

ISSN 1512-0325

საქართველოს კერამიკოსთა ასოციაციის ჟურნალი
JOURNAL OF THE GEORGIAN CERAMISTS' ASSOCIATION



kerami ka **CERAMICS**

სამეცნიერო-ტექნიკური და საარმოო ინსტრუქციები,
რეგისტრირებული, რეფერირებადი ჟურნალი

Vol. 19. 1(37).2017

სარედაქციო კოლეგია:

ი. ბერძენიშვილი, მ. ბიბილაშვილი, გ. გაფრინდაშვილი (მთ. რედ. მოადგილე), ლ. გვასალია, ა. გრიგოლიშვილი, ელ. ელიზბარაშვილი, დ. ერისთავი, ლ. თოფურია, რ. თურმანიძე, მ. კეკელიძე, ზ. კოვზირიძე (მთ. რედაქტორი), ნ. კუციავა, მ. მაისურაძე, რ. მამალაძე (მთ. რედ. მოად.), ზ. მესტირიშვილი, მ. მუჯირი, ნ. ნიჟარაძე (პასუხისმგებელი მდივანი), დ. ნოზაძე, მ. ოქროსაშვილი, ა. სარუსანიშვილი (მთ. რედ. მოად.), გ. ტაბატაძე, რ. ქაცარავა, ე. შაფაქიძე, ჯ. შენგელია, რ. ხუროძე, თ. ჭეიშვილი, დ. ჯინჭარაძე

EDITORIAL BOARD:

I. Berdzenishvili, M. Bibilashvili, T. Cheishvili, E. Elizbarashvili, D. Eristavi, G. Gaprindashvili (vice-editor-in-chief), A. Grigolishvili, L. Gvasalia, D. Jincharadze, R. Katsarava, M. Kekelidze, R. Khurodze, Z. Kovziridze (editor-in-chief), N. Kuciava, M. Maisuradze, R. Mamaladze (vice-editor-in-chief), Z. Mestvirishvili, M. Mujiri, N. Nizharadze (executive secretary), D. Nozadze, M. Okrosashvili, A. Sarukhanishvili (vice-editor-in-chief), E. Shapakidze, J. Shengelia, G. Tabatadze, L. Topuria, R. Turmanidze

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

И. Бердзенишвили, М. Бибилашвили, Г. Гаприндашвили (заместитель главного редактора), Л. Гвасалиа, А. Григолишвили, Д. Джинчарадзе, Р. Кацарава, М. Кекелидзе, З. Ковзиридзе (главный редактор), Н. Куциава, М. Маисурадзе, Р. Мамаладзе (заместитель главного редактора), З. Мествиришвили, М. Муджири, Н. Нижарадзе (ответственный секретарь), Д. Нозадзе, М. Окросашвили, А. Саруханишвили (заместитель главного редактора), Г. Табатадзе, Л. Топуриа, Р. Турманидзе, Е. Шапакидзе, Дж. Шенгелия, Р. Хуродзе, Т. Ченшвили, Э. Элизбарашвили, Д. Эристави

ქურნალში „კერამიკა“
გამომცემის სტატიის
პირითა და თანხებითა
მშენებელი, კერამიკის, კერამიკული და
პოლიმერული კომპოზიტების,
ზეგამბარი მასალების,
ტიტანის და კონკრეტის,
სხვადასხვა მასალის,
მინერალური ბაზის,
მჭიდრო მასალის, ცემენტის და სხვა
არარგებანი, მინერალური
მასალების, მინერალური
საფარი და ტრადიციული მასალის
სფეროში
ნათარგმანი სამშენებლო კვლევები,
მათი მიღების ტექნიკა და
ტექნოლოგია, ნანოტექნოლოგია და
ნანოტექნიკა
პოლიმერული ბიომასალაში
ბიომინერალიზაცია
ორგანული ნივთიერებათა
ტექნოლოგია
მეტალურგია
მასალათმცოდნეობა
კომპოზიტური მასალები და
დანაწარმები
არარგებანი და ორგანული
სინთეზი
ნანომასალებისა და კომპოზიტების
მიღების ტექნოლოგიური
ტექნოლოგიები
თერმოდინამიკა, კინეტიკა და
პატალიზი

ქურნალში აბრეშვი
შესაძლებელია განთავსდეს
სტატიები შემდეგ საკითხებზე:
✓ ახალი ტექნიკა, მონეობილობა
სანარმოთა და წარმოების ტექნიკური
გადახარალებები
✓ სანედლეული ბაზის განვითარება,
ნედლეულის რაციონალური
გამოყენება, მათ შორის ადგილობრივი
წარმოების წარმოების.
✓ რესურს- და ენერგოდამზოგველი
ტექნოლოგიები. გარემოს დაცვა.
✓ სანარმოთა სამეურნეო მოღვაწეობა
საბაზრო პირობებში, ეკონომიკა,
მარკეტინგი.
✓ საქარხნო გამოცდილება.
✓ ინფორმაცია, რეკლამა.

გამომცემის სფეროში
➤ ენერგეტიკა
➤ მშენებლობა
➤ სახალხო მოხმარების საგნები
➤ ქიმია და ქიმიური ტექნოლოგია
➤ მასალათმცოდნეობა
➤ მეტალურგია
➤ ელექტრონიკა და ელექტროტექნიკა
➤ მედიცინა
➤ ოპტიკა
➤ სხვა სფეროები
➤ გარემოს დაცვა

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

შპს 669:621:762

მართვადი ლოკალური ჰიპერთერმიის მეთოდის შესწავლა უსაფრთხოებაზე

ზ. კოვზირიძე*, გ. მენტეშაშვილი**, პ. ხორავა**, ხ. ბლუაშვილი*

*ბიონანოკერამიკისა და ნანოკომპოზიტების მასალათმცოდნეობის ცენტრი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0175, თბილისი, კოსტავას 69

**კლინიკური ონკოლოგიის ინსტიტუტი, საქართველო, 1059, თბილისი, ლიუბლიანას 5

E-mail: kowsiri@gtu.ge

რეზიუმე: მიზანი: მონო-თერაპიული ეფექტის განვითარებისათვის კიბოს ზედაპირული დაავადებების წინააღმდეგ ექსპერიმენტულ მასალაზე დაყრდნობით, გამოყენებულ იქნა ხელსაწყო "ლეზი", რომელიც შეიქმნა საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ბიონანოკერამიკისა და ნანოკომპოზიტების მასალათმცოდნეობის ცენტრში (საქართველოს ინტელექტუალური საკუთრების ეროვნული ცენტრი, საქპატენტი. დეპონირების დამადასტურებელი მოწმობა 5054. "მართვადი ლოკალური ჰიპერთერმია და მაგნიტური ჰიპერთერმია კიბოს დაავადებების სამკურნალოდ").

მეთოდი: მართვადი ლოკალური ჰიპერთერმია.

შედეგები: ნაჩვენები იქნა, რომ ყველა ცხოველში (3 თვის ალბინოსი თაგვები) დაფიქსირდა კიბოს დაავადების შეჩერება და განვითარდა ინტრატუმორული ნეკროზი. 7-10 სეანსის შემდეგ სიმსივნე დაწყლულდა, რაც ექსპერიმენტის დადებით შედეგზე მეტყველებს (პათოლოგიურ-ანატომიური ლაბორატორიის "პათგეოს" დასკვნა. გამოკვლევის № 3119-12, თბილისი, საქართველო).

დასკვნა: მორფოლოგიური კვლევის შედეგების საფუძველზე დადგენილია ასევე, რომ ღვიძლი და ფილტვები (ძირითადი სამიზნე ორგანოები) ინტაქტურია, მეორადი სიმსივნური დაზიანებები არ ფიქსირდება. შეგვიძლია დავასკვნათ, რომ მართვადი ლოკალური ჰიპერთერმიით გამოწვეული სიმსივნური მასის ღიზისის დროს ამ ორგანოებში მეტასტაზირებას ადგილი არ აქვს.

საკვანძო სიტყვები: მართვადი ლოკალური ჰიპერთერმია; ნეკროზი; დაწყლულება; უსაფრთხოება; ინტაქტური; მეტასტაზი.

1. შესავალი

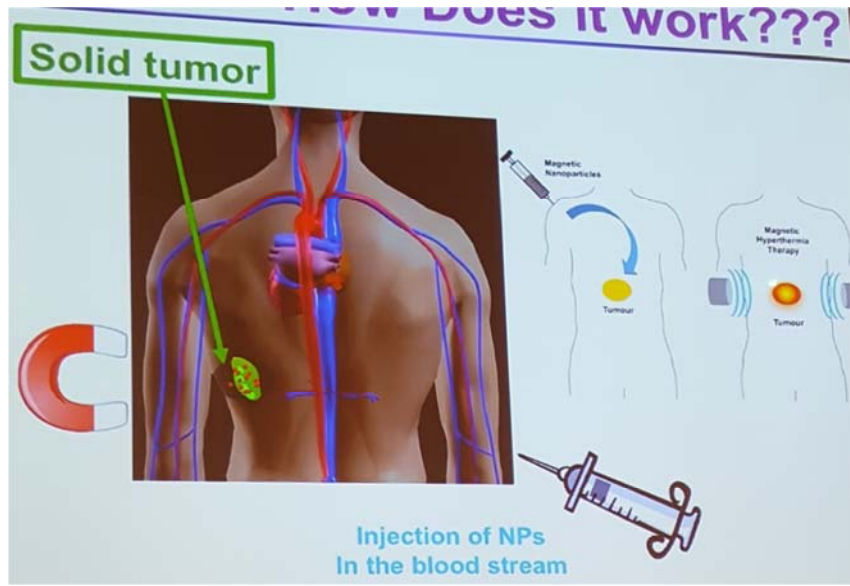
ჰიპერთერმია 1883 წლიდან არსებობს, მას შემდეგ, რაც მედიცინის დოქტორმა უილიამ ქოლმა ამ მიმართულებით გამოკვლევები დაიწყო. ის იყო ნიუ-იორკის საავადმყოფოს ზოგადი ქირურგი. ქოლი დაინტერესდა 1868 წელს გამოქვეყნებული ოჯახის ექიმის, ბუშის სტატიით, რო-

მელშიც აღწერილი იყო განუკურნებელი სენით დაავადებული პაციენტის მდგომარეობა. ავადმყოფს სარკომა სახეზე ჰქონდა. მართალია ბუშმა ვერ შეძლო მას დახმარებოდა ამ მომაკვდინებელი სენის დაძლევაში, მაგრამ დააფიქსირა, რომ პაციენტს ჰქონდა ჯანმრთელობის მოულოდნელი, დროებითი გაუმჯობესება მას შემდეგ, რაც მას გაურთულდა კანის ინფექცია, ე.წ. ერისიპელასი. ინფექციამ გამოიწვია მაღალი სიცხე 104-105 ფარენჰაიტით (40-41 გრადუსი).

ქოლი მომდევნო 20 წლის განმავლობაში ინტენსიურად აწარმოებდა ექსპერიმენტებს ცხოველებზე, რათა შეესწავლა მაღალი ტემპერატურის გავლენა სიმსივნის სხვადასხვა ფორმაზე. ცხოველებზე ჩატარებული წარმატებული ექსპერიმენტების შემდეგ ეს მეთოდი სიმსივნით დაავადებულ ადამიანებზე მოსინჯა. მას ბაქტერიები შეჰყავდა ადამიანის ორგანიზმში, რათა მაღალი სიცხე გამოეწვია. ბაქტერიები, რომლებსაც ის იყენებდა, ცნობილია როგორც ქოლის ტოქსინები. ქოლმა დიდ წარმატებას მიაღწია ამ მეთოდით, განსაკუთრებით რბილი ქსოვილის და ძვლის სარკომის მკურნალობაში. თუმცა ამ მეთოდს სერიოზული გვერდითი მოვლენებიც ჰქონდა იმ ინფექციის გამო, რომელიც მას ორგანიზმში შეჰყავდა [1].

მსოფლიოში სხვადასხვა მეთოდით მკურნალობენ სიმსივნით დაავადებულ პაციენტებს. 1987 წელს გერმანელი ონკოლოგი რაიკ ჰამერი, შვილის გარდაცვალების შემდეგ სიმსივნით დაავადდა. ექიმი მივიდა იმ დასკვნამდე, რომ სიმსივნე მას დიდი სტრესის გადატანის შემდეგ გაუნდა [2]. მან შეიმუშავა თეორია, რომელიც სამედიცინო წრის წარმომადგენლებისთვის მოულოდნელი აღმოჩნდა. თავისი მეთოდის გამოყენებით ექიმმა 6000 პაციენტი მთლიანად განკურნა და ამ მეთოდს შვილის სახელის მიხედვით დირკ ჰამერის სინდრომი უწოდა.

შეერთებულ შტატებში ნანო- და მიკრონაწილაკები ნემსით შეჰყავთ ორგანიზმში და მათზე შემდეგ ცვლადი მაგნიტური ველის ზემოქმედებით წარმოიქმნება სითბო [3].



სურ 1. ნანო- და მიკრონაწილაკები ნემსით შეჰყავთ ორგანიზმში

მედიცინაში მკვლევართა განსაკუთრებულ ინტერესს მაგნიტური თვისებების მქონე ნანო- და მიკრო პარამაგნეტიკური ნაწილაკების გამოყენება იწვევს. პარამაგნეტიზმი (ბერძნულად para – თან, ახლოს) – ფიზიკური თვისებაა პარამაგნიტური ნივთიერებებისთვის დამახასიათებელი მოვლენების და თვისებების ერთობლიობა. პარამაგნიტური ანუ რაც მაგნიტის პოლუსისაკენ სუსტად მიიზიდება. ნივთიერებები, რომლებსაც სუსტი მაგნიტური თვისებები აქვთ. ეს ინტერესი ძირითადად მათი მაგნიტური ველის საშუალებით დისტანციურად მართვის შესაძლებლობით არის განპირობებული. საინტერესოა, რომ დღეისათვის პარამაგნიტური ნაწილაკების გამოყენების ერთ-ერთ აქტუალურ მიმართულებას ონკოლოგიური დაავადებების მკურნალობის ახალი მეთოდების შემუშავება წარმოადგენს. პარამაგნეტიკები არის ნივთიერებები და მასალები დადებითი მაგნიტური ამთვისებლობით, რომლებშიც გარე მაგნიტური ველის არარსებობის შემთხვევაში არ არის უბნები ატომთა მაგნიტური მომენტების მოწესრიგებული (პარალელური ან ანტიპარალელური) განლაგებით. პარამაგნეტიკების მაგნიტური ამთვისებლობა ბევრად ნაკლებია ერთზე, ხოლო მაგნიტური შეღწევადობა ახლოა ერთთან. პარამაგნეტიკები არის ნივთიერებები და მასალები თავისუფალი ელექტრონების გარკვეული კონცენტრაციით, რომელთა სპინური მაგნიტური მომენტები თავის წვლილს დებენ პარამაგნეტიზმში. ესაა კარბიდები, ნიტრიდები, ბორიდები, სილიციდები. პარამაგნეტიკებად ხდებიან ნივთიერებები – ყველა ფერო-, ფერო- და ანტიფერომაგნეტიკები კიურისა და ნეელის ტემპერატურების ზევით ტრანსფორმირდება. მეცნიერები მიიხევენ, რომ უახლოეს მომავალში მართვადი ლოკალური

ჰიპერთერმია ონკოლოგიური პაციენტების მკურნალობის ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი მეთოდი გახდება [4].

