილმდებარეობის თიხა. თიხუ-
რი მინერალებით შეცემენტებულია პოლიმიქტური
(სხვადასხვა შედგენილობის მქონე) ქვიშის ნაწი-
ლაკები. ქვიშის მარცვლები ერთმანეთისგან
მკვეთრად განსხვავდება როგორც ზომით, ისე
შედგენილობით. შედგენილობის მიხედვით დომი-
ნირებს კვარცი, რომელთა შორის ჭარბობს ალევრო-
ლითური ფრაქცია (0,01–0,1 მმ), უფრო იშვიათად
გვხვდება 0,5 მმ-მდე ზომის მარცვლები. კვარცთან
ერთად ქანები შეიცავს მინდვრის შპატისა და
ვულკანიტურ ქანთა ნატეხებს. აღნიშნული ჩანარ-
ები ინტენსიურადაა შეცვლილი მეორეული პრო-
ცესებით (გათიხება, გაქლორიტება, კარბონიტი-
ზაცია). ზემოთ აღნიშნული ცხადყოფს, რომ თიხო-
ვანრი ქანები ტუფოგენური ქანების ადგილზე
გამოფიტვის შედეგადაა მიღებული. თიხური მინე-
რალი მონტმორილონიტის რიგისაა, მცირე რაოდე-
ნობით გვხვდება ილიტიც. თიხები შეიცავს რკინის
ოქსიდებს (ლიმონიტის), რისგანაც ქანებს ახასია-
თებს მოწითალო-მოყვითალო შეფერილობა. ინგრე-
დიენტთა რაოდენობრივი თანაფარდობა: ქვიშის
ნაწილი – 45-55%, მონტმორილონიტი – 35-40%,
ილიტი – 3-4%, კალციტი – 2-3, ქლორიტი, ლიმო-
ნიტი, სხვა აქცესორები – 4-5%.

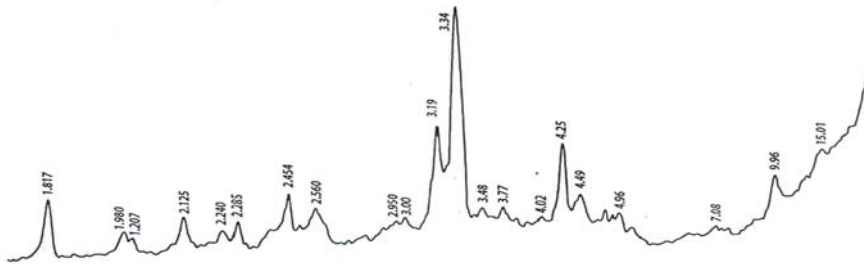
იყალთოს ადგილმდებარეობის თიხა. ქანი აგე-
ბულია 0,5 მმ-მდე ზომის ქანთა ნატეხებისგან და
ალევრითული (0,01–0,2 მმ) ზომის მინერალთა ნამს-
ხვრევებისგან. მინერალთა დაკუთხული ფორმის
მარცვლები, ძირითადად, კვარცითაა წარმოდგე-
ნილი, უფრო იშვიათად გვხვდება პლაგიოკლაზის
მარცვლებიც. ქანთა ნატეხები ძლიერ შეცვლილია
და ჩანაცვლებულია მონტმორილონიტით, ქლორი-
ტითა და მეორეული კვარცით. გათიხებული და
კარბონატიზებულია ქანის ძირითადი მასაც. კალ-
ციტი ძირითადად მიკროკრისტალურია (0,01 მმ),
იშვიათად გვხვდება მსხვილმარცვლოვანი (0,1–
0,2მმ) კალციტის ბუდობებიც, რომლებიც აშკარად
ეპიგენეტურია და ქანებში არსებულ სივარელებს
ავსებს. მინერალური შედგენილობა: თიხა –
მონტმორილონიტი – 45-50%, კარბონატი (კალცი-
ტი) – 15-20%, კვარცი და მინდვრის შპატი – 15-20%,

ილიტი, ქლორიტი, მადნეული მინერალები და აქცესორები – 8-10%.

ნინოწმინდის ადგილმდებარეობის პეშა. ქანში ფორების რაოდენობა 50%-ს აღემატება. მათი ფორმები, ძირითადად ოვალურია და ზომები გარდისგარდმო კვითში 1,5–2 მმ-ს აღწევს. ქანის ამგები მასა მყავე შედგენილობის ვულკანური მინაა. ამ უკანასკნელის ნაწილაკები ერთმანეთისადმი

სუბპარალელურადაა ორიენტირებული და წვრილი წაგრძელებული ფორმებით ხასიათდება. ვულკანური მინა ჰემატიტითაა ($\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$) ჩანაცვლებული და აქედან გამომდინარეობს ქანის შეფერილობაც.

ქანების რენტგენოფაზური ანალიზის შედეგები წარმოდგენილია საკვლევი ქანების დიფრაქტოგრაფებით (სურ. 1).



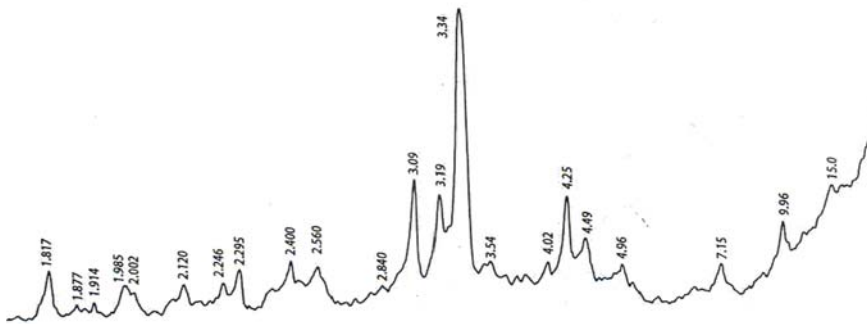
სურ. 1. ვარდისუბნის თიხა

ვარდისუბნის თიხა (სურ.1): კვარცი – SiO_2 (4,25; 3,34; 3,19, 2,454, 2,285, 2,125, 1,817Å); Ca-Na-იანი მინდვრის შპატი (3,19, 3,00, 1,207Å); ცუდად დაკრისტალეული თიხური ფაზა – Ca-მონტმორილონიტი (15,01, 4,49, 2,56Å); ქარსი – კვალის სახით (9,96Å); ქლორიტი – კვალის სახით (7,08Å); რკინის ამორფული ოქსიდები – კვალის სახით.

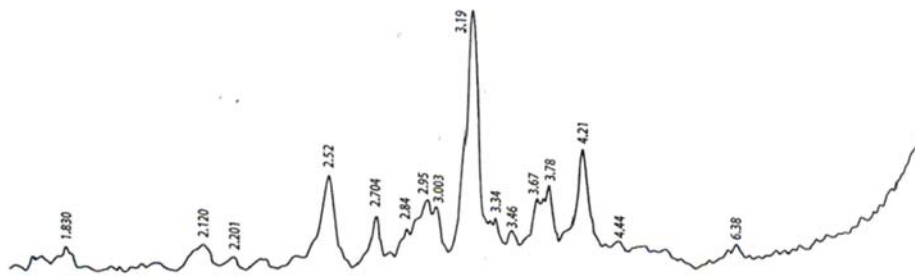
იყალთოს თიხა (სურ. 2): კვარცი – SiO_2 (4,25; 3,34; 3,19, 2,400, 2,295, 2,120, 1,817Å); Ca-Na-იანი

მინდვრის შპატი (3,19, 2,84, 2,002Å); ცუდად დაკრისტალეული თიხური ფაზა – Ca-15,0, 4,49, 2,56Å); კალციტი – CaCO_3 (3,03Å); ქარსი – კვალის სახით (9,96Å); ქლორიტი – კვალის სახით (7,15 Å); რკინის ამორფული ოქსიდები – კვალის სახით.

ნინოწმინდის პეშა (სურ. 3): K-იანი მინდვრის შპატი (6,38, 4,21, 3,78, 3,46, 3,44, 3,19, 3,03, 2,95, 2,12Å); ჰემატიტი – $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ (3,67, 2,704, 2,201, 1,830Å); თიხური ფაზის კვალი – (4,44Å).



სურ. 2. იყალთოს თიხა



სურ. 3. ნინოწმინდის პემზა

ცხრილი 1

გეოპოლიმერების ქიმიური შედგენილობები, მას.%

დასახე- ლება	სინესტე	ხურებითი დანაკარგი	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	P ₂ O ₃	MnO	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	SO ₃	Bao
ვარდისუბ- ნის თიხა	4,83	6,60	57,3	0,76	15,1	6,5	0,16	0,21	1,85	2,56	1,7	2,2	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.
ნინოწმინ- დის 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.

ცხრილი 2

ტოქსიკური ელემენტები და
მძიმე მეტალები გეოპოლიმერებში, მას.%

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
იყალთო	არ აღმ.	კვალი	არ აღმ.	0,002	0,005	0,008	0,009	არ აღმ.	0,010
პემზა	არ აღმ.	კვალი	არ აღმ.	0,002	0,005	0,012	0,013	არ აღმ.	0,006

ალავერდის, იყალთოს და შუამთის მონასტრების ძველი ქვევრების კვლევა

საქართველოს ტერიტორიაზე არქეოლოგიური გათხრების შედეგად მრავალი ღვინის მარანია აღმოჩენილი (მათ შორის კახეთის რეგიონში), რომლებიც სხვადასხვა პერიოდში განსხვავებული ზომის ქვევრებითაა წარმოდგენილი. ბოლო ათი წლის განმავლობაში საქართველოს ტექნიკური

უნივერსიტეტის ლაბორატორიებში გამოკვლეულია საქართველოს სხვადასხვა რეგიონის ძველი და ახალი ქვევრების შემადგენელი მასალა და დამზადების ტექნოლოგია, ასევე მათი სავარაუდო ნედლეულის კარიერების ნიმუშები. ჩვენი ვარაუდით, კვლევის შედეგების საფუძველზე, ქვევრების დამზადებისათვის გამოყენებული ნედლეული დამზადებულია ადგილობრივი ხელოსნების მიერ [2,5].

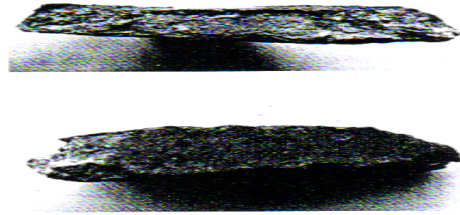
წარმოდგენილ ნაშრომში განხილულია ალავერდის, იყალთოსა და შუამთის მონასტრების ეზოში დაიანებული ქვევრებისგან აღებული ნიმუშების კვლევის შედეგები.

ალავერდის ქვევრების ნიმუშების უმეტესობა სამშრიანია, ცენტრალური უბანი მუქ-ნაცრისფერ მოშავომდე ფერისაა, ხოლო ზედაპირები – ყავისფერი, ქვევრები ძირითადად სქელკედლიანია.

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

მაკროსკოპულად ალავერდის მონასტრის ქვევრის ნატეხი (ნიმუში №3) სამშრიანია, შიგა და გარე ზედაპირები მოწითალო ფერისაა, შუა შრე მუქი ნაცრისფერია. შეიმჩნევა სიცარიელები და მცირე

და დიდი ზომის ჩანართები. ნიმუში მარილმჟავაზე რეაგირებს (სურ.4).



სურ. 4. ალავერდის ქვევრის ნატეხები (ნიმუში №3)

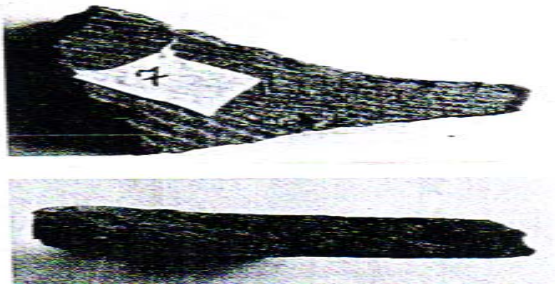
მიკროსკოპული შესწავლისას (სურ. 4) ძირითადი თიხოვანი მასა კარგადაა გამომწვარი. შემავსებელი დიდი რაოდენობითაა, მაგრამ უმეტესად თიხოვან-კარბონატული მასითა და რკინის ჰიდროქსიდებითაა ჩანაცვლებული. მინერალურ შედგენილობაში ჭარბობს კვარცი, პლაგიოკლაზები, რომლებიც ზოგჯერ პოლისინთეტიკური მარცვლებითაა წარმოდგენილი, აგრეთვე კარბონატული მინერალები, გვხვდება ქარსებიც. ქანების ნატეხები უმეტესად ქვიშაქვები და კაჟია. შეინიშნება სიცარიელებიც.



სურ. 5. ალავერდის ქვევრის ფრაგმენტის (ნიმუში №3) ნიმუშის მიკროფოტოები პოლარიზაციული მიკროსკოპით

ქვევრის ნატეხი (ნიმუში №7) სამშრიანია. შიგა და გარე თხელი ზედაპირები მოწითალო ფერისაა. შუა შრე მუქი ნაცრისფერია. შეიმჩნევა ჩანართები, მარილმჟავაზე არ რეაგირებს. ძირითადი თიხოვანი მასა კარგადაა გამომწვარი. შემავსებელში არის როგორც მინერალების, ისე ქანების ნატეხები.

მინერალებიდან ძირითადად კვარცი და პლაგიოკლაზებია, გვხვდება ქარსებიც. ქანების ნატეხები უმეტესად ქვიშაქვებია. არის თიხაფიქლებიც. ზოგჯერ ნატეხები ნაწილობრივ რკინის ჰიდროქსიდებითაა გადაფარული. შეიმჩნევა სიცარიელებიც (სურ. 6).



**სურ. 6. ალავერდის ქვევრის ნატეხები
(ნიმუში №7)**

რენტგენოფაზური ანალიზით ალავერდის მონასტრის ქვევრის ნიმუში შემდეგი მინერალური ფაზებია: კვარცი – 25–30%, Ca-Na მინდვრის შპატი – 10-15%, ქარსები და რკინის ქანგები – კვალის დონეზე. დანარჩენი – რენტგენამორფული და დისპერსიული ფაზა.

ალავერდის ქვევრის ნატეხი (ნიმუში №2) 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 ქვიშაქვები და კვარციტები, ზოგიერთი ქანის ნატეხი ძალიან წვრილმარცვლოვანია და მათი საწყისი რაობის დადგენა გამძნელებულია (სურ. 7).



**სურ. 7. ალავერდის ქვევრის ფრაგმენტი
(ნიმუში №2)**

ალავერდის ქვევრის ნატეხი (ნიმუში №10) სამშრიანია. შუა შრე მუქი ნაცრისფერია, შიგა 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 წარმოდენილია თიხაფიქლებით, ქვიშაქვებით, გვხვდება კვარციტებიც, ქანის ზოგიერთი ნატეხი თიხა-მინერალითაა ჩანაცვლებული. არის სიცარიელებიც. შემავსებელ მასალაში მცირე ზომის მინერალები 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.

ვიზუალურად იყალთოს სამონასტრო კომპლექსის ქვევრის ნატეხი (ნიმუში №15) ერთშრიანი მოწითალო ფერისაა. შეიმჩნევა თეთრი ფერის ჩანართები და სიცარიელები. მარილმჟავაზე რეაგირებს მხოლოდ გარე და შიგა 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 (სურ. 8).



**სურ. 8. იყალთოს ქვევრის ფრაგმენტი
(ნიმუში №15)**

ვიზუალურად იყალთოს სამონასტრო კომპლექსის ქვევრის ნატეხი (ნიმუში №16) 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 პოლისინთექტიკური მარცვლებითაა წარმოდგენილი, გვხვდება კვარცი, ბევრია კარბონატული მინერალები. ქანების ნატეხებიდან ქვიშაქვები და კაჟის ნატეხებია, მათი დიდი ნაწილი კარბონატებითა და რკინის ჰიდროქსიდებითაა ჩანაცვლებული. არის სიცარიელები და მადნეული მინერალები.

ვიზუალურად იყალთოს ქვევრის ნატეხი ((ნიმუში №17) ერთშრიანი მოწითალო ფერისაა. შეიმჩნევა სიცარიელები და სხვადასხვა ზომის ჩანართი. ძირითადი მასა გამომწვარია. მრავლადაა შემავსებელი, მინერალურ შედგენილობაში ჭარბობს კვარცი, რომელიც ხშირად ტალღური ჩაქრობით ხასიათდება, პლაგიოკლაზები პოლისინთექტიკური მარცვლებითაა წარმოდგენილი. გვხვდება ქარსებიც. ქანების ნატეხები თიხაფიქლები და კვარციტებია, გვხვდება კაჟის ნატეხებიც. შეინიშნება სიცარიელებიც (სურ. 9).



სურ. 9. იყალთოს ქვევრის ფრაგმენტები (ნიმუში №17)

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

იყალთოს ქვევრის ნატეხი (ნიმუში №18) ერთშრიანი მოწითალო ფერისაა. შეიმჩნევა სიცარიელები და თეთრი ფერის სხვადასხვა ზომის ჩანართი. მარილმჟავაზე არ რეაგირებს. ძირითადი

თიხოვანი მასაა 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 (სურ. 10).



სურ. 10. იყალთოს ქვევრის ფრაგმენტები (ნიმუში №18)

ძველი შუამთის მონასტრის ქვევრის ნატეხი (ნიმუში №19) მუქი ნაცრისფერია. გარე თხელი ფენა მოწითალოა. აქვს თეთრი ჩანართები. მარილმჟავაზე არ რეაგირებს. ძირითადი მასა გამომწვარია. შემავსებელში მინერალებისა და ქანების ნატეხებია. მინერალები წარმოდგენილია კვარცითა და პლაგიოკლაზებით, ქანების ნატეხები კი – დიდი ზომის თიხაფიქლებით, კვარციტებითა და ქვიშაქვებით. გვხვდება სიცარიელებიც.

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

ძველი შუამთის მონასტრის ქვევრის ნატეხი (ნიმუში №20) სამშრიანია. შუა შრე მუქი ნაცრისფერია. გარე და შიგა თხელი ზედაპირები მოწითალო ფერისაა. აქვს დიდი ზომის ჩანართები. მარილმჟავაზე არ რეაგირებს (სურ. 11).



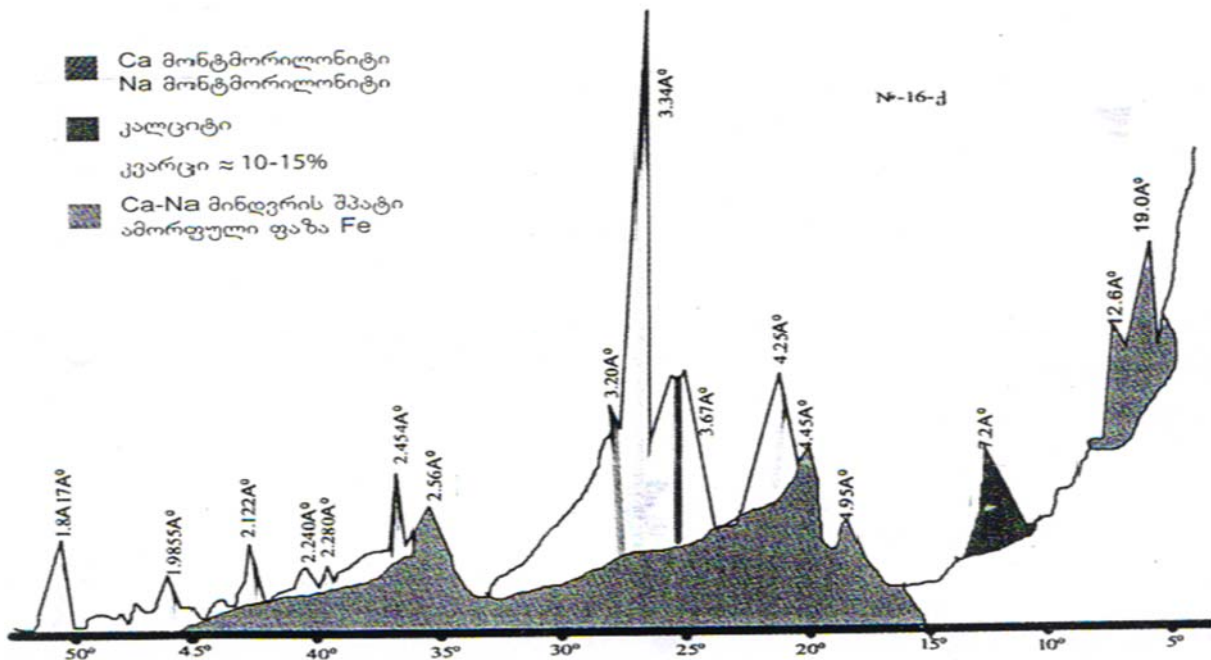
სურ. 11. შუამთის ქვევრის ფრაგმენტები (ნიმუში №20)

ძირითადი მასა გამოძწვარია მეტ-ნაკლებად. შემავსებელში მინერალებისა და ქანების ნატეხებია. მინერალურ შედგენილობაში ჭარბობს პლაგიოკლაზები, კვარცი, გვხვდება მარღვის კალიუმის მინდვრის შპატები. ქანების ნატეხებიდან – ასპიდური ფიქლები, ქვიშაქვები, კვარციტები, ეფუზიური ქანების ნატეხები. ზოგიერთი ნატეხი ძალიან წვრილმარცვლოვანია.

ქვევრების ნიმუშების შემადგენელი ნედლეულის რაობისა და წარმომავლობის დასაგენად

გამოკვლეულია ვარდისუბნის კარიერის ნედლეული და მდინარე დურუჯის ხეობის ნატანი მასალა.

რენტგენოფაზური ანალიზით ვარდისუბნის კარიერიდან აღებულ ნიმუშში შემდეგი მინერალური ფაზებია: კვარცი – 30-35%; K-Na მინდვრის შპატები – 10%; მონტმორილონიტი – 25-30%; ქლორიტები – 12-15%; კალციტი – კვალის დონეზე; დანარჩენი – რენტგენამორფული ფაზა (სურ. 12).



სურ. 12. ვარდისუბნის კარიერიდან აღებული ნიმუშის რენტგენოფაზური ანალიზის რენტგენოგრამა

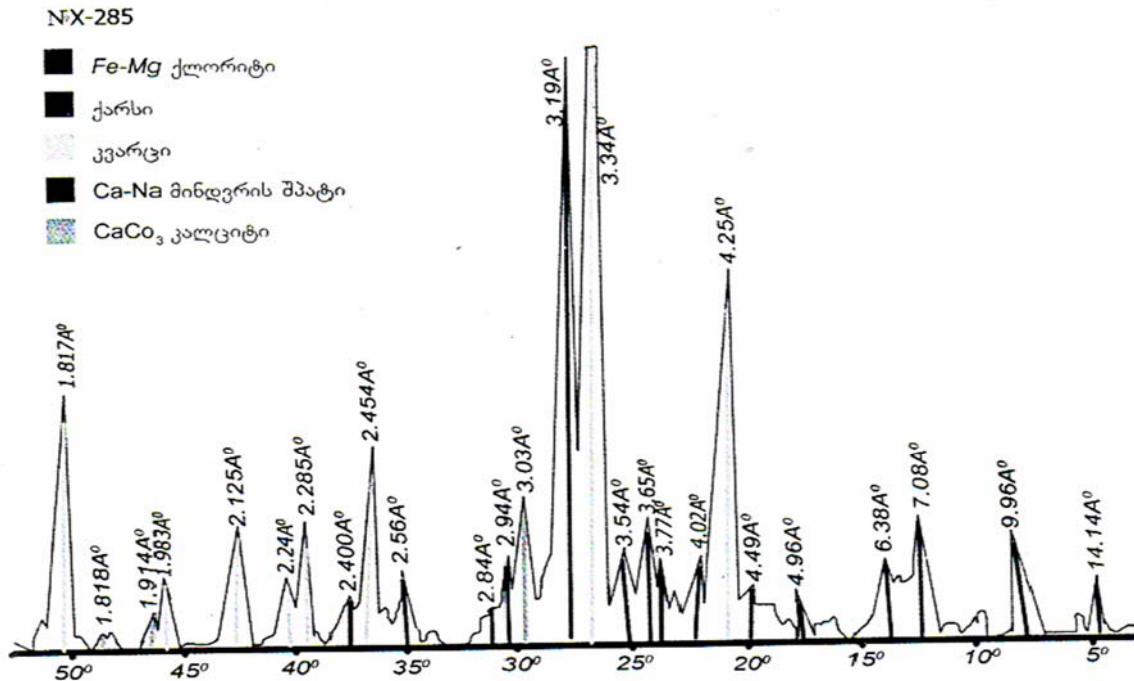
ვარდისუბნის კარიერის ნედლეულით 2016 წელს დამზადებული ქვევრის ნატეხის ნიმუშში (ნიმუში №15-ქ) შემდეგი მინერალური ფაზებია: კვარცი – 30%; K-Na მინდვრის შპატები – 10%; მონტმორილონიტი – 7-10%; ჰემატიტი – 5%; დანარჩენი რენტგენამორფული ფაზებია. ქვევრის ნიმუშში მონტმორილონიტის ფაზების არსებობა მიუთითებს ქვევრის გამოწვის პროცესის ნაკლოვანებაზე, კერძოდ გამოწვის პროცესი ბოლომდე არ არის მიყვანილი და სავარაუდოდ 890-950°C ტემპერატურაზეა გამოძწვარი, რაზეც ნიმუშში

მონტმორილონიტის კრისტალური ფაზის არსებობა მიუთითებს.

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

რენტგენოფაზური ანალიზით მდინარე დურუჯის ხეობის ნატანი მასალიდან აღებულ ნიმუშში შემდეგი მინერალური ფაზებია: კვარცი (4,25 Å; 3,34

Å; 1,817Å) მინდვრის შპატები (4,02 Å; 3,19 Å); ქლორიტი (4,14 Å; 7,08 Å; 3,54 Å); კალციტი (3,03 Å) და ქარსები (9,96 Å, 4,96 Å), (სურ. 13).



სურ. 13. მდინარე დურუჯის ხეობის ნატანი მასალის ნიმუშის (N°X-285)

3. დასკვნა

ამრიგად, ჩატარებული კვლევის შედეგად გამოვლინდა, რომ ალავერდის, იყალთოს და შუამთის მონასტრების ქვევრების ნატეხების ნიმუშები მსგავსი ქიმიური და მინერალოგიური შედგენილობით ხასიათდება. ეს შესაძლებლობას გვაძლევს დავასკვნათ, რომ ქვევრების ნედლეულად, ძირითადად, 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 გვხვდება, შესწავლილი ქვევრების ნიმუშებში კი – Ca-Na მინდვრის შპატები.

მომავალში განზრახულია:

1. ღვინოში 85% წყალის მე-4 სტრუქტურის სამკურნალო წყლად გარდაქმნა;
2. ქვევრის შეცხოების ტემპერატურის დაწევა ადგილობრივი მალღობელი ნედლეულის გამოყენებით;
3. ქვევრის სიმტკიცის დადგენა წყლის ჰიდრაულიკური წნევით (ხელსაწყოს შექმნა);
4. კეცში მჭიდა თვისებების სილიკატური მინერალების შექმნა.

ლიტერატურა

1. ქვევრის ღვინის იდენტურობა. თბ., 2017, 60 გვ.
2. გ. გაფრინდაშვილი. ლექციების კურსი. კერამიკის და ცეცხლგამმლე მასალების ტექნოლოგია. სტუ. ელ. ვერსია, 2018.

3. პ.პ. ბუნდიკოვი და სხვ. კერამიკის და ცეცხლ-გამძლეების ტექნოლოგია. თბ.: განათლება, 1974, 350 გვ.
4. გ. გაფრინდაშვილი. ტიხრული მინანქარი ძვლის ფაიფური ფუძეზე. თბ.: ტექნიკური უნივერსიტეტი, 2015, წწ. gtu.ge, 738/27, 169 გვ.
1. ნ. ფოფორაძე. საქართველოს მინერალები და ქანები. თბ.: ტექნიკური უნივერსიტეტი, 2012, 283 გვ.

UDC 666.291.3

ENVIRONMENTALLY FRIENDLY WINE-JAR AND OLD WINE-JARS OF ALAVERDI MONASTERY CELLAR

I. Makharadze, N. Poporadze, G. Gaprindashvili

Georgian Technical University, Department of Chemical and Biological Technologies, 69, Kostava Str., Tbilisi, 0160, Georgia

E-mail: g.gafrindashvili@gtu.ge

Resume: Purpose. structural study of geopolymers in the Kakheti region and on its basis development of the production of wine-jars in Georgia.

Method. Investigation of geopolymers by X-ray structural microscope, optical microscope, mineralogical survey, X-ray fluorescence (XRFEDX 3600B) methods.

Result. during the study, it was found that the samples of wine-jars from the monasteries of Alaverdi, Ikalto and Shuamta have a similar chemical and mineralogical composition.

Conclusion. The raw materials for the wine-jars are mainly taken from the Duruji river valley, which is likely to be added locally extracted material as well. As for the raw material quarry Vardisubani, this material is not used for the production of wine-jars, since the K-Na feldspar were found in the raw materials of the Vardisubani quarry, meanwhile in the samples of the studied wine-jar were found - Ca-Na feldspar.

Key words: Geopolymer; wine-jar; X-ray fluorescent; mineralogical; microscopic.

უაკ 666.762.93

სხვადასხვა ფაქტორის გავლენა B₄C-ის ფიზიკურ-ტექნიკურ მახასიათებლებზე

ზ. მესტირიშვილი^{1,2}, ნ. ნიჟარაძე¹, ს. გვაზავა^{1,3}, ზ. კოვზირიძე¹

¹ საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, ბიონანოკერამიკისა და ნანოკომპოზიტების ტექნოლოგიის ² ინსტიტუტი, საქართველო, 0160, თბილისი, კოსტავას 69

სოხუმის ილია ვეკუას ფიზიკა-ტექნიკის ინსტიტუტი, საქართველო, 0186, თბილისი, მინდელის 7

³ ფერდინანდ თავაძის სახელობის მეტალურგიის და მასალათმცოდნეობის სამეცნიერო ინსტიტუტი, საქართველო, 0186, თბილისი, მინდელის ქ. 8^b

E-mail: zviad.mst@gmail.com

რეზიუმე: მიზანი. კვლევის მიზანია ბორის იზოტოპების კონცენტრაციის, დანამატებისა და სიმკვრივის გავლენის შესწავლა ბორის კარბიდის ნაკეთობების მექანიკურ მახასიათებლებზე.

მეთოდი. გამოსაცდელი კერამიკული ნიმუშები დამზადდა ცხელი დაწნეხის მეთოდით 2000°C ტემპერატურაზე და 40 მპა წნევით. ჩატარდა რასტრული მიკროსკოპული კვლევა. განისაზღვრა კერამიკის ფიზიკურ-მექანიკური მახასიათებლები.

შედეგი. დადგინდა სიმკვრივის, იზოტოპური შედგენილობის და დანამატების გავლენა ბორის კარბიდის კერამიკის ფიზიკურ-მექანიკურ მახასიათებლებზე.

დასკვნა. იზოტოპური ეფექტი ბორის კარბიდის სისაღეზე არ არის მკაფიოდ გამოკვეთილი. კერძოდ, ბორის იზოტოპებით გამდიდრებულ ბორის კარბიდებს არ აქვს გაუმჯობესებული სისაღე ბუნებრივი იზოტოპური შემცველობის ბორის კარბიდთან შედარებით. ბორის კარბიდის სისაღეზე უმნიშვნელოდ მოქმედებს კრისტალური მესრის პარამეტრების ცვლილება, რომელსაც იწვევს ბუნებრივი კონცენტრაციიდან გადახრა. ბზარმდეგობაზე ძირითადად მოქმედებს ფორების რაოდენობა, რაც ბზარის გავრცელების ერთ-ერთი ინჰიბიტორია. კერამიკების სიმკვრივის ზრდით იზრდება სისაღე და დრეკადობის მოდული. ფიზიკურ-მექანიკურ მახასიათებლებზე ასევე მოქმედებს დოპანტის ოპტიმალური რაოდენობა, რომელიც განაპირობებს მიკროსტრუქტურის დახვეწას, სისტემის სტაბილურობას და ფიზიკურ-მექანიკური მახასიათებლების გაუმჯობესებას.

საკვანძო სიტყვები: ბორის კარბიდი; იზოტოპური ეფექტი; იუნგის მოდული; სიმკვრივე.

1. შესავალი

ქიმიური ელემენტი ბორი თავისი უნიკალური ბირთვული თვისებებით განსაკუთრებულ ადგილს იკავებს რეაქტორულ მასალებს შორის. მას ორი სტაბილური იზოტოპი აქვს - ¹⁰B და ¹¹B, რომელთა შედგენილობა ბუნებრივ იზოტოპურ ნარევეში შესაბამისად 19.8 და 80,2 ატ.% შეადგენს [1]. მოცემულ იზოტოპებს აქვს ანალოგიური ფიზიკური და ქიმიური თვისებები, მაგრამ მკვეთრად განსხვავდება ბირთვული თვისებებით. ძირითადი განსხვავებაა მათი ნეიტრონების შთანთქმის უნარში: მსუბუქი ბორის იზოტოპი ¹⁰B ეფექტური შთანთქმელია (თბური ნეიტრონების შთანთქმის კვეთი – ¹⁰B=3837 ბარნი), ხოლო ბორის მეორე იზოტოპი ¹¹B, თავის მხრივ, კარგი ამრეკლავი (შემნელებელი) საშუალებაა (თბური ნეიტრონების შთანთქმის კვეთი – ¹¹B = 0.005 ბარნი) [1]. ¹⁰B₄C-გან მზადდება ნეიტრონების შთანთქმელი მასალები როგორც ფხვნილის, ისე ნაკეთობების სახით ბირთვული რეაქტორების მარეგულირებელი და ავარიული დაცვის ღეროებისთვის [2-5]. ბორ-10 იზოტოპით გამდიდრებული B₄C-ის ფირები გამოიყენება ნეიტრონული ნაკადის ნახევარგამტარული სენსორების წარმოებაში [6-8]. ბორის კარბიდს აქვს კარგი ფიზიკურ-მექანიკური თვისებები, თერმომედეგობა, არატოქსიკურობა, ნაკლებად აალებადობა და სხვა. ის ხასიათდება მაღალი ცვეთამედეგობით, ლღობის

მაღალი ტემპერატურით (2245°C) და ქიმიური ინერტულობით.

ბორის კარბიდი გამოირჩევა მაღალი სისაღით (30-38 გპა) და დაბალი კუთრი წონით (2.51 გ/სმ^3) [9], რის გამოც შეუცვლელი მასალაა ელიტარულ ჯავშან-ფილისთვის [10], მისგან მზადდება როგორც მსუბუქი ტექნიკის, ისე შვეულმფრენების ჯავშანი. მაღალი სისაღის გამო გამოიყენება აბრაზიულ მასალებში, მისგან მზადდება როგორც აბრაზიული ფხვნილები, ისე პასტები და ნაკეთობები [3,4, 11-13]. ბორის კარბიდის დრეკადობის მოდული $300\text{-}460$ გპა-ია [3,11, 14]. აღნიშნული მახასიათებელი იზრდება ბორის კარბიდის ჰომოგენურობის ზღვრებში ($\text{B}_{3.5}\text{C-B}_{6.5}\text{C}$) ნახშირბადის მატებასთან ერთად [2]. ბორის კარბიდს ასევე მაღალი აქვს სიმტკიცე კუმშვასა და ღუნვაზე [3, 15].

მიუხედავად ზემოაღნიშნული დადებითი თვისებებისა, ბორის კარბიდის გამოყენება, როგორც კონსტრუქციული მასალის, შეზღუდულია მისი სიმყიფის გამო [16], რაც განპირობებულია ბორის კარბიდის კრისტალური მესრის აღნაგობით (რომბოედრული მესერი, დამახასიათებელი იკოსაედრებითა და ახლო მოწესრიგებულობით). მას არ გააჩნია შორეული მოწესრიგებულობა, რაც განაპირობებს კრისტალური მესრის დაბალ სიმკვრივეს და დეფექტებს, ასევე დაბალ სიმყიფესა და ზნარმდეგობას. ზნარმდეგობა კერამიკის ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი მახასიათებელია და შეადგენს $2\text{-}3\text{ MPa}\sqrt{\text{მ}}\text{-ს}$. ამ მაჩვენებლით ის ჩამორჩება ყველა მოწინავე კერამიკას [3].

ბორის კარბიდის ქიმიური ბმის კოვალენტური ბუნება საგრძნობლად ართულებს თავისუფალი შეცხოების პროცესს [17], რის გამოც მიმართავენ ცხელი დაწნების ან სხვა ფხვნილების იძულებით კონსოლიდაციის მეთოდებს (ცხელი დაწნება $1800\text{-}2200^{\circ}\text{C}$ ტემპერატურაზე და 40 მპა წნევაზე, შეცხოვა მაღალი წნევით (აფეთქება და სხვა), რაც იწვევს რეკრისტალიზაციის უარყოფით პროცესს [14, 17, 18].

მაღალი სიმყიფე უარყოფითად მოქმედებს ბორის კარბიდის მექანიკურ დამუშავებასა და მდგრადობაზე თერმული და მექანიკური დარტყმების მიმართ. $^{10}\text{B}_4\text{C}$ -ის შთამთქმელი მასალა ვერ უძლებს დაზვევებს, რომლებიც წარმოიქმნება ნეიტრონულ

ველში დასხივების გამო. [19] სამუშაოს მიხედვით ბორის კარბიდის გაბერვა (swelling – $V/\Delta V$) პირდაპირპროპორციულია ერთეულ მოცულობაში n , α რეაქციის შედეგად წარმოქმნილი ჰელიუმის ატომების რაოდენობის. [20] სამუშაოს ავტორებმა, სწრაფ რეაქტორში დასხივებული $^{10}\text{B}_4\text{C}$ -ის და $^{11}\text{B}_4\text{C}$ -ის გაბერვის მაგალითზე დაადგინეს, რომ $^{11}\text{B}_4\text{C}$ -ის გაბერვის მხოლოდ 25% არის გამოწვეული n , α რეაქციით, შესაბამისად $^{10}\text{B}_4\text{C}$ -ის გაბერვის 1% არ არის გამოწვეული მხოლოდ n , α რეაქციით. [6] სამუშაოს მიხედვით კრისტალური მესრის დეფექტებს იწვევს როგორც 2.79 MeV ენერგიის მქონე α ნაწილაკებით შიგა ბომბარდირება, ისე სწრაფი ნეიტრონების ნარჩენი ფონი. [14]-ს ავტორების აზრით ნეიტრონული დასხივება წარმოშობს როგორც თერმულ დაზვევებს, ისე მექანიკურს. ეს უკანასკნელი გამოწვეულია ჰელიუმის ბუმტების გაერთიანებით ფორების სახით, რომლებიც ჯაჭვებს ქმნის და მიკრო- და მაკროზნარებს იწვევს.

მაღალი ზნარმდეგობა აუცილებელია როგორც ბორ-10 იზოტოპით გამდიდრებული ბორის კარბიდისთვის, ისე $^{11}\text{B}_4\text{C}$ -სთვის, ეს უკანასკნელი პერსპექტიულ რეაქტორულ მასალად მოიაზრება ნეიტრონული ველის ხახუნის კვანძებში სამუშაოდ [1].

ბორის კარბიდზე ჩატარებული სამუშაოების დიდი ნაწილი ეძღვნება ზნარმდეგობის გაუმჯობესებას, რის მისაღწევად გამოიყენება სხვადასხვა მეთოდი. ესენია: ლეგირება, ბორის კარბიდის ნანოფხვნილების და ნანობოჭკოების გამოყენება, კომპოზიტების დამუშავება ბორის კარბიდის ბაზაზე და სხვა [3, 11, 12, 21-23].

ჩატარებული და მიმდინარე მრავალი კვლევის ერთ-ერთი ძირითადი მიზანია ბორის კარბიდის ფიზიკურ-ტექნიკური თვისებების გაუმჯობესება სხვადასხვა ტექნოლოგიური მეთოდით და საშუალებით [24].

ბორის კარბიდის კერამიკაში სხვა ფაზების შეყვანით და ჰეტეროფაზური სისტემის მიღებით შესაძლებელია ვმართოთ რეკრისტალიზაციის პროცესები, რის შედეგადაც ვღებულობთ კერამიკას მინიმალური მარცვლების ზომით [10]. კომპონენტების დისპერსიულობა ერთ-ერთი ყველაზე მნიშვნელოვანი ფაქტორია მასალის სტრუქტურის რეგულ-

ლირებისთვის. იმისათვის, რომ მივიღოთ მკვრივი კერამიკა, აუცილებელია ნანოზომების ნაწილაკების არსებობა [25].

გარდა ზემოაღნიშნული საშუალებებისა, ლიტერატურაში ცნობილია იზოტოპური ეფექტის შესწავლის მაგალითები, რა დროსაც მიკროსტრუქტურაზე მოქმედებს იზოტოპური შედგენილობის ცვლა (^{10}B -ის და ^{11}B -ის კონცენტრაციის ცვლა), რომლებიც, ზოგიერთ შემთხვევაში, გავლენას ახდენს ბორის კარბიდის ფიზიკურ-მექანიკურ თვისებებზე [26], თუმცა ამ ეფექტის არსებობა ჯერ კიდევ საბოლოოდ არ არის შესწავლილი [27].

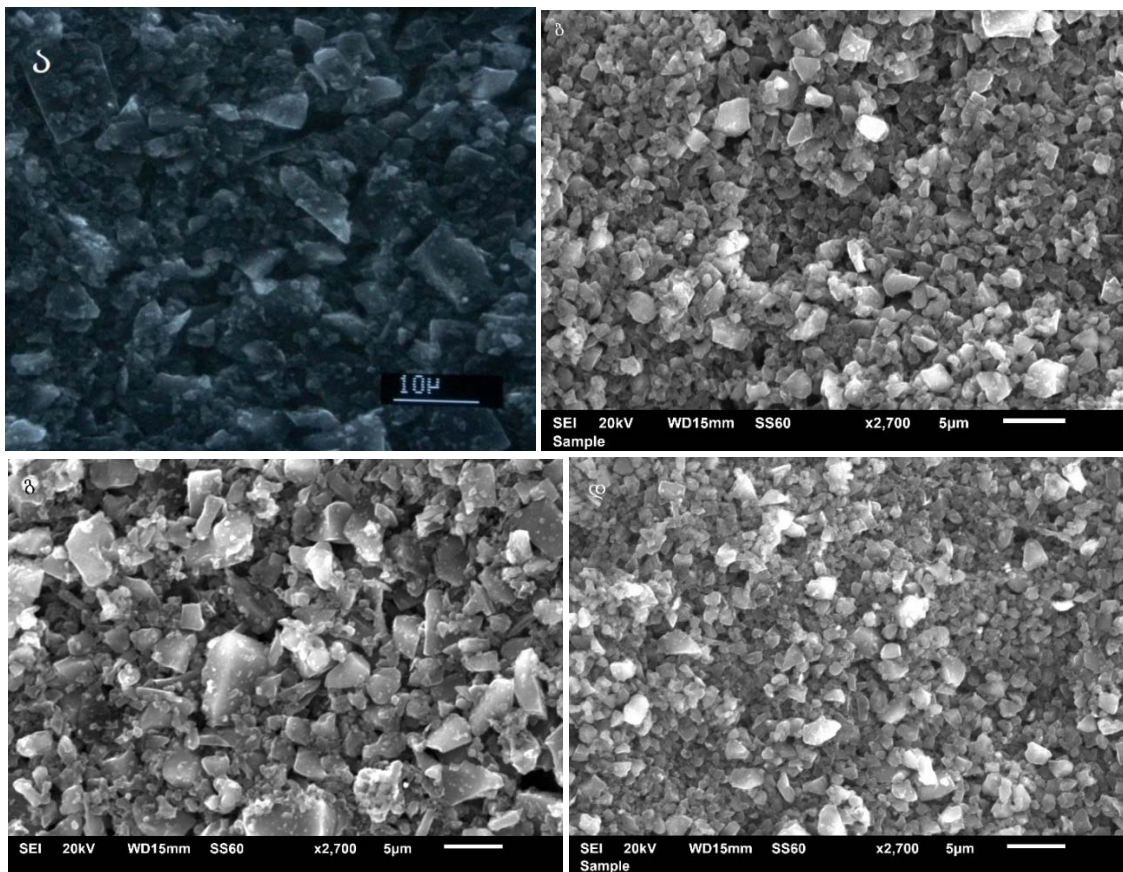
სამუშაოს მიზანია დადგინდეს რა გავლენას ახდენს ^{10}B და ^{11}B იზოტოპების კონცენტრაციის ცვლილება ბორის კარბიდის ფიზიკურ-ტექნიკურ მახასიათებლებზე. პარალელურად გამოყენებულია

დანამატი Zr, რომლის მიზანია ზემოქმედება ბორის კარბიდის კერამიკის სიმკვრივეზე, როგორც მექანიკური თვისების ერთ-ერთ ძირითად განმსაზღვრელ ფაქტორზე.

2. ძირითადი ნაწილი

2.1. ნიმუშების დამზადება

საკვლევი ნიმუშების დასამზადებლად გამოიყენეს სტაბილური იზოტოპების ინსტიტუტის (საქართველო) და შტარკის (გერმანია) მიერ წარმოებული ბორის კარბიდის წნებ-ფხვნილები და ჩვენ მიერ მომზადებული კომპოზიციური ფხვნილები. 1-ელ სურ-ზე მოყვანილია ნედლეულ წნებ-ფხვნილების ელექტრონული მიკროსკოპული სურათები.



სურ. 1. ნედლეული ფხვნილები. ა - B_4C (შტარკი),
ბ - $^{11}\text{B}_4\text{C}$, გ - $^{10}\text{B}_4\text{C}_{90}$, დ - $\text{B}_4\text{CZ1}$

სურათების მიხედვით წნეხ-ფხვნილების მორფოლოგია მსგავსია. როგორც შესავალში აღვნიშნეთ, იზოტოპური კონცენტრაციის ცვლილების გარდა, სიმკვრივის ფაქტორის დასადგენად გამოვიყენეთ დოპანტი Zr. ცირკონიუმის წყაროდ გამოყენებულ იქნა დაფქვის მეთოდი ცირკონიუმის ორჟანგის ბურთულების საშუალებით (Inframat Advanced Materials, აშშ), სადაც ცირკონიუმის რაოდენობა რეგულირდება დაფქვის ხანგრძლივობის ცვლილებით [28]. მომზადებული ფხვნილებისგან

ნაკეთობა მიიღება ცხელი დაწნეხის მეთოდით გრაფიტის წნეხ-ფორმებში (მარკა APB, რუსეთი), რომელიც ფხვნილისგან იზოლირებულია კოლოიდური გრაფიტის – მარკა „B-1“ საშუალებით. გახურების და გაცივების სიჩქარეები, შესაბამისად, იყო 50°C/წთ და 20°C/წთ დაწნეხა მიმდინარეობდა 20 წთ-ის განმავლობაში 2000°C ტემპერატურაზე და 40 მპა წნევით. დამზადდა ცილინდრული ფორმის ნამზადები (Ø14*10 მმ). 1-ელ ცხრილში მოცემულია დაწნეხის პარამეტრები.

ცხრილი 1

ნიმუშების შედგენილობა და დაწნეხის პარამეტრები

ნიმუშის №	ნიმუშის აღნიშვნა	შედგენილობა	Zr, მას.%	¹⁰ B/ ¹¹ B, ატ.%	დაწნეხის პარამეტრები		
					T, °C	P, მპა	τ, წთ
1	B4C	B4C	0	20/80	2000	40,0	20
2	¹¹ B4C	¹¹ B4C	0	0.6/99.4			
3	¹⁰ B4C90	¹⁰ B4C	0	90/10			
4	¹⁰ B4C50	¹⁰ B4C	0	50/50			
5	B4CZ07	B4C-ZrB2	0.7	20/80			
6	B4CZ1	B4C-ZrB2	1.0	“-“			
7	B4CZ2.5	B4C-ZrB2	2.5	“-“			

2.2. ნიმუშების კვლევა

ნიმუშების კუთრი წონა გაიზომა გეომეტრიულად. ფარდობითი სიმკვრივე განისაზღვრა როგორც ლიტერატურული მონაცემების, ისე თეორიულად გაანგარიშებული სიმკვრივეების – B4C=2.520 გ/სმ³, ¹¹B4C=2.554 გ/სმ³, ¹⁰B4C90=2.450 გ/სმ³, ¹⁰B4C50=2.470 გ/სმ³, B4CZ07=2.567 გ/სმ³, B4CZ1=2.573 გ/სმ³, B4CZ2.5=2.601 გ/სმ³ გამოყენებით. კერამოგრაფია მოიცავდა ნამზადების ზედაპირების გახეხვას 125÷100 მკმ მარცვლოვნების ალმასის დისკოზე და გაპრიალებას P150÷P240 მარკის სილიციუმის კარბიდის ზუმფარას ქაღალდზე პოლირების აპარატ „MIIF-8“-ს საშუალებით, 8000 ბრ/წთ სიჩქარით. ნიმუშებზე ელექტრონული მიკროსკოპული კვლევა ჩატარდა ფირმა „JEOL“-ის ელექტრონულ მიკროსკოპზე JSM-6510LV. ელემენტების შემცველობა (EDXA) განისაზღვრა მიკრორენტგენოსტრუქტურული ანალიზატორ X-Max^N-ის საშუალებით (Oxford Instruments, UK). მიკროსისალე

(ვიკერსი), დრეკადობის მოდული და ბზარმედეგობა გაიზომა ფირმა „SHIMADZU“-ის ხელსაწყოზე „DUH-211S“ (იაპონია) როგორც ინდენტირების, ისე დატვირთვა-განტვირთვის რეჟიმში საერთაშორისო სტანდარტ ISO-14577-ის მოთხოვნების შესაბამისად. დატვირთვა – 150 გ.

დინამიკური სისალის მნიშვნელობა დადგინდა უშუალოდ დატვირთვის პროცესში, ხელსაწყოთა პროგრამული უზრუნველყოფით, ხოლო სტატიკური ანუ რელაქსირებული სისალის დასადგენად მიღებული ანაბეჭდების დიაგონალები მიკროსკოპით გაიზომა (მათი სიდიდეების გასაშუალება მოხდა ავტომატურად), რომელთა საშუალებითაც ასევე პროგრამული უზრუნველყოფით გამოითვალა სისალე.

ბზარმედეგობა განისაზღვრა სტანდარტული ფორმულით [29]:

$$K_{IC} = 0.016 \sqrt{\frac{E}{H} \frac{P}{\sqrt{C^3}}} \quad (1)$$

3. შედეგები და მათი განსჯა

ნიმუშების ფიზიკურ-მექანიკური მახასიათებლები წარმოდგენილია მე-2 ცხრილში. ფარდობითი სიმკვრივეების განსხვავება გამოწვეულია შემდეგი მიზეზით. ვინაიდან, კვლევის მიზანია რამდენიმე პარამეტრის გავლენის დადგენა კერამიკის ფიზიკურ-ტექნიკურ მახასიათებლებზე, ტექნოლოგიური

პარამეტრების სხვაობის შესამცირებლად შვიდივე ნიმუში დამზადდა ერთ პროცესში, დაწნეხა ჩატარდა ერთ შვიდადგილიან წნეხ-ფორმაში. მიზნობრივი კერამიკების განსხვავებულმა შედეგნილობამ და ხვედრითმა წონამ გამოიწვია მიღებული ნიმუშების სიმკვრივეების სხვადასხვაობა.

ცხრილი 2

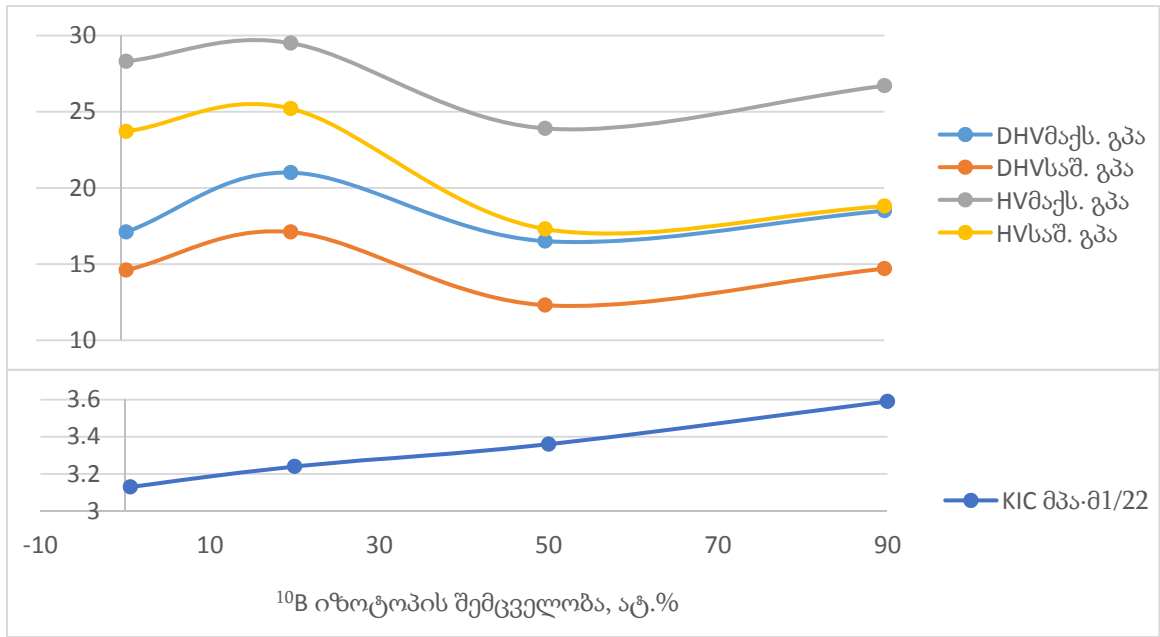
ნიმუშების ფიზიკურ-მექანიკური მახასიათებლები

№	ნიმუშის აღნიშვნა	ფარდ. სიმკ. %	დინამ. სისალე, DHV _{მაქს.გაბა}	დინამ. სისალე, DHV _{საშ.გაბა}	სტატ. სისალე, HV _{მაქს.გაბა}	სტატ. სისალე, HV _{საშ.გაბა}	დრეკად. მოდ. E _{მაქს.გაბა}	დრეკად. მოდ. E _{საშ.გაბა}	ბზარმდეგობა. K _{იძმბა-მ^{1/2}}
1	B ₄ C	90.0	21.0	17.1	29.5	25.2	427	365	3,24
2	¹¹ B ₄ C	90.9	17.1	14.6	28.3	23.7	330	297	3,13
3	¹⁰ B ₄ C90	86.7	18.5	14.7	26.7	18.8	397	344	3,59
4	¹⁰ B ₄ C50	87.6	16.5	12.3	23.9	17.3	348	296	3,36
5	B ₄ CZ07	94.2	22.5	20.9	32.4	29.2	481	454	3,88
6	B ₄ CZ1	93.1	20.4	19.0	32.4	29.9	408	396	3,58
7	B ₄ CZ2.5	92.3	16.9	14.5	29.3	26.3	305	281	3,11

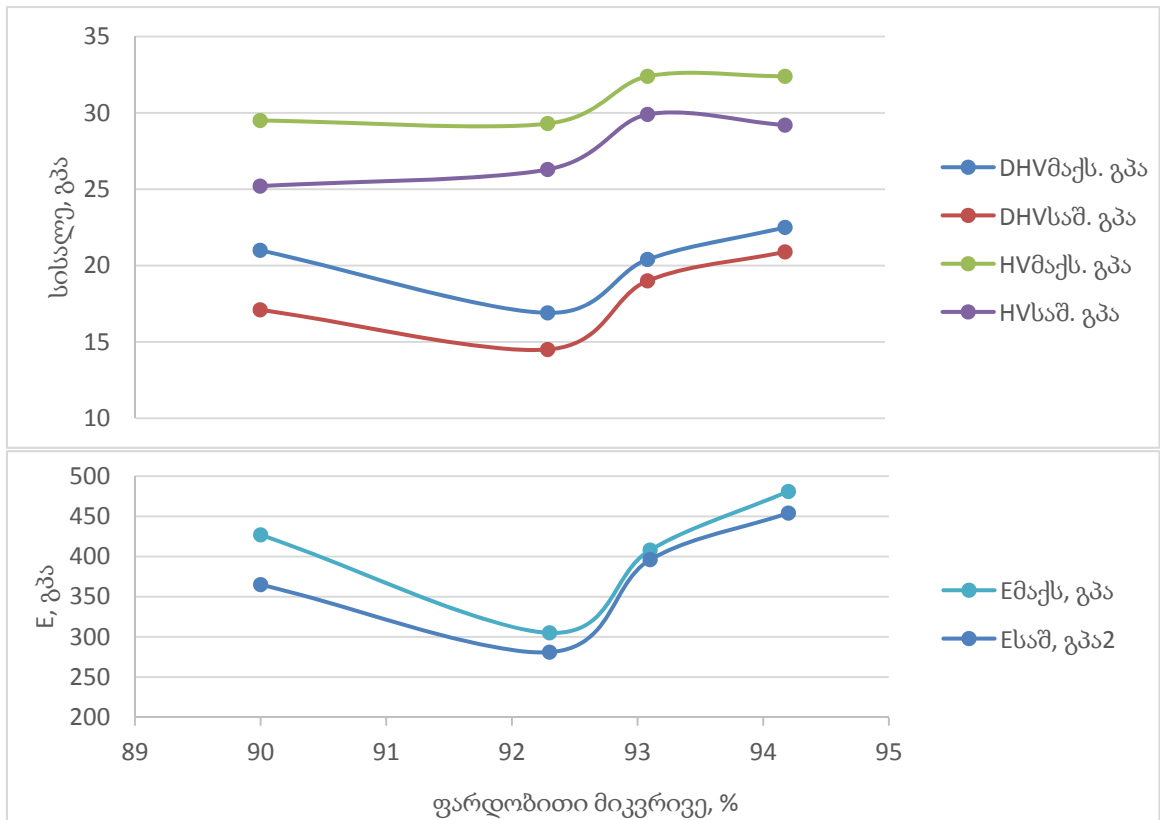
მექანიკურ თვისებებზე მოქმედი ფაქტორების გაანალიზებისთვის მოვიყვანოთ რამდენიმე დიაგრამა. მე-2 სურ-ზე მოყვანილი დიაგრამის მიხედვით იზოტოპური ეფექტი ბორის კარბიდის სისალეზე არ გამოიკვეთება. კერძოდ, როგორც ბორ-11-ით მადალგამდიდრებულ, ისე ბორ 10-ით გამდიდრებული ბორის კარბიდებს არ აქვს გაუმჯობესებული სისალე ბუნებრივი იზოტოპური შემცველობის ბორის კარბიდთან შედარებით. ბორის კარბიდის სისალეზე უმნიშვნელოდ მოქმედებს კრისტალური მესრის პარამეტრების ცვლილება, რომელსაც იწვევს ბუნებრივი კონცენტრაციის

ცვლილება. რაც შეეხება ბზარმდეგობას, ის იზრდება ბორ-10-ის კონცენტრაციის ზრდასთან ერთად, თუმცა ცალსახად იზოტოპურ ეფექტზე საუბარი ძნელია, ვინაიდან ამ შემთხვევაში ბზარმდეგობის ზრდა ემთხვევა ფორიანობის ზრდას. ფორები კი ცნობილია, როგორც ბზარის გავრცელების ერთ-ერთი ინჰიბიტორი.