ნანო- და მიკრო ნაწილაკების გამოყენებით ჰიპერთერმიის ეფექტის მიღების საკითხებზე მუშაობა მიმდინარეობს მსოფლიოს სხვადასხვა ქვეყანაში: ტაივანი, იაპონია, გერმანია, შვედეთი, აშშ, დიდი ბრიტანეთი, რუსეთი და სხვ. [4].

სიმსივნური უჯრედების გახურების სხვადასხვა მეთოდები არსებობს: მკურნალობა ცხელი წყლით, ინფრაწითელი სხივებით, ულტრაბგერით და მიკროტალღებით, მაგრამ, ამ მეთოდებით არ ხერხდება ღრმად განლაგებული სიმსივნური უჯრედების ეფექტიანად და ლოკალურად გახურება. 20-30 მკმ დიამეტრის ფერომაგნიტური მიკროსფეროების, როგორც თერმოწყაროს გამოყენება მიზანშეწონილია ჰიპერთერმიის ჩასატარებლად ღრმად განლაგებული კიბოს უჯრედების შემთხვევაში [5]. ეს მიკროსფეროები მიიტაცება სიმსივნური უჯრედების რეცეპტორებით-ფოლატებით.

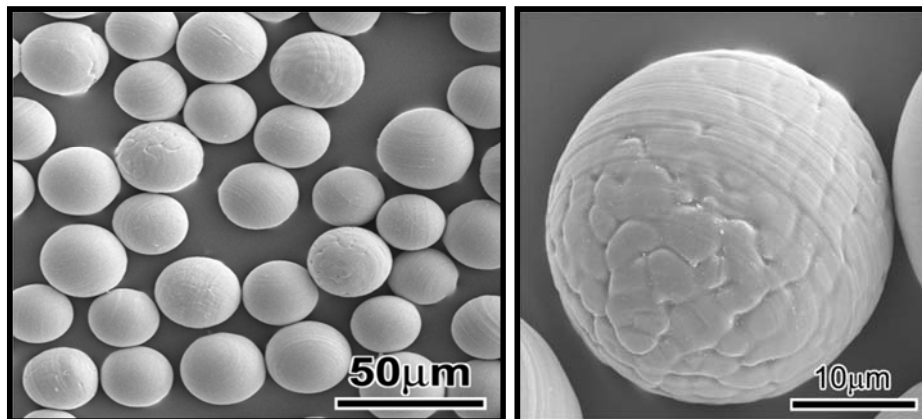
1987 წელს იაპონიაში ჰიატმა, [4] დემ და ერბემ პირველად დაადასტურეს, რომ $17Y_2O_3 - 19Al_2O_3 - 64SiO_2$ (მოლ %) 20-30 მკმ დიამეტრის მინის მიკროსფეროების გამოყენება შესაძლებელი იყო კიბოს in situ (ადგილზე) დასხივებისთვის. იტრიუმ-89 (^{89}Y) ამ მინაში არის არარადიოაქტიური იზოტოპი, მაგრამ ნეიტრონული დასხივება ახდენს ^{89}Y -ის გააქტიურებას და წარმოქმნის β -გამომსხივებელ ^{90}Y -ს, რომლის სიცოცხლის ნახევრად დაშლის პერიოდი 64.1 საათია. 20-30 მკმ დიამეტრის რადიოაქტიური მინის მიკროსფეროები შეყავთ ორგანიზმში (მაგ. ღვიძლის კიბოში). ამ პროცესს იაპონიაში ასრულებენ (Shimizutech) დანაღვარით.



სურ. 2. Microspheres-infusion machine Shimizutech, Co. Ltd
 (<http://www.shimizutech.co.jp/>)

მინის მიკროსფეროები მოხვდებიან სიმსივნის წვრილ სისხლძარღვებში და ბლოკავენ მისთვის საკვების მიწოდებას, გარდა ამისა იძლევიან მოკლე მანძილზე მოქმედ მადალიონიზებულ β სხივებს. β-სხივები არ მოქმედებს სხვა რომელიმე ქიმიურ ელემენტზე და აქვს დაახლოებით 2.5 მმ-ის მოკლე შეღწევადობის დიაპაზონი ცოცხალ ქსოვილში და ამგვარად არ წარმოადგენს რადიაციულ საშიშროებას გარშემო ჯანმრთელი ქსოვილისთვის. ამ მიკროსფეროებს ახასიათებს მაღალი ქიმიური ხანგამძლეობა და ამდენად რადიოაქტიური ^{90}Y მიკროსფერო ძირითადად

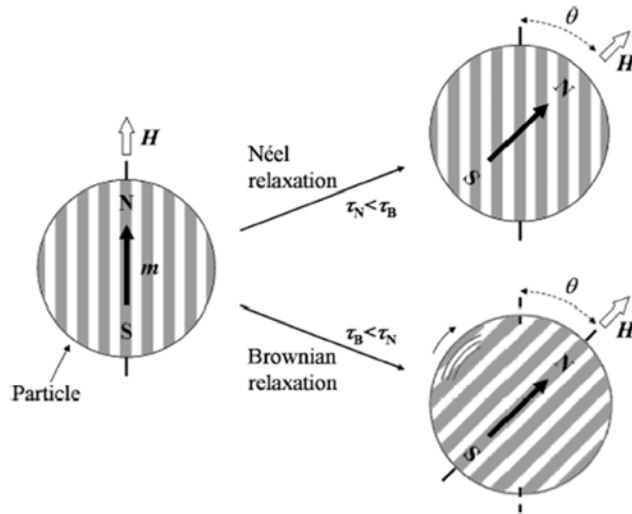
რჩება პაციენტის ორგანიზმში შიგნით მოთავსებისას და არ მოქმედებს მეზობელ ჯანმრთელ ქსოვილზე. ^{90}Y -ის რადიოაქტივობა ნეიტრონით დასხივებისას [6] 21 დღეში უმნიშვნელოდ მცირდება, ამიტომ მიკროსფეროები მაღევე კარგავენ აქტიურობას კიბოს მკურნალობის შემდეგ. ისინი უკვე გამოიყენება კლინიკურად ღვიძლის კიბოს სამკურნალოდ კანადაში, აშშ-სა და ჩინეთში, ასევე გამოიყენება კლინიკურ ცდებში დაავადებული თირკმლის და ელენთის მკურნალობასა და ართრიტული სახსრების დასხივების სინოვექტომიაში.



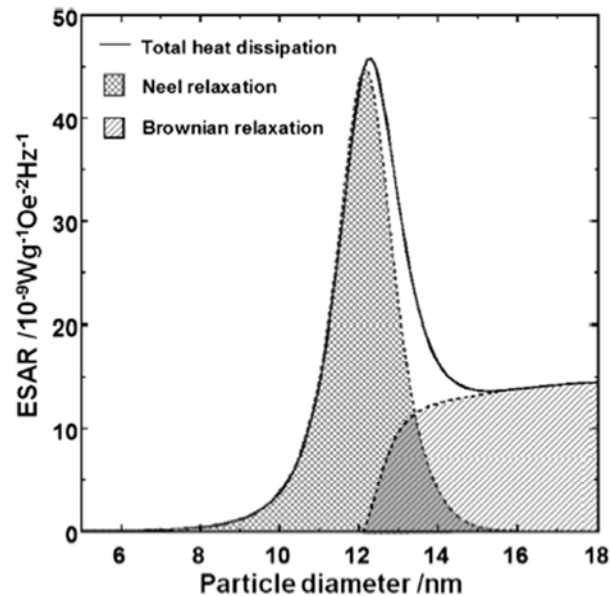
სურ. 3. Y_2O_3 მიკროსფერო

მაგნეტიტის ნაწილაკი, რომელიც სითბოს განაბნევს ნეელის რელაქსაციით, იდეალურია მაგნიტური ჰიპერთერმიისათვის ორი განსაკუთრებული მიზეზის გამო. პირველი – არ არსებობს არავითარი განსხვავება მაგნეტიტის მიერ სითბოს გაბნევის მახასიათებლებში ხელოვნურ – *in vitro* და ორგანიზმის პირობებში – *in vivo* ანალიზის დროს. მეორე – მაგნეტიტის ნაწილაკი, რომელიც გააბნევს სითბოს ნეელის რელაქსაციით საკმაოდ მცირეა დისპერსიისთვის

და შეიძლება გამოყენებულ იქნას მიზანმიმართული მიტანისათვის, რაც მაგნიტური სითბოს ჰიპერთერმიის დამატებით უპირატესობას წარმოადგენს. თუმცა ზოგი ავტორი აღნიშნავს, რომ სითბოს გაბნევა გამოწვეულია როგორც ბრაუნის, ისე ნეელის რელაქსაციით, არაფინ ამახვილებს ყურადღებას მაგნეტიტის ფიზიკურ თვისებებზე, რომლებიც სითბოს წარმოშობენ ძირითადად ნეელის რელაქსაციით.



სურ. 4. მაგნიტური მომენტის ბრუნვა ნანო-ნაწილაკებში



ნახ.1. ნეელის და ბრაუნის რელაქსაციებით სითბოს თეორიული გაბნევა წყალში. $f = 600 \text{ kHz}$, $H_{\text{applied}} = 40 \text{ (Oe)}$, $T = 300 \text{ (K)}$, $\eta = 0.89 \text{ (mPa}\cdot\text{s)}$, $M_s = 5.6 \text{ (kOe)}$, $K = 30 \text{ (kJm}^{-3}\text{)}$, კუთრი სითბო = $670 \text{ (Jkg}^{-1}\text{K}^{-1}\text{)}$, სიმკვრივე = $5180 \text{ (kg m}^{-3}\text{)}$, მაგნეტიტის ნანონაწილაკების კონცენტრაცია = $4,0 \text{ (მას\%)}$, ESAR - შთანთქმის ეფექტური კუთრი სიჩქარე

ბრაუნის რელაქსაციით გაბნეულ სითბოზე ძლიერად მოქმედებს ნაწილაკის გარშემო არსებული გარემო. მაგ., თუ გარემოს სიბლანტე, რომელშიც ეს ნაწილაკებია გაბნეული, მაღალია, ან თუ ბრაუნის თავისუფლება შეზღუდულია, ბრაუნის რელაქსაციის მეშვეობით ამ ნაწილაკების მიერ გაბნეული სითბო ან შემცირდება ან შეწყდება. ამგვარად, მსგავსი ESAR სიდიდეების რეალიზაციისათვის ლაბორატორიულ პირობებში ან ექსპერიმენტებით *in vivo* და *in vitro* მნიშვნელოვანია, ნაწილაკები, რომელთა რელაქსაცია ხდება ნელის მექანიზმით. თუმცა იმ ნაწილაკების ზომები, რომლებიც სითბოს გაბნევენ მაგნიტური ვექტორის ნეელის და ბრაუნის მოძრაობით, შეიძლება განისაზღვროს თეორიულად, მათი რელევანტური წილი მაგნიტური ჰიპოთეზის ნებისმიერ ნიმუშში ან მათი პრაქტიკული გამოყენების კონცეფცია სათანადოდ არ არის გათვალისწინებული. პრაქტიკული მნიშვნელობის თვალსაზრისით, უნდა განისაზღვროს ნეელის ან ბრაუნის რელაქსაციების შეფარდებითი წილი სითბოს გაბნევაში ნებისმიერი ნიმუშისათვის, რადგან გარემომ უჯრედის შიგნით შესაძლოა იმოქმედოს ბრაუნის წილზე და გაბნეული სითბო შესაძლოა იყოს ნაკლები ვიდრე დასაშვები სიდიდე. არც თუ ისე დიდი ხნის წინ ზემოთ მოყვანილი კონცეფცია ექსპერიმენტულად დამტკიცდა [18], რამაც საზოგადოება შეფარდებითი წილის დეტალური ანალიზის აუცილებლობას ეფექტიანი მკურნალობისთვის [6-14].

საქართველოში პირველად შევისწავლეთ მართვადი ლოკალური ჰიპოთერმიის მეთოდის გამოყენებით სიმსივნის საწინააღმდეგო ეფექტი. ჰიპოთერმია წარმოადგენს მეთოდს, რომელიც გულისხმობს სიმსივნურ უჯრედებზე ციტოსტატიკურ ზემოქმედებას უჯრედში ტემპერატურის გაზრდით – ჩვენ შემთხვევაში ტემპერატურული ველით გამოწვეული სითბური გაბნევით. მკვლევართა ჯგუფში შედიან კერამიკოსები, ექიმი ონკოლოგები, ფიზიკოსები, კონსტრუქტორები, იმუნოლოგები.

ჯანდაცვის მსოფლიო ორგანიზაციის მონაცემებით ავთვისებიანი სიმსივნეებით განპირობებული ავადობისა და მისგან გამოწვეული სიკვდილიანობის მაჩვენებელი გამუდმებით იზრდება მთელ მსოფლიოში. დღეისათვის ონკოლოგიურ ავადმყოფთა მკურნალობაში წამყვანი როლი ენიჭება:

1. ქირურგიულ მეთოდებს;
2. ქიმიოთერაპიას;
3. სხივურ თერაპიას.

პორმონო და იმუნოთერაპია დამხმარე მეთოდებია.

ხშირ შემთხვევაში, კვალიფიციურად ჩატარებული ჩარევის მიუხედავად დაავადება ლეტალური გამოსავლით მთავრდება. გარდა პოლიორგანული უკმარისობისა, ამის მიზეზია ქიმიო-

რადიოთერაპიით გამოწვეული იმუნური სისტემის დათრგუნვა, მიელოდეპრესია, ლეიკოპენია, კარდიო, ნეფრო-, ჰეპატო- და ნეიროტოქსიკურობა, ინტერკურენტული მიკრობული გართულებები და სხვა. ყოველივე ეს განაპირობებს ავთვისებიანი სიმსივნეების მკურნალობის ახალი გზების ძიების აუცილებლობას, რომლებიც მიმართული იქნება სიმსივნის საწინააღმდეგო სტრატეგიის გასაძლიერებლად.