მე-3 სურ-ზე დიაგრამის სახით წარმოდგენილია ბუნებრივი იზოტოპური შემცველობის ბორის კარბიდის სიმკვრივის და დოპანტის შემცველობის გავლენა მექანიკურ თვისებებზე, კერძოდ სისალესა და სიმტკიცეზე ღუნვისას.



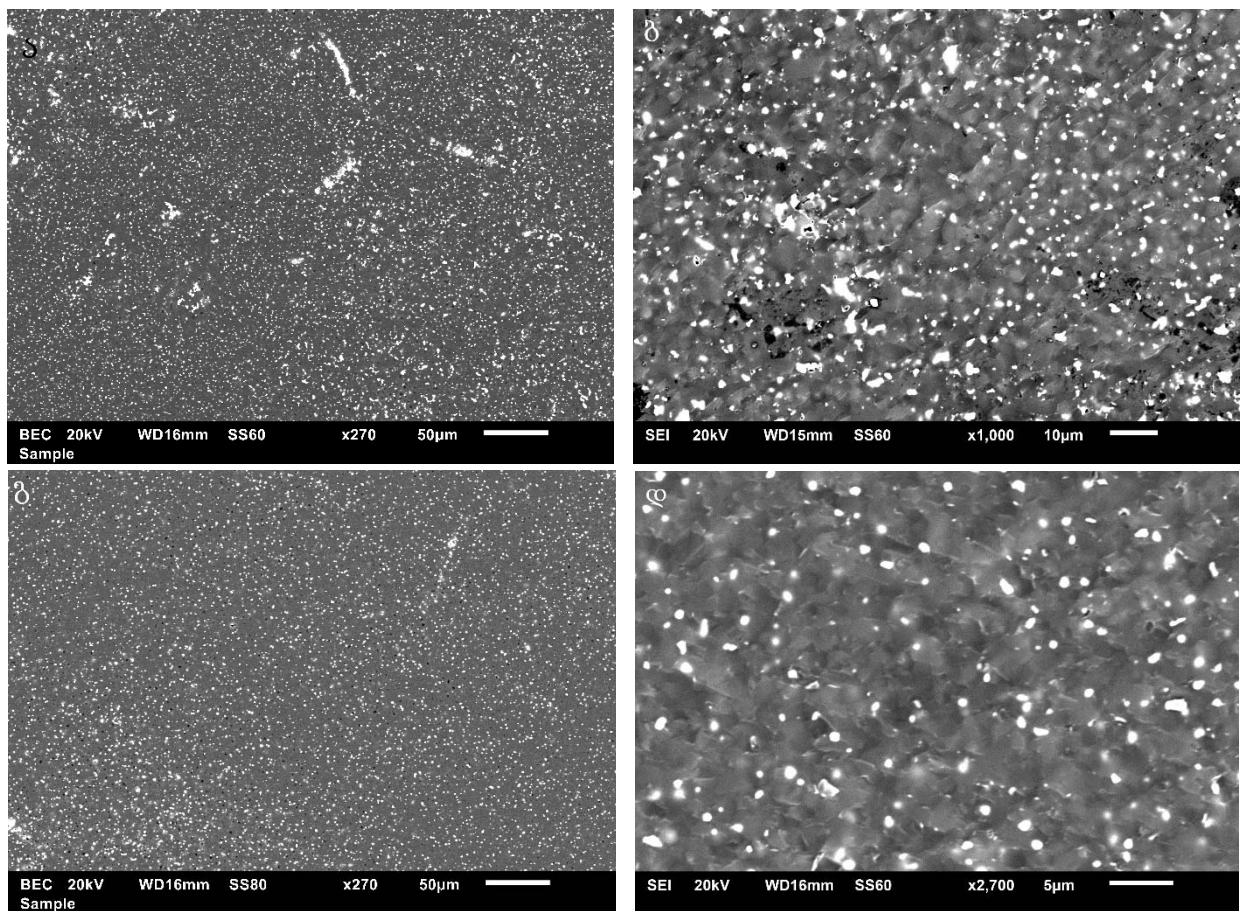
სურ. 2. ბორის იზოტოპების კონცენტრაციის დამოკიდებულება ფიზიკურ-ტექნიკურ მახასიათებლებზე



სურ. 3. ბორის კარბიდის სიმკვრივის დამოკიდებულება ფიზიკურ-ტექნიკურ მახასიათებლებზე

თავდაპირველად, სიმკვრივის მატებისას შეინიშნება სიმტკიცისა და სისალის „ჩავარდნა“, რომელიც მხოლოდ დოპანტ ელემენტს უკავშირდება. ვინაიდან ამ უკანასკნელის რაოდენობა აღემატება დისპერსიული განმამტკიცებლის ოპტიმალურ რაოდენობას [3], კომპოზიტის მიკროსტრუქტურა და, შესაბამისად, ფიზიკურ-ტექნიკური თვისებები უარესდება. შემდეგი შედგენილობები – მაღალი სიმკვრივის ნიმუშები, სადაც დოპანტი ოპტიმალური რაოდენობის ფარგლებშია, ხასიათდება გაუმჯობესებული ფიზიკურ-ტექნიკური თვისებებით. განსაკუთრებით აღსანიშნავია დრეკადობის მოდულის ზრდა. იზრდება ასევე დინამიკური მიკროსისალე. სტატიკური მიკროსისალის შემცირება ბოლო

ეტაპზე სავარაუდოდ გამოწვეულია სუბიექტური ფაქტორით. მისი გამოთვლის მეთოდიკა მოიცავს ანაბეჭდების გაზომვას ოპერატორის მიერ, რისი ცდომილებაც ზესალი ნიმუშებისთვის ბევრად მაღალია (ანაბეჭდის მცირე ზომის გამო), ვიდრე ხელსაწყოთა ცდომილება ნანონდენტერის ანაბეჭდის სიღრმის გაზომვის დროს. ცირკონიუმის დიბორიდის ოპტიმალური რაოდენობის გავლენა მიკროსტრუქტურაზე კარგად ჩანს მე-4 სურ-ზე. ოპტიმალური შემცველობის დროს დოპანტი ელემენტი თანაბრად ნაწილდება მატრიცაში, არ იწვევს ლოკალურ რეკრისტალიზაციას და განაპირობებს სტაბილურ, გაუმჯობესებულ ფიზიკურ-ტექნიკურ მახასიათებლებს.



სურ.4. კომპოზიტების რასტრული მიკროსკოპული სურათები:
ა-ბ - B₄CZ2.5, გ-დ - B₄CZ07

3. დასკვნა

ცხელი დაწნეხის მეთოდით მიღებულია სხვადასხვა იზოტოპური შემცველობის B₄C-ის კერამიკული ნიმუშები დანამატებით და დანამატების გარეშე 2000°C ტემპერატურაზე და 40 მპა წნევით.

შესწავლილია იზოტოპური ეფექტი, დოპანტი ელემენტის და სიმკვრივის გავლენა კერამიკების ფიზიკურ-ტექნიკურ მახასიათებლებზე.

იზოტოპური ეფექტი ბორის კარბიდის სისალეზე არ არის მკაფიოდ გამოკვეთილი. კერძოდ, ბორის იზოტოპებით გამდიდრებულ ბორის კარბიდებს არ აქვს გაუმჯობესებული სისალე, ბუნებრივი იზოტოპური შემცველობის ბორის კარბიდთან შედარებით. ბორის კარბიდის სისალეზე უმნიშვნელოდ მოქმედებს კრისტალური მესრის პარამეტრების ცვლილება, რომელსაც იწვევს ბუნებრივი კონცენტრაციიდან გადახრა.

ზხარმედეგობაზე ძირითადად მოქმედებს ფორმის რაოდენობა, რაც ზხარის გავრცელების ერთ-ერთი ინჰიბიტორია.

კერამიკების სიმკვრივის ზრდით იზრდება სისალე და დრეკადობის მოდული. ფიზიკურ-ტექნიკურ მახასიათებლებზე ასევე მოქმედებს დოპანტის ოპტიმალური რაოდენობა, რომელიც განაპირობებს მიკროსტრუქტურის დახვეწას, სისტემის სტაბილურობასა და ფიზიკურ-მექანიკური მახასიათებლების გაუმჯობესებას.

ლიტერატურა

1. I.A. Bairamashvili, M.V. Galustashvili, J.Sh. Jobava, V.G. Kvatchadze, Z.Z. Mestvirishvili. Composite ceramics based on boron carbide enriched in isotope ¹¹B as a promising radiation resistant structural material – in Russian. *Nano Studies*, vol. 8 (2013), 305-310.
2. Vladislav Domnich, Sara Reynaud, Richard A. Haber, and Manish Chhowalla. Boron Carbide: Structure, Properties, and Stability under Stress. *J. Am. Ceram. Soc.*, 94 (11) (2011), 3605–3628 .
3. Zviad Mestvirishvili, Irakli Bairamashvili, Vakhtang Kvatchadze and Nugzar Rekhviashvili. Thermal and Mechanical Properties of B₄C-ZrB₂ Ceramic Composite. *Journal of Materials Science and Engineering B*, 5 (9-10) (2015), 385-393.
4. Kevin Gillet, Guido Roma, Jean-Paul Crocombette, Dominique Gosset. The influence of irradiation induced vacancies on the mobility of helium in boron carbide. *Journal of Nuclear Materials*, Vol. 512 (2018), 288-296.
5. Dominique Gosset, Bernard Kryger, Jean-Pierre Bonal, Caroline Verdeau, Karine Froment. Evolution of thermo-physical properties and annealing of fast neutron irradiated boron carbide. *Journal of Nuclear Materials* Vol. 500(2018), 166-175.
6. Yu.A.Bykovskii, K.N.Zatsev, P.D.Kervalishvili, I.N. Nikolaev, A.A.Portnov, S.O.Shalamberidze. Neutron fluence sensor based on boron carbide. *Technical Physics Letters*, Vol. 19, Issue 7 (1993), 457-458.
7. P.J.Kervalishvili, G.S.Karumidze, Sh.Sh.Shavelashvili, G.I.Kalandadze, S.O.Shalamberidze. Semiconductor sensor for neutrons. *Sensors and Actuators A*, 36 (1993), 43-45.
8. P.D.Kervalishvili, S.O.Shalamberidze Yu.A.Bykovskii. Oriented boron carbide films produced by laser spraying. *American Institute of Physics*, (1991), 524-527.
9. S. N. Perevislov,1,3 P. V. Shcherbak,1 and M. V. Tomkovich. HIGH DENSITY BORON CARBIDE CERAMICS. *Refractories and Industrial Ceramics. Vol. 59. No.1. 2018 33-37.*
10. Helmut Werheit, Murli H. Manghnani, Udo Kuhlmann, Anwar Hushur, Sul Khan Shalamberidze. Mode Grüneisen parameters of boron carbide. *Solid State Sciences*, 72 (2017), 80-93.
11. Akihiro Nino, Ayumi Tanaka, Shigeaki Sugiyama and Hitoshi Taimatsu. Indentation Size Effect for the Hardness of Refractory Carbides. *Materials Transactions*, Vol. 51, No. 9 (2010), 1621-1626.
12. Atta U. Khan, Vladislav Domnich, and Richard A. Haber. Boron carbide-based armors: Problems and possible solutions. *American Ceramic Society Bulletin*, Vol. 96, No. 6, 30-36.
13. Kovziridze, Z., Mestvirishvili, Z. Tabatadze, G., Nizharadze, N., Mshvildadze, M. and Nikoleishvili, E. Improvement of Boron Carbide Mechanical Properties in B₄C-TiB₂ and B₄C-ZrB₂ Systems. *Journal*

- of Electronics Cooling and Thermal Control. Vol.3 No2 (2013) 43–48.
14. В.Д. Рисованный, А.В. Захаров, Е.П. Ключков, В.Б. Пономаренко, Е.М. Муралева, Т.М. Гусева, Порлощающие материалы стержней управления ядерных реакторов. Ульяновск 2012, 57-95.
 15. T.G.Abzianidze, A.M.Eristavi, S.O. Shalamberidze. Strength and Creep in Boron Carbide (B₄C) and Aluminum Dodecaboride (α -AlB₁₂). Journal of Solid State Chemistry, Volume 154, Issue 1 (October 2000), 191-193.
 16. B. Malmal Moshtaghioun, Diego Gomez-Garcia, Arturo Dominguez-Rodriguez. Richard I. Todd. Grain size dependence of hardness and fracture toughness in pure near fully-dense boron carbide ceramics. Journal of the European Ceramic Society, Vol. 36 Issue 7, (2016) 1829–1834.
 17. G.I.Kalandadze, S.O.Shalamberidze, A.B.Peikrishvili. Sintering of Boron and Boron Carbide. Journal of Solid State Chemistry, Vol. 154, N. 1 (2000), 194-198.
 18. Helmut Werheit and Sulkhan Shalamberidze. Advanced microstructure of boron carbide. Journal of Physics Condensed Matter, Volume 24, Number 38 (2012), 385-406.
 19. Tadashi MARUYAMA, Shoji ONOSE, Takeji KAITO & Hiroto HORIUCHI. Effect of Fast Neutron Irradiation on the Properties of Boron Carbide Pellet. Journal of NUCLEAR SCIENCE and TECHNOLOGY, Vol. 34, No. 10 (October 1997), 1006-1014.
 20. Yuko MOROHASHI, Tadashi MARUYAMA, Takako DONOMAE, Yoshiaki TACHI and Shoji ONOSE. Neutron Irradiation Effect on Isotopically Tailored 11B₄C. Journal of NUCLEAR SCIENCE and TECHNOLOGY, Vol. 45, No. 9, (2008), 867–872.
 21. Tao Jianga, Haiyun Jinb, Zhihao Jina, Jianfeng Yanga and Guan Jun Qiao. An investigation of the mechanical property and thermal shock behavior of machinable B₄C/BN ceramic composites. Journal of Ceramic Processing Research. Vol. 10, No. 1 (2009), 113-116.
 22. B. Malmal Moshtaghioun, Angel L. Ortiz, Diego-Gómez-García, Arturo Domínguez-Rodríguez. Toughening of super-hard ultra-fine grained B₄C densified by spark-plasma sintering via SiC addition. Journal of the European Ceramic Society, Volume 33, (2013) 1395–1401.
 23. Matthew DeVries, Ghatu Subhash. Influence of carbon nanotubes as secondary phase addition on the mechanical properties and amorphization of boron carbide. Journal of the European Ceramic Society, Vol. 39 Issue 6, (2019) 1974–1983.
 24. T. S. R. CH. MURTHY, SAIRAM ANKATA, J. K. SONBER, K. SAIRAM, KULWANT SINGH, A. NAGARAJ, P. SENGUPTA, R. D. BEDSE, SANJIB MAJUMDAR, VIVEKANAND KAIN. MICROSTRUCTURE, THERMO-PHYSICAL, MECHANICAL AND WEAR PROPERTIES OF IN-SITU FORMED BORON CARBIDE – ZIRCONIUM DIBORIDE COMPOSITE. Ceramics-Silikáty 62 (1), 15-30 (2018).
 25. Zviadi Mestvirishvili, Vakhtang Kvatchadze, Irakli Bairamashvili, Nikoloz Jalabadze and Tornike Mestvirishvili. Development of the method of production of the ultrafine macrohomogeneous composite powder. Materials Science and Technology Vol. 36, Issue 3 (2020) 327-333.
 26. T. Abzianidze. G. Karumidze. L. Kekelidze. Effect of Boron Isotopic Composition on Boron Carbide Microhardness. Bulletin of The Georgian Academy of Sciences 169. No.2 (2004) 338-340.
 27. Yoshimasa NISHI, Yuji ARITA, Tsuneo MATSUI, Takanori NAGASAKI. Isotope Effects on Thermal Conductivity of Boron Carbide. Journal of Nuclear Science and Technology. Vol. 39, No. 4 (2002), 391–394.
 28. Zviadi Mestvirishvili, Vakhtang Kvatchadze, Irakli Bairamashvili, Nikoloz Jalabadze, Tornike Mestvirishvili. Development of the method of production of the ultrafine macrohomogeneous composite powder. Materials Science and Technology. Vol. 36, Issue 3 (2020) 323-333.
 29. Anstis, G.R., Chantikul, P., Lawn, B. R. and Marshall, D. B. A critical evaluation of indentation techniques for measuring fracture toughness – I. Direct crack measurements. J. Am. Ceram. Soc., 64 (1981), 533-538.

THE EFFECT OF VARIOUS FACTORS ON THE PHYSICAL AND TECHNICAL CHARACTERISTICS OF B₄C

Z. Mestvirishvili^{1,2}, N. Nizharadze¹, S. Gvazava^{1,3}, Z. Kovziridze¹

¹Institute of Bionanoceramic and Nanocomposite Technology. Georgian Technical University. Str Costava 69. 0160 Tbilisi. Georgia

²LEPL Ilia Vekua Sukhumi Institute of Physics and Technology, Mindeli St.7. Tbilisi, 0186, Georgia

³Ferdinand Tavadze Metallurgy and Materials Science Institute. Str. Mindeli 8b. 0186 Tbilisi. Georgia

E-mail: zviad.mst@gmail.com

Resume: *Purpose.* The purpose of the study is to study the effect of boron isotope concentration, additives and density on the mechanical properties of boron carbide products.

Method. ceramic samples were prepared by hot pressing at 2000 ° C and under a pressure of 40 MPa. Scanning microscopic examination was performed. The physical and mechanical characteristics of the ceramics have been determined.

Result. The effect of density, isotopic composition and additives on the physical and mechanical properties of boron carbide ceramics was determined.

Conclusion. The isotope effect on boron carbide hardness is not clearly defined. In particular, boron carbides enriched in boron isotopes do not have improved hardness compared to naturally isotopic boron carbide. The hardness of boron carbide is slightly affected by changes in the parameters of the crystalline structure, which is caused by a deviation from the natural concentration. Crack resistance is mainly influenced by the number of pores, which is one of the inhibitors of crack propagation. The hardness and modules of resilience increase with increase the density of the ceramics. The optimal amount of dopant also affects the physical and mechanical characteristics, which contributes to the refinement of the microstructure, the stability of the system and the improvement of the physical-mechanical characteristics.

Key words: Boric carbide; isotope effect; Young's Modulus; density.

УДК 541.49

СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ ДВОЙНОГО КОМПЛЕКСНОГО СОЕДИНЕНИЯ НИКЕЛЯ (II) С ИЗОНИКОТИНАМИДОМ И ТИОЦИАНАТОМ

М.Цинцадзе^{1,2}, Н.Гегешидзе^{1,2}, Н.Киласония^{1,2}, Н.Енделадзе³

¹Грузинский технический университет, департамент химической и биологической технологий, Грузия. 0160, Тбилиси, ул. Костава 69

²Р.И.Агладзе Институт неорганической химии и электрохимии, Грузия. 0175, Тбилиси, ул. Миндели 11

³Государственный университет Ак.Церетели. Грузия, 4600, г. Кутаиси, ул. Царицы Тамары, 59

E-mail: nana.gegeshidze@gtu.ge

Резюме: *Цель работы.* Целью нашего исследования является изучение влияния растворителей на комплексообразующую способность молекулы изоникотинамида, на основании квантово-химических расчетов разработку оптимального метода синтеза двойного смешаннолигандного комплексного соединения никеля (II) с изоникотинамидом и тиоцианатом и изучение его физико-химических свойств, установления структуры синтезированного соединения.

Квантово-химическим полуэмпирическим методом AM1 рассчитаны энергетические, геометрические и структурные характеристики молекулы изоникотинамида как в газовой фазе, так и в различных растворителях, определено влияние растворителей на комплексообразующую способность молекулы, что дает возможность выявления оптимальных условий проведения целенаправленного синтеза. Определена теплота образования молекулы, значения длин связей, валентных углов, эффективных зарядов на атомах, заселение электронных орбиталей, выявлены электродонорные атомы органического лиганда и др. В качестве растворителей выбраны вода, ацетон, метанол, этанол, хлороформ, гексан.

Методы исследования. Квантово-химические расчеты полуэмпирическим методом AM1 проводились на компьютере Pentium III. ИК спектр синтезированного соединения записан на ИК Фурье-спектрометре „TENSOR II” в области 400-4000 см⁻¹, с точностью измерения 0.5 см⁻¹. Применялась методика растирания поликристаллических образцов с вазелином. Использовались пластики KBr (400-4000 см⁻¹).

Поглощение вазелинового масла по возможности компенсировалось.

Результаты. На основании данных квантово-химических расчетов проведен синтез смешаннолигандного двойного комплексного соединения никеля (II) с изоникотинамидом и тиоцианатом состава [NiL₄(H₂O)₂][Ni(NCS)₄], где L –изоникотинамид. Соединение выделено в твердом состоянии, устойчиво на воздухе, изучены некоторые его физико-химические свойства.

Выводы. Проведено ИК спектрометрическое исследование синтезированного соединения. Определено правило координации органического лиганда и тиоцианат-иона, которые находится в полном соответствии с данными квантово-химических расчетов. На основании анализа данных ИК спектра соединения предложена структура синтезированного соединения.

Ключевые слова. Квантово-химический полуэмпирический метод AM1; двойные и биметаллические комплексные соединения; аминопиридин; изоникотинамид; ИК спектр поглощения; комплексообразование.

1. ВВЕДЕНИЕ

За последние годы возрос интерес исследователей по отношению к двойным и биметаллическим комплексным соединениям, которые одновременно содержат в своем составе как органические молекулы, так и ацидолиганды. Подобные соединения интересны как с технической, так и с биологической точки зрения. В научной литературе широко представлен материал, описывающий возможность получения из биметалли-

ческих комплексов соединений типа шпинелей, используемых в качестве катализаторов. С другой стороны, комплексные соединения, в которых микроэлементы связаны с органическими соединениями, содержащими атомы кислорода, азота и серы, являются биологически активными [1, 2].

Несмотря на то, что часть исследователей не причисляет никель к биологически активным металлам, его роль в биологических системах значительна.

В последние годы возрос интерес по отношению к аминопиридинам. Аминопиридины - составная часть алкалоидов, витаминов, лекарственных препаратов (кардиамин, никотиновая кислота, анабазин и др.). На их основе синтез комплексных соединений аминопиридинов с биологически активными металлами, изучение их строения и свойств представляет особый интерес [3, 4].

Изоникотинамид, антивитамин РР, амид изоникотиновой кислоты, пиридин-4-карбоксамид - структурный изомер никотинамида. Влияние на организм никотинамида и изоникотинамида хорошо изучено. Поэтому интересным является синтез биологически активных металлов с изоникотинамидом и тиоцианатом.

В литературе широко представлен материал описывающий синтез и строение тиоцианатных смешаннолигандных комплексных соединений металлов с никотинамидом, изоникотинамидом, пикотинамидом. Но не имеются сведений о синтезе двойных или биметаллических комплексных соединений с использованием данных металлов. Поэтому разработка методом синтеза некоторых переходных d-элементов с аминопиридинами для нас представляет научный интерес [5 - 10].

2. ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Экспериментальная часть

Квантово-химическим полуэмпирическим методом AM1 изучено влияние растворителей на комплексообразующую способность молекулы изоникотинамида. Выявлены энергетические, электронные и структурные характеристики молекулы изоникотинамида, на основании расчетов определено правило ее координации с металлом-комплексообразователем.

В качестве растворителей выбраны вода, этанол, метанол, ацетон, N,N-диметилформамид, гексан и др. Вычислены: теплота образования, дипольный момент, эффективные заряды на атомах, электронные плотности, распределение электронов на атомных орбиталях и др.

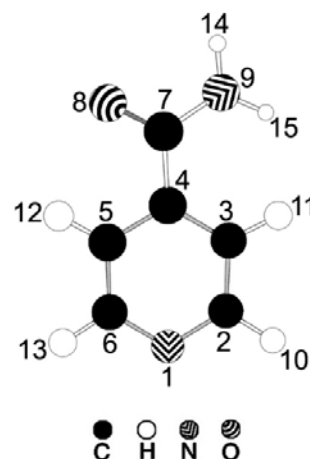


Рис. 1. Молекула изоникотинамида

На основании расчетов выявлено, какой растворитель оказывает максимальное воздействие на дипольный момент, на распределение электронов по атомным орбиталям и др. (табл. 1). Это, в свою очередь, позволяет выявить оптимальный механизм для проведения синтеза комплексных соединений.

Согласно квантово-химическим расчетам, теплота образования молекулы изоникотинамида в различных растворителях имеет отрицательное значение по сравнению с газовой фазой, что значительно повышает устойчивость молекулы. И наоборот, чем выше значение дипольного момента (газ - 3.156, вода - 5.633; диметилсульфоксид - 3.768), тем более устойчива молекула.

Анализ расчетов показал, что в пиридиновом ядре значения межатомных расстояний близко к экспериментальным, а порядок связи близко 1.5\AA ($C-N=1.426$ и $C-C=1.399\text{\AA}$).

Значения валентных связей $C-C-C$ в ядре в пределах $\sim 118 - 123^\circ$, что соответствует sp^2 -гибридизации атомов углерода и азота. Анализ углов $C(2)-N(1)-C(6)$, $C(4)-C(7)-N(9)$, $C(4)-C(7)-O(8)$ также показал, что атомы $N(1)$, $C(7)$ и $N(8)$ также находятся в состоянии sp^2 -гибридизации.

Анализ эффективных зарядов и формальных заселенностей атомных орбиталей показывает, что атом C(7) характеризуется электронным дефицитом (газ $q=+0.341$, вода $q=+0.387$, гексан $q=+0.358$), что

объясняется его связью со столь электроотрицательными атомами как атом азота N(9) и атом кислорода O(8) (табл. 1).

Таблица 1

Значения диэлектрической проницаемостей растворителей (ϵ),
электронных зарядов на атомах (q), заселенность атомных орбиталей (s, p)
молекулы N,N-диметилформаида

№	Растворитель, ϵ	Атом	q	Электронная плотность	Распределение электронов по орбиталам			
					2S	2P _x	2P _y	2P _z
1	газ	N(1)	-0.120	5.120	1.716	1.070	1.242	1.091
		C (7)	0.341	3.659	1.200	0.814	0.891	0.754
		O(8)	-0.369	6.369	1.918	1.664	1.309	1.478
		N(9)	-0.429	5.429	1.450	1.071	1.121	1.788
2	вода	N(1)	-0.234	5.234	1.709	1.096	1.275	1.154
		C (7)	0.387	3.613	1.197	0.821	0.880	0.714
		O(8)	-0.578	6.578	1.917	1.690	1.349	1.622
		N(9)	-0.373	5.373	1.452	1.060	1.171	1.690
3	C ₂ H ₆ SO, диметилсульфоксид	N(1)	-0.233	5.233	1.709	1.096	1.275	1.153
		C (7)	0.387	3.613	1.197	0.821	0.881	0.715
		O(8)	-0.574	6.574	1.917	1.690	1.348	1.620
		N(9)	-0.375	5.375	1.452	1.061	1.170	1.692
4	CH ₃ OH, метанол	N(1)	-0.230	5.230	1.709	1.096	1.274	1.151
		C (7)	0.386	3.614	1.197	0.821	0.881	0.715
		O(8)	-0.569	6.569	1.917	1.689	1.347	1.616
		N(9)	-0.376	5.376	1.452	1.061	1.169	1.695
5	C ₂ H ₅ OH, этанол	N(1)	-0.228	5.228	1.709	1.095	1.274	1.150
		C (7)	0.386	3.614	1.197	0.820	0.881	0.715
		O(8)	-0.563	6.563	1.917	1.690	1.343	1.613
		N(9)	-0.379	5.379	1.452	1.062	1.168	1.698
6	(CH ₃) ₂ CO, ацетон	N(1)	-0.226	5.226	1.709	1.095	1.274	1.149
		C (7)	0.386	3.614	1.197	0.820	0.881	0.716
		O(8)	-0.560	6.560	1.917	1.690	1.343	1.610
		N(9)	-0.381	5.381	1.452	1.062	1.167	1.700
7	CHCl ₃ , хлороформ	N(1)	-0.197	5.197	1.711	1.088	1.266	1.133
		C (7)	0.375	3.625	1.198	0.818	0.885	0.724
		O(8)	-0.501	6.501	1.917	1.681	1.334	1.568
		N(9)	-0.401	5.401	1.451	1.064	1.153	1.733
8	C ₆ H ₁₂ , гексан	N(1)	-0.158	5.158	1.714	1.079	1.254	1.111
		C (7)	0.358	3.642	1.199	0.816	0.888	0.738
		O(8)	-0.429	6.429	1.917	1.671	1.321	1.519
		N(9)	-0.420	5.420	1.451	1.067	1.136	1.766

Изучение электронной плотности (формальной заселенности) и эффективных зарядов показал, что (табл. 1), что атом кислорода O(8) характеризуется высокой электронной плотностью: газ - 6.369 ($q=-0.369$), вода - 6.578 ($q=-0.578$), гексан - 6.429 ($q=-0.429$). Известно, что т.н. p -электроны атома кислорода заселены на негибридизированной p -орбитале, а вторая пара свободных электронов расположена на гибридной sp^2 -орбитале и, из-за ярко выраженного s -характера, значительно удерживаются данной орбиталью (в газовой фазе - 1.918, в воде - 1.917, гексане - 1.917, табл.1).

Электронная заселенность атома азота N(9) в газовой фазе 5.429 ($q=-0.429$), в воде 5.373 ($q=-0.373$), гексане 5.40 ($q=-0.420$). Согласно этим данным, атом азота должен проявить электродонорные свойства. Но, как это видно из таблицы 1, электронная пара атома азота расположена на $2p_z$ -орбитале (газовая фаза 1.788, вода 1.680, гексан 1.766), которая может с атомом металла-комплексообразователя участвовать в образовании π , а не δ -связи. Таким образом, неподеленная электронная пара π -типа атома азота N(9) исключает возможность образования δ -связи металл - N(9).

Для атома азота N(1) заселенность электронами на s -орбитале составляет для газовой фазы - 1.716, в воде - 1.709, гексане - 1.714, что определяет электродонорные свойства данного атома, т.е. его способность образовывать донорно-акцепторную связь с металлом-комплексообразователем.

Таким образом, молекула изоникотинамида может выполнять как монодентатную функцию (осуществить координацию с атомом металла посредством атома азота N(9) гетероцикла $M \leftarrow N_{\text{тер}}$ (структура I) и атома кислорода O(8) $M \leftarrow O$ (структура II), так и бидентатную функцию – осуществить координацию с атомом-металла посредством обоих атомов: как атома азота N(9), так и атома кислорода O(8)(структура III) (бидентатно-мостиковая структура) [11-14].

Синтез смешаннолигандного двойного комплексного соединения $[\text{NiL}_4(\text{H}_2\text{O})_2][\text{Ni}(\text{NCS})_4](\text{L} - \text{изоникотинамид})$

С целью синтеза смешаннолигандного двойного координационного соединения 0.01 моль хлорида

никеля (II) при нагревании растворяли в 5 мл этилового спирта. К раствору добавляли избыток этанольного раствора тиоцианата калия. Осадок отфильтровывали. К горячему фильтрату, при постоянном помешивании, по каплям добавляли этанольный раствор 0.01 моля хлорида никеля (II). Выпавший осадок отфильтровывали. К горячему фильтрату, при постоянном помешивании добавляли этанольный раствор 0.06 моля изоникотинамида.

Смесь помещали на водяную баню и нагревали в течении 10-15 минут. Раствор приобрел темно-синюю окраску. При отстаивании в течении нескольких часов наблюдалось выделение осадка. Осадок отфильтровывали, промывали малыми порциями холодного этанола. Сушили на воздухе между листами фильтровальной бумаги [15-20].

Получено мелкокристаллическое вещество фиолетового цвета, устойчивое на воздухе. Растворяется в воде, ацетоне, не растворимо в метиловом и этиловом спирте, мало растворимо в эфире и бензоле.

3. Обсуждение результатов

ИК спектрическое исследование

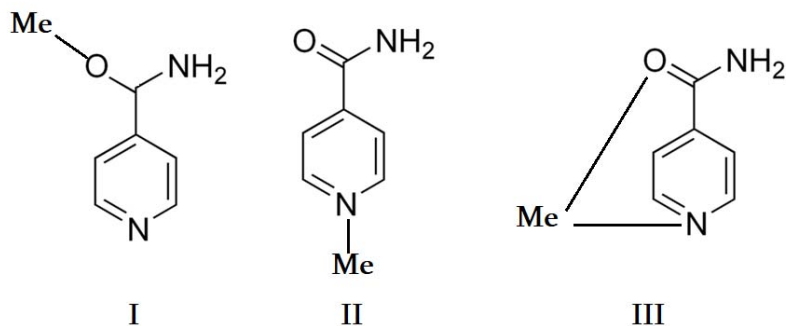
С целью установления правила координирования молекулы изоникотинамида (L) и групп SCN с металлом-комплексообразователем изучены ИК спектры поглощения синтезированных соединений. Полученные данные расшифровки ИК спектров приводятся в таблице 2. Отнесение найденных основных частот колебаний координированных молекул изоникотинамида (L) устанавливали на основании теоретического анализа нормальных частот колебаний соответствующих некоординированных молекул.

ИК спектры поглощения записаны в области 400-4000 cm^{-1} . Применялась методика растирания поликристаллических образцов с вазелином. Использовались пластики KBr (400-4000 cm^{-1}). Поглощение вазелинового масла по возможности компенсировалось. Некоторые характеристики частот колебаний синтезированных комплексных соединений приводятся в таблице 2.

Как было отмечено выше, согласно квантово-химическим расчетам и экспериментальным дан-

ным, в комплексных соединениях координация молекулы изоникотинамида с металлом может осуществляться посредством атома кислорода карбонильной группы (структура I), атомом азота

гетероцикла (структура II), а также посредством как атома азота, так и атома кислорода, т.е. выполнить мостиковую функцию (структура III).



Координация молекул амидов с металлами-комплексообразователями посредством атома азота амино-группы сопровождается одновременным повышением и понижением частот колебаний группы $\nu(\text{NH})$.

По сравнению с некоординированным лигандом (изоникотинамидом) в ИК спектре комплексного соединения $[\text{NiL}_4(\text{H}_2\text{O})_2][\text{Ni}(\text{NCS})_4]$ в соответствующей области частоты колебаний $\nu_{\text{as}}(\text{NH}_2)$ и $\nu_{\text{s}}(\text{NH}_2)$ повышены до 3317.59 см^{-1} . Вместе с тем высокочастотная компонента $\nu(\text{NH})$ практически не меняется и проявляется в области $1548.24 - 1609.53 \text{ см}^{-1}$.

Интенсивные полосы поглощения „Амид-I“ проявляются в области 1669.30 см^{-1} .

Согласно литературным данным координация молекулы изоникотинамида с металлом-комплексообразователем осуществляется посредством атома азота гетероцикла [21 – 23].

Если в случае синтезированного соединения предположить, что частоты колебаний в области ~ 1548.24 и 1609.53 см^{-1} отнесены к частотам колебаний $\nu_{\text{гет}}$, то можно предположить, что молекула изоникотинамида монодентатна и координируется с металлом-комплексообразователем посредством атома азота гетероцикла.

Таблица 2

Некоторые характеристики частот колебаний молекулы изоникотинамида и синтезированного на его основе двойного комплексного соединения никеля (II)

1	Соединение	$\nu(\text{NH})$	$\nu_{\text{ядра}}(\text{C}=\text{N})$	“Амид”			Тип координации лиганда
				I	II	III	
2	3	4	5	6	7	8	
1	L	3375	1587,1554., 1495, 1412, 1397, 1324, 1228, 1220, 1211, 1150, 1123, 1086, 1067	1690	1600	1397, 1324	-
2	$[\text{NiL}_4(\text{H}_2\text{O})_2][\text{Ni}(\text{NCS})_4]$	3427.9	1609.53, 1548.24, 1453.31, 1413.39, 1380.70, 1217.25, 1143.70, 1111.01	1669.3	1609.53, 1548.24	1380	$\text{Ni} \leftarrow \text{N}_{\text{гет}}$

Согласно ИК спектру комплекса частоты колебаний группы SCN^- выявлены в области: $\nu(\text{CN}) \sim 2083.49 \text{ см}^{-1}$, $\nu(\text{CS}) \sim 758.60 \text{ см}^{-1}$ соответственно.

Координация тиоцианатной группы с атомом никеля (II) осуществляется посредством атома азота, на что дополнительно указывает выявление частот валентных колебаний связи $\nu(\text{C}\equiv\text{N})$, которые проявляются в области 2079.46 см^{-1} .

Подобное повышение частот валентных колебаний тиоцианатной группы свидетельствует о его координации с атомом никеля (II) посредством атома азота (т.е. осуществляется изоцианатная структура $\text{M}\leftarrow\text{NCS}$) [24 - 27].

Наличие частот валентных колебаний в области 3427.92 см^{-1} указывает на наличие внутрисферных молекул воды.

На основании экспериментальных данных можно предположить, что синтезировано комплексное соединение ионного типа $[\text{NiL}_4(\text{H}_2\text{O})_2][\text{Ni}(\text{NCS})_4]$, где L – изоникотинамид. Строение синтезированного

комплексного катиона $[\text{NiL}_4(\text{H}_2\text{O})_2]^{2+}$ – октаэдрическое и координация лиганда с металлом осуществляется посредством атома азота пиридинового кольца. Что касается строения комплексного аниона $[\text{Ni}(\text{NCS})_4]^{2-}$, то оно тетраэдрическое и координация тиоцианат-иона осуществляется посредством атома азота (изоцианатная структура $\text{M}\leftarrow\text{NCS}$).

Строение синтезированного комплексного соединения $[\text{NiL}_4(\text{H}_2\text{O})_2][\text{Ni}(\text{NCS})_4]$ (L – изоникотинамид) можно предположить в следующем виде:

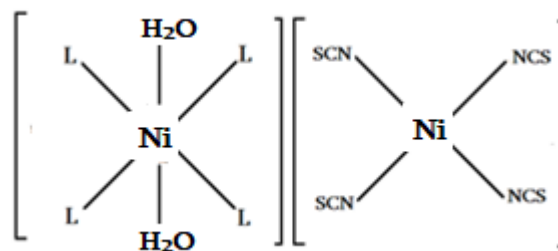


Рис. 2. Структура комплексного соединения $[\text{NiL}_4(\text{H}_2\text{O})_2][\text{Ni}(\text{NCS})_4]$, где L – изоникотинамид

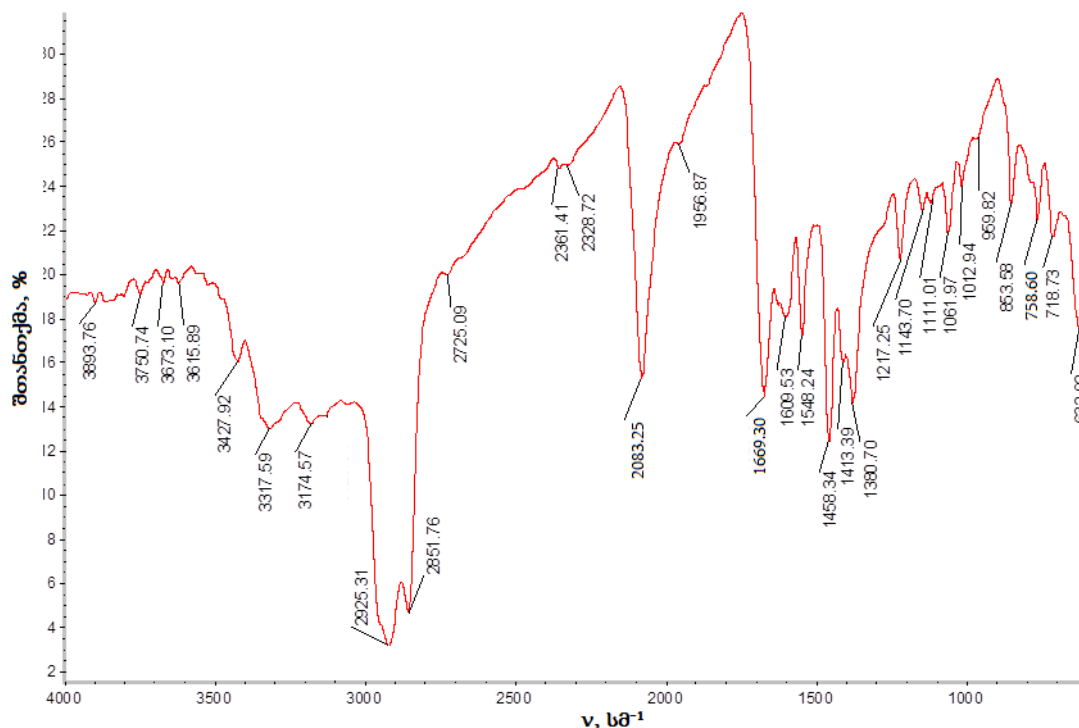


Рис. 3. ИК спектр поглощения комплексного соединения $[\text{NiL}_4(\text{H}_2\text{O})_2][\text{Ni}(\text{NCS})_4]$ в вазелиновом масле ($400\text{-}4000 \text{ см}^{-1}$)

3. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

С целью прогнозирования влияния растворителей на комплексообразующую способность молекулы изоникотинамида и выявления ее донорных атомов, проведены квантово-химические расчеты полумпирическим методом AM1. Расчитаны теплота образования молекулы изоникотинамида, значения потенциалов ионизации, межатомных расстояний, значения валентных углов, длин связей, эффективных зарядов и заселенность электронами атомных орбиталей.

Анализ квантово-химических расчетов показал, что молекула изоникотинамида может выполнить как монодентатную функцию (координация молекулы с атомом металла посредством атома азота N(9) (I) и атома кислорода O(8)(II), так и бидентатную функцию (осуществить связь с металлом обоими атомами - бидентатная мостиковая функция $M \leftarrow N_{\text{рег}}, O \leftarrow M$ (III).

Синтезировано новое двойное смешаннолигандное комплексное соединение $[NiL_4(H_2O)_2][Ni(NCS)_4]$ (L – изоникотинамид).

С целью определения правила координации молекулы изоникотинамида и тиоцианат-иона изучен ИК спектр синтезированного соединения.

Анализ ИК спектра показал, что координация молекулы изоникотинамида с металлом-комплексообразователем осуществляется посредством атома азота гетероцикла, что находится в полном соответствии с данными квантово-химических расчетов. Что касается тиоцианат-иона, то его координация с металлом осуществляется посредством атома азота (изотиоцианатная структура).

Можно предположить, что синтезировано комплексное соединение ионного типа $[NiL_4(H_2O)_2][Ni(NCS)_4]$, L – изоникотинамид. Комплексный катион $[Ni(L)_6]^{2+}$ имеет октаэдрическое строение, а комплексный анион $[Ni(NCS)_4]^{2-}$ - тетраэдрическое строение.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гринберг А.А. Введение в химию координационных соединений. – Л.: Наука. Ленингр. отделение, 1966
2. Т.Г. Черкасова, Э.С. Татарина, Е.В. Черкасова, И.П. Горюнова, И.В. Исакова, А.А. Бобровникова, А.В. Тихомирова, С.В. Кочнев. Синтез, свойства и перспективы использования биметаллических разнолигандных комплексов. Ползуновский вестник № 3 2010. С. 30-31
3. M.Tsintsadze, N.Tabuashvili, T.Tsintsadze, D.Lochohvili, N.Kilasonia, N.Gegeshidze. The way of coordination of ortho-aminopyridinemetilderivatives with metals (influence of solvent on the ability of complexcreation) 2-nd international conference on organic chemistry: "Advances in Heterocyclic Chemistry", Tbilisi, 2011
4. M.Tsintsadze, N.Tabuashvili, N.Kilasonia, N.Gegehidze. Synthesis and IR absorption spectra of mixed-ligand coordination compounds of copper (II), manganese (II), cobalt (II) and nickel (II) with ortho-amino-4-methylpyridine and paradimethylaminobenzaldehydeizonicotinoylhydrazine International Conference of Young Scientists "Chemistry Today – 2013" May 17-19, 2013 Georgian Technical University Tbilisi, Georgia
5. D.Margievi, N.Gegeshidze, M.Tsintsadze, N.Kilasonia. SYNTHESIS OF COORDINATION COMPOUNDS OF SOME BIOLOGICALLY ACTIVE d-METALS. International Conference of Students International Conference of Students and Young Scientists "CHEMISTRY TODAY AND IN FUTURE" "CHEMISTRY TODAY AND IN FUTURE" November 16-17, 2018, Tbilisi, Georgia. P. 53-54
6. Л.Арабули, Н.Гегешидзе, Л. Схиртладзе, М. Цинцадзе. Синтез и исследование ИК спектров полиядерных разнолигандных металлов с N,N-диметилформамидом. Международная научно-техническая конференция „Окружающая среда и устойчивое развитие“ 11-12 ноября, 2019. Стр. 22
7. Абесадзе М., Гегешидзе Н., Цинцадзе М., Цинцадзе Г. Синтез и исследование ИК спектров биметаллических разнолигандных переходных металлов с N,N-диметилформамидом. Международная научно-техническая конференция „Окружающая среда и устойчивое развитие“ 11-12 ноября, 2019. Стр. 23

8. D. Margievi, T. Gogelishvili, L. Ratiani, N. Gegeshidze. SYNTHESIS AND STUDY OF BIMETALLIC COMPLEX COMPOUNDS OF COBALT (II) AND NICKEL (II). International Online Conference "Compounds and Materials with Specific Properties" July 10-11, 2020 Tbilisi, Georgia P. 59
9. L. Arabuli, N. Gegeshidze, M. Kereselidze, L. Skhirtladze. SYNTHESIS AND PROPERTIES OF MIXED LIGAND COMPLEX COMPOUNDS OF NICKEL (II). International Online Conference. "Compounds and Materials with Specific Properties" July 10-11, 2020 Tbilisi, Georgia P. 63
10. N. Gegeshidze, M. Tsintsadze, N. Kilasonia. Preparation and characterization of some double complex compounds of metals with N,N-dimethylformamide. CHEMICAL AND TECHNOLOGICAL ASPECTS OF BIOPOLYMERS Book Volume IP. 26-35 Publishing House "UNIVERSAL" 2020
11. Dewar M.I., Zorbisch E.G., Rcoly E.F., Stewart I.I. AMI: A New Purpose quantum Mechanical Model. A. Amer. chem. Soc. 1985. V. 107. P. 3902
12. Кларк К. Компьютерная химия. Мир. 1990 г. 88 с
13. М. Оргин, Дж. Маррел. Разрыхляющие орбитали. Мир, 1969 г. 410 с
14. Дж. Маррел, С. Кент, Дж. Тедер. Химическая связь. 1980 г. 383 с
15. Гутман В. Химия координационных соединений в неводных растворах. - М.: Мир, 1971. - С. 197-202 (диметилсульфоксид как растворитель)
16. V. A. Khutornoi, Nikolay Naumov, Yuri V. Mironov, O. Oeckler. Russian Journal of Coordination Chemistry 28(3) · Vol. 28, No. 3, 2002, pp. 183–190
17. Upadhayay N., Synthesis, Characterization and Biological Studies of Some Thiocyanato-bridged Bimetallic Complexes Containing Co(II), Cd(II), Hg(II) and N, N'-Bis(benzylidene)- 1,2-phenylene-diamine Schiff Base, Chem. Sci. Trans., 2013; 2(2): 455-460.
18. Tomkiewicz A., Kłak J. and Mroziński J., Bimetallic complexes with macrocyclic ligands. Variation of magnetic exchange interactions in some heteronuclear thiocyanatobridged compounds, Materials Science-Poland, 2004; 22(3): 253.
19. Shukla S. N., Nigam H. K., Upadhayay N., Khan S. J Appl. Biosci., 2006, 32(1), 68.
20. Usha R.J., Mani J.A.M and Joseph V., Impedance analysis of bimetallic thiocyanate ligand based single crystals of MnHg(SCN)₄ and CdHg(SCN)₄, Sci. Res. 2012; 4(1): 638-644.
21. ИК спектры и строение органических соединений. // Наканиси К. М. Мир. 1965. 216 с.
22. Колебательные и вращательные спектры многоатомных молекул. Герцберг М: Ил. 1949- 536с.
23. Цивадзе Ю.А. Дисс. на соиск. уч. ст. доктора хим. наук. М. ИОНХ АН СССР. 1978 г. 54 с
24. Инфракрасные спектры сложных молекул. Беллами Л. -М.: ИЛ., 1963- 590 с.
25. ИК спектры и спектры КР неорг. и коорд. соединений / Накамото К. М.: Мир, 1991- 266
26. Цивадзе Т.Ю., Цинцадзе Г.В., Гонгадзе Н.П., Харитонов Ю.Я. Исследование псевдогалогенидокомплексов марганца и кобальта с диэтиламидом никотиновой кислоты методом ИК спектроскопии. Коорд. химия. 1975, т. 1, №8, с. 1084-1094
27. Цивадзе А.Ю., Цинцадзе Г.В., Гонгадзе Н.П., Харитонов Ю.Я. О способе координации молекул диэтиникотинамида в комплексах цинка и меди. Коорд. химия. 1975, т. 1, №9, с. 1212-1220

UDC 541.49

SYNTHESIS AND STUDY OF DOUBLE COMPLEX NICKEL (II) COMPOUND WITH IZONICOTINAMIDE AND THIOCYANATE

M. Tsintsadze^{1,2}, N. Gegeshidze^{1,2}, N. Kilasonia^{1,2}, N. Endeladze³

E-mail: nana.gegeshidze@gtu.ge

Resume: Goal. The aim of our study is to study the effect of solvents on the complexing ability of the isonicotinamide molecule, on the basis of calculations, the development of an optimal method for the synthesis of a double mixed-ligand complex of nickel (II), the synthesis of a complex compound with isonicotinamide and thiocyanate and the study of some of its physicochemical properties, as well as the establishment of the structure of the synthesized connections.

Using the quantum-chemical semiempirical method AM1, the energetic, geometric and structural characteristics of the isonicotinamide molecule both in the gas phase and in various solvents were calculated, the effect of solvents on the complexing ability of the molecule was determined, which makes it possible to determine the optimal conditions for conducting targeted synthesis. The heat of formation of a molecule, bond length, bond angles, effective charges on atoms, population of electron orbitals were determined, electron-donating atoms of the organic ligand, etc. Were identified as solvents water, acetone, methanol, ethanol, chloroform and hexane.

Research methods. Theoretical quantum chemical study were carried out using the AM1 semi-empirical method. The calculations were carried out on a Pentium III computer. The IR spectrum of the synthesized compound was recorded on a TENSOR II Fourier spectrometer in the range of 400-4000 cm⁻¹ with a measurement accuracy of 0.5 cm⁻¹. The technique of grinding polycrystalline samples with petroleum jelly was used. KBr plastics (400-4000 cm⁻¹) were used. The absorption of vaseline oil was maximally compensated.

Results. A mixed-ligand double complex nickel (II) compound with isonicotinamide and thiocyanate of the composition [NiL₄(H₂O)₂][Ni(NCS)₄] was synthesized, where L is isonicotinamide. The compound was isolated in a solid state, stable in air, and some of its physical and chemical properties were studied.

Conclusion. An IR spectrometric study of the synthesized compound was carried out. The rule of coordination of the organic ligand and the thiocyanate ion was determined, which fully agrees with the data of quantum chemical calculations. Based on the analysis of the IR spectrum of the compound, the structure of the synthesized compound is proposed.

Key words: quantum chemical study; double and bimetallic complex compounds; aminopyridine; isonicotinamide; IR absorption spectrum.

უაკ 666.5

ახალ სანედლეულო ბაზაზე სინთეზირებული ბიომინების დაკრისტალეზით მიღებული მასალების თვისებათა შესწავლა

ე. უჩანეიშვილი

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, ქიმიური და ბიოლოგიური ტექნოლოგიების დეპარტამენტი, საქართველო, 0160, თბილისი, კოსტავას 69

E-mail: uchaneishvili.eka@gmail.com

რეზიუმე: მიზანი. საქონლის ძვლის გამოყენებით მიღებული ფოსფორშემცველი მინების კრისტალიზაციის უნარის დადგენა და მიღებული მასალების თვისებათა შესწავლა.

მეთოდი. კომპლექსური კალციუმფოსფატური ნედლეულის – საქონლის ძვლის ნაცრის გამოყენებით სინთეზირებული მინების დაკრისტალეზა ფართო ტემპერატურულ ინტერვალში და მიღებული მასალების თვისების შესწავლა მინის ქიმიური ტექნოლოგიის კვლევის მეთოდებით.

შედეგი. დაკრისტალეზისადმი მინების მიდრეკილებას განსაზღვრავს მათი სტრუქტურული დიფერენციაციის ხარისხი, კერძოდ მინის შედგენილობაში წარმოდგენილი ორი სახის მინაწარმომქმნელი ოქსიდი და მათ შორის არსებული SiO_2/P_2O_5 ფარდობა. $Na_2O - CaO - SiO_2 - P_2O_5$ სისტემაში სინთეზირებული მინების იპულეზითი დაკრისტალეზა ცვლის თვისებებს, რაც გამოვლინდა 850–950°C ინტერვალში მათი თერმული დამუშავებისას.

დასკვნა. სინთეზირებული მინების სტრუქტურული დიფერენციაციის ზრდა ხელს უწყობს მათ დაკრისტალეზას. საწყისი მინები ხასიათდება უფრო მაღალი სიმტკიცით კუმშვაზე და ფიზიოლოგიურ ხსნარში ხსნადობით, ვიდრე მათი დაკრისტალეზით მიღებული მასალები. პირიქით, დაკრისტალეზით მიღებული მინების სიმკვრივე და წყალშთანთქმა უფრო დიდია, ვიდრე მათ საფუძვლად აღებულ მინებს ახასიათებს. აღნიშნული უკავშირდება იმ გარემოებას, რომ მინების დაკრისტალეზისას ადგილი აქვს მინების არასრულ და ტლანქი კრისტალების შემცველ მასალაში გადასვლას.

საკვანძო სიტყვები: ბიომინა; შედგენილობა; დაკრისტალეზა; თვისებები.

1. შესავალი

ცნობილია მრავალი სახის ბიომასალა, რომელიც აქტიურად გამოიყენება მედიცინაში, მაგრამ ახალი შედგენილობის მასალების ძიება დღემდე აქტუალურ ამოცანად არის მიჩნეული. მათ შორის გამოყოფენ ბიომინას და ბიომინაკრისტალურ მასალებს, რომელთა მიღება ხდება მინისა და კერამიკის ტექნოლოგიაში ცნობილი მეთოდებით [1, 2].

უნდა აღინიშნოს, რომ ბიომინაკრისტალური მასალები ხელოვნური ძვლის მიღების ერთ-ერთი პერსპექტიული გზაა, რადგან ასეთ მასალებს უნარი შესწევს ბუნებრივ ძვალს კარგად შეეზარდოს ხანმოკლე პერიოდში [3, 4].