ცნობილია, რომ ავთვისებიანი სიმსივნეები შედგება ორგანიზმის საკუთარი უჯრედებისაგან, რომლებიც ნორმისაგან მხოლოდ იმით განსხვავდება, რომ მათში მიმდინარეობს უკონტროლო, შეუზღუდავი გამრავლება და ზრდა. ამიტომ ავთვისებიან სიმსივნეებში მეტაბოლური პროცესების ინტენსივობა და შესაბამისად ენერგეტიკული მოთხოვნილებები უფრო მაღალია, ვიდრე ჩვეულებრივ ქსოვილებში. ამ ფაქტორის გათვალისწინებით პერსპექტიულია დაავადებულ და მის მოსაზღვრე ქსოვილებზე ისეთი ზემოქმედების გამოყენება, რომელიც დროის გარკვეულ მონაკვეთში ამოწურავს გადაგვარებული უჯრედების ენერგეტიკულ პოტენციალს, გამოიწვევს მათი ცილების დენატურაციას (დაღუპვას), და ამავე დროს, შენარჩუნებული იქნება ჯანმრთელი უჯრედების სიცოცხლისუნარიანობა [6-16].

ასეთი ბიოფიზიკური ზემოქმედება შეიძლება იყოს ადგილობრივი ჰიპოთერმია (+42–+44°C).

მთელ მსოფლიოში ავთვისებიანი სიმსივნეებით განპირობებული ავადობისა და მისგან გამოწვეული სიკვდილიანობის მაჩვენებელი გამუდმებით იზრდება და კლების ტენდენცია არ გააჩნია. პრობლემურია ნაადრევი დიაგნოსტიკა და ავადმყოფთა დიდი ნაწილი სტაციონარს უკვე გართულებულ მდგომარეობაში (III-IV სტადია) მიმართავს, როდესაც მათ უკვე ქირურგიული, სხივური და მედიკამენტური კომპონენტების გამოყენებით კომბინირებული და კომპლექსური მკურნალობა ესაჭიროებათ. იმატა იმ პაციენტთა რაოდენობამაც, რომლებიც ექიმ-ონკოლოგს მიმართავენ სიმსივნური პროცესის მოგვიანებითი კლინიკური ნიშნების მანიფესტაციითა და სხვადასხვა მეტაბოლური დარღვევებით.

ავთვისებიან სიმსივნეთა მკურნალობის ახალი მეთოდების შემუშავება ონკოლოგიის მნიშვნელოვანი ამოცანაა. ექსპერიმენტული და კლინიკური კვლევებით დადასტურებული დადებითი შედეგის მქონე სამკურნალწამლო საშუალებისა თუ მკურნალობის მეთოდის კლინიკურ პრაქტიკაში დანერგვა კი წინგადადგმული ნაბიჯია ონკოლოგიური პაციენტების მკურნალობის საკითხში.

2. ძირითადი ნაწილი

კვლევის მიზანია ონკოლოგიური ავადმყოფების მკურნალობის უახლოესი და შორეული შედეგების გაუმჯობესება სიმსივნურ წარმონაქმნზე მართვადი ლოკალური ჰიპოთერმიის გა-

მოყენებით აღნიშნული მიზნის მისაღწევად დასახული იყო შემდეგი ამოცანების გადაჭრა:

1) ექსპერიმენტულ სიმსივნეებზე ჰიპერთერმიის სიმსივნის საწინააღმდეგო სამკურნალო ეფექტის შესწავლა;

2) ექსპერიმენტში ჰიპერთერმიის სიმსივნის საწინააღმდეგო ადიუვანტური ეფექტის დადგენა პოლიქიმიოთერაპიასთან კომბინაციაში.

ჰიპერთერმიის სხვადასხვა რეჟიმის შესწავლა მკურნალობის უშუალო და შორეულ შედეგებზე.

მეცნიერული სიახლე

საქართველოში პირველად იქნა წარმოდგენილი, ექსპერიმენტულ მასალაზე დაყრდნობით მართვადი ლოკალური ჰიპერთერმიის სიმსივნის საწინააღმდეგო მონოთერაპიული სამკურნალო ეფექტი.

კვლევის ობიექტი და ამოცანა

კვლევის ობიექტს წარმოადგენდა 2-3 თვის 20-30 გრამი მასის უჯიშო არახაზოვანი თეთრი თაგვები და მათი ავთვისებიანი სიმსივნური უჯრედები. კიბოს უჯრედები იღუპება ჩვეულებრივ დაახლოებით $+42-44^{\circ}\text{C}$, რადგან ჟანგბადის მიწოდება სისხლძარღვებით არასაკმარისია, მაშინ როდესაც ნორმალური უჯრედები არ ზიანდება უფრო მაღალი ტემპერატურის დროსაც. გარდა ამისა, სიმსივნე უფრო ადვილად ხურდება, ვიდრე გარშემო მდებარე ჯანმრთელი ქსოვილი, რადგან სისხლძარღვები და ნერვული სისტემები ნაკლები განვითარებულია სიმსივნეში, ამას გარდა ასეთი დაავადებული უჯრედების ჟანგბადით მომარაგება ნაკლებია ჩვეულებრივ ჯანმრთელ უჯრედებთან შედარებით [6-20].

ექსპერიმენტი ჩატარდა ცხოველების თორმეტჯგუფზე. შედეგები ყველა ჯგუფისათვის თანაბრად დადებითია. შედეგები გამოქვეყნებულია იაპონიაში, აშშ-ში, ევროპასა და საქართველოში. პრეზენტაციები მოეწყო საერთაშორისო კონფერენციებსა და მსოფლიო კონგრესებზე [25-39]. ამ შედეგებსა და რამდენიმე წლის მუშაობის გამოცდილებაზე დაყრდნობით, გაჩნდა მოტივაცია, რათა ექიმ-ონკოლოგებთან კონსულტაციების საფუძველზე, შექმნილიყო კლინიკური აპარატურა მოხალისე პაციენტებისათვის.

სამუშაოს მიზანი

სამუშაოს მიზანს წარმოადგენს დაავადებების სამკურნალო კლინიკური აპარატურის შექმნა და მისი გამოცდა ცხოველებზე მართვადი ლოკალური ჰიპერთერმიის მეთოდით და მისი საშუალებით ტემპერატურული ველის ტრანსპორტირებით ავთვისებიანი სიმსივნეების მკურნალობა.

სამუშაოს არსი მდგომარეობს იმაში, რომ ჩვენ მიერ შექმნილი კლინიკური ხელსაწყო (სურ. 5) ჰიპერთერმიული თაგაკის მეშვეობით ხდება ტემპერატურული ველის ტრანსპორტირება მოხალისე პაციენტის დაავადებულ უბანზე ჰიპერთერმიული მეთოდით, ამ თაგაკის სიმსივნურ უბანზე განთავსებით გარკვეული დროის განმავლობაში, რომელიც განისაზღვრება ემპირიულად, ანუ იმისდა მიხედვით თუ როგორ რეაგირებს პაციენტი მკურნალობაზე და როგორ ექვემდებარება დაავადება მკურნალობას.

ხეშოთქმულიდან გამომდინარე ტემპერატურული ინტერვალი შეადგენს $+42-44^{\circ}\text{C}$, ხოლო დროის ხანგრძლივობა 20-40 წუთს.



სურ. 5. მართვადი ლოკალური ჰიპერთერმიის მეთოდით სიმსივნური დაავადებების სამკურნალო აპარატი "ლეზი". დამზადებულია საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ბიონანოკერამიკისა და ნანოკომპოზიტების მასალათმცოდნეობის ცენტრში (ხელმძღვანელი პროფ. ზ. კოვზირიძე)

ექსპერიმენტის აღწერა

ზემოთ მითითებული მეთოდის უსაფრთხოება შემოკლებული პროგრამით შესწავლილ იქნა 200 ± 5 გ წონის თეთრ ვირთაგვებზე.

ექსპერიმენტისთვის შეირჩა ვირთაგვების საცდელი და საკონტროლო ჯგუფები. თითოეულ ჯგუფში შედიოდა 6 მამრობითი და 6 მდედრობითი სქესის ვირთაგვა. საცდელი ჯგუფის ცხოველებს დეპილირებული ზურგის არეში ვაფენდით თერმოპადს (ჰიპერთერმიულ თავაკს). თერმოპადი შეერთებული იყო სითბოს გამომშუშებელ ხელსაწყოსთან. თერმოპადის საშუალებით ხდებოდა ტემპერატურული ველის ტრანსპორტირება ვირთაგვების სხეულის დეპილირებულ მონაკვეთზე. პროცედურა გრძელდებოდა 10 წუთის განმავლობაში. საკონტროლო ცხოველების სხეულის დეპილირებულ მონაკვეთზე ვაფენდით თერმოპადს გამორთულ მდგომარეობაში. ორივე ჯგუფის ცხოველებზე ექსპერიმენტი გრძელ-

დებოდა 14 დღის განმავლობაში. ექსპერიმენტის წინა პერიოდში ვირთაგვები იმყოფებოდნენ ორკვირიან კარანტინში.

თითოეულ ვირთაგვაზე პროცედურის 10 წუთიანი ხანგრძლივობით 10 დღის განმავლობაში დადგინდა მკურნალობის მეთოდის ავტორების მიერ ადამიანზე დადგენილი 30 წუთიანი პროცედურიდან გამომდინარე რაც 100-ჯერ აღემატებოდა ვირთაგვის სითბურ ველში ყოფნის ნორმას, გამომდინარე ავტორების მიერ მოწოდებული ადამიანებისათვის დადგენილი ნორმიდან.

ექსპერიმენტის დასრულებისთანავე მოხდა ცხოველების დეკაპიტაცია შინაგანი ორგანოების შესწავლის მიზნით.

კვლევის მიზანი იყო სასიკვდილო დოზის (LD₅₀) დადგენა და ასევე ორგანიზმში მიმდინარე ცალკეული უარყოფითი სიმპტომების რეგისტრაცია.



თავი 1



თავი 2



თავი 3



თავი 4



თავი 5



თავი 6

სურ. 6. 6 მამრობითი სქესის ვირთაგვა. აპარატურის გამოცდა უვნებლობაზე



თაგვი 1



თაგვი 2



თაგვი 3



თაგვი 4



თაგვი 5



თაგვი 6

სურ. 7. 6 მდედრობითი სქესის ვირთაგვა.
აპარატურის გამოცდა უნებლობაზე

კვლევის შეფასება

კვლევის შედეგების შეფასება ხდებოდა ირგინის შკალის მიხედვით:

განწყობა-ემოციურობა (მოუსვენრობის გაღრმავება, აგრესიულობა), მოძრაობითი უნარი; ცნსის აგზნება (შეკრთომა, კულის გაშეშება, კანკალი, კრუნჩხვა); პოზა (პროსტრაცია, შებოჭილობა, კიდურების მდგომარეობა- მოხრილი, გაშლილი); მოტორული დისკორდინაცია (ბარბაცი, უჩვეულო სიარული, ღგომის რეფლექსი); კუნთოვანი ტონუსი (ჩაჭიდულობის ძალა, ჩაზნექილი ზურგი, მუცლის დაჭიმულობა); რეფლექსები (ნიჟარას, რქოვანას, იპსილატერული მოხრის რეფლექსი); ავტონომიური რეაქციები (გუბა, ქუთუთოები, ეგზოფთალმი, შარდვა, ნერწყვდენა, ცრემლდენა, აბურძგენა, კანის ფერი

ნიჟარაზე); ციანოზი ან ჰიპერემის, გულის ცემის და სუნთქვის სისშირე; მყისიერი ან დაყოვნებული სიკვდილი [40-49].

სხეულის მასის ნამატის კონტროლი ხორციელდებოდა ცდის დაწყების დღეს და შემდგომ ყოველ მე-7 დღეს.

კვლევის შედეგები:

დაკვირვება ხორციელდებოდა პროცედურის დამთავრებიდან 10 წუთის, 1, 2, 4 საათის განმავლობაში და შემდეგ ყოველდღიურად დღეში ერთხელ 14 დღის განმავლობაში.

ექსპერიმენტის ჩატარების და დაკვირვების მთელი პერიოდის განმავლობაში ინტეგრალური მანკენებლების არავითარი გადახრა ნორმიდან არ დაფიქსირებულა.

დაკვირვების პერიოდში ყველა ცხოველი ჯანმრთელია და აქტიური. 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 სისწორე საწყის მაჩვენებლებს შეესაბამება. თვალთ შესამჩნევი გამოვლინებები არ აღინიშნება. თავების სხეულის წონის ნამატი არ განსხვავდებოდა საკონტროლო ჯგუფის მაჩვენებლებისგან. თავები ნორმალურად მოხმარდნენ საკვებსა და წყალს. დაკვირვების 14 დღის განმავლობაში ცხოველების დაცემა რეგისტრირებული არ არის. თავების კვდომის არარსებობის შედეგად შეუძლებელი გახდა Id50-ის გათვლა.

დადგინდა, რომ ზემოთ აღნიშნული მეთოდის 100-ჯერ გაზრდილი ხანგრძლივობა ვირთაგვებში არ აქვს არც ლეტალურ და არც მავნე შედეგებს ექსპერიმენტალურ ცხოველებზე.

მაკროსკოპული გამოკვლევები:

ვირთაგვებში ბეწვის საფარი სუფთა, სწორი განლაგება, კიდურებისა და ყურების კანი ვარდისფერი, სუფთა. დათვალიერებისას თმის ბუდობრივი ცვენის კერები არ იქნა აღმოჩენილი. ბუნებრივი ხერვლიდან გამონადენი არ აღინიშნება. შინაგანი ორგანოები განლაგებულია სწორად. ქსოვილები სუფთა, ცხიმოვანი ქსოვილი საშუალოდ განვითარებული. სერიოზული გარსების ზედაპირი ნამიანი, კრიალა, გარსები გამჭვირვალეა. მიოკარდიუმი მკვრივი, პარკუჭების დრუ ცარიელია, 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. თირკმელების 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 ზემოაღნიშნული მეთოდის გამოყენება ექსპერიმენტში ცხოველებისათვის უსაფრთხოა. ზონდზე წამოცმული გარსაცმი გამორიცხავს ცირკულირებადი სითხის შეხებას სამკურნალო ზედაპირთან და უზრუნველყოფს ტემპერატურის ინტენსიურ გადაცემას მიმდებარე ქსოვილებთან და შედეგად, აქტიურ ჰიდრო-ჰიპერთემიულ მკურნალობას +42-44°C ინტერვალში ექსპერიმენტული დროის განმავლობაში. ვირთაგვებზე ექსპერიმენტმა ცხადყო,

რომ ზემოაღნიშნული მეთოდის გამოყენება მკურნალობის პროცესში და შემდგომ დაკვირვების პერიოდში ცხოველებისათვის უსაფრთხოა.

მადლიერება: ავტორები მადლიერებას გამოხატავენ თბილისის კლინიკური ონკოლოგიის ინსტიტუტის პროფესორების, ბატონების გურამ მენტემაშვილის და პაატა ხორავას მიმართ, საქმიანი და მაღალპროფესიულ დონეზე გაწეული თანადგომის, კონსულტაციებისა და რჩევებისათვის მართვადი ლოკალური ჰიპერთემიის მეთოდით კლინიკური აპარატის კონსტრუირების პროცესში. აპარატის კონსტრუირების პროცესში ასევე გათვალისწინებული იქნა მაღალკვალიფიციური სამედიცინო პერსონალის ფართო წრის რჩევები და კონსულტაციები.

ლიტერატურა

1. <http://www.encyclopedia.com/medicine/drugs/pharmacology/hyperthermia>
2. <https://vitiges63.com/2015/08/16/%E1%83%99%E1%83%98%E1%83%91%E1%83%9D%E1%83%A1-%E1%83%A0%E1%83%99%E1%83%98%E1%83%9C%E1%83%98%E1%83%A1-%E1%83%99%E1%83%90%E1%83%9C%E1%83%9D%E1%83%9C%E1%83%98-%E1%83%94%E1%83%A5%E1%83%98%E1%83%9B/>
3. <http://www.eurekaselect.com/138392/article>
4. <https://www.tsu.ge/science/?leng=ge&lc=at=jurnal&jnomeri=5&tid=15>
5. M. Kawashita, H. Takaoka, T. Kokubo, T. Yao, S. Hamada, and T. Shinjo, "Preparation of Magnetite-Containing Glass-Ceramics in Controlled Atmosphere for Hyperthermia of Cancer," J. Ceram. Soc. Jpn., 109 39-44 (2001).
6. R. Cavaliere, E. C. Ciocatto, B. C. Giovannella, C. Heidelberg, R. O. Johnson, M. Margottini, B. Mondovi, G. Moricca, and A. Rossi-Fanelli, "Selective Heat Sensitivity of Cancer Cells. Biochemical and Clinical Studies," Cancer, 20 1351-1381 (1967).
7. K. Overgaard and J. Overgaard, "Investigation on the Possibility of a Thermic Tumour Therapy. II. Action of Combined Heat-Roentgen Treatment on a Transplanted Mouse Mammary Carcinoma," Eur. J. Cancer, 8 573-575 (1972).
8. J. Overgaard, "Effect of Hyperthermia on Malignant Cells In Vivo. A Review and a Hypothesis," Cancer, 39 2637-2646 (1977).
9. M. J. Hyatt and D. E. Day, "Glass Properties of Ytria-Alumina-Silica System," J. Am. Ceram. Soc., 70 283-287 (1987).
10. E. M. Erbe and D. E. Day, "Chemical Durability of Y2O3-Al2O3-SiO2 Glasses for the In Vivo Delivery of Beta Radiation," J. Biomed. Mater. Res., 27 1301-1308 (1993).
11. D. E. Day and T. E. Day, "Radiotherapy Glasses," An Introduction to Bioceramics. eds. L. L. Hench and J. Wilson. World Science, Singapore, 305-317, 1993.

12. G. J. Ehrhardt and D. E. Day, "Therapeutic Use of 90Y Microspheres," *J. Nucl. Med.*, 14 233–242 (1987).
13. R. V. Mantravadi, D. G. Spigos, W. S. Tan, and E. L. Felix, "Intraarterial Yttrium 90 in the Treatment of Hepatic Malignancy," *Radiology*, 142 783–786 (1982).
14. M. J. Herba, F. F. Illescas, M. P. Thirlwell, G. J. Boos, L. Rosenthal, M. Atri, and P. M. Bret, "Hepatic Malignancies: Improved Treatment with Intraarterial Y-90," *Radiology*, 169 311–314 (1988).
15. A. A. Luderer, N. F. Borrelli, J. N. Panzarino, G. R. Mansfield, D. M. Hess, J. L. Brown, E. H. Barnett, and E. W. Hahn, "Glass–Ceramic-Mediated, Magnetic-Field-Induced Localized Hyperthermia—Response of a Murine Mammary-Carcinoma," *Radiat. Res.*, 94 190–198 (1983).
16. Y. Ebisawa, F. Miyaji, T. Kokubo, K. Ohura, and T. Nakamura, "Bioactivity of Ferrimagnetic Glass–Ceramics in the System FeO–Fe₂O₃–CaO–SiO₂," *Biomaterials*, 18 1277–1284 (1997).
17. H. Konaka, F. Miyaji, and T. Kokubo, "Preparation and Magnetic Properties of Glass–Ceramics Containing a-Fe for Hyperthermia," *J. Ceram. Soc. Jpn.*, 105 833–836 (1997).
18. M. Kawashita, H. Takaoka, T. Kokubo, T. Yao, S. Hamada, and T. Shinjo, "Preparation of Magnetite-Containing Glass–Ceramics in Controlled Atmosphere for Hyperthermia of Cancer," *J. Ceram. Soc. Jpn.*, 109 39–44 (2001).
19. M. Kawashita, Y. Iwahashi, T. Kokubo, T. Yao, S. Hamada, and T. Shinjo, "Preparation of Glass–Ceramics Containing Ferrimagnetic Zinc-Iron Ferrite for the Hyperthermal Treatment of Cancer," *J. Ceram. Soc. Jpn.*, 112 373–379 (2004).
20. Masakazu Kawashita, *Ceramic Microspheres for Biomedical Applications Int. J. Appl. Ceram. Technol.*, 2 [3] 173–183 (2005).
21. Z.Kovziridze, G. Donadze, G. Mamniashvili, A. Akhalkatsi, D. Daraselia, D. Japharidze, O. Romelashvili, A. Shengelaia, C. Gavasheli, J.G. Heinrich. THE RECEIVING AND STUDY OF HEMATITE NANOPARTICLES FOR HYPERTHERMIA, 1st International Conference for Students and Young Scientists on Materials Processing Science, Tbilisi, Georgia 10-13 October 2010, *Journal of Georgian Ceramists Association "Ceramics" N 2(23)*, 2010,1(24), 2011, Tbilisi, p.37-46.
22. Z.Kovziridze, J.Heinrich, R.Goerke, G.Mamniashvili, Z. Chachkhiani, N. Mitskevich, G.Donadze. Production of superparamagnetic nanospheres for hyperthermic therapy of surface (skin) cancer diseases. 3rd International congress on Ceramics, November 14-18, 2010, Osaka, Japan. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 2010.
23. Z.Kovziridze, J. Heinrich, R. Goerke, G. Mamniashvili, A. Akhalkatsi, Z. Chachkhiani, N. Mitskevich, G. Donadze. PRODUCTION OF BIONANOCERAMIC SUPERPARAMAGNETICS FOR CREATION OF CONTROLLED. LOCAL HYPERTHERMIA AND THEIR USE, AS THERAPEUTIC AGENTS, FOR PURPOSEFUL TRANSPORTATION IN LIVING ORGANISMS IN SURFACE (SKIN) CANCER TREATMENT. *Journal of Georgian Ceramists Association "Ceramics" N 1(22)*, Tbilisi, 2010, p.43-51.
24. Z. Kovziridze, P. Khorava, N. Mitskevich. Controlled Local Hyperthermia and Magnetic Hyperthermia of Surface (Skin) Cancer Diseases. *Journal of Cancer Therapy*, 2013. 4. 1262-1271.
25. ზ. კოვზირიძე, გ. მენთეშაშვილი, პ. ხორავა, ნ. მიტსკევიჩი. მართვადი ლოკალური ჰიპერთერმია სიმსივნური დაავადებების სამკურნალოდ. *ჟურნალი "კერამიკა"*, 1(31), 2014. გვ. 16-28.
26. P. Wust, B. Hildebrandt, G. Sreenivasa, B. Rau, J. Gellermann, H. Riess, R. Felix and P. M. Schlag, *Lancet Oncol.*, 3, 487489 (2002).
27. P. Moroz, S. K. Jones and B. N. Gray, *J. Surg. Oncol.*, 77, 259269 (2001).
28. R. K. Gilchrist, R. Medal, W. D. Shorey, R. C. Hanselman, J. C. Parrott and C. B. Taylor, *Ann. Surg.*, 146, 596606 (1957).
29. H. Matsuki, T. Yanada, T. Sato, K. Murakami and S. Minakawa, *Mater. Sci. Eng., A*, 181–182, 13661368 (1994).
30. R. Hergt, W. Andra, C. d'Ambly, I. Hilger, W. Kaiser, U. Richter and H. Schmidt, *IEEE Trans. Magn.*, 34, 37453754 (1998).
31. M. Shinkai, M. Yanase, M. Suzuki, H. Honda, T. Wakabayashi, J. Yoshida and T. Kobayashi, *J. Magn. Magn. Mater.*, 194, 176184 (1999).
32. A. Jordan, R. Scholz, P. Wust, H. H. Föhling and R. Felix, *J. Magn. Magn. Mater.*, 201, 413419 (1999).
33. A. Jordan, R. Scholz, K. Maier-Hauff, M. Johannsen, P. Wust, J. Nadobny, H. Schirra, H. Schmidt, S. Deger, S. Loening, W. Lanksch and R. Felix, *J. Magn. Magn. Mater.*, 225, 118126 (2001).
34. R. Müller, R. Hergt, M. Zeisberger and W. Gawalek, *J. Magn. Magn. Mater.*, 289, 1316 (2005).
35. T. Atsumi, B. Jeyadevan, Y. Sato and K. Tohji, *J. Magn. Soc. Jpn.*, 30, 555560 (2006).
36. G. F. Goya, R. Fernandez-Pacheco, M. Arruebo, N. Cassinelli and M. R. Ibarra, *J. Magn. Magn. Mater.*, 316, 132135 (2007).
37. T. Atsumi, B. Jeyadevan, Y. Sato and K. Tohji, *J. Magn. Magn. Mater.*, 310, 28412843 (2007).
38. L.-Y. Zhang, H.-C. Gu and X.-M. Wang, *J. Magn. Magn. Mater.*, 311, 228233 (2007).
39. J.-P. Fortin, C. Wilhelm, J. Servais, C. Ménager, J.-C. Bacri and F. Gazeau, *J. Am. Chem. Soc.*, 129, 26282635 (2007).
40. C. Dennis, A. J. Jackson, J. A. Borchers, R. Ivkov, A. R. Foreman, J. W. Lau, E. Goernitz and C. Gruettner, 52nd Annual Conference on Magnetism and Magnetic Materials, Nov. 59, Tampa, Florida, (2007) p. 29.
41. R. E. Rosensweig, *J. Magn. Magn. Mater.*, 252, 370374 (2002).

42. M. Suto, Y. Hirota, M. Mamiya, A. Fujita, R. Kasuya, K. Tohji and B. Jeyadevan, J. Magn. Mater., 321, 14931496 (2009); M. Suto, Y. Hirota, M. Mamiya, R. Kasuya, A. Fujita, K. Tohji and B. Jeyadevan, J. Magn. Soc. Jpn., 33, 391395 (2009).
43. J.-P. Fortin, F. Gazeau and C. Wilhelm, Eur. Biophys. J., 37, 223228 (2008).
44. T. Sato, IEEE Trans. Magn., 6, 795799 (1970).
45. S. Sun and H. Zeng, J. Am. Chem. Soc., 124, 82048205 (2002).
46. T. Sugimoto and E. Matijević, J. Colloid Interface Sci., 74, 227243 (1980).
47. M. Tada, S. Hatanaka, H. Sanbonsugi, N. Matsushita and M. Abe, J. Appl. Phys., 93, 75667568 (2003).
48. J. Park, K. An, Y. Hwang, J. E. G. Park, H. J. Noh, J. Y. Kim, J. H. Park, N. M. Hwang and T. Hyeon, Nat. Mater., 3, 891895 (2004).
49. W. W. Yu, J. C. Falkner, C. T. Yavuz and V. I. Colvin, Chem. Commun. (Camb.), 23062307 (2004).

UDC 669:621:762

STUDY OF HARMLESSNESS OF LOCAL CONTROLLED HYPERTHERMIA METHOD

Z. Kovziridze, G. Menteshashvili, P. khorava, Kh. Bluashvili

Resume: *Goal:* To develop mono-therapeutic effect of hyperthermia against cancer diseases, on the basis of experimental material, a laboratory device "Lezi", was used which was created in Georgia at the Bionanoceramic and Nanocomposite Materials Science Center of Georgian Technical University (National Center of Intellectual property of Georgia "Georgian Patent", Certificate of Deposition # 5054. "Controlled local hyperthermia and magnetic hyperthermia for treatment of cancer diseases"). *Method:* In all animals (albino rat, 3 month age mice) inhibition of cancer disease and development of intra-tumor necrosis were fixed. After 7-10 sessions tumor was ulcerated, that refers to irreversibility of the process and the efficiency of the applied method of hyperthermia (Conclusion of Laboratory of Morbid Anatomy "PathGeo". Examination # 3119012, Tbilisi, Georgia). *Results:* On the basis of results of morphological study it was proved that liver and lungs (main target bodies) are intact; secondary tumor injuries are not fixed. *Conclusion:* Thus, we can conclude, that during cancer mass lysis that is conditioned by local hyperthermia, metastasis in bodies doesn't take place. Clinical device was created for controlled local hyperthermia to treat surface diseases.

Key words: controlled local hyperthermia, necrosis, ulceration, metastasis.

УДК 669:621:762

ИЗУЧЕНИЕ МЕТОДА УПРАВЛЯЕМОЙ ЛОКАЛЬНОЙ ГИПЕРТЕРМИИ НА БЕЗОПАСНОСТЬ

З.Д. Ковзиридзе, Г.З. Ментешашвили, П.А. Хорава, Х.Т. Блуашвили

Резюме: *Цель:* Для развития монотерапевтического эффекта при лечении поверхностных раковых заболеваний на опирание экспериментальных материалов, использовали прибор «Лези», который был создан в центре био-нанотехнологического и нано-композитного материаловедения при Техническом университете. (Центр интеллектуальной собственности Грузии, Госпатент. Свидетельство удостоверяющее депонирования 5054. «Управляемая локальная гипертермия и магнитная гипертермия при лечении раковых заболеваний»).