საკვლევ ობიექტად ავირჩიეთ $Na_2O - CaO - SiO_2 - P_2O_5$ კომპოზიცია, ხოლო მიზანი იყო ბიომასალების მისაღებად დამუშავებული საქონლის ძვლის (ძვლის ნაცარი) გამოყენების შესაძლებლობის დადგენა. აღნიშნული სანედლეულო მასალის დადებით მახასიათებლად შეიძლება ჩაითვალოს მისი ქიმიური და მინერალური შედგენილობა, რადგან ის დაახლოებით 97% კალციუმის ფოსფატს შეიცავს. მიღებული მინების შედგენილობა მრავალკომპონენტანია და მასში წარმოდგენილია შემდეგი სახის ოქსიდები: Na_2O (20–25 მას. %), CaO (22–25 მას. %), SiO_2 (42–47 მას. %), P_2O_5 (6–10 მას. %). ჩვენ მიერ ჩატარებული მინების მიღების პირობები წარმოდგენილია შესაბამის ნაშრომში [5].

კვლევა ჩატარდა სამი (C-1, C-2 და C-3) შედგენილობის მინაზე, რომელთაც განესაზღვრა კრისტალიზაციისადმი მიდრეკილების უნარი მასური კრისტალიზაციის მეთოდით და მახასიათებელი თვისების იმ მეთოდით, რომელიც რეკომენდებულია შესაბამის ლიტერატურაში [6, 7].

ნიმუშები დაკრისტალდა 600–1000°C ტემპერატურულ ინტერვალში, როდესაც ტემპერატურული

ბიჯი 50°C-ს, ხოლო მინის საცდელი ნიმუშების დაყოვნება ცდის ტემპერატურაზე 2,0–3,0 სთ-ს შეადგენდა. თერმული დამუშავებით გამოწვეული მინების ცვლილების დადგენა მოხდა ვიზუალურად, 4-ჯერადი გადიდების ლინზის მეშვეობით, ხოლო დაფიქსირებულ გარდაქმნათა შეფასება – შვიდბალიანი შეფასების პირობითი სკალით (ცხრილი 1).

ცხრილი 1

საკვლევი მინების კრისტალიზაციისადმი მიდრეკილების შეფასების სკალა

პირობითი ბალები	მინის თერმული დამუშავების შედეგად დაფიქსირებული გარდაქმნის დონე და ხარისხი	
	გარდაქმნის სახე	ხარისხი
I	მინის გარდაქმნას ადგილი არ აქვს	-
II	მინის ზედაპირმა შეიცვალა სახე	მრქალი ზედაპირული აფსკი
III	კრისტალიზაციური ზედაპირული ფენა	ფენის სისქე 1 მმ-მდე
IV	დაკრისტალეული ზედაპირული შრე	შრის სისქე 3 მმ-მდე
V	დაკრისტალეული ზედაპირული შრე და მოცულობაში კრისტალების არსებობა	მოცულობის 50 - 60% დაკრისტალდა
VI	მინის მოცულობის ძირითადი ნაწილი წარმოდგენილია მსხვილი (ტლანქი) კრისტალებით	მოცულობის 70 %-ზე მეტი დაკრისტალდა
VII	მინა მოცულობით სრულად დაკრისტალდა და ადგილი აქვს წვრილმარცვლოვან კრისტალიზაციას	მოცულობის 90 %-ზე მეტი დაკრისტალდა

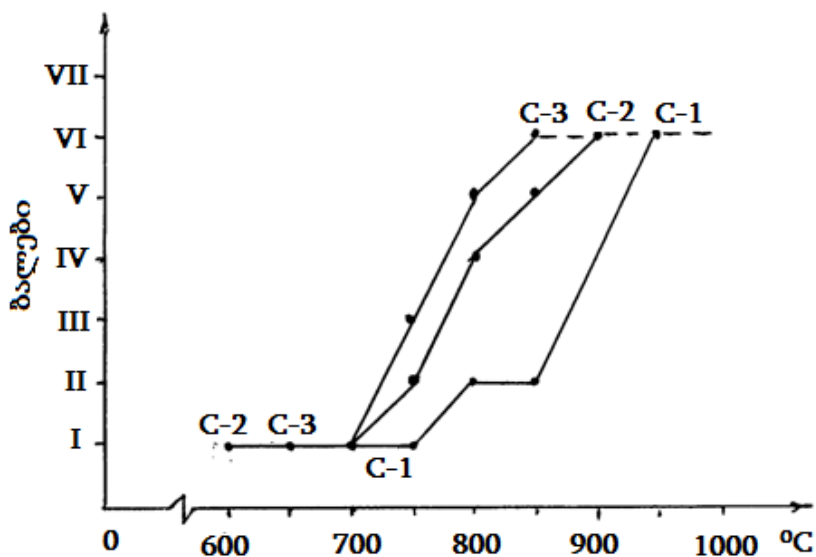
2. ძირითადი ნაწილი

სამივე შედგენილობის მინის ნიმუშებისათვის კრისტალიზაციისადმი მიდრეკილების უნარის შესწავლით დადგინდა, რომ კრისტალიზაციის პირველი ნიშნები (ნიმუშების ზედაპირზე თხელი კრისტალიზაციური აფსკის წარმოქმნა) 800°C-ზე მხოლოდ C-3 შედგენილობის მინას ახასიათებს, როდესაც აღნიშნულ მდგომარეობას C-2 მინა 750°C-ზე აღწევს. რაც შეეხება C-3 მინას, 800°C-ზე ადგილი აქვს V ხარისხის დაკრისტალეობას და მინის მოცულობით სანახევრო კრისტალიზაცია მიიღწევა. აღსანიშნავია, რომ ვიზუალურად არც ერთი მინა არ გადადის წმინდა კრისტალურ მდგომარეობაში (VII საფეხური – ხარისხი), ხოლო 2/3 მოცულობითი

(ტლანქი კრისტალები) კრისტალიზაცია სამივე მინისათვის მიიღწევა სხვადასხვა ტემპერატურაზე დაკრისტალეობისას: C-3 მინა დაკრისტალეობის VI ხარისხს აღწევს 850°C-ზე, C-2 –900°C-ზე, ხოლო C – 1 950°C-ზე საჭიროებს თერმულ დამუშავებას (სურ. 1).

დაკრისტალეობისადმი მიდრეკილების მიხედვით სამივე მინა შემდეგი მწკრივის სახით შეგვიძლია წარმოვადგინოთ: C-3 > C-2 > C-1.

მამასადამე, C-3 შედგენილობის მინა (25% CaO და 10% P₂O₅) უფრო დაბალ ტემპერატურებზე კრისტალდება, ვიდრე C-2 (24% CaO და 8% P₂O₅) და C – 1 (22% CaO და 6% P₂O₅).



სურ. 1. საკვლევი მინების დაკრისტალეზის უნარი

თუ მოვიშველიებთ საკვლევი მინების შედგენილობებს, შეიძლება გაკეთდეს დასკვნა – რაც მეტია მინებში $\%CaO + \%P_2O_5$ ჯამური შემცველობა, მით მეტია მინის კრისტალიზაციისადმი მიდრეკილება და, შესაბამისად, ბიომინაკრისტალური მასალის მიღების პერსპექტივა.

შეისწავლეს მახასიათებელი თვისებები საწყისი მინებისა (სერია C) და თერმული დამუშავებით მიღებული მასალებისათვის (სერია D). თვისებათა კვლევაში გამოყენებულ იქნა ცნობილი კვლევის მეთოდები, რომელთაგან გამოვყოფთ შემდეგ თავისებურებებს: მექანიკური სიმტკიცე კუმშვაზე განისაზღვრა კუბის ფორმის ნიმუშებზე, რომლის წიბოს

სიგრძე 10 მმ-ს შეადგენდა, ხოლო ქიმიური მდგრადობა და წყალშთანთქმა დადგინდა ფიზიოლოგიურ ხსნართან მიმართებაში.

რეაგენტის საკვლევად აიღეს საწყისი მინების (მოწვის პროცესი ჩატარდა $650-680^{\circ}C$ -ზე ინტერვალში) თერმული დამუშავებით მიღებული ($800^{\circ}C$ -ზე, დაყოვნება 2 სთ) დაკრისტალეზული მასალების ნიმუშები. მინის ნიმუშებს მიენიჭა ინდექსი C-1, C-2 და C-3, ხოლო დაკრისტალეზული მინის ნიმუშებს, შესაბამისად, D-1, D-2 და D-3. მინის (სერია „D“) ოთხი მახასიათებელი თვისების მნიშვნელობები მოყვანილია მე-2 ცხრილში.

ცხრილი 2

საწყისი და დაკრისტალეზული მინების მახასიათებელი თვისებები

N	თვისება	განზ. ერთ	შედგენილობების ინდექსი და თვისებათა მნიშვნელობა					
			C-1	C-2	C-3	D-1	D-2	D-3
1	სიმტკიცე კუმშვაზე (P_1)	მპა	51	48	47	39	41	48
2	ქიმიური მდგრადობა (Δg)	%	1,6	1,5	1,3	1,2	1,2	1,1
3	სიმკვრივე (d)	გ/სმ ³	2,66	2,67	2,69	2,72	2,73	2,74
4	წყალშთანთქმა (W)	%	0,05	0,06	0,05	1,30	1,25	1,20

საწყისი მინის (სერია C) და თერმულად დამუშავებული მინის – დაკრისტალებული მინის (სერია D) თვისებათა ცვლა შევეცადეთ წარმოგვედგინა გრაფიკულად. ამისათვის საჭირო გახდა „თვისება - შედგენილობა“ დამოკიდებულებათა აგება, რაც პირდაპირი გზით გარკვეულ ოქსიდთან მიმართებაში, ოთხკომპონენტის $Na_2O - CaO - SiO_2 - P_2O_5$ სისტემის პირობებში, სირთულეებთან

იყო დაკავშირებული. ამიტომ ჩატარდა C – 1, C – 2 და C–3 შედგენილობების ანალიზი, მათში წარმოდგენილი მინის წარმომქმნელების (SiO_2 და P_2O_5) და მინის სტრუქტურის მოდიფიკატორების (Na_2O და CaO) შემცველობების და ცალკეულ ოქსიდებს შორის არსებული თანაფარდობებიდან გამომდინარე (ცხრილი 3)

ცხრილი 3

საკვლევ მინებში შემავალი ოქსიდების თანაფარდობა

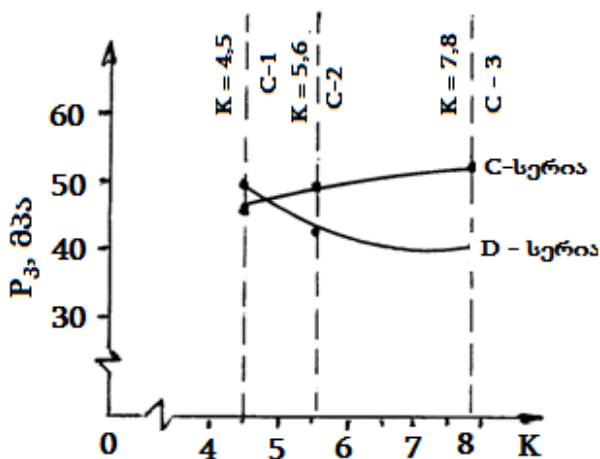
შედგენილობა	მინებში ოქსიდების შემცველობა, მას. %				მინებში ოქსიდების თანაფარდობა			
	Na_2O	CaO	SiO_2	P_2O_5	$(\%R_2O + \%RO) / (SiO_2 + P_2O_5)$	$\%CaO / \%SiO_2$	$\%CaO / \%P_2O_5$	$\%SiO_2 / \%P_2O_5$
C – 1	25	22	47	6	0,89	0,49	3,7	7,8
C – 2	23	24	45	8	0,89	0,53	3,0	5,6
C – 3	20	25	45	10	0,82	0,56	2,5	4,5

შესაბამისი გათვლებით დადგინდა, რომ ყოველგვარი თვისებრივი ცვლილება, რომელიც გამოწვეულია მინებსა და მათი თერმული დამუშავებით მიღებულ დაკრისტალებულ მასალაში, დამოკიდებულია CaO/P_2O_5 და SiO_2/P_2O_5 მინამასალებში არსებულ თანაფარდობაზე. მათგან SiO_2/P_2O_5 ფარდობა (ორი კლასიკური მინაწარმომქმნელი ოქსიდი) მინის სტრუქტურული დიფერენციაციის განმსაზღვრელ ფაქტორად უნდა მივიჩნიოთ. რაც შეეხება CaO/P_2O_5 ფარდობას, ის მინის დაკრისტალებისას კალციუმის ფოსფატების წარმოქმნის განმსაზღვრელი მაჩვენებელი უნდა იყოს, რადგან რაც მეტია CaO -ს შემცველობა, მით უფრო მოსალოდნელია მისი ფოსფატების წარმოქმნა მინების კრისტალიზაციისას. მაგრამ ყოველგვარი გარდაქმნების საწინდრად მინის სტრუქტურული დიფერენცია შეიძლება იქნეს მიჩნეული – სილიკატური ფუძის მინაში ($\%SiO_2=45-47$) შესაძლოა ფოსფატური მინის $\%/P_2O_5=6-8$) უბნების არსებობა, რადგან ორი რადიკალურად განსხვავებული მინის წარმომ-

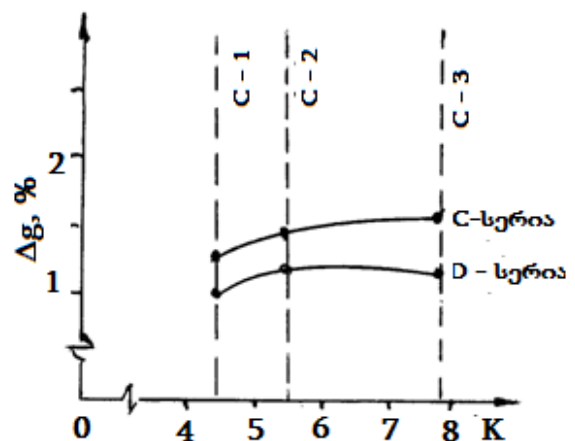
ქმნელი (როგორც წესი) მინის ერთიან სტრუქტურულ ბაძეს ვერ წარმოქმნის [8].

საკვლევ მინამასალებში (მინა, დაკრისტალებული მინა) შესწავლილ თვისებათა ცვლის ტენდენციები ჩვენ, შესაბამისი გრაფიკების სახით, დავაკავშირეთ მინის სტრუქტურული დიფერენციაციის ამსახველ SiO_2/P_2O_5 ფარდობას (K - სიდიდე).

ორი შესწავლილი წამყვანი თვისებათა დამოკიდებულება მინის დიფერენციაციის ხარისხის შესაფასებელ SiO_2/P_2O_5 ფარდობასთან მიმართებაში წარმოდგენილია მე-2 და მე-3 სურათებზე. თვისებათა ცვლის მიმართ გამოიკვეთა ერთი საერთო კანონზომიერება – მინები (C-1, C-2, C-3) ხასიათდება უფრო მაღალი მექანიკური სიმტკიცით კუმშვაზე და ფიზიოლოგიურ ხსნარში ხსნადობით, ვიდრე მათი დაკრისტალებით მიღებული მასალები D-1, D-2, D-3, ამავე დროს, დაკრისტალებული მინების სიმკვრივე და წყალშთანთქმა უფრო დიდია, ვიდრე მათ საფუძვლად გამოყენებულ მინებს ახასიათებს (ცხრილი 2).



სურ. 2. საწყისი (C) და დაკრისტალეზებული (D) მინის სიმტკიცე კუმშვაზე



სური 3. საწყისი (C) და დაკრისტალეზებული (D) მინის ქიმიური მდგრადობა

3. დასკვნა.

შესწავლილ თვისებათა თავისებურ ცვლასთან მიმართებაში მიღებული ექსპერიმენტული შედეგები უკავშირდება იმ გარემოებას, რომ მინის მიზნობრივად ჩატარებული თერმული დამუშავებით ხდება მინის დაკრისტალეზა. მაგრამ, ეს პროცესი სრულად არ მიმდინარეობს და ამავე დროს ადგილი აქვს ტლანქ და არა წმინდა მარცვლოვან კრისტალიზაციას. მოსალოდნელია დაკრისტალეზულ მინებში შიგა დაძაბულობების არსებობა, რაც განაპირობებს დაკრისტალეზული ნიმუშების მექანიკური სიმტკიცის კლებას (სურ. 2) და ზედაპირული მიკრობზარების წარმოქმნის გამო წყალშთანთქმის მატებას (ცხრილი 1). ამავე დროს, თერმული დამუშავებით მიღწეული დაკრისტალეზა იწვევს კრისტალური ნაერთების წარმოქმნას, რომლის თვისებრივი მაჩვენებლები განაპირობებს დაკრისტალეზის შედეგად მიღებული მინამასალების ქიმიური მდგრადობის და სიმკვრივის მაჩვენებლების ზრდას (ცხრილი 1).

ჩატარებული კვლევით გამოვლინდა, რომ მინების დაკრისტალეზის უნარი დამოკიდებულია მათი სტრუქტურული დიფერენციაციის ხარისხზე, რომელსაც განსაზღვრავს მათში წარმოდგენილი კლასიკური მინის წარმომქმნელების შემცველობა, რაც განისაზღვრა % SiO_2/P_2O_5 ფარდობით (იცვლება 4,5–7,8 ფარგლებში). რაც ნაკლებია აღნიშ-

ნული ფარდობის სიდიდე, მინის მით უფრო მადალსტრუქტურულ დიფერენციაციას უნდა ჰქონდეს ადგილი, რომელიც, თავის მხრივ, ხელს უწყობს დაკრისტალეზას. ექსპერიმენტით დადასტურდა, რომ საკვლევი მინების დაკრისტალეზის ხარისხი იზრდება P_2O_5 შემცველობასთან მიმართებაში და განსაკუთრებით ვლინდება 10 წონ % P_2O_5 შემცველ მინაში. აღნიშნული დასტურდება საკვლევი მინების დაკრისტალეზით გამოწვეული მექანიკური სიმტკიცისა და ქიმიური მდგრადობის მაჩვენებლების შემცირებაში და სიმკვრივისა და წყალშთანთქმის ზრდაში.

ლიტერატურა.

1. Gross U., Struz U. //Biomedical Materials Res., 1985, V. 19, №3, pp. 251-253.
2. Klichy N., Toshihiro// J. Ceram. Soc. Jap. Int. Ed. 1989, v. 97, №2, pp. 252-257.
3. Саркисов П.Д. Направленная кристаллизация стекла – основа получения многофункциональных стеклокристаллических материалов. М., РХТУ, 1997, 218 с.
4. Баринов С.М., Комлев В.С. Биокерамика на основе фосфоров кальция. М., Наука, 2005, 204 с.
5. ე. უჩანეიშვილი, თ. ჭეიშვილი. ბუნებრივი ძვლის გამოყენებით ბიოაქტიური მინამასალების მიღების შესაძლებლობის დადგენა.

- პროფ. ვ. ერისთავის 80 წლისთავისადმი მიძღვნილი საერთ. საგენ.-ტექნიკური კონფერენცია „გარემოს დაცვა და მდგრადი განვითარება“. თეზისები. თბილისი, 2019, გვ. 73-75.
6. Павлушкин Н.М., Ходаковская Р.Я., Сентюрин П.Г. Практикум по технологии стекла и ситаллов. М., Стройиздат, 1970, 512 с.
7. ა. სარუხანიშვილი, ნ. ქუთათელაძე. მინის ფიზიკურ-ქიმიური და მექანიკური თვისებები. თბილისი: სპი, 1981, 105 გვ.
8. Аппен А.А. Химия стекла. Л., Химия, 1974, с. 251-299.

UDC 666.5

STUDY OF PROPERTIES OF MATERIALS OBTAINED THROUGH CRYSTALLIZATION OF BIOGLASSES SYNTHESIZED BASED ON THE BASIS OF NEW RAW MATERIAL BASE

E. Uchaneishvili

Georgian Technical University, Department of Chemical and Biological Technologies, 69, Kostava Str., Tbilisi, 0160, Georgia

E-mail: uchaneishvili.eka@gmail.com

Resume: *Goal.* Establishment of crystallization ability of phosphorus-containing glasses obtained using animal bones and study of properties of obtained materials.

Method. Crystallization of synthesized glasses using complex calcium-phosphate raw material – animal bone ash in wide temperature range and study of properties of obtained materials using the research methods of glass chemical technology.

Result. Glass tendency toward crystallization is determined by their structural differentiation degree, in particular, by two kinds of glass-forming oxides presented in glass composition and ratio SiO_2/P_2O_5 between them. Coercive crystallization of glasses synthesized in $Na_2O - CaO - SiO_2 - P_2O_5$ system changes the properties that was especially manifested during their thermal processing within 850-900°C temperature range.

Conclusion. Increase of structural differentiation of synthesized glasses promotes their crystallization. Original glasses are distinguished by higher compression strength and solubility in physiological saline than materials obtained via their crystallization. On the contrary, density and water absorption of crystallized glasses is higher than that peculiar for glasses taken as their base. The mentioned fact has to be related to that circumstance that transition of glasses into incomplete material containing coarse-grained crystals takes place during glass crystallization.

Key words: bioglass; composition; crystallization; properties.

უაკ 666.1/2; 666.3

**$Na_2O - CaO - SiO_2 - P_2O_5$ კომპოზიციაში სინთეზირებული მინების
ჰეტეროგენული ჩანასახწარმოქმნით მიღებული მინაკრისტალური მასალების
თვისებების შესწავლა**

თ. ჭეიშვილი, ე. უჩანეიშვილი

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, ქიმიური და ბიოლოგიური ტექნოლოგიების დეპარტამენტი,
საქართველო, 0160, თბილისი, კოსტავას 69

E-mail: t.cheishvili@gtu.ge

რეზიუმე: მიზანი. $Na_2O - CaO - SiO_2 - P_2O_5$ კომპოზიციაში მიღებული მინების ჰეტეროგენული კრისტალიზაციის პროცესზე ფთორშემცველი ნუკლეატორის გავლენის დადგენა და მიღებული წმინდა კრისტალური სტრუქტურის მინამასალების თვისებების შესწავლა.

მეთოდი. ბიომინის მისაღებ კაზიმებში მიზნობრივად, მათგან მინაკრისტალური მასალების მიღების მიზნით, კრისტალიზაციის მაინიცირებელი ნუკლეატორის (ფთორი) შეყვანა და მინების სინთეზი დაახლოებით $1350^{\circ}C$ -ზე. მიღებული მინების იძულებითი დაკრისტალება $600-1000^{\circ}C$ ტემპურულ ინტერვალში, ნუკლეატორის შემცველობისა და თერმული დამუშავების იმ ოპტიმალური პარამეტრების დადგენა, რომლებიც უზრუნველყოფს წმინდა კრისტალური სტრუქტურის მინამასალების მიღებას. ჰეტეროგენული დაკრისტალებით მიღებული მინაკრისტალური მასალების თვისებების შესწავლა მინის და მინაკრისტალური მასალების ტექნოლოგიაში მიღებული ფიზიკურ-ქიმიური კვლევის მეთოდებით.

შედეგი. ნუკლეატორის (ფთორი) შემცველი საკვლევი მინების მიზნობრივად ჩატარებული თერმული დამუშავებით მიღებულ იქნა წმინდა კრისტალური აღნაგობის მინამასალები, რომლებიც ხასიათდება სასურველი ფიზიკურ-ქიმიური თვისებებით. საუკეთესო ტექნოლოგიურობით და მახასიათებელი თვისებებითაა მნიშვნელობებით გამოირჩევა მინა, რომელიც ნუკლეატორად შეიცავს 4% ფთორს.

დასკვნა. ფოსფორის ანჰიდრიდთან $Na_2O - CaO - SiO_2 - P_2O_5$ კომპოზიციაში შესაძლებელია

წმინდა კრისტალური აღნაგობის მინამასალების მიღება საწყის შედგენილობაში 4% ფთორის და მინების $850-900^{\circ}C$ -ზე იძულებითი დაკრისტალებით. ჰეტეროგენული დაკრისტალებით მიღებული ფოსფორშემცველი (10 მას. % P_2O_5) მინამასალები ხასიათდება: სიმტკიცე კუმშვაზე – 71 მპა, ქიმიური მდგრადობა ფიზიოლოგიურ ხსნარში (წონის დანაკარგები) – 0,8 %, წყალშთანთქმა – 1,1 %. აღნიშნული მინამასალები რეკომენდებულია ბიოაქტიური მინამასალების მისაღებად.

საკვანძო სიტყვები: მინა; ნუკლეატორი; თერმული დამუშავება; დაკრისტალება; თვისებები.

1. შესავალი

პერსპექტიული ბიომასალების მიღებისათვის მნიშვნელოვანია ახალი შედგენილობის მინებისა და მინაკრისტალური მასალების მიღება. კარგადაა ცნობილი კომპლექსური კვლევის შედეგები არაერთი ბიომინაკრისტალური მასალის მიღების შესახებ და შემუშავებულია რეკომენდაციები მედიცინაში მათი კლინიკური გამოყენებისათვის. როდესაც განიხილება საკითხი, თუ როგორი უნდა იყოს ბიომასალა, რომელიც იმპლანტის ფუნქციას შეასრულებს, ყურადღება ექცევა მათ ქიმიურ თვისებებს, მექანიკურ მახასიათებლებს და სხვა [1, 2].

ბიომინაკრისტალური მასალების საფუძველი ძირითადად სამ ($Na_2O - CaO - SiO_2$) ან ოთხკომპონენტია ($Na_2O - CaO - Al_2O_3 - SiO_2$) კომპოზიციებია, რომლებშიც ბიოლოგიურად აქტიურ კომპონენტად შეიყვანება P_2O_5 , ხოლო მათი მიღების შესაძლებლობას განსაზღვრავს ე.წ. ნუკლეატორები

(კრისტალიზაციის კატალიზატორები), მაგ., ტიტანის დიოქსიდი, ფთორიდები ან სხვა ნაერთები [3].

ბიოლოგიურად აქტიური მინაკრისტალური მასალები პოლიკრისტალური სახის ნივთიერებაა, რომელშიც კალციუმის ფოსფატები, სილიკატური ან სხვა სახის კრისტალური ფაზების თანაარსებობა შესაძლებელია. მნიშვნელოვანია, რომ მინაკრისტალური ბიომასალები ხასიათდება უფრო მაღალი მექანიკური სიმტკიცით და ბზარების წარმოქმნისადმი დაბალი მიდრეკილებით, ვიდრე ბიომინა და ბიოაქტიურობით გამორჩეული ჰიდროქსიპატიტური კერამიკა. აღნიშნულის წინაპირობა არის ბიომინაკრისტალური მასალის ფაზური შედგენილობა და მათი წმინდა კრისტალური აღნაგობა. აღნიშნული უპირატესობიდან გამომდინარე, ჩვენ მიერ სინთეზირებულ იქნა მინები, რომელთა შედგენილობაა (მას. %): 20 – 25 Na_2O , 22-25 CaO , 42 – 47 SiO_2 და 6 – 10 P_2O_5 . აღნიშნული მინების მისაღებად ფოსფორშემცველ ნედლეულად აღებულ იქნა დამუშავებული მსხვილფეხა საქონლის ძვალი (ძვლის ნაცარი). სინთეზირებული მინების შედგენილობა და თვისებები წარმოდგენილია ჩვენს პუბლიკაციებში [4, 5].

ჩატარებული კვლევებით დადასტურდა, რომ ნედლეულად საქონლის ძვლის გამოყენებისას შესაძლებელია მინებისა და მათგან მინაკრისტალური მასალის მიღება, რომელთაგან თვისებებით გამოირჩევა C-3 შედგენილობა. მისი ოქსიდური შედგენილობაა (მას. %): 20 Na_2O , 25 CaO , 45 SiO_2 , 10 P_2O_5 . ეს მინა ხასიათდება კრისტალიზაციისადმი მაღალი მიდრეკილებით, მაგრამ თვისებრივად ჩამორჩება C-2 და C-1 შედგენილობებს (შესაბამისად, 8 და 6 მას. % P_2O_5 -ის შემცველობით). მაგრამ მინაკრისტალური მასალების მისაღებად სასურველია კრისტალიზაციისადმი მიდრეკილი მინისათვის უპირატესობის მინიჭება. C-3 მინა იძლევა ტრანსკრისტალურ სტრუქტურას, მაგრამ უფრო დაბალტემპერატურულ ინტერვალში, ვიდრე სხვა შესწავლილი მინა (C-2 და C-1 მინები).