Метод: Управляемая локальная гипертермия.

Результат: Показано, что у всех животных (трехмесячные крысы альбиносы) зафиксировалась остановка онкологических заболеваний и образовалась интратуморный некроз. После 7-10 сеансов образовалась язва, что указывает о положительных результатах эксперимента (заклучения лаборатории патанатомии «Патгео», № исследования 3119-12, Тбилиси, Грузия).

Выводы: При морфологических исследованиях также установлено, что печень и легкие (основные мишеные органы) интактивные, вторичные раковые повреждения не фиксируется, поэтому можем сделать вывод что, во время лизиса опухолевой массы, вызванной управляемой локальной массы, вызванной управляемой локальной гипертермией, в этих органах метастазы не развиваются.

Ключевые слова: Управляемая локальная гипертермия, некроз, безопасность, интактивный, метастаза.

შპს 666.946.6

ანტიდამაჰანგავის ბავშვინა ნახშირბაღმეცველი დოლომიტ-სერპენტინიტიური კომპოზიტის თვისებებზე

ზ. კოვზირიძე, ნ. ნიუარაძე, მ. ბალახაშვილი, გ. ტაბატაძე, მ. მჭვილდაძე

ქიმიური და ბიოლოგიური ტექნოლოგიების დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0175, თბილისი, კოსტავას 69

E-mail: kowsiri@gtu.ge

რეზიუმე: მიზანი: სამუშაოს მიზანია ანტიდამაჰანგავის შერჩევა და მისი გავლენის შესწავლა ნახშირბადშემცველი დოლომიტ-სერპენტინიტიური კომპოზიტის ძირითად თვისებებზე. შერჩეულია დოლომიტ-სერპენტინიტიური კომპოზიტის ოპტიმალური შედგენილობა და დამუშავებულია კლინკერისა და ნაკეთობების წარმოების ტექნოლოგიური სქემა.

მეთოდი: კომპოზიტი მიღებულიანიმუშების დაწნებით 100 მპა წნევით და შემდგომი გამოწვევით 1400°C-ზე. ფიზიკურ-ტექნიკური თვისებები შესწავლილია თანამედროვე მეთოდებით.

შედეგები: დადგენილია, რომ ანტიდამაჰანგავის სახით შესაძლებელია სილიციუმის გამოყენება. მიღებულია კომპოზიტის ოპტიმალური შედგენილობა კლინკერზე გრაფიტის 10%-ს, სილიციუმის 3%-ისა და კომპლექსური მოქმედების პლასტიფიკატორის 0,8%-ის დამატებით.

დასკვნა: რეკომენდებულია ტექნოლოგიის დანერგვა "ძირულის ცეცხლგამძლე ნაკეთობათა კომბინატში" და ნაკეთობების გამოყენება მეტალურგიული თბური დანადგარებისა და ცემენტის გამოსაწვავი მბრუნავი ღუმლების შეცხოების ზონის ამონაგის შესასრულებლად.

საკვანძო სიტყვები: დოლომიტ-სერპენტინიტიური კლინკერი; გრაფიტი; ანტიდამაჰანგავი - სილიციუმი; პლასტიფიკატორი; მეთილცელულოზას ხსნარი; ტექნოლოგიური სქემა.

1. შესავალი

ბოლო პერიოდში მეცნიერთა დიდ ინტერესს იწვევს ნახშირბადშემცველი ცეცხლგამძლე მასალების მიღებასთან დაკავშირებული პროცესები, მათი სხვადასხვა სფეროში გამოყენების მიზნით [1-4].

საზღვარგარეთის ქვეყნებში დამუშავებული აქვთ სხვადასხვა სახის პერიკლაზნახშირბადული ცეცხლგამძლეების ტექნოლოგიები, რომლებიც ერთმანეთისაგან განსხვავდება ნახშირბადის, პერიკლაზის, შემკვრელის, სპეციალური დანამატების სახეობებისა და მათი შემცველობის მიხედვით [5].

პერიკლაზნახშირბადულ ცეცხლგამძლეებს იყენებენ მეტალურგიული თბური აგრეგატების წყობაში ყველაზე მეტად საპასუხისმგებლო ად-

გილებში. ასეთი ნაკეთობების მდგრადობა დამოკიდებულია პერიკლაზის ფხვნილის, გრაფიტის და სპეციალური დანამატების თვისებებზე, რომლებიც მნიშვნელოვნად აუმჯობესებენ ცეცხლგამძლეების მექანიკურ და სხვა თვისებებს [5].

ნახშირბადის შემცველობა მნიშვნელოვნად ამაღლებს პერიკლაზური ცეცხლგამძლეების წიდამდეგობას, რაც გამოწვეულია ნაკეთობების მუშაობისას წიდების ნაღობის ცეცხლგამძლეში შემცირებული შეღწევით. ნახშირბადის რაოდენობის გაზრდით იზრდება წიდა, ცვეთა და თერმომდეგობა, მაგრამ მცირდება მექანიკური სიმტკიცე და დაჟანგვისადმი მდგრადობა. შესაძლებელია მოხდეს გრაფიტის დაჟანგვა, რაც უარყოფითად მოქმედებს ნაკეთობების სიმტკიცეზე, რაც არასასურველია და გადამწვევტ გავლენას ახდენს ცეცხლგამძლე ნაკეთობების ცვეთაზე. ეს მათი ძირითადი ნაკლია [5, 6], რადგან ნახშირბადშემცველი ცეცხლგამძლეების ცვეთის სიჩქარე ფოლადსადნობ ღუმლებში გამოყენებისას სამ ფაქტორზეა დამოკიდებული: დაჟანგვის შედეგად უნახშირბადო ფენის წარმოქმნა, წიდის ინფილტრაცია (გაჟონვა) და წიდასა და ცეცხლგამძლეს შორის რეაქციაზე. ეს ფაქტორები აცილებული იქნება იმ შემთხვევაში თუ ცეცხლგამძლეში არ მოხდება ნახშირბადის დაჟანგვა. ამისათვის საჭიროა ანტიდაჟანგვის გამოყენების აუცილებლობა, რადგან ნახშირბადის დაჟანგვა გადამწვევტ გავლენას ახდენს ნახშირბადშემცველი ცეცხლგამძლეების თვისებებზე.

ნახშირბადშემცველი ცეცხლგამძლეებისათვის ანტიდამაჰანგავებად იყენებენ ადვილადამაჰანგავლითონებს: ალუმინს, რკინას, სილიციუმს და სხვ. აგრეთვე კარბიდებს, ნიტრიდებს და სხვ. [7, 8].

აღნიშნული ლითონებიდან ანტიდამაჰანგავად შევარჩიეთ სილიციუმი, ნახშირბადშემცველი დანამატების შესწავლით კი გრაფიტის ნანოფხვნილი [9]. საინტერესო იყო აგრეთვე კომპოზიტის თვისებებზე კომპლექსური მოქმედების პლასტიფიკატორის გავლენის შესწავლაც და გამოშვარი და გამოუწვავი ნახშირბადშემცველი დოლომიტ-სერპენტინიტიური კომპოზიტის ოპტიმალური შედგენილობის დადგენა. ამისათვის ჩავატარეთ ექსპერიმენტი, სადაც შემკვრელის სახით გამოვიყენეთ მეთილცელულოზას ხსნარი, რომელიც ყველა შემკვრელისაგან განსხვავებით საუკეთესო შედეგებს გვაძლევს [10; 11].

2. ძირითადი ნაწილი

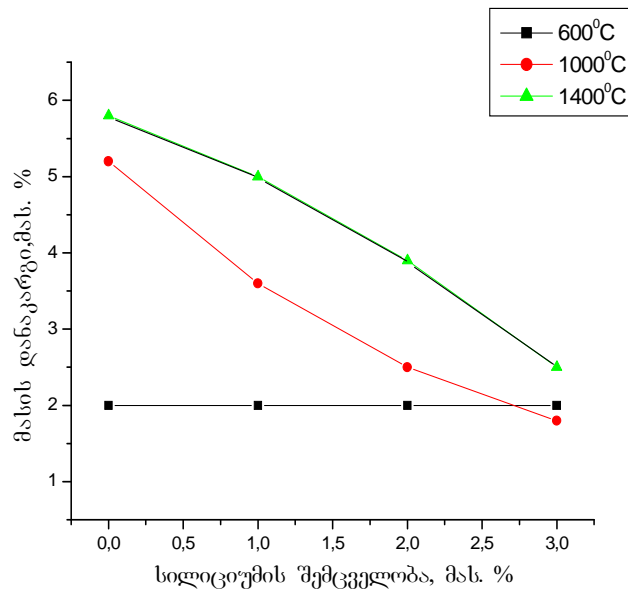
დასახული მიზნის მისაღწევად თავდაპირველად აუცილებელი იყო ანტიდამჟანგავის შერჩევა და მისი რაოდენობის ცვლილების გაგენის შესწავლა კომპოზიტის ძირითად თვისებებზე. ანტიდამჟანგავის სახით კომპონენტებს დაემატა დისპერსიული, ელემენტარული სილიციუმი. ცნობილია, რომ ანტიდამჟანგავებს ამატებენ 2-10%-ის ოდენობით. ჩვენ დავამატეთ 1,0; 2,0 და 3,0 % და შევისწავლეთ სილიციუმის დანამატის რაოდენობის ცვლილების გავლენა დოლომიტ-სერპენტი-ნიტური კომპოზიტის თვისებებზე გამოუწვავი ნიმუშების მასის დანაკარგის მიხედვით. ამისათ-

ვის 10% გრაფიტის შემცველ კაზში შევიყვანეთ 1, 2 და 3% სილიციუმი. საწყისი კომპონენტები ავურიეთ ფაიფურის ბურთულებიან წისქვილში და დავაყალიბეთ ცილინდრული ფორმის ნიმუშები, ზომით 20X20 მმ, ნახევრად მშრალი მეთოდით 100 მპა წნევით. მშრალი აწონილი ნიმუშები გამოვწვიეთ 600, 1000 და 1400°C-ზე 1 საათიანი დაყოვნებით ბოლო ტემპერატურაზე. ოთახის ტემპერატურამდე გაცივებული ნიმუშები ისევ ავწონეთ და გამოვთვალეთ მასის დანაკარგი%-ში. შედეგები წარმოდგენილია ცხრილში 1, ნახაზზე 1.

ცხრილი 1

მასის დანაკარგის ცვლილება ტემპერატურის მიხედვით

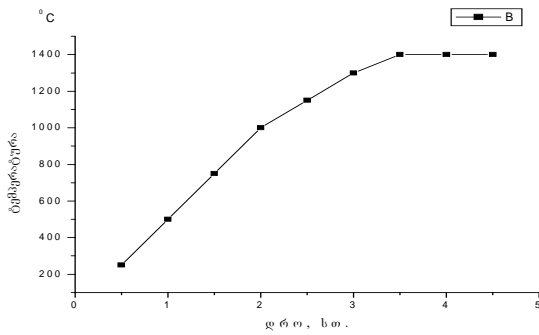
დამატებული Si-ის რაოდენობა, %	მასის დანაკარგი, Δm, %		
	600°C	1000°C	1400°C
1,0	2,0	3,6	5,0
2,0	2,0	2,5	4,2
3,0	2,0	1,8	2,9
დანამატის გარეშე	2,0	5,2	5,8



ნახაზი 1. ნახშირბადშემცველი კომპოზიტის გახურებისას 600°C (I), 1000°C (II) და 1400°C (III) მასის დანაკარგის დამოკიდებულება დამატებული სილიციუმის რაოდენობასთან

როგორც 1 ნახაზიდან ჩანს, 600°C-ზე მასის დანაკარგი 2%-მდეა, მიუხედავად დამატებული სილიციუმის რაოდენობისა. მნიშვნელოვნად იცვლება, საკმაოდ მცირდება -2 და განსაკუთრებით 3%-ის დამატებისას 1000°C, 1400°C-ზე გამომწვარი

ნიმუშების მასის დანაკარგი და უახლოვდება 600°C-ზე მიღებულ შედეგებს. ამრიგად, სილიციუმის 3%-ის შეყვანა კაზში ხელს უწყობს ნახშირბადის დაჟანგვის შემცირებას.



ნახ. 2. გამოწვის რეჟიმის მრუდი

ნიმუშების გახურებისას 1000°C-ზე მასის და-ნაკარგის ინტენსიურობა იზრდება (ნახაზი 1) და მნიშვნელოვნად მცირდება დამატებული სილიციუმის შემცველობის ზრდისას. 1400°C-ზე ერთი საათის დაყოფებით გახურებისას აღნიშნულ ტემპერატურაზე ნიმუშების მასის დანაკარგი მცირდება სილიციუმის რაოდენობის ზრდით.

ნახშირბად შემცველი დანამატების დაჟანგვის თავიდან ასაცილებლად ასევე მნიშვნელოვანია

გამოწვის რეჟიმის სწორი შერჩევა. ავირჩიეთ ასეთი რეჟიმი: 1000 °C-მდე ტემპერატურის აწევის სიჩქარე იყო 8 °C/წთ, შემდეგ 1400 °C-მდე -5 °C/წთ.

დოლომიტ-სერპენტინიტური კომპოზიტის ოპტიმალური შედგენილობის შესარჩევად შევისწავლეთ ფიზიკურ-ტექნიკური თვისებები (ცხრილი 2). ნიმუშების მოსამზადებლად კლინკერი და სილიციუმი ჯერ დავამსხვრიეთ ყბებიან მსხვრე-ვანაში, შემდეგ დავფქვით ბურთულებიან წისქვილში. გარკვეული თანაფარდობით აღებული (ცხრილი 2). კომპონენტები კარგად ავურიეთ და შემდეგ დავაყალიბეთ ცილინდრული ფორმის ნიმუშები, ზომით d -15 მმ, h -20 მმ. დაყალიბება მოხდა დაწნევის ნახევრად მშრალი მეთოდით. წნევა შეადგენდა 100 მპა-ს. მზა ნიმუშები ერთი დღე-ღამე დავტოვეთ ჰაერზე, შემდეგ გამოვაშრეთ თერმოსტატში 110°C და გამოვწვიეთ სილიტის ღუმელში 1400°C-ზე. ბოლო ტემპერატურაზე დაყოფება იყო ერთი საათი.

ცხრილი 2

ოპტიმალური შედგენილობა და ფიზიკურ-ტექნიკური მახასიათებლები

ნიმუშის ნომერი	ნარევის შედგენილობა, მას. %					ფიზიკურ-ტექნიკური მაჩვენებლები				
	კლინკერი	გრაფიტი	სილიციუმი	მეთილცელულოზა	პლასტიფიკატორი	სიმტკიცის ზღვარი კუმშვისას, σ, მპა	ღია ფორიანობა, Π%	მოჩვენებითი სიმკვრივე, ρ გ/სმ ³	ცეცხლგამძლეობა, t _c	თერმული მდგრადობა, (1300°C-წყალი), თბოსცევა
დ61	100	-	-	8	0,8	312,70	13,20	3,05	>1770	7
დ62	89	10	1,0	10	-	67,00	14,20	2,45	>1770	7
დ63	88	10	2,0	10	-	101,40	13,80	2,99	>1770	7
დ64	87	10	3,0	10	0,8	345,00	10,10	3,25	>1770	8

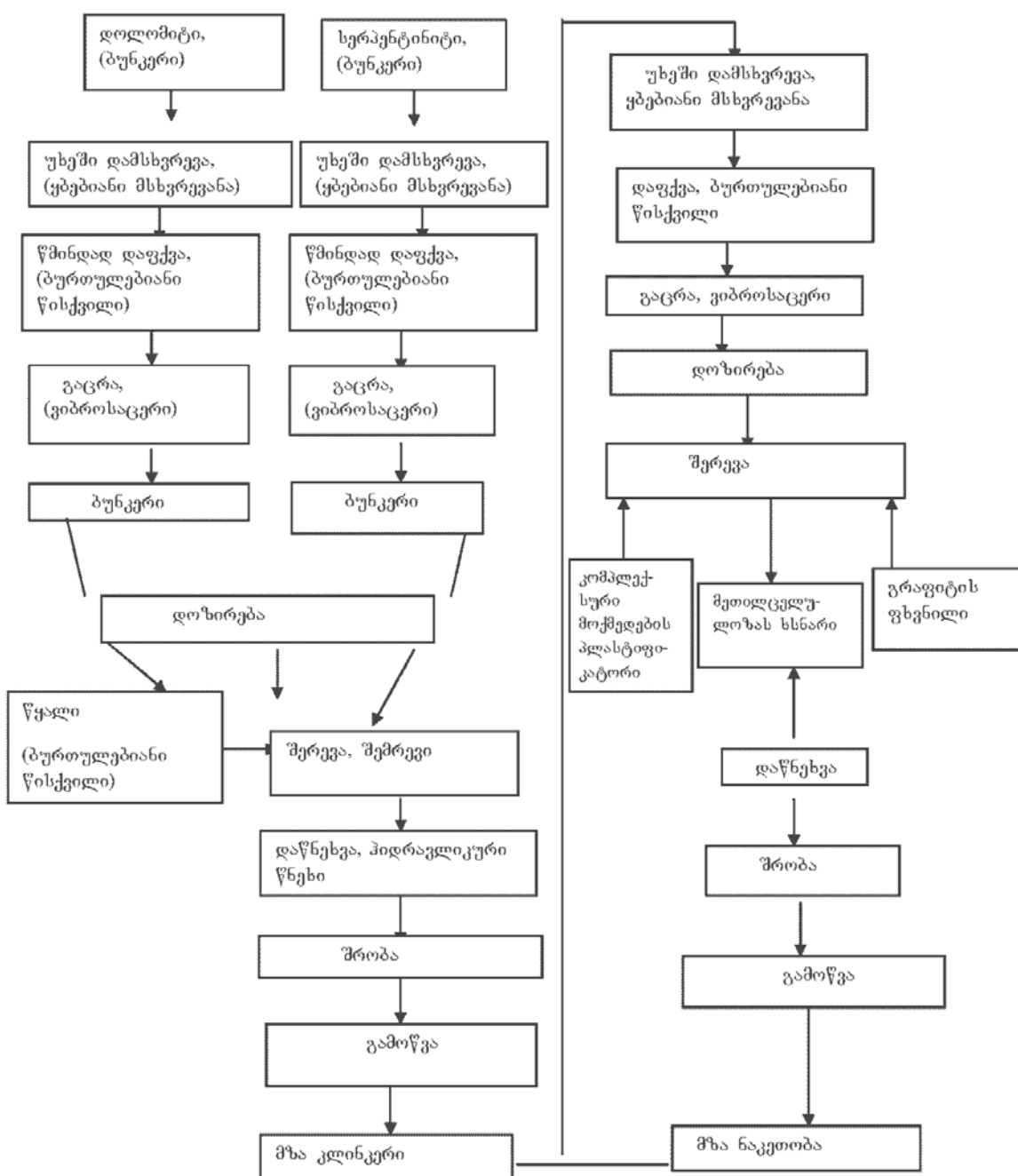
შევისწავლეთ მიღებული ნიმუშების ძირითადი თვისებები. ფიზიკურ-ტექნიკური მახასიათებლები წარმოდგენილია ცხრილში 2.

საუკეთესო შედეგებია მიღებული კომპლექსური მოქმედების პლასტიფიკატორისა და 3% სილიციუმის დამატების შემთხვევაში, სიმტკიცის ზღვარი კუმშვისას არის 312მპა. ყველა შედგენილობის ნიმუშის ცეცხლგამძლეობა აღემატება

1770°C. საბოლოოდ ოპტიმალური შედგენილობაა: დ64, კლინკერი-შემკვრელი-გრაფიტი-სილიციუმი-პლასტიფიკატორი (ცხრილი 2).

კომპოზიტის ოპტიმალური შედგენილობის ბაზაზე დავამუშავეთ ნაკეთობის წარმოების ტექნოლოგიური სქემა, რომელიც წარმოდგენილია ქვევით.

**ნახშირბადშემცველი დოლომიტ-სერპენტინიტი კომპოზიტის
წარმოების ტექნოლოგიური სქემა**



მოცემული ტექნოლოგიური სქემის მიხედვით დოლომიტის ბაზაზე მაღალცეცხლგამძლე ნახშირბადშემცველი კომპოზიტის მისაღებად წინასწარ დამუშავდება საწყისი კომპონენტები: დოლომიტი და სერპენტინიტი. ისინი ყბებიან მსხვრევანაში დამსხვრევის შემდეგ წმინდად დაიფქვება ბურთულებიან წისქვილში და სა-

ცერში გატარების შემდეგ მოთავსდება ბუნკერში.

გარკვეული თანაფარდობით აღებული დოლომიტი და სერპენტინიტი დოზირების შემდეგ მოთავსდება ამრევიში, სადაც დანესტიანდება წყლით, რომელიც დოლომიტ-სერპენტინიტის ნარევეს დაემატება 10 %-ის ოდენობით.

დანესტიანებული ნარევისაგან დაიწნეხება ნიმუშები ბრიკეტები ჰიდრავლიკურ წნეხზე. ერთი დღელამის შემდეგ გამოშრება საშრობში და შემდეგ გამოიწვევა ღუმელში 1400-1450°C ტემპერატურაზე.

მიღებული კლინკერი დაიმსხვრევა ყბებიან მსხვრევანაში და შემდეგ წმინდად დაიფქვება ფოლადის ბურთულებიან წისქვილში. ფხვნილი მოთავსდება დოზატორში, შემდეგ ამრევში, სადაც გარკვეული რაოდენობით დაემატება გრაფიტის ფხვნილი და დანესტიანდება მეთილცელულოზას ხსნარით. დანესტიანებული ნარევი დაყალიბდება ჰიდრავლიკურ წნეხზე და დაყალიბებული ნაკეთობა გაშრება ჰაერზე ერთი დღელამის განმავლობაში და შემდეგ საშრობში 110°C ტემპერატურაზე. გამოიწვევა ღუმელში. გამომწვის ტემპერატურა უნდა იყოს 1400-1450°C, ბოლო ტემპერატურაზე დაყოვნება 1 საათი. ნაკეთობები ღუმელის გამორთვის შემდეგ გაცივდება ღუმელთან ერთად თავისუფალი რეჟიმით.

დამუშავებული ტექნოლოგიით კლინკერისა და მის ბაზაზე ნაკეთობის (აგურის) მიღება შესაძლებელი იქნება საწარმო შპს “ცეცხლგამძლე ნაკეთობათა კომბინატში”, რომელიც ზესტაფონის რაიონის დაბა ძირულაშია. კომბინატი მუშაობდა უკრაინიდან შემოტანილი პოლოვის საბადოს ცეცხლგამძლე თიხის ბაზაზე და აწარმოებდა შამოტის ტიპის აგურს. ცეცხლგამძლე ნედლეულის არარსებობის გამო ამჟამად კომბინატი არ მუშაობს. თუმცა მისი ყველა უბანი (ნედლეულის დამუშავება, შემადგენელი კომპონენტების დოზირება, არევა, დაყალიბება, შრობა, გამოწვა) მზადაა ასამუშავებლად. საწარმოში ყველა პირობაა მაღალი ხარისხის აგურის მისაღებად. მნიშვნელოვანია ისიც, რომ დასაქმდება (300-350) მუშა-მოსამსახურე).

3. დასკვნა

შერჩეულია და შესწავლილია ანტიდამჟანგავის გავლენა ნახშირბადშემცველი დოლომიტ-სერპენტინიტური კომპოზიტის ძირითად თვისებებზე. დამუშავებულია ნახშირბადშემცველი დოლომიტ-სერპენტინიტური კლინკერის ბაზაზე კომპოზიტის ოპტიმალური შედგენილობა. შედგენილია კლინკერისა და ნაკეთობათა წარმოების ტექნოლოგიური სქემა. რეკომენდებულია ტექნოლოგიის დანერგვა ძირულის “ცეცხლგამძლე მასალათა კომბინატში”. შესწავლილია

ნაკეთობათა გამოყენება მეტალურგიული წარმოების თბური დანადგარების და ცემენტის გამოსაწვავი მბრუნავი ღუმლების შეცხოების ზონის ამონაგისათვის.

ლიტერატურა

1. Колпаков С.В. Состояние металлургической и огнеупорной промышленности мира и стран СНГ.- Новые огнеупоры--1//2-- №0/-- С-73- 74.
2. Кашеев И.Д. Высокоэффективные огнеупоры в производстве стали.Новые огнеупоры- 1//1- №1- С-23 24.
3. Очагова И.Г. Тенденции развития мировой огнеупорной промышленности. Новые огнеупоры- 1//3- №5- С-70 -72.
4. Борисенко О.Н. Высокопрочные периклазоуглеродистые огнеупоры на фенолформальдегидной смоле с модифицированием различных компонентов шихты .Новые огнеупоры- 1//5- №6- С-4144.
5. Симонов К.В., Коптелов В.Н., Бурдина Г.В., Сакк В.И., М., Металлургия,Огнеупоры, 1989, №10, с.32-34.
6. Toritani Hironobu, Kawakamu Tatsuo, Tokahashi Hiroshi a.o., Rearactories J., 1984, v.36, #322, p.629-635.
7. Jamaguchi A., Rearactories, 1986, v.39, #10, p.3-8.
8. Кашеев И.Д., Сизов В.И., Панин О.А., Свойства периклазоуглеродистых Огнеупоров с добавками металлических порсиков М., Металлургия, Огнеупоры,1989, №8, с.7
9. ზ. კოვზირიძე, ნ. ნიჟარაძე, მ. ბალახაშვილი, ზ. მესტერიშვილი. გრაფიტის ნანოფხვნილის გავლენა დოლომიტ-სერპენტინიტური კომპოზიტის თვისებებზე, საქართველოს კერამიკოსთა ასოციაციის ჟურნალი „კერამიკა“. [http://ceramics.gtu.ge/en/მოც.171\(33\),გვ.22-31](http://ceramics.gtu.ge/en/მოც.171(33),გვ.22-31)
10. А.с. № 2203247 С 04 В 35/14. Способ изготовления безобжиговых огнеупорных изделий, применяемых в металлургической промышленности. [Текст] / А.Н. Погорелов, В.П. Скориков. - 2003. - БИ № 12.
11. კოვზირიძე ზ., ნიჟარაძე ნ., ბალახაშვილი მ., ტაბატაძე გ., მშვილდაძე მ. ადგილობრივი ნედლეულის ბაზაზე გამომწვარი და გამოწვავი ცეცხლგამძლე ნაკეთობების მიღება, საქართველოს კერამიკოსთა ასოციაციის ჟურნალი “კერამიკა”, №19, 2(36), 2016, გვ. 21-28.

UDC666.946.6

IMPACT OF ANTIOXIDANT ON THE PROPERTIES OF CARBON-CONTAINING DOLOMITE-SERPENTINITE COMPOSITE

Z. Kovziridze, N. Nizharadze, M. Balakhashvili, G. Bakhtadze, M. Mshvildadze

Resume: Goal: The goal of the present research is selection of an antioxidant and study of its influence on the main properties of carbon-containing dolomite-serpentine composite. Optimal composition of dolomite-serpentine composite was selected and technological scheme was developed for production of clinker and articles.

Method: Composite was obtained by sample pressing at 100 MPa pressure and further sintering at 1450⁰C. Physical and chemical properties of the composites were studied by modern methods.

Results: It was proved that silicon can be used as an antioxidant. Optimal composition of the composite was obtained by adding graphite – 10%, silicon 3% and plasticizer of complex effect -0.8% to the clinker.

Conclusion: Inculcation of the developed technology is recommended in the “Dzirula Group of Enterprises of Refractory Articles” and the products can be used for execution of beddings for baking zones of metallurgical thermal aggregates and rotating cement sintering furnaces.

Keywords: dolomite-serpentine clinker; graphite; antioxidant-silicon; plasticizer; methyl-cellulose solution; technological scheme.

УДК666.946.6

ВЛИЯНИЕ АНТИОКСИДАНТА НА СВОЙСТВА УГЛЕРОДСОДЕРЖАЩЕГО ДОЛОМИТО-СЕРПЕНТИНОВОГО КОМПОЗИТА

З.К. Ковзиридзе, Н.С. Нижарадзе, М.И. Балахашвили, Г.С. Табатадзе, М.Д. Мшвилдадзе

Резюме: Целью работы является выбор антиокислителя и изучение влияния его на основные свойства доломито-серпентинитового композита. Выбран оптимальный состав доломито-серпентинитового композита и разработана технологическая схема производства высокоогнеупорного клинкера и изделий на его основе.