2. ძირითადი ნაწილი

C-3 მინასთან მიმართებაში დაიგეგმა წმინდა კრისტალური სტრუქტურის მასალის მიღება, რო-

მელსაც უკეთესი თვისებები ექნება, რადგან მისი სტრუქტურა ძირითადად (90% და მეტი) წარმოდგენილია წვრილმარცვლოვანი კრისტალებით, რომლებიც შეკავშირებულია ნარჩენი მინით, რისგანაც ისინი ჩამოყალიბდა. ლიტერატურიდან ცნობილია, რომ სილიკატური ფუძის და ფოსფორის ოქსიდის შემცველი მინების წმინდა კრისტალური სტრუქტურის მიღწევა შესაძლებელია მასში ნუკლეატორის (კრისტალიზაციის ინიციატორი) შეყვანით და ამ მიზნით რეკომენდებულია ფთორის გამოყენება. ფთორი შეიყვანება ფთორშემცველი ნაერთებით და ამისათვის იყენებენ: CaF_2 -ს, Na_2SiF_6 და Na_3AlF_6 [3]. წარმოდგენილი ფთორიდებიდან ყველაზე ხელმისაწვდომი ნაერთია CaF_2 (მცხობი შპატი) - ჩვენი არჩევანი მასზე შეჩერდა.

ფთორის მიერ გამოწვეული მინის გარდაქმნა მინაკრისტალურ მასალაში შესაძლებელია მისი 3–5% შემცველობისას. თუ გავითვალისწინებთ, რომ CaF_2 -ში შემავალი კალციუმის და ფთორის ატომებია 51% Ca და 49% F, მაშინ გარკვეული რაოდენობის ფთორის შესაყვანად საჭირო CaF_2 -ის რაოდენობა იქნება: 3% F – 6,2 მას. % CaF_2 ; 4% F – 8,2 მას. % CaF_2 ; 5% F – 10,3 მას. % CaF_2 .

აღნიშნულის გათვალისწინებით, C-3 საფუძველზე შევადგინეთ სამი კაზმი (სერია E), რომელსაც დაემატა 6,2; 8,2; 10,3 მას. % CaF_2 . C-3 მინის კაზმის შემადგენელი კომპონენტებია (მას. %): ძვლის ნაცარი – 22,4; კვარცის ქვიშა – 56,4, ცარცი – 19,4; კალციონირებული სოდა – 35,0 (ჯამი: 133,2 კმ/100 კმ მინაზე), ე.ი. მიზნობრივად სინთეზირებული ნუკლეატორების შემცველი მინების კაზმის შედგენილობაა (მას. %):

$$\begin{array}{l} \frac{E-1}{\text{კაზმი C-3}} \\ + CaF_2-6,2 \end{array} \quad \frac{E-2}{\text{კაზმი C-3}} \\ + CaF_2-8,2$$

$$\frac{E-1}{\text{კაზმი C-3}} \\ + CaF_2-10,8$$

CaF_2 იმ კაზმის დანამატია, რომელიც 100 მას. % C-3 მინას იძლევა.

უკვე ხუთკომპონენტის კაზმის 3 ვარიანტის მომზადების შემდეგ მოვახდინეთ მინების სინთეზი $1350 \pm 10^\circ C$ ტემპერატურაზე ელექტრომახურებელში ან ლუმელში, მინის სახარში ჭურჭელი შამოტის

დაახლოებით 150 მლ ტევადობის ქოთანია. ხარშვის მაქსიმალურ ტემპერატურაზე დაყოვნების დრო 2 სთ-ია. მიღებული ნაღონები გადაასხეს ლითონის ყალიბებში და რამდენიმეწუთიანი დაყოვნების შემდეგ გადაიტანეს მუფელის ღუმელში, სადაც მოხდა მათი მოწვა და ნელი გაცივება. მოწვის ტემპერატურა შეადგენდა $640 \pm 10^{\circ}\text{C}$, ხოლო ამ ტემპერატურაზე დაყოვნება – 45–60 წუთის განმავლობაში (მომდევნო გაცივებით $\varepsilon=6^{\circ}\text{C}$ წთ/სიჩქარით). მუფელიდან გამოღებული ნიმუშებიდან დაამზადეს საცდელი ნიმუშები შემდგომი კვლევის ჩასატარებლად.

ჩატარებული ხარშვის და სამივე ნაღონის ყალიბებში ჩამოსხმით მიღებული შედეგების შეფასება წარმოდგენილია 1-ელ ცხრილში.

E-3 შედგენილობის მინის კაზმიდან მიიღება განფენადი მინის მასა, რომელიც მეტყველებს ფთორის სიჭარბეზე, რამაც გამოიწვია მინის სტრუქტურის ღრმა დიფერენციაცია (მაკროლიკვაცია). ასეთი მინა წვრილმარცვლოვანი მინაკრის-ტალური მასალის მისაღებად არ გამოდგება.

ცხრილი 1

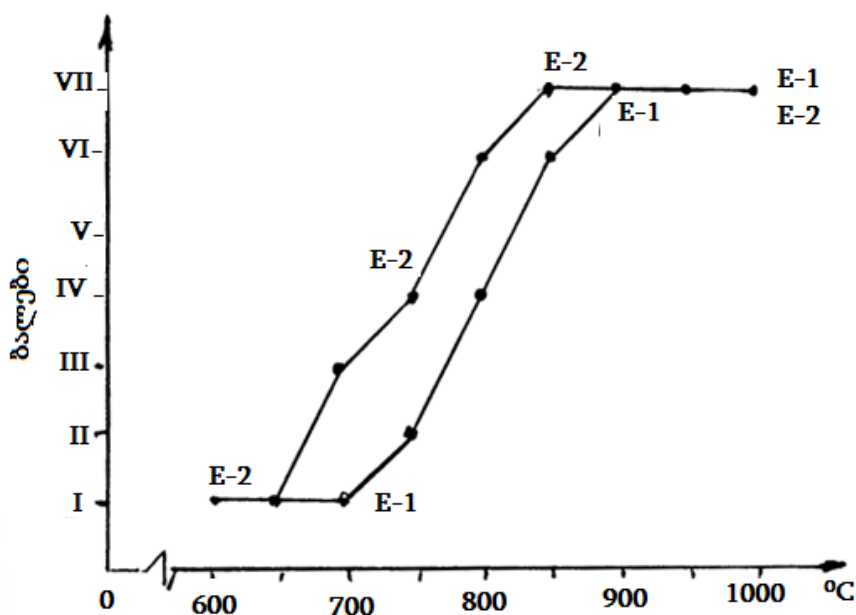
E სერიის ფთორშემცველი მინების სინთეზის შედეგები

N	მინის ინდექსი	კაზმის შედგენილობა		სინთეზი		სინთეზის შედეგები
		კაზმის რეცეპტი	დამატებული CaF_2 მას. %	$t^{\circ}\text{C}$	დაყოვნება სთ	
1	E - 1	C - 3	6,2	1350 ± 10	2	გამჭვირვალე სუფთა ნაღონი და დაყალიბებული მინა
2	E - 2	C - 3	8,2		2	გამჭვირვალე სუფთა ნაღონი და დაყალიბებული მინა
3	E - 3	C - 3	10,3		2	გამჭვირვალე სუფთა ნაღონი და დაყალიბებისას განფენადი მინა

შემდგომი მიზნობრივი კვლევა განხორციელდა E-1 და E-2 შედგენილობის მინებთან მიმართებაში. პირველ რიგში განისაზღვრა E-1 და E-2 შედგენილობის მინების კრისტალიზაციისადმი მიდრეკილება, რათა გარკვეულიყო მათი წმინდა კრისტალურ მასალაში გარდაქმნის შესაძლებლობა, ე.ი. სრული მოცულობითი კრისტალიზაციის მიღწევის შესაძლებლობა და ბიომინაკრისტალური მასალის მიღება.

ორივე შერჩეული E-1 და E-2 მინის კრისტალიზაციის უნარი შეფასდა მასობრივი დაკრის-

ტალების მეთოდით და პირობითი 7-ბალიანი სკალით. კრისტალიზაცია ჩატარდა $600-1000^{\circ}\text{C}$ ტემპერატურულ ინტერვალში, ხოლო ტემპერატურის ბიჯი შეადგენდა 50°C , როდესაც კონკრეტულ ტემპერატურაზე დაყოვნების დრო იყო 2 საათი. ნიმუშების დაკრისტალების დონის შეფასება მოხდა ვიზუალურად ოთხჯერადი ოპტიკური ლუპის გამოყენებით. E-1 და E-2 მინების კრისტალიზაციით მიღებული შედეგები მოყვანილია სურათზე წარმოდგენილი გრაფიკული მასალით.



ფთორშემცველი E-1 და E-2 შედგენილობის
მინების კრისტალიზაციისადმი
მიდრეკილება

მიზნობრივად ჩატარებული თერმული დამუშავებით და ორივე მინის კრისტალიზაციის დონის შეფასებით დადგინდა, რომ უფრო დაბალ ტემპერატურაზე (700°C) დაკრისტალდება იწყებს E-2 მინა (4 % F-ის შემცველობით), ხოლო მინის კრისტალიზაციური უნარი მკვეთრად მატულობს 700–950°C ინტერვალში. 850°C-ზე დაფიქსირდა პირობითად სრული მოცულობითი კრისტალიზაცია (7 ბალი), რომელიც 1000°C-მდე შენარჩუნდა (ინტესიური კრისტალიზაციის ინტერვალი $\Delta t=50^\circ\text{C}$ შეადგენს).

რაც შეეხება 3% F-ის შემცველ E-1 შედგენილობას, აქაც მიიღწევა სრული დაკრისტალება, მაგრამ 900°C-ზე ანუ 50°C-ით უფრო მაღალ ტემპერატურაზე და როგორც E-2 მინისათვის, შენარჩუნდება 1000°C-ის ჩათვლით ($\Delta t = 100^\circ\text{C}$).

გრაფიკული მასალა, რომელიც სურათზეა წარმოდგენილი, აჩვენებს, რომ ტექნოლოგიურად

ბიომინაკრისტალური მასალის მისაღებად ხელსაყრელია E-2 შედგენილობის მინის გამოყენება, რომელიც უფრო დაბალ ტემპერატურაზე კრისტალდება. კრისტალიზაციის ერთსაფეხურიანი რეჟიმის პირობებში, ე.ი. E-2 შედგენილობისათვის (4% F-ის შემცველი) კრისტალების ზრდის მაქსიმუმი მიიღწევა 850°C და C-3 უფრო მაღალ ტემპერატურებზე.

E-2 შედგენილობის და 850°C-ზე 2 საათის განმავლობაში თერმულად დამუშავებული მინაკრისტალური მასალის თვისებათა შესწავლით დადგინდა, რომ მიღებული წმინდა კრისტალური აღნაგობის მინა ხასიათდება დაკრისტალბულ საწყის (D-3) შედგენილობასთან (ფთორის გარეშე) შედარებით უფრო მაღალი მექანიკური სიმტკიცით და სიმკვრივით, როდესაც წყალშთანთქმის მაჩვენებლები პრაქტიკულად უცვლელი რჩება.

ძვლის ნაცრის გამოყენებით მიღებული D-3 და 4 % F-ის შემცველი
E – 3 მინაკრისტალური მასალების თვისებები

N	თვისება	განზომილება ერთ.	მინაკრისტალური მასალის თვისებათა მაჩვენებლები	
			D - 3	E – 3
1	მექანიკური სიმტკიცე კუმშვაზე (P)	მპა	48	71
2	ქიმიური მდგრადობა ფიზიოლოგიურ ხსნარში (Δg)	%	1,1	0,8
3	სიმკვრივე (d)	გ/სმ ³	2,74	2,82
4	წყალშთანთქმა (W)	%	1,2	1,1

3. დასკვნა

საქონლის ძვლის ნაცრის გამოყენებით შესაძლებელია ბიოაქტიური ფოსფორშემცველი მინების მიღება. მათ შედგენილობაში 3–4 % ნუკლეატორის (ფთორის) შეყვანა განაპირობებს ჰეტეროგენული კრისტალიზაციის პროცესის წარმართვას.

შესწავლილი მინების სრული მოცულობითი წმინდა კრისტალური სტრუქტურის მიღება მიიღწევა ნუკლეატორის შემცველი მინების 850–900°C-ზე 2 სთ-ის განმავლობაში თერმული დამუშავებით. ჰეტეროგენული დაკრისტალების პროცესი უზრუნველყოფს კარგი ფიზიკურ-ქიმიური თვისებების მქონე მონაკრისტალური მასალის მიღებას. კერძოდ, დაკრისტალებული მინები ხასიათდება მაღალი მექანიკური სიმტკიცით კუმშვაზე (71 მპა), დაბალი ხსნადობით ფიზიოლოგიურ ხსნარში (0,8%) და წყალშთანთქმით (1,1 %). მიღებული მინაკრისტალური ფოსფორშემცველი მასალები რეკომენდებულია როგორც ბიოაქტიური მასალა.

ლიტერატურა

1. Тихановский М.А., Шепелев А.Г., Кутний К.В., Немашенко О.В. Биоматериалы: анализ современных тенденций развития на основе данных от информационных потоках. Журнал «Вопросы атомной техники», 2008, Т 17. С. 166 – 172.
2. Биоактивный керамический композит «Синте-кость».
<http://bioactiveceramics.com/pricelist-ru.html>
3. Саркисов П.Д. Направленная кристаллизация стекла – основа получения многофункциональных стеклокристаллических материалов. М., РХТУ, 1997, 218 с.
4. ე. უჩანეიშვილი, თ. ჭეიშვილი. ბუნებრივი ძვლის საფუძველზე ბიოაქტიური მინამასალის მიღება. საერთ. სამეცნ. ტექნიკური კონფერენცია „ბუნების დაცვა და მდგრადი განვითარება“. შრომები. თბილისი: სტუ, 2020, გვ. 328-331.
5. ე. უჩანეიშვილი, თ. ჭეიშვილი. ბიოაქტიური მინამასალების მიღებისათვის ახალი სახეობის სა-ნედლეულო ბაზის შერჩევა. კერამიკა და მოწინავე ტექნოლოგიები. ტ. 22, N2(44), 2020 გვ. 37-40.

UDC 666.1/2; 666.3

STUDY OF PROPERTIES OF VITROCRYSTALLINE MATERIALS OBTAINED THROUGH HETEROGENEOUS NUCLEATION OF SYNTHESIZED GLASSES IN $Na_2O - CaO - SiO_2 - P_2O_5$ COMPOSITION

T. Cheishvili, E. Uchaneishvili

Georgian Technical University, Department of Chemical and Biological Technologies, 69, Kostava Str., Tbilisi, 0160, Georgia

E-mail: t.cheishvili@gtu.ge

Resume: *Goal.* Determination of fluorine-containing nucleator effect on heterogeneous crystallization process of glasses obtained in $Na_2O - CaO - SiO_2 - P_2O_5$ composition and study of properties of obtained glass materials having finely crystalline structure.

Method. Targeted insertion of crystallization triggering nucleator (fluorine) into bioglass obtaining furnace-charge, with the purpose of vitrocrySTALLINE materials receipt and glass synthesis at roughly 1350°C. Coercive crystallization of obtained glasses within 600-1000°C temperature range, determination of nucleator content and those optimum parameters of thermal processing, which provide receipt of glass materials of pure crystalline structure. Study of properties of vitrocrySTALLINE materials obtained through heterogeneous crystallization using the methods of physical-chemical research commonly accepted in glass and vitrocrySTALLINE materials technology.

Result. Through purposely conducted thermal processing of investigated glasses containing nucleator (fluorine) there were obtained glass materials of finely crystalline structure, which are featured by desirable physical-chemical properties. A glass containing 4% of fluorine as a nucleator stands out by the best processability and characteristic properties.

Conclusion. It is possible to obtain glass materials of pure crystalline structure in $Na_2O - CaO - SiO_2 - P_2O_5$ composition with phosphoric anhydride with 4% fluorine in initial content and coercive crystallization of glasses at 850-900°C. Fluorine-containing glass materials (10 mass.% of P_2O_5) obtained through heterogeneous crystallization are distinguished by: compression strength 71 MPa, chemical stability in physiological saline (weight losses) 0,8%, water absorption 1,1%. The mentioned glass materials may be recommended for receipt of bioactive glass materials.

Key words: glass; nucleator; thermal processing; crystallization; properties.

უაკ 666.2

ZnO(CuO) – MnO – B₂O₃ სისტემაში მიღებული მინამასალების ტესტურ რეაგენტებში ხსნადობის პროცესის შესწავლა

თ. ჭეიშვილი, მ. მშვილდაძე, მ. ზაქარაია

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, ქიმიური და ბიოლოგიური ტექნოლოგიების დეპარტამენტი, საქართველო, 0160, თბილისი, კოსტავას 69

E-mail: t.cheishvili@gtu.ge

რეზიუმე: მიზანი. ჩატარებული სამუშაო მიზნად ისახავდა რამდენიმე მიკროელემენტის (B, Mn, Zn, Cu) შემცველი მინისებრი მასალების პროლონგური ქმედების მიკროსასუქებად გამოყენების პერსპექტიულობის დადგენას, რაც საჭიროებდა მათი ხსნადობის პროცესის შესწავლას ტესტურ რეაგენტში.

მეთოდი. მიკროსასუქად გამოყენების შესაძლებლობის დადგენა მიკროსასუქების ხსნადობის და ეფექტურობის განსაზღვრისათვის და მინის ქიმიურ ტექნოლოგიაში რეკომენდებული მასალათა ხსნადობის განსაზღვრის მეთოდები, რომლებიც მოიცავს ხსნადობის პროცესის შესწავლას ტესტურ რეაგენტებში, მასალათა წონის დანაკარგს დროში, მიღებული ხსნარების შესწავლას მათში გადასული მიკროელემენტების რაოდენობათა ანალიზით.

შედეგი. სხვადასხვა შედგენილობისა და ფრაქციულობის საკვლევი კომპოზიციის მინებს ხსნადობაზე ტესტირება ჩატარდა 2% ლიმონმჟავას და 0,1% NaOH ხსნარებში. დადგინდა, რომ მინის ფხვნილების ხსნადობას განსაზღვრავს მათი საბაზო შედგენილობა, მარცვლების ზომა და რეაგენტებში საკვლევი მასალების დაყოვნების დრო.

დასკვნა. სატესტო რეაგენტების მინამასალებზე ზემოქმედების შესწავლით დადგინდა, რომ მათი ხსნადობის (ფხვნილების წონის დანაკარგები) ზრდის ტენდენცია საკმაოდ მნიშვნელოვანია თუთიის ოქსიდის შემცველი მანგანუმბორატული კომპოზიციის მინებისათვის, რომელთა ხსნადობა 2,5–3-ჯერ აღემატება შესაბამისი ფუძის სპილენძის ოქსიდის შემცველ კომპოზიციას. საკვლევი მინების ტესტურ რეაგენტებში ხანგრძლივი დაყოვნებით გაირკვა, რომ ადგილი აქვს მიკროელემენტების

შემცველი მინების რეაგენტებში დროსთან მიმართებაში პროპორციული წონის დანაკარგების არსებობის ე.წ. „მინების ხსნადობის“ მექანიზმს.

საკვანძო სიტყვები: მინის ფხვნილი; რეაგენტი; ხსნადობა; წონის დანაკარგი; სპექტრები.

1. შესავალი

დღეისათვის სოფლის მეურნეობაში გამოიყენება მრავალი სახის მიკროსასუქი, რომლებიც განსხვავდება ბუნებით (არაორგანული და ორგანული), ფიზიკური მდგომარეობით (თხევადი და მყარი), შედგენილობით (მონო - ან პოლიმიკროსასუქი) და სხვა მახასიათებლებით [1].

არსებული სახეობის მიკროელემენტების შემცველი სასუქებიდან ღირებულად მიიჩნევა პროლონგური ქმედების სასუქები, რომლებიც უზრუნველყოფს ნიადაგის და მცენარეების კვებას და ამავდროულად ნაკლებად აბინძურებს გრუნტის და მდინარეთა სასმელ-სარწყავ წყალს [2].

პერსპექტიული, ნიადაგის ხასიათიდან გამომდინარე, შერჩევითი ხსნადობის მქონე და ამავდროულად პროლონგური ქმედების მიკროსასუქების მიღება დაიგეგმა მინის და კერამიკის ტექნოლოგიაში (კაზმების ხარშვა ან შეცხობა) ცნობილი ხერხების გამოყენებით. კერძოდ, საკვლევ ობიექტს წარმოადგენდა ორი სამკომპონენტური კომპოზიცია, რომლებიც ჯამში ოთხი სახის მიკროელემენტს შეიცავდა. საკვლევ ობიექტად აღებული $ZnO - MnO - B_2O_3$ და $CuO - MnO - B_2O_3$ სისტემების შესწავლის შედეგები, კაზმში მიმდინარე პროცესები, მინების თერმოგარდაქმნები და ა.შ. წარმოდგენილია ჩვენ მიერ შესრულებულ შრომებში [3, 4].

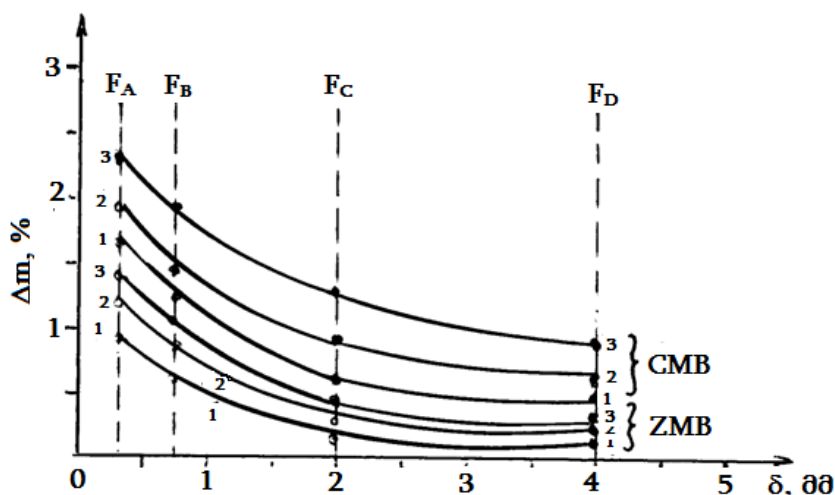
მიღებული მინების პროლონგური ხასიათის მიკროსასუქების სახით გამოყენების დასადგენად ჩავატარეთ ექსპერიმენტული სამუშაო, რომლითაც გამოვლინდა მიღებულ მასალათა წამყვანი თვისება – მათში შემავალი მიკროელემენტების ტესტურ რეაგენტებში ხსნადობა. აღნიშნულ თვისებას უნდა გამოეყენებინა მიღებული მასალების მიზნობრივი ქმედების პროლონგური ხასიათი და განსხვავებული ხასიათის ნიადაგში პოტენციური ხსნადობის შესაძლებლობა. აღნიშნულთან დაკავშირებით, საჭირო გახდა მიღებული მასალების ხსნადობის განსაზღვრა სატესტო რეაგენტებში და კიდევ ერთი ფაქტორის დადგენა – როგორია მიღებულ მასალათა რეაგენტებში ხსნადობა მასალის მარცვლების ზომებიდან (ფრაქციულობიდან) გამომდინარე. ცნობილია, რომ მყარი ფორმის მიკროსასუქების ტესტირების პირობები განისაზღვრება ნიადაგის pH-ის შესაძლო მნიშვნელობიდან გამომდინარე. ცნობილია ასევე, რომ ნიადაგის სახეობა პირობითად ორ ჯგუფად იყოფა – მჟავა და ტუტე. აქედან გამომდინარე, მყარი ფორმის მიკროსასუქებიან ნიადაგში ხსნადობასა და, შესაბამისად, მცენარეთა ათვისებადობის შესაფასებლად დაიგემა მიღებული მასალების სუსტი მჟავა და სუსტი ტუტე გარემოში ტესტირება. აღნიშნულთან მიმართებაში რეკომენდებულია შესაბამისად 2 % ლიმონის

მჟავასა და 0,1 %-იან ნატრიუმის ტუტის წყალხსნარების გამოყენება [5].

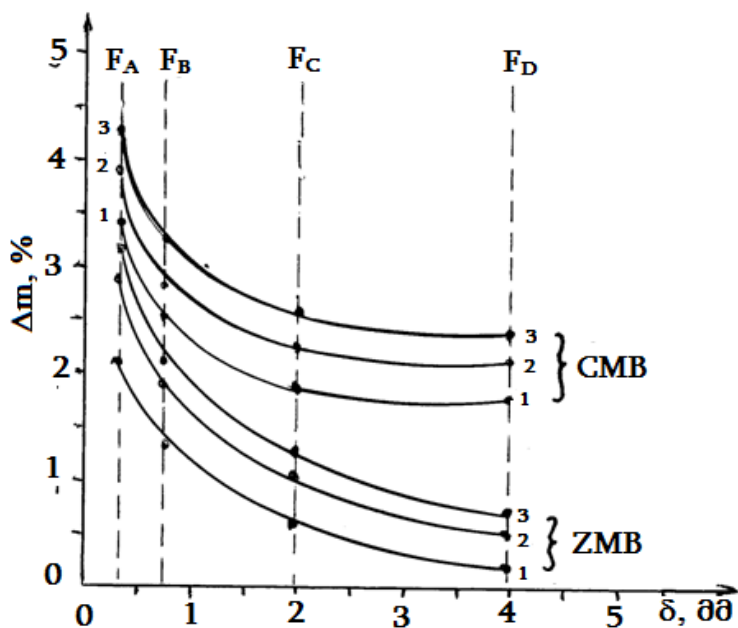
რეაგენტების ტემპერატურა ცდის ჩატარებისას შეადგენდა $20 \pm 2^{\circ}\text{C}$, ხოლო შედარებით ექსპერიმენტში რეაგენტების ზემოქმედების დრო 2 საათით განისაზღვრა. ცდები ჩატარდა 50 მლ ტევადობის მინის ქიმიური ჭურჭელში, რომელშიც მოთავსდა გარკვეული ფრაქციულობის წინასწარ აწონილი ფხვნილის ულუფა, დაახლოებით 2 გ ოდენობით, ხოლო თვით ექსპერიმენტის მსვლელობა და მონაცემთა ანალიზი განხორციელდა მეთოდით, რომელიც რეკომენდებულია შესაბამის ლიტერატურაში [6]-ში.

2. ძირითადი ნაწილი

ჩატარებული ექსპერიმენტით დადგინდა ექვსი შედგენილობის მინის ფხვნილის ხსნადობა, რაც გრაფიკის სახით წარმოდგენილია 1-ელ და მე-2 სურათებზე. რეაგენტებად 2 %-იანი ლიმონმჟავას და 0,1% NaOH-ის გამოყენების შემთხვევაში ორივე სურათზე დანაკარგებით მნიშვნელობები მოყვანილია ZMB და CMB შედგენილობის მინის მარცვლების საშუალო ფრაქციულობისათვის და აღინიშნება: FA, FB, FC, FD ინდექსებით. საკვლევი მინების შედგენილობა მოყვანილია ჩვენს ნაშრომებში [3, 4].



სურ. 1. თუთიისა (ZMB) და სპილენძის (CMB) ოქსიდების შემცველი ბორმანგანუმიანი მინების მარცვლების ხსნადობა 2 % ლიმონმჟავას ხსნარში



სურ. 2. თუთიისა (ZMB) და სპილენძის (CMB) ოქსიდების $RO - MnO - B_2O_3$ სისტემის მინების მარცვლების ხსნადობა 0,1 % NaOH ხსნარში

მიღებული შედეგების საფუძველზე შეიძლება გაკეთდეს შემდეგი დასკვნა: $CuO - MnO - B_2O_3$ სისტემის მინამასალების ხსნადობა ორივე (მჟავა და ტუტე) სახის რეაგენტში, $ZnO - MnO - B_2O_3$ სისტემის იდენტური შედგენილობის მინამასალებთან შედარებით, მაღალია და დაახლოებით 2-ჯერ მეტია.

ორივე სახის სატესტო რეაგენტში ხსნადობას განსაზღვრავს მინამასალების მარცვლების ზომა – მათი ზრდა მნიშვნელოვნად ამცირებს რეაგენტებში დანაკარგის სიდიდეს. მიღებული შედეგების შეჯერებით შეიძლება გამოითქვას მოსაზრება, რომ საკვლევ მასალათა სატესტო რეაგენტებში ხსნადობის რეგულირება შესაძლებელია მინამასალის ქიმიური და გრანულომეტრიული შედგენილობის ცვლით.

ექსპერიმენტული კვლევის კიდევ ერთი მიმართულება იყო საცდელი მასალების წონის დანაკარგების (ხსნადობა, %) დადგენა მათი ხანგრძლივი დროით სატესტო რეაგენტებში დამუშა-

ვებისას. აღნიშნული მიმართულებით კვლევა ითვალისწინებდა ოთხი განსხვავებული შედგენილობის ($ZnO - MnO - B_2O_3$ და $CuO - MnO - B_2O_3$) და ხსნადობის მაღალი მაჩვენებლების მქონე მასალათა ტესტურ რეაგენტებში (მორევის გარეშე ოთხი დღე) ქცევის შესწავლას, რომლის შედეგები 1-ელ ცხრილშია წარმოდგენილი. კვლევა ჩატარდა მხოლოდ ერთი რეაგენტის – 2% ლიმონმჟავით ტესტირების პირობებში.