Методы: Композит получен полусухим прессованием образцов под давлением 100 МПа и последующим обжигом при температуре 1450⁰С. Проведены физико-технические испытания современными методами.

Результаты: Установлена возможность применения силиция в виде окислителя. Оптимальный состав композита получен с добавлением графита 10 %, силиция 3 % и пластификатора комплексного действия -0,8 %.

Заключение: Рекомендовано внедрение разработанной технологии на Дзирульском «Комбинате огнеупорных изделий» и применение изделий для футеровки металлургических тепловых агрегатов и зоны спекания цементнообжиговых вращающихся печей.

Ключевые слова: доломито-серпентинитовый клинкер; графит; антиокислитель-силиций; пластификатор; раствор метилцеллюлозы; технологическая схема.

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

შპს 669.621.762

სუსპენზიის მოცულობის ერთეულში მიკროსფეროების რაოდენობისა და თაჰი-სუფალი მოცულობის ბაანგარიშება შიდა დიამეტრსა და კედლის სისქეზე დამოკიდებულებით

ნ. სინაურიძე, ს. ბაძგარაძე, ნ. კუციავა, თ. ქანთარია, თ. ქანთარია, რ. ქაცარავა

ქიმიური და ბიოლოგიური ტექნოლოგიების დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0175, თბილისი, კოსტავას 69

E-mail: n.kutsiava@gtu.ge

რეზიუმე: მიზანი: წამლის კონტროლირებადი მიწოდების ერთ-ერთი მოხერხებული და პერსპექტიული ხერხია წამლების (პრეპარატების) ჩართვა პოლიმერების საფუძველზე მიღებულ მიკროსფეროებში (წამლების გადამტან მიკროკონტეინერებში). წამლით დატვირთული მიკროკონტეინერებს მიიღებენ და გამოიყენებენ თხევად ფაზაში (ძირითადად წყალში) სუსპენზიების სახით. მიღების პროცესში ხდება წყლის ფაზის ჩართვა მიკროკონტეინერში მასში გახსნილ პრეპარატთან ერთად. მიკროკონტეინერების ჯამური ტევადობა დამოკიდებული უნდა იყოს მათ რიცხვსა და ცალკეული მიკროსფეროს ინტერიერის მოცულობაზე, რომლებიც თავის მხრივ დამოკიდებული უნდა იყოს სუსპენზიის მოცულობის ერთეულში მიკროკონტეინერების დასამზადებლად გამოყენებული პოლიმერის მასაზე. მიკროსფეროს შიდა დიამეტრსა და კედლის სისქეზე კვლევის მიზანია მიკროკონტეინერების ტევადობის გაანგარიშება სუსპენზიის მოცულობის ერთეულში აღნიშნულ პარამეტრებზე დამოკიდებულებით.

მეთოდი: ლიტერატურაში არ მოიპოვება მონაცემები მიკროსუსპენზიის მოცულობის ერთეულში მიკროკონტეინერების ჯამური მოცულობის დამოკიდებულებისა მათ მასას, კედლის სისქესა და შიდა დიამეტრთან დაკავშირებით. აქედან გამომდინარე ჩავატარეთ თეორიული გათვლები მიკროსუსპენზიის მოცულობის ერთეულში (1 მლ) მიკროსფეროების ინტერიერის ჯამური მოცულობის (ტევადობის) დამოკიდებულებისა აღებული პოლიმერის მასაზე, მიკროკონტეინერის კედლის სისქესა და შიდა დიამეტრზე. გაანგარიშება ჩავატარეთ სფერული ფორმის მიკროკონტეინერის გამოყენებით.

შედეგი: თეორიული გათვლებით დადგინდა, რომ მიკროსფეროს საერთო ჯამური ტევადობა მიკროსუსპენზიის მოცულობის ერთეულში და შესაბამისად, მასში ინკაფსულირებული თხიერი პრეპარატის წილი, მიკროსფეროს კედლის მოცემული სისქისა და პოლიმერის მოცემული მასის პირობებში არ არის დამოკიდებული მიკროსფეროს შიდა დიამეტრზე. გამოყენებული პოლიმერის მუდმივი მასისას მიკროსფეროების რაოდენობა სუსპენზიის ერთეულში (1 მლ) იზრ-

დება მათი შიდა დიამეტრის და კედლის სისქის შემცირებისას.

დასკვნა: თეორიული გათვლებით განისაზღვრა მიკროკონტეინერების ჯამური ტევადობა და რიცხვი სუსპენზიის ერთეულში მიკროსფეროს გეომეტრიულ პარამეტრებსა და მათ მისაღებად გამოყენებული პოლიმერის რაოდენობაზე დამოკიდებულებით.

საკვანძო სიტყვები: მიკროსფეროების რიცხვი, მიკროსფეროების ტევადობა, ტევადობის განმსაზღვრელი პარამეტრები, მიკროსფეროს დიამეტრი, მიკროსფეროს კედლის სისქე, გამოყენებული პოლიმერის მასა.

1. შესავალი

წამლის კონტროლირებადი მიწოდების ტექნოლოგია არის მეცნიერების ერთ-ერთი მოწინავე, მულტიდისციპლინარული სფერო, რომელსაც უდიდესი წვლილი აქვს ადამიანების ჯანმრთელობის დაცვის საქმეში. კონტროლირებადი მიწოდების ამ სისტემას, ტრადიციულ ფორმებთან შედარებით, მთელი რიგი უპირატესობები აქვს: გაზრდილი ეფექტიანობა, ნაკლები ტოქსიკურობა, მეტი კომფორტი პაციენტებისათვის. ასეთ სისტემებში წამლების გადამტანად ხშირად იყენებენ მაღალმოლეკულურ ნაყოებს – პოლიმერებს. ამ მიზნით შემუშავებულია სპეციალური პოლიმერები, რომელთა შორის უპირატესობა ენიჭებათ ბიოდეგრადირებად პოლიმერებს, რომლებიც დაკისრებული ფუნქციის (წამლის ტრანსპორტირება/მიწოდება) შესრულების შემდეგ იშლება და გამოიფენება ორგანიზმიდან. პოლიმერებზე დაფუძნებული წამლის ტრანსპორტირება/მიწოდების სისტემებს შორის გამორჩეული ადგილი უკავია ნანო და მიკრონაწილაკებს იმ უნარის გამო, რომ აკუმულირდებიან ორგანიზმის დაზიანებულ კერაში.

ტერმინით „მიკრონაწილაკები“ ახასიათებენ დისპერსულ ფაზას (ნაწილაკებს), რომლის დიამეტრი 1-1000 მიკრომეტრის ფარგლებშია. მიკრონაწილაკების მრავალფეროვნებაში გამოარჩევენ „მიკროსფეროებს“, რომელთაგან კვლავ გამოარჩევენ ქვესახეობას „მიკროკაფსულებს“, რომელთაც აქვთ შიგთავსისგან („გულასგან“ - core) გან-

სხვაეგებულები მასალისგან წარმოქმნილი „ქერქი“ (shell). სშირ შემთხვევებში ქერქს წარმოადგენს პოლიმერული მასალა (უმჯობესია ბიოდეგრადირებადი), ხოლო გულა კი შეიძლება იყოს მყარი, თხიერი ან გაზისებრიც კი [1]. ამგვარად, მიკროკაფსულა არის კონტინერი, რომლის შიდა რეზერვუარი შეიძლება დაიტვირთოს სხვადასხვა ნივთიერებებით (წამლებით, ფიზიოლოგიურად აქტიური ნაერთებით, მიკროორგანიზმებით).

მიკროსფეროების მისაღებად (ქერქად), ზემოთ აღნიშნული თვისებების გამო, უპირატესობას ანიჭებენ ბიოდეგრადირებად პოლიმერებს. მრავალი სხვადასხვა კლასის ბიოდეგრადირებად პოლიმერებს შორის, ერთ-ერთი წამყვანი ადგილი უკავია ე.წ. ამინომჟავურ ბიოდეგრადირებად პოლიმერებს, რომლებიც შემუშავებულია პროფ. რ. ქაცარავას და მისი თანამშრომლების მიერ [2-5]. ჩვენი კვლევის მიზანია აღნიშნული პოლიმერების გამოყენება წამლების გადაამტანი/მიმწოდებელი მიკროკონტინერების (მიკროსფეროების) მისაღებად. წარმოდგენილ სამუშაოში ნახვენება მიკროსფეროების ტევადობის გაანგარიშება მათ გეომეტრიულ პარამეტრებზე დამოკიდებულებით.

2. ძირითადი ნაწილი

მიკროსფეროების (MS) თეორიული გაანგარიშებისთვის გაკეთდა შემდეგი დაშვებები:

- ✓ MS სუსპენზია მონოდისპერსიულია;

- ✓ MS-ს კედლების სისქე შეადგენს მისი შიდა დიამეტრის (D_{inn}) 5% ან 10%-ს (გათვლები გაკეთდა ცალ-ცალკე ამ ცვლადი პარამეტრებისათვის).

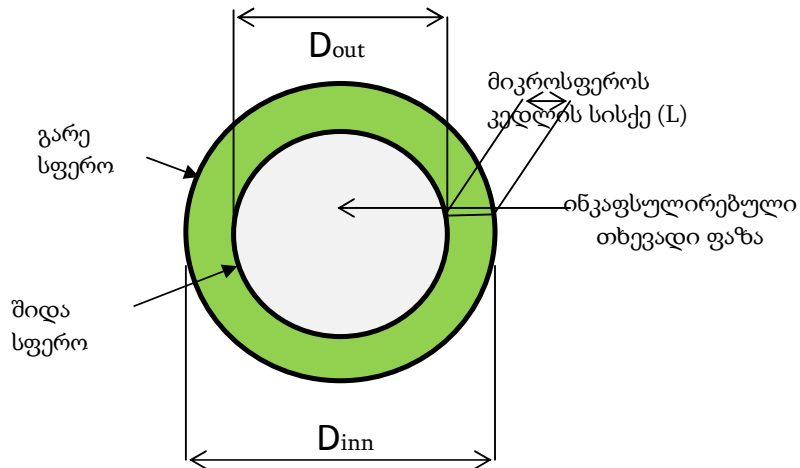
გაანგარიშება გაკეთდა 1 მლ სუსპენზიაზე. ამ გაანგარიშების ძირითად მიზანს წარმოადგენდა შეგვეფასებინა:

- ✓ MS-ს რაოდენობა 1 მლ სუსპენზიაში (N_{MS} , ცალი/მლ-ში) სხვადასხვა შიდა დიამეტრისა (D_{inn}) და კედლის სხვადასხვა სისქისას (L) სუსპენზიაში პოლიმერის გარკვეული (Q_{MS} , მგ/მლ) მასისას;

- ✓ თითოეულ MS-ში ინკაფსულირებული თხიერი ფაზის წილი (PP%-ში) საერთო რაოდენობიდან MS-ს სხვადასხვა პარამეტრებისას.

სასურველი პარამეტრები გამოვთვალეთ როგორც სხვადასხვა გეომეტრიული მახასიათებლების ფუნქცია. MS-ს ძირითად მახასიათებლებად შევარჩიეთ მისი შიდა დიამეტრის (D_{inn}) და კედლის სისქე (L). გათვლებისათვის საჭირო MS-ს გარე დიამეტრი ტოლია $D_{out} = D_{inn} + 2L$.

MS სქემატურად გამოსახულია ნახ. 1-ზე. ჩვენი გაანგარიშების მთავარი მიზანია სუსპენზიის მოცულობის ერთეულში (1.0 მლ) პოლიმერის მოცემული მასისას (რაც წარმოადგენს MS-ს ჯამურ მასას - Q_{MS}) ფორმირებული MS-ს რაოდენობის (N_{MS}), ასევე MS-ში (ყველა ანუ N_{MS} მიკროსფეროში, რასაც 1.0 მლ სუსპენზია შეიცავს) საწყისი თხევადი ფაზის ინკაფსულირებული წილის ($V_{ep\%}$), შეფასება.



ნახ. 1. მიკროსფეროს სქემატური გამოსახულება

ერთი MS-ს მასა გამოითვლება:

$$\Delta m = m_{out} - m_{inn},$$

სადაც m_{out} არის გარე სფეროს მასა, ხოლო m_{inn} არის შიდა სფეროს მასა.

გარე და შიდა სფეროს მოცულობები და შესაბამისად, მათი მასები გამოითვლება შემდეგი განტოლებებით:

$$m_{out} = V_{out} \times \rho,$$

$$m_{inn} = V_{inn} \times \rho$$

სადაც:

$$V_{out} = \frac{4}{3} \pi (R_{out})^3,$$

$$V_{inn} = \frac{4}{3} \pi (R_{inn})^3,$$

სადაც V_{out} და V_{inn} წარმოადგენს გარე და შიდა სფეროების მოცულობებს (სმ³-ში), შესაბამისად; ρ არის მიკროსფეროების მოსამზადებლად გამოყენებული პოლიმერის სიმკვრივე.

სინთეზური პოლიმერების უმრავლესობისთვის ρ ახლოა 1.0 გ/სმ³-თან. ამგვარად, თუ მივიღებთ, რომ $\rho = 1$, გარე და შიდა სფეროების მასა მათი მოცულობის ტოლია, ანუ:

$$m_{out} = V_{out} \times \rho = \frac{4}{3} \pi (R_{out})^3,$$

$$m_{inn} = V_{inn} \times \rho = \frac{4}{3} \pi (R_{inn})^3.$$

MS-ს მასა (Δm) გარე და შიდა სფეროების მასების (მათემატიკურად, როცა $\rho=1$ გ/სმ³, მათი მოცულობების სხვაობის) ტოლია:

$$\Delta m = \frac{4}{3} \pi [(R_{out})^3 - (R_{inn})^3],$$

სადაც R_{out} არის გარე სფეროს რადიუსი და ტოლია $D_{out}/2$. R_{inn} არის შიდა სფეროს რადიუსი და ტოლია: $D_{inn}/2$.

1.0 მლ სუსპენზიაში MS-ს რაოდენობა გამოიანგარიშება 1.0 მლ სუსპენზიაში პოლიმერის მასის (Q_{MS} მგ/მლ) ერთი MS-ს მასაზე (Δm -ზე) გაყოფით:

$$N_{MS} = Q_{MS} / \Delta m = Q_{MS} / \frac{4}{3} \pi [(R_{out})^3 - (R_{inn})^3],$$

სადაც Q_{MS} წარმოადგენს პოლიმერის მასას (გრამებში) 1.0 მლ. სუსპენზიაში.