აღნიშნული ექსპერიმენტის შედეგების მიხედვით სატესტო რეაგენტის ზემოქმედების დრო პროპორციულად არ ზრდის მასალათა ხსნადობას (სტატიკური დაყოვნების პირობებში), მაგრამ წონის დანაკარგების ტენდენცია რეაგენტის ზემოქმედების პირობებში არსებობს და საკმაოდ მნიშვნელოვანია. ამავე დროს თუთიის შემცველი მინის ფხვნილები თითქმის 2,5–3-ჯერ უფრო მაღალი ხსნადობით გამოირჩევა, ვიდრე მათი სპილენძმცველი ანალოგები.

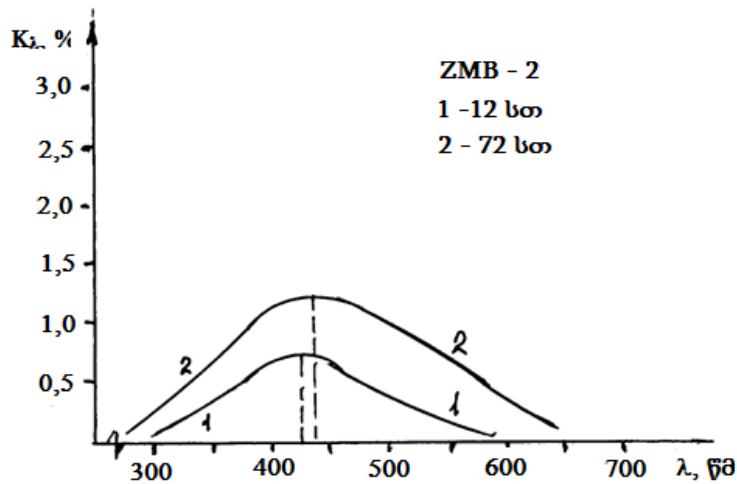
**საკვლევი მინამასალების ტესტურ რეაგენტში
ხანგრძლივი დამუშავების მაჩვენებლები
(ფრაქციულობა FC = 2.0 მმ)**

შედგენილობის ინდექსი	ტესტურ რეაგენტში (2 %-იანი ლიმონმჟავა) წონის დანაკარგები, %				
	რეაგენტში დამუშავების ხანგრძლივობა, სთ				
	12	24	48	72	96
ZMB-1	0,44	0,78	2,31	3,10	4,94
ZMB-3	1,68	2,94	3,98	4,27	6,21
CMB-1	1,05	1,81	2,02	9,58	3,86
CMB-3	6,32	8,21	12,46	14,33	18,74

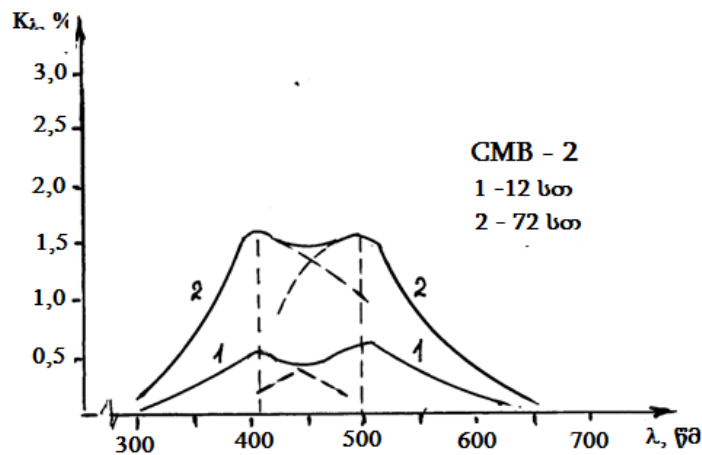
სხვადასხვა ფრაქციულობის საკვლევი მინის ფხვნილების ტესტურ რეაგენტში ხსნადობის განსაზღვრისას, კერძოდ გაფილტვრისას, ფილტრში გასული რეაგენტი რჩებოდა. აღსანიშნავია ის გარემოება, რომ ლიმონმჟავას გამოყენებისას ფილტრში გასული ხსნარები შეფერილი იყო. კერძოდ, სპილენძისა და მანგანუმის ოქსიდების შემცველი ბორატული მინის ფხვნილების ხსნადობის შედეგად წარმოქმნილი ნარჩენი ხსნარი მღვრიე (არაერთგვაროვანი), სუსტად მოვარდისფრო-მომწვანო შეფერილობისაა, ხოლო თუთიის-ოქსიდის მანგანუმბორატული მინები ერთი ტონალობის მოვარდისფრო ფერის ხსნარს ტოვებს. აღსანიშნავია კიდევ ერთი გარემოება, მრავალსაათიანი და მრავალდღიანი საკვლევი მინამასალის ფხვნილების ლიმონმჟავას ხსნარში ტესტირება იწვევს ხსნარის ფერის ინტენსივობის ზრდას, ე.ი. შეფერილობა უფრო მკაფიო ხდება. აღნიშნული გარემოება უნდა უკავშირდებოდეს მინის ფხვნილში (მინის შედგენილობაში) სამი სახის პოლივალენტური ელემენტების (Cu, Mn, Zn) ლიმონმჟავასთან რეაქციას. აღნიშნული შედეგი ლიმონმჟავას შესაბამისი მარილების (ციტრატების) წარმოქმნას უნდა

უკავშირდებოდეს. ცნობილია, რომ თუთიის ციტრატი შეფერილი არ არის (თეთრია), ხოლო სპილენძისა და მანგანუმის ციტრატებისათვის დამახასიათებელია მოლურჯო-მომწვანო და ვარდისფერი შეფერილობა. მინიდან მათი რეაგენტში გადასვლის შედეგად წარმოქმნილი ციტრატები უდავოდ იწვევს ხსნარების შეფერილობას, აღნიშნული ფაქტის (ხსნარის შეფერვა და შეფერილობის ხარისხის დამოკიდებულება მინაზე რეაგენტის მოქმედების დროზე) არსებობა უნდა დაედასტურებინა პოსტრეაქციული ხსნარების სპექტრულ ანალიზს.

ამ მიმართულებით ჩატარდა კვლევა ორი სახის მინაზე (ZMB-2 და CMB-2) 2 %-იანი ლიმონმჟავას ზემოქმედებით 12 და 72 სთ-ის განმავლობაში. ექსპერიმენტულად მიღებული ნარჩენი, გაფილტვრილი ხსნარების სპექტრული მრუდები მიღებულ იქნა „λ-2“ სპექტრომეტრზე 350-750 ნმ ტალღის სიგრძის სპექტრულ დიაპაზონში (ხილვადი სპექტრის ნაწილი). ფხვნილის ფრაქციულობა ორი მინის შემთხვევაში ფრაქცია FC-ს შეესატყვისებოდა (მარცვლების ზომა 1-დან 3 მმ-მდე).



სურ. 3. ZMB-2 მინის ფხვნილის და 2% ლიმონმჟავას ურთიერთქმედებით წარმოქმნილი ხსნარის სპექტრული მრუდები
1 - დამუშავება 12 სთ; 2 - დამუშავება 72 სთ



სურ. 4. CMB-2 მინის ფხვნილის რეაგენტთან ურთიერთქმედებით წარმოქმნილი ხსნარის სპექტრული მრუდები

სპექტრული მრუდების „ $K_{\lambda} - \lambda$ “ (შთანთქმის კოეფიციენტი – ტალღის სიგრძე) დამოკიდებულება და ინტენსივობა გვიჩვენებს, რომ ZMB-2 მინის შემთხვევაში მკაფიოდ დაფიქსირდება მანგანუმის იონის (Mn^{2+}) ხსნარში არსებობა, რომლის შემცველობა მზარდია (K_{λ} -ის მნიშვნელობა 0,75-დან 1,3-მდე იზრდება) Mn^{2+} -სათვის დამახასიათებელი 410–420 ნმ ტალღის სიგრძისათვის.

რაც შეეხება CMB-2 მასალის ხსნარებში დამუშავებით მიღებულ პოსტრეაქციულ ხსნარს, მისი სპექტრი რთულია და გვერდიგვერდ განლაგებულ ორ არამკაფიოდ გამოხატულ მონაკვეთს

მოიცავს. ეს მონაკვეთი აერთიანებს 400–520 ნმ სიგრძის ტალღების უბანს. აღნიშნულ უბანში გამოვყოფთ 420 და 505 ნმ მდებარე მაქსიმუმებს. ერთი იისფერ სპექტრშია (400 – 420 ნმ) განლაგებული, ხოლო მეორე – სპექტრის მწვანე ველში, თუმცა „ $K_{\lambda} - \lambda$ “ მრუდის შემადგენლობით (რიგით მეორე გრძელტალღიანი) 450-დან 550 ნმ სიგრძის ტალღების უბანს მოიცავს, ე.ი. მასში შეიძლება ლურჯი შეფერილობაც იყოს (სურ. 4). მწვანე-ლურჯი შეფერილობა კი სპილენძის ნაერთების არსებობაზე მიუთითებს. მაშასადამე, შეიძლება გამოითქვას ვარაუდი, რომ არსებობს გარკვეული

მტკიცებულება, რომ $CuO - MnO - B_2O_3$ სისტემის CMB შედგენილობაში ლიმონმჟავა (სუსტი მჟავა გარემო) იწვევს მინის დაშლას და ხსნარში სპილენძისა და მანგანუმის იონების გადასვლას. სპექტრული მრუდით არ ფიქსირდება, მაგრამ აღნიშნული ფაქტი უშუალოდ გამოიწვევს ბორის არსებობას რეაგენტულ ხსნარში, რადგან ეს მინის სტრუქტურის დაშლის აუცილებელ პირობად შეიძლება მივიჩნიოთ.

რაც შეეხება თუთიისა და მანგანუმის ოქსიდების შემცველ ZMC-2 შედგენილობას, რომელშიც მხოლოდ ერთი პოლივალენტური ელემენტია წარმოდგენილი (მანგანუმი), მისი ლიმონმჟავასთან ურთიერთქმედებით წარმოქმნილი ხსნარის სპექტრულ მრუდზე მხოლოდ ერთი მაქსიმუმი ფიქსირდება (სურ. 3) მაქსიმალური ინტენსივობის პიკი 410–420 ნმ სიგრძის ტალღების უბანზე მოდის, რაც ხსნარში მანგანუმის იონების არსებობას, ე.ი. მინიდან „გამოყვანის“ შესაძლებლობაზე მეტყველებს. მინის ლიმონმჟავას ხსნარით დამუშავების ხანგრძლივობის ზრდა 12-დან 72-მდე ზრდის შთანთქმის კოეფიციენტის (K_d) მნიშვნელობას. შეიძლება ითქვას, რომ მინა იშლება თანდათანობით და მოსალოდნელია მისი ხანგრძლივი „მუშაობა“ მიკროელემენტუმცველი მასალის სახით.

3. დასკვნა

დადგინდა, რომ ორივე სახის (2 % ლიმონმჟავას და 0,1 % NaOH ხსნარი) სატესტო რეაგენტებში მინის ფხვნილების ხსნადობის ხარისხს, მათი შედგენილობის მიუხედავად, განსაზღვრავს მინამასალების ფრაქციულობა – მარცვლების ზომის ზრდა მნიშვნელოვნად ამცირებს რეაგენტებში მასალათა ხსნადობას, რაც, მიღებული მინამასალის შედგენილობისა და ფრაქციულობის შერჩევის გზით, მათი რეაგენტებში ხსნადობის დინამიკის რეგულირების საშუალებას იძლევა.

სატესტო რეაგენტში ხანგრძლივი დროით მიკროელემენტუმცველი მინების დაყოვნებით დადგინდა, რომ მათი ფხვნილების დანაკარგების

ზრდის ტენდენცია საკმაოდ მნიშვნელოვანია თუთიის შემცველი მანგანუმბორატული მინებისათვის, რომელთა ხსნადობა 2,5–3-ჯერ უფრო მაღალია იდენტური შედგენილობის სპილენძის კომპოზიციაში მიღებულ მინებთან შედარებით.

დადგინდა, რომ ლიმონმჟავას ხსნარში მინის ფხვნილების ტესტირებისას მიღებული ხსნარი შეფერილია და $ZnO - MnO - B_2O_3$ კომპოზიციაში მიღებული მინებისათვის მას მოვარდისფრო, ხოლო $CuO - MnO - B_2O_3$ მინების შემთხვევაში მოლურჯო-მომწვანო ფერი აქვს. აღნიშნული უკავშირდება ტესტურ რეაგენტში მიკროელემენტების ციტრატების არსებობას და დასტურდება მიზნობრივად ჩატარებული ხსნარების სპექტრული ანალიზით, რომლითაც ხსნარებში Cu^{2+} და Mn^{2+} დაფიქსირდა.

ლიტერატურა

1. Алексеенко В.А., Алексеенко Л.П. Биосфера и жизнедеятельность. М. Логос, 2020, 351с
2. Рустамбекова С.А., Барабашкина Т.А. Микроэлементы и факторы экологического риска. М., Логос, 2006. 297 с
3. მ. ზაქარია, მ. მშვილდაძე, თ. ჭეიშვილი. მიკროელემენტუმცველ მოდეულ კომპოზიციებში ფუნქციური დანიშნულების მასალების მიღება. კერამიკა და მოწინავე ტექნოლოგიები. ტ.22, 2(44), 2020. გვ. 3-7.
4. მ. ზაქარია, მ. მშვილდაძე, თ. ჭეიშვილი. პროლოგიური ქმედების მიკროსასუქების მიღება თუთიისა და სპილენძის ბორმანგანუმიან სისტემურ კომპოზიციებში და მათი შესწავლა. საერთ. სამეც. ტექნ. კონფერენცია „გარემოს დაცვა და მდგრადი განვითარება. შრომები: თბილისი, 2020 გვ. 317–322.
5. Микроудобрения. Труды НИУИФ, Вып. 207. Под ред. М.В. Каталлытова. М., Колос, 1965, 175 с.
6. Павлушкин Н.М., Сентюрин Г.Г., Ходаковская Р.Я. Практикум по технологии стекла и ситаллов. М., Стройиздат, 1970, 510 с.

UDC 666.2

**STUDY OF SOLUBILITY PROCESS OF GLASS MATERIALS OBTAINED
IN $ZnO(CuO) - MnO - B_2O_3$ SYSTEM IN TEST REAGENTS**

T. Cheishvili, M. Mshvildadze, M. Zakaraia

Georgian Technical University, Department of Chemical and Biological Technologies, Str Costava 69.
0160 Tbilisi. Georgia

E-mail: t.cheishvili@gtu.ge

Resume: Goal. The carried-out work has set a goal of defining the prospects of application of glass materials containing several microelements (B, Mn, Zn, Cu) as microfertilizers that required study of their solubility process in the test reagent.

Method. In order to define the opportunity of application as microfertilizer, there were used materials solubility testing methods recommended for determination of microfertilizers solubility and efficiency and for use in glass chemical technology that include study of solubility process in test reagents, materials' weight loss in time, investigation of obtained solutions via analysis of transferred microfertilizers.

Result. Glasses of investigated composition with different content and fractional make-up have been tested on solubility in 2% citric acid and 0,1% NaOH solutions. It was established that the solubility of glass powders is determined by their main composition, grain size and investigated materials' holding time in the reagents.

Conclusion. Study of test reagents' effect on glass materials made clear that the growth trend of their solubility (powder weight losses) is very important for glasses of lead oxide-containing manganese-borate composition, which solubility 2.5-3-times exceeds that of composition containing copper oxide of the corresponding base.

Prolonged holding of investigated glasses in the test reagents made obvious that a mechanism of so-called glass solubility mechanism – time-proportional weight losses of microelement-containing glasses in reagents takes place.

Key words: glass powder; reagent; solubility; weight loss; spectra.

უაკ 641.1/2; 642

ცემენტის წარმოებაში წარმოქმნილი საკვამლე აირებიდან ეკოლოგიურად მავნე ოქსიდების დაჭერის აპარატურის ლაბორატორიული პროტოტიპის შექმნა

თ. ჭეიშვილი, რ. სხვიტარიძე, გ. ლოლაძე, თ. კორძაძია, ი.გიორგაძე, ა. სხვიტარიძე

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, ქიმიური და ბიოლოგიური ტექნოლოგიების დეპარტამენტი, საქართველო, 0160, თბილისი, კოსტავას 69

E-mail: t.cheishvili@gtu.ge

რეზიუმე: მიზანი. სამუშაოს მიზანია ცემენტის წარმოებაში კლინკერის მიღებისას წარმოქმნილი საკვამლე აირებიდან ეკოლოგიური პრობლემების გამომწვევი CO_2 , SO_x , NO_x ოქსიდური ნაერთების დაჭერა, მათი შემდგომი უტილიზაციის მიზნით.

მეთოდი. ცემენტის საწარმოებში არსებული ტექნოლოგიების შეფასება და საწარმოო ციკლში თავსებადი ადსორბციული აპარატურის ლაბორატორიული პროტოტიპის – საკვლევი მაკეტის კონსტრუირება და შექმნა.

შედეგი. შეიქმნა „ჰიბრიდული“, საწარმოო ტექნოლოგიურ პროცესთან მიახლოებული აპარატების პროტოტიპი, რომელშიც შესაძლებელია აირისებრი ოქსიდების დაჭერა და ადსორბციის პროცესის შესწავლა.

დასკვნა. ლაბორატორიული პროტოტიპის შექმნით შესაძლებელია ადსორბენტად შერჩეული ცეოლითური ტუფის მიერ მავნე აირების დაჭერის პროცესის შესწავლა, სორბციული პროცესის ოპტიმალური პირობების დადგენა და პრაქტიკული რეკომენდაციების დამუშავება.

საკვანძო სიტყვები: ემისია; აირები; სორბცია; ცეოლითი; პროტოტიპი; აპარატურა.

1. შესავალი

სილიკატური დარგის, განსაკუთრებით ცემენტის წარმოებაში მიმდინარე ტექნოლოგიური პროცესები უკავშირდება მრავალი სახეობის ბუნებრივი და ხელოვნური მასალების გამოყენებას, რომელთაგან ძირითადი ნაწილი კარბონატებზე მოდის. მაგალითად, ცემენტის წარმოებაში კლინკერის მისა-

ღებად გამოყენებული კაზმი 80%-მდე კირქვას ($CaCO_3$) შეიცავს, ხოლო არანაკლებ მატერიალურად ტევადია მინის ნაწარმის ტექნოლოგია, სადაც მოიხმარება კაზმები, რომლებიც 30%-მდე შეიცავს კირქვას ($CaCO_3$), დოლომიტს $CaCO_3 \cdot MgCO_3$, კალციური სოდას Na_2CO_3 და სულფატს (Na_2SO_4). კარბონატების დაშლით ატმოსფეროში ემისირებს „სითბური ეფექტის“ და „მჟავე წვიმის“ წარმოქმნის ხელშემწყობი არაერთი აირი. აღნიშნულს ემატება ტექნოლოგიური პროცესების ჩატარებისათვის აუცილებელი მაღალი ტემპერატურის შექმნა და, შესაბამისად, საწვავის დაწვით წარმოქმნილი ნამწვი აირები. ამიტომ, სილიკატურ წარმოებაში (განსაკუთრებით ცემენტის კლინკერის მიღებისას) მიმდინარე პროცესების შედეგად გამოყოფილი აირები ეკოლოგიური პრობლემების წარმოქმნის წინაპირობად მიიჩნევა. აღნიშნულს განაპირობებს კარგად ცნობილი გარემოება, რომ 1 ტ ცემენტის კლინკერის დამზადებისას საკვამლე აირების სახით ატმოსფეროში ემისირებს 0,8 ტ-მდე CO_2 , დაახლოებით 5 კგ SO_x და 0,7 კგ NO_x . შედარებისათვის, 1 ტ მინის მიღებისას ატმოსფეროში გაიფრქვევა (ჯამობრივად კაზმიდან და საწვავის წვის შედეგად) 0,5 ტ-მდე CO_2 , SO_x და NO_x [1, 2]. სილიკატური საწარმოებიდან (ცემენტი, მინა) ატმოსფეროში ემისირებული და „მავნე“ ეკოლოგიურ მოვლენათა გამომწვევ (CO_2 – „სითბური ეფექტი“, SO_x და NO_x – „მჟავე წვიმები“) აირებზე კონტროლი და მათი დაჭერა-უტილიზაცია უმნიშვნელოვანეს საკითხად მიიჩნევა [3].

ასეთი სახის ტექნოლოგია დღეისათვის უცნობია და ამიტომ მიზმად დავისახეთ კვლევის ჩატარება, რომლის საწყისი ეტაპი ითვალისწინებს საწარმოო კვამლიდან მავნე (CO_2 , SO_x , NO_x) აირების გამოყოფა-დაჭერას და ამისათვის დარგობრივ საწარმოებ-

ში მოქმედი დანადგარების მსგავსი ლაბორატორიული პროტოტიპის შექმნას, რაც შემდგომში BAT-ის წინაპირობა გახდება.

2. ძირითადი ნაწილი

როდესაც განიხილება სილიკატური (განსაკუთრებით ცემენტი) წარმოებებიდან ატმოსფეროში მავნე აირების (CO_2 , SO_x და NO_x) მოხვედრა, საწარმოთა წინაშე დგას ამოცანა-მაქსიმუმი, რომლის გადაწყვეტამ უნდა უზრუნველყოს ტექნოლოგიური პროცესების ეკოლოგიურობა უსაფრთხო და ნაკლებხარჯიანი ხერხებით. ამ მიმართულებით, პრობლემის ტექნიკური გადაწყვეტის გზების მოძიების თვალსაზრისით, დღეისათვის ცნობილია ნაკლებად ეფექტური ტენდენციები და მიდგომები, რომელთა განხორციელება ვერ აღწევს სასურველ მიზანს – დაჭერილი აირების ცირკულაციური ეკონომიკის პრინციპების ჩარჩოში მოქცევას. დღევანდელი მიღწევები ძირითადად შემოიფარგლება ნახშირორჟანგის ბლოკირებით (შეკრებით და მათი გადამისამართებით სხვა სახის პროდუქტების წარმოებელ დარგებში) ან შენახვით სპეციალურ საცავებში. ცნობილია, რომ არსებული პრაქტიკა არასრულყოფილია და საჭიროებს შემდგომ განვითარებას, ხოლო რეალური შედეგების მიღწევა მხოლოდ 2050 წლისათვის იგეგმება [4, 5].

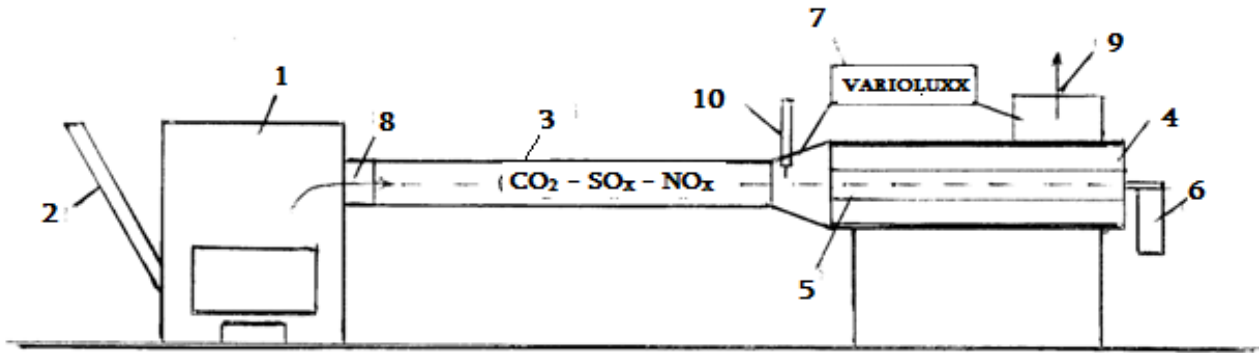
ცემენტის წარმოების ტექნოლოგია ძალზე რთული და მასშტაბურია, ხოლო მასში „შეჭრა“ მცირეოდენი სიახლის შეტანის მიზნით პრაქტიკულად ძნელად მიღწევადი. ამიტომ, ყოველი ახალი ჩანაფიქრის რეალიზაციის გზების მოძიება მოითხოვს ლაბორატორიულ კვლევას და საჭირო ხდება, ამოცანის რეალიზაციის საწყის ეტაპზე, პერსპექტიული მეთოდებით საწარმოო კვამლიდან მავნე აირისებრი ნაერთების გამოყოფა-დაჭერის ლაბორატორიული პროტოტიპის შექმნა.

ზოგადად, ნამწვი აირების კონკრეტული აირადი შედგენილობისაგან გასუფთავება მოითხოვს აქტიური ადსორბენტის შერჩევას და მისი ეფექტურობის მაქსიმალურ რეალიზაციას, შესაბამისი კონსტრუქციის ადსორბციული დანადგარის შერჩევა-კონსტრუირების ხარჯზე. მნიშვნელოვანი სამი სახის აირის – ადსორბციის (CO_2 , SO_x და NO_x) ნამწვი აირებიდან გამოსაყვან/დამჭერ ადსორბენტად შეირ-

ჩა ბუნებრივი ცეოლითი. აღნიშნული მასალა ცნობილია, როგორც აქტიური და ამავე დროს ხელმისაწვდომი სორბენტი. მის მაღალსორბციულ უნარს განსაზღვრავს მასში არსებული 1,5 ნმ-მდე ზომის სიცარიელები (არხები, ფორები), რომელთაც სტრუქტურული კარკასის მოცულობის დაახლოებით 50% უკავია. სტრუქტურული მოწყობის ხარჯზე ცეოლითური სორბენტი მაღალი აქტიურობით გამოირჩევა, რაც განაპირობებს ცეოლითის განსაკუთრებულ უნარს შთანთქმას საკვამლე აირებში წარმოდგენილი „მავნე“ ნაერთები, რადგან ადსორბენტის დინამიკური ტევადობებია (cm^3/g): CO_2 -ზე, 3,0-4,5; SO_x -ზე 2,5 – 3,8; NO_x -ზე 2,7 – 4,2 [6, 7].

როდესაც განიხილავენ საკვამლე და სხვა სახის სამრეწველო აირებიდან ადსორბენტით საჭირო აირების შთანთქმას, რეკომენდაციას უწევენ სხვადასხვა კონსტრუქციული მოწყობის საადსორბციო აპარატის/დანადგარის გამოყენებას [4]. ცემენტის კლინკერის მიღების საწარმოო პროცესის შედეგად წარმოქმნილი საკვამლე აირებიდან „მავნე“ აირების დაჭერის უზრუნველსაყოფად გამოვიყენეთ „ცემენტის წარმოების ხერხი“ [7]. ასეთი მიდგომით საშრობ დოლში (ატმოსფეროში ემისიამდე) ხვდება CO_2 , SO_x და NO_x -ის შემცველი და მტვრისგან გასუფთავებული საწარმოო კვამლი. თავის მხრივ, სორბციული დოლი უზრუნველყოფს ცეოლითის შრობას და ამ გზით მისი სორბციული უნარის ზრდას, რაც განსაზღვრავს შერჩეული სორბენტის აირებით სრულ მოდიფიცირებას. მოყვანილი კომბინირებული მიდგომის განხორციელება შესაძლებელი გახდა „ჰიბრიდული“ დანადგარის მეშვეობით და ამიტომ შემუშავდა კონსტრუქცია და დამზადდა საშრობ-საადსორბციო საწარმოო აპარატის ლაბორატორიული „ჰიბრიდული“ პროტოტიპი (სურათი).

პილოტურ ლაბორატორიულ დანადგარში შედის შახტის ტიპის ღუმელი საწარმოო ნედლეულის შემცველი ბრიკეტების ჩასატვირთით და კვამლსადენით – მიერთებული საშრობ-საადსორბციო „კვანძთან“. ამ უკანასკნელში განთავსდება ადსორბენტის (ცეოლითური ტუფი) ჩასაყრელი მბრუნავი მილისებრი (ცილინდრული) კატრიჯი ამძრავით, რომელიც, თავის მხრივ, უზრუნველყოფს ცეოლითიანი გულარის (კატრიჯი) სასურველი სიჩქარით ბრუნვას.



„ჰიბრიდული“ საწარმოო აპარატის ლაბორატორიული პროტოტიპის სქემა

1. შახტური ღუმელი; 2. ბრიკეტების ჩასაყრელი მილყელი; 3. საკვამლე მილსადენი;
4. საშრობ-საადსორბციო კვანძი; 5. მბრუნავი „ჰიბრიდული“ კატრიჯი;
6. ამბრავი მოწყობილობა; 7. აირების ანალიზატორი; 8. ნამწვი აირები;
9. გამავალი გასუფთავებული აირები; 10. ტემპერატურის საზომი

საშრობ-საადსორბციო კვანძში ღუმლიდან გამო-სული ნამწვი აირების მიზნობრივად „მავნე“ შე-დგენილების გაწმენდის დონის ეფექტურობის დასადგენად გამოიყენება ორი აირანალიზატორი (VARIOLUXX), რომელთა მეშვეობით განისაზღ-ვრება „მავნე“ აირების (CO_2 , SO_x , NO_x) კონცენ-ტრაცია საშრობ-საადსორბციო კვანძში აირების შესვლამდე და შემდეგ – პრაქტიკულად ცეოლითის ადსორბციული უნარი.

3. დასკვნა

„ჰიბრიდული“ საწარმოო აპარატურის ლაბორა-ტორიული პროტოტიპის შექმნით უზრუნველ-ყოფილია შერჩეული ადსორბენტის – ბუნებრივი ცეოლითური ტუფით ეკოლოგიურად მავნე აირე-ბის (CO_2 , SO_x და NO_x) დაჭერა-გაუვნებლობა და აღნიშნულ მახასიათებელზე ტექნოლოგიური პარა-მეტრების გავლენა. კერძოდ, შესაძლებელი ხდება ადსორბენტის მარცვლების ზომის, „ჰიბრიდულ“ საადსორბციო უჯრედში შესული აირების ტემპე-რატურის და ადსორბენტიანი „კატრიჯის“ ბრუნვის სიჩქარის გავლენის დადგენა ბუნებრივი ადსორ-ბენტის სორბციულ უნარზე. ამ გზით შეფასდება „ჰიბრიდული“ საწარმოო აპარატურის სილიკა-ტური და მონათესავე დარგებში მიზნობრივად გამოყენების ეფექტურობა და პერსპექტიულობა.

სამუშაო შესრულებულია საქართველოს შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდის ხელშეწყობით და დაფინანსებით (საგრანტო ხელშეკრულება CARYS – 19 – 674).

ლიტერატურა

1. European Commission. Integrated Pollution Prevention and Control. Reference Document on Best Available Techniques (BAT) in the Cement and Magnesium Oxide Manufacturing industries. May 2010. <http://eipcecb.jrc.ec.europa.eu>;
2. European Commission Council Directive 96/61/EC of 24 September 1996 concerning integrated pollution prevention and control. <http://www.ifc.org>
3. Environment Division Greenhouse Gas Assessment Hand-book-A Practical Guidance Document for the Assessment of Project-level Greenhouse Gas Emissions. World Bank Archived from the original on 3 June 2016. Retrieved 10, November 2007
4. Толмачев А.М. Адсорбция газов, паров и растворов. М., изд. «Граница», 2012
5. [HTTPS://www.ZEOCEMENT.COM/RU/PRODUCT Y//INDUSTRY/ZEOCEM-ECO-O RCH=2](https://www.ZEOCEMENT.COM/RU/PRODUCT_Y//INDUSTRY/ZEOCEM-ECO-O RCH=2)). Очистка дымовых газов.
6. [HTTPS://www.trubaqaz.ru](https://www.trubaqaz.ru)>author-block>adsorbenty Адсорбенты цеолиты и их применение в промышленности.

7. T. Kordzakhia, R. Skhvitaridze, G.Tsintskladze, I. Giorgadze, Sh. Verulava, A. Skhvitaridze. „PERSPECTIVES OF USAGE OF NATURAL ZEOLITE SATURATED WITH KILN GASES OF CEMENT CLINKER”. INTERNATIONAL JOURNAL OF ADVANCED RESEARCH (JAR). 6(10) 2018, p. 1282-1287. WWW. Journalijar.com.
-

UDC 641.1/2; 642

CREATION OF LABORATORY PROTOTYPE FOR THE APPARATUS CAPTURING ECOLOGICALLY HARMFUL OXIDES FROM FLUE GASES GENERATED IN CEMENT PRODUCTION

T. Cheishvili, R. Skhvitaridze, G. Loladze, T. Kordzakhia, I. Giorgadze, A. Skhvitaridze

Georgian Technical University, Department of chemical and biological technologies, 69, Kostava Str., Tbilisi, 0160, Georgia

E-mail: t.cheishvili@gtu.ge

Resume: Goal. The work objective is a capture of ecological problem-causing CO_2 , SO_x , NO_x oxide compounds from flue gases generated during clinker receipt in cement production, with the purpose of their further utilization.

Method. Assessment of technologies available in cement producing enterprises and designing and creation of the mock-up under study – a laboratory prototype for the adsorption apparatus compatible with the operation cycle.

Result. A prototype of „hybrid” apparatus close to engineering and manufacturing process, which enables a capture of number of gaseous oxides and study of adsorption process is created.

Conclusion. Creation of a laboratory prototype will make it possible to study harmful gas capturing processes using zeolite tuff selected as an adsorbent, establish sorption process optimum conditions and elaborate practical recommendations.

Key words: emission; gases, sorption; zeolite; prototype; apparatus.

უაკ 644.61.011(075)

ბროწეულის წიპწის გამოყენება ხორბლის პურის წარმოებაში

რ. ხუციშვილი, მ. დევიძე, ე. სადალაშვილი

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, ქიმიური და ბიოლოგიური ტექნოლოგიების დეპარტამენტი, საქართველო, 0160, თბილისი, კოსტავას 69

E-mail: d.khutzishvili@gmail.com

რეზიუმე: მიზანი. მცენარეული წარმოშობის, ბიოლოგიურად აქტიური დანამატის გამოყენება პურის ტექნოლოგიაში.

მეთოდი. შრობა, დაფუძვნილია, წვა, ტიტრირება, „ორგანოლექტური შეფასება“.

შედეგი. ექსპერიმენტით დადგინდა, რომ პური, გამდიდრებული ბროწეულის წიპწით, დაწნეხილი საფურის ნაკლები შემცველობითა და კარგი ორგანოლექტური მახასიათებლებით, შეგვიძლია მივიჩნიოთ ბოჭკოვანი ნივთიერებებით მდიდარ საკვებად.

დასკვნა. ექსპერიმენტულად შეიქმნა ფუნქციური დანიშნულების პურის ახალი სახეობა, სადაც დანამატის სახით გამოყენებულია ბროწეულის წიპწისგან მიღებული ფხვნილი.

საკვანძო სიტყვები: პურის ტექნოლოგია; ბიოლოგიურად აქტიური დანამატი; ბროწეულის წიპწე; ორგანოლექტური; ბოჭკოვანი ნივთიერებები.

1. შესავალი

საზოგადოების უზრუნველყოფა საკვები პროდუქტებით მნიშვნელოვანი საკითხია როგორც სოციალური, ისე პოლიტიკური მიმართულებით, რამეთუ კვება უმნიშვნელოვანესი ფაქტორია ჯანმრთელობის სწორი განვითარებისა და შრომისუნარიანობისათვის. მაღალი კვებითი ღირებულების მქონე პროდუქტების წარმოება და მოსახლეობის ჯანმრთელობის დაცვის მიზნით მავნე ნივთიერებების ზეგავლენის რისკების შემცირება სახელმწიფო პოლიტიკის ერთ-ერთი ძირითადი მიზანი და მიმართულებაა; ჯანმრთელი კვების პრობლემის გადაწყვეტა, ადამიანის ფიზიოლო-

გიური მოთხოვნების დონის შესაბამისად, ვიტამინებით, მაკრო- და მიკროელემენტებით და სხვა მდიდარი ახალი პროდუქტების წარმოებაშია.

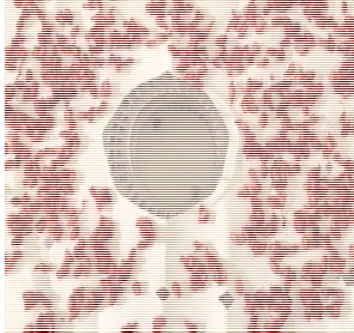
ეკოლოგიური კატასტროფების საუკუნეში სრულფასოვანი და ჯანსაღი კვების პრობლემა განსაკუთრებულ მნიშვნელობას იძენს. როგორც გამოკვლევებმა აჩვენა, კვების ხასიათი ბევრად განსაზღვრავს ადამიანის ფიზიკურ და ფსიქოემოციურ მდგომარეობას და, სავარაუდოდ, უახლოეს მომავალში სწორედ ფუნქციური გამოყენების საკვები პროდუქტები შეცვლის კვების საერთო სტრუქტურას.

ახალი სახეობის პურისთვის, გამდიდრებული ბუნებრივი, ბიოლოგიური წარმოშობის ფუნქციური დანამატით, რეცეპტურისა და ტექნოლოგიის შემუშავება ითვალისწინებს დამატებითი ნედლეულის შერჩევას. ასეთ დანამატად შეირჩა ბროწეულის წიპწის ფხვნილი, რადგან ბროწეული ერთ-ერთი სასარგებლო ნაყოფია, მდიდარია A, C, E, B₁, B₂, PP ვიტამინებით, რკინით, იოდით, კალციუმით, კალიუმითა და სილიციუმით, შეიცავს ანტიოქსიდანტებს, რომლებიც აქტიურად მონაწილეობს ორგანიზმში ახალი უჯრედების წარმოქმნის პროცესში.

ბროწეულის წვენი, კანისა და წიპწის შედეგნილობაშია მინერალური ნივთიერებები: კალციუმი, ფოსფორი, რკინა, კალიუმი, მაგნიუმი, ნატრიუმი, მანგანუმი, გოგირდი, ქრომი, სპილენძი, ალუმინი, ლითიუმი და ნიკელი; ბროწეულის ნაყოფის კანი შეიცავს დიდი რაოდენობით ტანინებს, პექტინებს, ბიოლოგიურად აქტიურ ფენოლური კარბოქსილის მჟავებს, ორგანულ მჟავებს, რომელთა შორისაა ლიმონის, ვაშლის და ქარვის მჟავა.

2. ძირითადი ნაწილი

სამუშაოს შესრულების ექსპერიმენტული ნაწილი მოიცავს ეტაპებს: ბროწეულის წიპწის გამო-



სურ. 1. წიპწის შრობა

თავისუფლება ნაყოფიდან შრობა მუდმივ მასამდე (სურ.1), დაფქვა (სურ.2) და პურის წარმოებაში მისი გამოყენება სხვადასხვა %-ული თანაფარდობით.

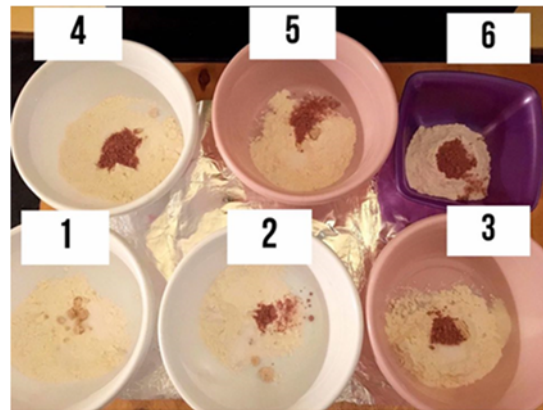


სურ.2. დაფქვილი წიპწა

საკონტროლო ნიმუშად გამოიყენეს ძირითადი რეცეპტურით მოხედილი პურის კოკორი. დაკვირვება წარმოებდა იმ პურის კოკორებზე, რომელთა შედგენილობაში იყო ბროწეულის წიპწის ფხვნილი. ცომის საკონტროლო ნიმუშები მომზადდა დაწნეხილი საფუარისა და ბროწეულის წიპწის ფხვნილის %-ული რაოდენობის ცვალებადობით. ცომის თხევად აფარზე მომზადებისას თითოეული ნიმუშის დაყოვნებისა და ცხობის ხანგრძლივობა ერთნაირი იყო. პარამეტრები: აფრის დაყოვნების დრო – 3,5 სთ; ცომი მზა აფარზე მომზადდა (სურ. 3), ცომის ტემპერატურა – 32-33°C; საბოლოო დაყოვნების დრო – 30 წთ. ცხობის დრო – 25 წთ; ცხობის ტემპერატურა – 220°C.

პურის გამოცხობიდან 2 საათის შემდეგ, შეფასდა პურის კანისა და გულის ფიზიკო-ქიმიური მახასიათებლები

მეექვსე ნიმუში, რომელიც რეალურად ხშიადი იყო, მიგვანიშნებს იმაზე, რომ ბროწეულის წიპწის ფხვნილი, საფუარის მოქმედების გარეშე, არ იწვევს სპირტულ დუდილს და, შესაბამისად, ცომის გაფუებას. დანარჩენი ნიმუშების გათვალისწინებით, შეგვიძლია წარმატებულად მივიჩნიოთ პურის ცხობის ტექნოლოგიაში მათი (ბროწეულის წიპწის ფხვნილისა და საფუარის) ერთობლივი მოქმედება, რის შედეგადაც მივიღეთ ბოჭკოვანი და მინერალური ნივთიერებებით მდიდარი და საფუარის ნაკლები შემცველობის მქონე პურის ახალ სახეობა.



სურ. 3. ცომის მომზადება



სურ. 4. პურის კოკორები



სურ. 5. პურის კოკრების ჭრილი

მიღებული ნიმუშებიდან საყურადღებოა მე-3 და მე-4. მიუხედავად იმისა, რომ ვიზუალურად ზედაპირზე ნახეთქები აღენიშნებათ, ვფიქრობთ, რომ ეს დარღვევები გამოწვეულია პური ცხობის რეჟიმის დარღვევით.

ექსპერიმენტმა „მიგვანიშნა“, რომ სამუშაო უნდა გაგრძელდეს, რისთვისაც ვარეგულიროთ რეცეპტურისა და ტექნოლოგიური რეჟიმის ზოგიერთ პარამეტრი: დაყოვნებისა და ცხობის დრო და ტემპერატურა.

ექსპერიმენტის შედეგის განსამტკიცებლად ჩატარდა ცდა – დამზადდა მცირე ზომის ცომის კოკრები, რომლებშიც სხვადასხვა პროპორციით ჰქონდა დამატებული ბროწეულის წიპწის ფხვნილი და საფუარი, განისაზღვრა ამომგდები ძალა (ცხრ. 1)

ცხრილი 1

საფუარ-წიპწიანი ცომის ამომგდები ძალა

#	საფუარი (გ)	ბროწეულის წიპწის ფხვნილი (გ)	მარილხსნარი%	ხორბლის 1 ფქვილი (გ)	ამოვარდნის დრო (წთ)
I	0,31	0,31	2,5	7	12
II	0,15	0,31	2,5	7	13
III	0,08	0,31	2,5	7	18
IV	0	0,31	2,5	7	არა



სურ. 6. ამომგდები ძალის განსაზღვრა

უპირატესობას ვანიჭებთ საფუარისა და ბროწეულის შემცველობას 1:1 პროპორციით. საბოლოო დასკვნისათვის ჩატარდა ექსპერიმენტი.

რომლის დროსაც საფუარისა და ბროწეულის წიპწის ფხვნილის რაოდენობრივი თანაფარდობა იყო: 1:1; 1:2; და 1:3 (სურ. 7, სურ. 8)



სურ. 7. პურის კოკრები



სურ. 8. პურის კოკრების ჭრილი

ცხრილი 2

ექსპერიმენტის შედეგად მიღებული პურის შეფასება

პურის ტექნო-ქიმიური პარამეტრები	საფუარი :	ბროწეულის	წიპწის	ფხვნილი
	1 : 1	1 : 2	1 : 3	1 : 0
ზედაპირის ფორმა	სწორი	უმნიშვნელო ნაჭდევებით	ნაჭდევებით	სწორი, გლუვი
გულის მდგომარეობა	ელასტიკური, თანაბარფოროვანი	ელასტიკური, ფოროვანი	ნაკლებ ელასტიკური, ნაკლებფოროვანი	ელასტიკური, თანაბარფოროვანი
ზედაპირის ფერი	რუხი, მოყავისფრო	ყავისფერი	ყავისფერი	ოქროსფერ-ყავისფერი
ფორიანობა (%) (ჟურავლიოვის ხელსაწყოთი)	65	55	48	65
მოცულობა (სმ³)	0,5	0,4	0,45	0,5
გემო	სასიამოვნო	სასიამოვნო	სასიამოვნო	სასიამოვნო
სუნი	სასიამოვნო, უცხო სუნის გარეშე	სასიამოვნო, უცხო სუნის გარეშე	სასიამოვნო, უცხო სუნის გარეშე	სასიამოვნო, უცხო სუნის გარეშე
ნაცრიანობა, %	0,48	0,55	0,57	0,42
სინესტე, %	45	46,6	47,1	46
პურის მჟავიანობა, °H	2,6	2,6	2,6	2,5
ცომის მჟავიანობა	4,1	4,2	4,3	4,2
ცხობის ხანგრძლივობა, წთ	30	30	30	30
ცხობის ტემპერატურა °C	220	220	220	220

მიღებული პურის რეცეპტურა (%): ხორბლის ფქვილი – უმ/ხ, დაწნეხილი საფუარი – 1, მშრალი ბროწეულის წიპწის ფხვნილი – 2, მარილი – 1, შაქარი – 0,5.

დასკვნა. ექსპერიმენტული მონაცემების საფუძველზე დადებითად შეფასდა პურის ახალი სახეობა, რომელშიც დანამატის სახით გამოყენებულია ბროწეულის წიპწის ფქვილი (1:1), როგორც ნაწილობრივ საფუარის ჩამნაცვლებელი და როგორც პურის გამამდიდრებელი მინერალური ნივთიერებებით. შესრულებული პრაქტიკული და კვლევითი სამუშაოების საფუძველზე შემუშავდა პურის ახალი რეცეპტურა, რომლის გამოყენებაც პერსპექტიულ მიმართულებად შეგვიძლია მივიჩნიოთ პურის წარმოებაში.

ლიტერატურა

1. С.Я. Корячкина, Новые виды мучных и кондитерских изделий, Орел. 2006.
2. Сборник рецептур и технологических инструкций по приготовлению диетических и профилактических сортов хлебобулочных изделий - М. Пищепромиздат 1997.
1. З.А.Н.Пахомов, А.В.Казанцев, И.А.Косинкова, В.П. Клиндухов, Пищевые функциональные продукты на основе композиций растительных биологически активных добавок. – Краснодар:Изд-во КубГТУ, 2006..

UDC 644.61.011(075)

USE OF POMEGRANATE SEEDS (PIP) IN THE PRODUCTION OF WHEAT BREAD

R. Khutsishvili, M. Devidze, E. Sadagashvili

Georgian Technical University, Department of Chemical and Biological Technologies, 69, Kostava Str., Tbilisi, 0160, Georgia

E-mail: d.khutzishvili@gmail.com

Resume: Goal. The use of plant-based, biologically active additives in bread technology.

Method: Drying, grinding, burning, titration, "organoleptic evaluation".

Result: Experiments have shown that bread enriched with pomegranate seeds (Pip), with less compressed yeast and good organoleptic characteristic, can be considered fiber rich foods.

Conclusion: a new type of functional bread has been experimentally created, in which powder made from pomegranate seeds (Pip) is used as an additive.

Key words: Bread technology; biologically active additives; pomegranate seeds (Pip); organoleptic; fibrous substances.

შ ი ნ ა ა რ ს ი

ქ. ზაკაშვილი-კიკნაძე, თ. ჭეიშვილი. სამრეწველო ნარჩენების საფუძველზე ადვილდნობადი მინანქრების მიღების შესაძლებლობის შეფასება	3
ლ. ზადუაშვილი, თ. ქანთარია, ნ. ჯოგლიძე, რ. ქაცარავა. მეტრონიდაზოლით დატვირთული ფსევდოპროტეინული მიკროსფეროები წამლის ინტრავაგინალური მიწოდებისთვის. პრეპარატის უსაფრთხოების შესწავლა	10
ლ. ზადუაშვილი. მეტრონიდაზოლით დატვირთული ფსევდოპროტეინული მიკროსფეროები წამლის ინტრავაგინალური მიწოდებისთვის: შეზღუდული კლინიკური კვლევის შედეგები	15
ი. გოდერძიშვილი. ჩვეულებრივი ძეძვის (ლათ. <i>Paliurus spina-christi</i>) მერქნისა და ქერქის ქსოვილის ქიმიური შედგენილობის კვლევა	22
მ. ზაქარაია. პოლიმიკროელემენტუმცველ კომპოზიციაში მიღებული მასალების მახასიათებელი თვისებების დადგენა	28
აღ. კანკაძე. კლასტერების არსი, მათი სახეები და როლი ეკონომიკაში	35
აღ. კანკაძე, ჯ. კანკაძე, ა. წულაია, ჯ. შანიძე. რეგიონული კლასტერები და მისი მნიშვნელობა ეკონომიკაში	39
ი. მახარაძე. ქვევრის ფორმების ფორმა და მექანიკური სიმტკიცე შიგა ჰიდრაულიკური წნევის მიხედვით	44
ი. მახარაძე, ნ. ფოფორაძე, გ. გაფრინდაშვილი. ეკოლოგიურად უსაფრთხო ქვევრი და ალავერდის მარნის სამონასტრო ძველი ქვევრები	49
ზ. მესტვირიშვილი, ნ. ნიჟარაძე, ს. გვაზავა, ზ. კოვზირიძე. სხვადასხვა ფაქტორის გავლენა B ₄ C-ის ფიზიკურ-ტექნიკურ მახასიათებლებზე	61
მ. ცინცაძე, ნ. გეგეშიძე, ნ. კილასონია, ნ. ენდელაძე. ნიკელის (II) ორმაგი კომპლექსური ნაერთის სინთეზი და კვლევა იზონიკოტინამიდით და თიოციანატით	71

ე. უჩანეიშვილი. ახალ სანედლეულო ბაზაზე სინთეზირებული ბიომინების დაკრისტალებით მიღებული მასალების თვისებათა შესწავლა80

თ. ჭეიშვილი, ე. უჩანეიშვილი. $Na_2O - CaO - SiO_2 - P_2O_5$ კომპოზიციაში სინთეზირებული მინების ჰეტეროგენული ჩანასახწარმოქმნით მიღებული მინაკრისტალური მასალების თვისებების შესწავლა86

თ. ჭეიშვილი, მ. მშვილდაძე, მ. ზაქარაია. $ZnO(CuO) - MnO - B_2O_3$ სისტემაში მიღებული მინამასალების ტესტურ რეაგენტებში ხსნადობის პროცესის შესწავლა 92

თ. ჭეიშვილი, რ. სხვიტარიძე, გ. ლოლაძე, თ. კორძახია, ი.გიორგაძე, ა. სხვიტარიძე. ცემენტის წარმოებაში წარმოქმნილი საკვამლე აირებიდან ეკოლოგიურად მავნე ოქსიდების დაჭერის აპარატურის ლაბორატორიული პროტოტიპის შექმნა 99

რ. ხუციშვილი, მ. დევძე, ე. სადალაშვილი. ბროწეულის წიპწის გამოყენება ხორბლის პურის წარმოებაში..... 103

CONTENTS

K. Baakashvili – Kiknadze, T. Cheishvili. ASSESSMENT OF OPPORTUNITY OF LOW-MELTING ENAMELS RECEIPT ON THE BASIS OF INDUSTRIAL WASTE	3
L. Baduashvili, T. Kantaria, N. Jogleidze, R. Katsarava. METRONIDAZOLE-LOADED PSEUDO-PROTEIN MICROSPHERES FOR INTRAVAGINAL DRUG DELIVERY. DRUG SAFETY RESEARCH	10
L. Baduashvili. METRONIDAZOLE LOADED PSEUDOPROTEIN MICROSPHERES FOR INTRAVAGINAL DRUG DELIVERY: THE RESULTS OF LIMITED CLINICAL TESTING	15
I. Goderdzishvili. STUDY OF THE CHEMICAL COMPOSITION OF THE PLANT PALIURUS SPINA-CHRISTI WOOD AND BARK TISSUE	22
M. Zakaraia. DETERMINATION OF CHARACTERISTIC PROPERTIES OF MATERIALS OBTAINED IN THE POLYMICROELEMENT-CONTAINING COMPOSITION	28
Al. Kankadze. THE ESSENCE OF CLUSTERS, THEIR TYPES AND ROLE IN THE ECONOMY	35
Al. Kankadze, J. Kankadze, A. Tsulaia, J. Shanidze. REGIONAL CLUSTERS AND ITS IMPORTANCE IN THE ECONOMY	39
I. Makharadze. THE SHAPE AND MECHANICAL STRENGTH OF THE WINE-JAR PORES ACCORDING TO THE INTERNAL HYDRAULIC PRESSURE	44
I. Makharadze, N. Poporadze, G. Gaprindashvili. ENVIRONMENTALLY FRIENDLY WINE-JAR AND OLD WINE-JARS OF ALAVERDI MONASTERY CELLAR	49
Z. Mestvirishvili, N. Nizharadze, S. Gvazava, Z. Kovziridze. THE EFFECT OF VARIOUS FACTORS ON THE PHYSICAL AND TECHNICAL CHARACTERISTICS OF B ₄ C	61

M. Tsintsadze, N. Gegeshidze, N. Kilasonia, N. Endeladze. SYNTHESIS AND STUDY OF DOUBLE COMPLEX NICKEL (II) COMPOUND WITH IZONICOTINAMIDE AND THIOCYANATE	71
E. Uchaneishvili. STUDY OF PROPERTIES OF MATERIALS OBTAINED THROUGH CRYSTALLIZATION OF BIOGLASSES SYNTHESIZED BASED ON THE BASIS OF NEW RAW MATERIAL BASE	80
T. Cheishvili, E. Uchaneishvili. STUDY OF PROPERTIES OF VITROCRYSTALLINE MATERIALS OBTAINED THROUGH HETEROGENEOUS NUCLEATION OF SYNTHESIZED GLASSES IN $Na_2O - CaO - SiO_2 - P_2O_5$ COMPOSITION	86
T. Cheishvili, M. Mshvildadze, M. Zakaraia. STUDY OF SOLUBILITY PROCESS OF GLASS MATERIALS OBTAINED IN $ZnO(CuO) - MnO - B_2O_3$ SYSTEM IN TEST REAGENTS	92
T. Cheishvili, R. Skhvitaridze, G. Loladze, T. Kordzakhia, I. Giorgadze, A. Skhvitaridze. CREATION OF LABORATORY PROTOTYPE FOR THE APPARATUS CAPTURING ECOLOGICALLY HARMFUL OXIDES FROM FLUE GASES GENERATED IN CEMENT PRODUCTION	99
R. Khutsishvili, M. Devidze, E. Sadagashvili. USE OF POMEGRANATE SEEDS (PIP) IN THE PRODUCTION OF WHEAT BREAD	103

kompiuterul i uzrunvel yofa x. ungi aZi s
redaqtori m. kal andaZe

saqarTvel os keramikosTa asociacia 2007 wl idan gawevrianda keramikosTa msfli o federaciaSi

saqarTvel os keramikosTa asociacia 2002 wl idan evropis keramikosTa asociaciis wevria

saqarTvel os keramikosTa asociacia daarsda 1998 wel s
Jurnal i daarsda 1998 wel s

Jurnal Si statiebi ibeWdeba qarTul , ingl isur, germanul da rusul enebze

*gamoqveynebul i masal is avtorebi pasuxismgebel ni arian moyvanil i faqtebis, ci-
tatebis da sxva monacemebis SerCevasa da sizusteze, aseve Ria publ ikaciaSi kanoniT
akrZal ul i monacemis gaxmaurebaze.*

*redaqcias SeuZl ia gamoaqveynos masal ebi ise, rom ar iziarebdes avtoris Sexedu-
l ebebs.*

*Авторы публикуемых материалов несут ответственность за подбор и точность приведенных
фактов, цитат и других сведений, а также за неразглашение сведений, запрещенных
законом к открытой публикации.*

Редакция может публиковать материалы, не разделяя точку зрения автора.

*Authors of the published materials are responsible for choice and accuracy of adduced facts,
quotations and other information, also for not divulging information forbidden open publication.*

Publishing material the editorial board may not share the views of the author.

Tbilisi, `keramika~, Vol. 23.1(45). 2021
masal is gadabeWvdvisas Jurnal is miTiTeba aucil ebel ia
ТБИЛИСИ, "КЕРАМИКА", Vol. 23.1(45). 2021
При перепечатке ссылка на журнал обязательна
TBILISI,"CERAMICS", Vol. 23.1(45). 2021
Reference of magazine is obligatory on reprinting

pirobiTi nabeWdi Tabaxi 7. tiraJi 50 egz., fasi saxel Sekrul ebo.

saqarTvel os keramikosTa asociacia, Tbilisi, kostavas 69, tel : 233-53-48, Sida 62-39,
E-mail: kowsiri@gtu.ge, z. kovzirize

<http://www.ceramics.gtu.ge>