იმის გათვალისწინებით რომ

$$R_{out} = R_{inn} + L, \text{ და } L = kD_{inn} = k2R_{inn},$$

ვიღებთ:

$$R_{out} = R_{inn} + L = R_{inn} + 2k R_{inn} = (1+2k) R_{inn},$$

სადაც k არის შიდა დიამეტრის D_{inn} წილი, ჩვენ შემთხვევაში $k = 0.05$ (ანუ შიდა დიამეტრის 5%) და $k = 0.1$ (ანუ შიდა დიამეტრის 10%).

მარტივი გარდაქმნების შედეგად ვიღებთ:

$$N_{MS} = Q_{MS} / \frac{4}{3} \pi (R_{inn})^3 [(1+2k)^3 - 1],$$

ანუ შიდა დიამეტრით გამოსახული:

$$N_{MS} = Q_{MS} / \frac{4}{3} \pi (D_{inn}/2)^3 [(1+2k)^3 - 1]. \quad (1)$$

MS-ს მთლიანი/საერთო შიდა მოცულობა (ΣV_{inn}), გამოიანგარიშებული, როგორც $V_{inn} \times N_{MS}$, განსაზღვრავს 1.0 მლ სუსპენზიაში ინკაფსულირებული თხევადი ფაზის (ზოგადად სითხის) მოცულობას (V_{EP}), რომელსაც შეიცავს MS-ის ჯამური (N_{MS}) რაოდენობა (სხვა სიტყვებით, თხევადი ფაზის რა მოცულობაა ინკაფსულირე-

ბული MS-ში, რომელსაც შეიცავს 1.0 მლ სუსპენზია):

$$\begin{aligned} \Sigma V_{inn} &= V_{inn} \times N_{MS} = \\ &= \frac{4}{3} \pi (R_{inn})^3 \times Q_{MS} / \frac{4}{3} \pi [(R_{out})^3 - (R_{inn})^3] = \\ &= (R_{inn})^3 Q_{MS} / (R_{out})^3 - (R_{inn})^3. \end{aligned}$$

ვინაიდან $\Sigma V_{inn} = V_{EP}$, 1.0 მლ სუსპენზიაში ინკაფსულირებული თხევადი ფაზის მოცულობა გამოითვლება:

$$V_{EP} = (R_{inn})^3 Q_{MS} / (R_{out})^3 - (R_{inn})^3 \text{ mL},$$

სადაც V_{inn} არის ერთი MS-ის შიდა მოცულობა; N_{MS} არის MS რაოდენობა 1.0 მლ სუსპენზიაში; V_{EP} არის ყველა MS-ში ინკაფსულირებული თხევადი ფაზის მთლიანი მოცულობა (ანუ ინკაფსულირებული წილი); R_{out} არის გარე სფეროს რადიუსი; R_{inn} არის შიდა სფეროს რადიუსი.

1.0 მლ სუსპენზიაში (რომელიც შეიცავს მიკროსფეროების N_{MS} რაოდენობას) ინკაფსულირებული თხევადი ფაზის წილი პროცენტში ($V_{EP}\%$) ტოლია:

$$\begin{aligned} V_{EP}\% &= (V_{EP} / 1) \cdot 100 = \\ &= [(R_{inn})^3 Q_{MS} / (R_{out})^3 - (R_{inn})^3] \cdot 100 \%. \end{aligned}$$

თუ გავითვალისწინებთ, რომ

$$R_{out} = (1+2k) R_{inn}$$

და ჩავსვამთ ზედა განტოლებაში, მარტივი გარდაქმნის შემდეგ მივიღებთ:

$$V_{EP}\% = Q_{MS} / (1+2k)^3 - 1. \quad (2)$$

ანუ, ფორმულა (2)-ის შესაბამისად, 1 მლ სუსპენზიაში მთავსებული MS-ს შიდა მოცულობა და, შესაბამისად, იქ მთავსებული თხევადი ფაზის წილი $V_{EP}\%$, დამოკიდებულია მხოლოდ ორ პარამეტრზე - პირდაპირპროპორციულად გამოყენებული პოლიმერის მასაზე (Q_{MS}) და უკუპროპორციულად MS-ს კედლის სისქეზე როგორც შიდა დიამეტრის წილზე (k) რომელიც განაგარიშებისას შეირჩევა დაშვებით (ჩვენ შემთხვევაში $k=0.05$ (5%) ან 0.1 (10%)) და არ არის დამოკიდებული მიკროსფეროს ზომებზე). თუ დავუშვებთ, რომ რეალურ სიტუაციაში წარმოქმნილი სხვადასხვა ზომის MS-ის კედლის სისქის და შიდა დიამეტრის თანაფარდობა არ იცვლება, მოცულობის ერთეულში წარმოქმნილი MS-ის ჯამური ტევადობა დამოკიდებულია მხოლოდ მათ დასამზადებლად გამოყენებული პოლიმერის მასაზე მოცულობის იმავე ერთეულზე გადაანგარიშებით. სხვა სიტყვებით, რამდენჯერაც მეტი იქნება ადებული პოლიმერის მასა, ფორმულა (2)-ის შესაბამისად, იმდენჯერ მეტი იქნება ინკაფსულირებული სითხის წილი, მაგრამ ჩვენი დაშვების პირობებში, ეს წილი არ იქნება დამოკიდებული MS-ის ზომებზე - ანუ წარმოიქმნება მცირე (დაუშვავთ, შიდა დიამეტრით 5 μ m) თუ დიდი ზომის (დაუშვავთ, შიდა დიამეტრით 100 μ m) მიკროსფეროები, მათში მთავსებული სითხის ჯამური მოცულობა იქნება ერთი და იგივე. ეს

აზრი კარგად დასტურდება ცხრ. 14 მონაცემებით: თუ გამოყენებული პოლიმერის მასაა 20 მგ/მლ და MS-ს კედლის სისქვა შიდა დიამეტრის (D_{inn}) 5% ($k=0.05$), მაშინ MS-ს სხვადასხვა შიდა დიამეტრისას (5, 10, 20, 50 და 100 μm) MS სუსპენზიაში ინკაფსულირებული თხევადი ფაზის წილი ($V_{EP}\%$) უცვლელია და შეადგენს 6.04% (ცხრ. 1); MS-ს კედლის სისქის გაზრდისას შიდა დიამეტრის 10%-მდე ($k=0.10$), ინკაფსულირებული თხევადი ფაზის წილი მცირდება 2.74%-მდე (ცხრ.

2). შიდა დიამეტრისა და კედლის სისქის ვარიაციისას იგივე დამოკიდებულება რჩება პოლიმერის მასის გაზრდისას. მაგალითად, თუ პოლიმერის მასას გაეზრდით 2.5-ჯერ. ანუ 50 მგ/მლ-მდე (ცხრ. 3 და 4), ინკაფსულირებული თხევადი ფაზის წილები, როგორც მოსალოდნელი იყო, გაიზრდება 2.5-ჯერ, ამასთან უფრო მაღალი იქნება MS-ს კედლის ნაკლები სისქისას - შესაბამისად 15.1% როცა $k=0.05$ და 6.85% როცა $k=0.10$.

ცხრილი 1

ინკაფსულირებული თხევადი ფაზის წილი $V_{EP}\%$ MS-ისთვის, რომელთა კედლის სისქვა შიდა დიამეტრის (D_{inn}) 5% ($k=0.05$), ხოლო გამოყენებული პოლიმერის მასა $Q_{MS}=20$ მგ/მლ (თეორიული გაანგარიშება)

ცვლადი პარამეტრები					
MS შიდა დიამეტრი, D_{inn} , μm	5.0	10.0	20.0	50.0	100.0
MS კედლის სისქე $L = 0.05 D_{inn}$, μm	0.25	0.5	1.0	2.5	5.0
1.0 მლ MS სუსპენზიაში ინკაფსულირებული თხევადი ფაზის წილი, $V_{EP}\%$					
	6.04	6.04	6.04	6.04	6.04

ცხრილი 2

ინკაფსულირებული თხევადი ფაზის წილი $V_{EP}\%$ MS-ისთვის, რომელთა კედლის სისქვა შიდა დიამეტრის (D_{inn}) 10% ($k=0.10$), ხოლო გამოყენებული პოლიმერის მასა $Q_{MS}=20$ მგ/მლ (თეორიული გაანგარიშება)

ცვლადი პარამეტრები					
MS შიდა დიამეტრი, D_{inn} , μm	5.0	10.0	20.0	50.0	100.0
MS კედლის სისქე $L = 0.10 D_{inn}$, μm	0.5	1.0	2.0	5.0	10.0
1.0 მლ MS სუსპენზიაში ინკაფსულირებული თხევადი ფაზის წილი, $V_{EP}\%$					
	2.74	2.74	2.74	2.74	2.74

ინკაფსულირებული თხევადი ფაზის წილი $V_{EP}\%$ MS-ისთვის, რომელთა კედლის სისქეა შიდა დიამეტრის (D_{inn}) 5% ($k=0.05$), ხოლო გამოყენებული პოლიმერის მასა $Q_{MS}=50$ მგ/მლ (თეორიული გაანგარიშება)

ცვლადი პარამეტრები					
MS შიდა დიამეტრი, D_{inn} , μm	5.0	10.0	20.0	50.0	100.0
MS კედლის სისქე $L = 0.05 D_{inn}$, μm	0.25	0.5	1.0	2.5	5.0
1.0 მლ MS სუსპენზიაში ინკაფსულირებული თხევადი ფაზის წილი, $V_{EP}\%$					
	15.10	15.10	15.10	15.10	15.10

ინკაფსულირებული თხევადი ფაზის წილი $V_{EP}\%$ MS-ისთვის, რომელთა კედლის სისქეა შიდა დიამეტრის (D_{inn}) 10% ($k=0.10$), ხოლო გამოყენებული პოლიმერის მასა $Q_{MS}=50$ მგ/მლ (თეორიული გაანგარიშება)

ცვლადი პარამეტრები					
MS შიდა დიამეტრი, D_{inn} , μm	5.0	10.0	20.0	50.0	100.0
MS კედლის სისქე $L = 0.10 D_{inn}$, μm	0.5	1.0	2.0	5.0	10.0
1.0 მლ MS სუსპენზიაში ინკაფსულირებული თხევადი ფაზის წილი, $V_{EP}\%$					
	6.85	6.85	6.85	6.85	6.85

რაც შეეხება MS-ს რიცხვს (N_{MS}) 1 მლ მიკროსუსპენზიაში, როგორც გამომდინარეობს ფორმულა (1)-იდან, იგი მცირდება მიკროსფეროს ზომის (შიდა დიამეტრის D_{inn}) და კედლის სისქის (კოეფიციენტი k -ს) ზრდით. მაგალითად, თუ $Q_{MS}=20$ მგ/მლ და $k=0.05$, მაშინ 1 მლ მიკროსუსპენზიაში მიიღება 9.2×10^8 ცალი 5 μm შიდა დიამეტრის მქონე მიკროსფერო; თუ მიკროსფეროს დიამეტრი გაიზრდება, მაგალითად, 100 μm -მდე, მაშინ 1 მლ სუსპენზიაში მიკროსფეროების რიცხვი შემცირდება 1.1×10^5 -მდე (ცხრ. 5). ამ დროს მიკროსფეროების ჯამური ტევადობა, როგორც უკვე ვთქვით, არ იცვლება (ამ პარამეტრებისათვის $V_{EP}\% = 6.04\%$,

ცხრ. 1); ხოლო თუ $Q_{MS} = 20$ მგ/მლ და $k = 0.10$, 1 მლ სუსპენზიაში მიიღება 4.2×10^8 ცალი 5 μm შიდა დიამეტრის მქონე მიკროსფერო და 5.2×10^4 ცალი 100 μm შიდა დიამეტრის მქონე მიკროსფერო (ცხრ. 6). მიკროსფეროების ჯამური ტევადობა ამ შემთხვევაში მცირდება 2.74%-მდე (ცხრ. 2). პოლიმერის მასის გაზრდა $Q_{MS}=50$ მგ/მლ-მდე (ანუ 2.5-ჯერ) ასევე ზრდის ნებისმიერი ზომის მიკროსფეროების რაოდენობას 2.5-ჯერ (შეადარეთ ცხრ. 5 და 6-ის მონაცემები); ამდენჯერვე იზრდება მიკროსფეროების ჯამური ტევადობა (შეადარეთ ცხრ. 1 და 3 და ცხრ. 2 და 4-ის მონაცემები).

მიკროსფეროების რაოდენობა (N_{MS}) 1.0 მლ სუსპენზიაში
 პოლიმერის ცვლადი რაოდენობისას (Q_{MS}),
 როდესაც MS კედლის სისქეა 5% ($k = 0.05$)

Q_{MS} , მგ/მლ	მიკროსფეროს შიდა დიამეტრი, D_{inn} , μm				
	5	10	20	50	100
	მიკროსფეროს კედლის სისქე, L , μm				
	0.25	0.5	1.0	2.5	5.0
	მიკროსფეროების რიცხვი, N_{MS} /მლ				
20	9.2×10^8	1.1×10^8	1.5×10^7	9.2×10^5	1.1×10^5
50	2.3×10^9	2.8×10^8	3.8×10^7	2.3×10^6	2.8×10^5

მიკროსფეროების რაოდენობა (N_{MS}) 1.0 მლ სუსპენზიაში
 პოლიმერის ცვლადი რაოდენობისას (Q_{MS}),
 როდესაც MS კედლის სისქეა 10% ($k = 0.10$)

Q_{MS} , მგ/მლ	მიკროსფეროს შიდა დიამეტრი, D_{inn} , μm				
	5	10	20	50	100
	მიკროსფეროს კედლის სისქე, L , μm				
	0.5	1.0	2.0	5.0	10.0
	მიკროსფეროების რიცხვი, N_{MS} /მლ				
20	4.2×10^8	5.2×10^7	6.5×10^6	4.2×10^5	5.2×10^4
50	1.0×10^9	1.3×10^8	1.6×10^7	1.0×10^6	1.3×10^5

3. დასკვნა

თეორიული გათვლებით განისაზღვრა მიკროკონტეინერების ჯამური ტევადობა და რიცხვი სუსპენზიის ერთეულში მიკროსფეროს გეომეტრიულ პარამეტრებსა და მათ მისაღებად გამოყენებული პოლიმერის რაოდენობაზე დამოკიდებულებით.

ლიტერატურა

1. M.N. Singh, K.S.Y. Hemant, M. Ram, and H.G. Shivakumar, Microencapsulation: A promising technique for controlled drug delivery. *Research in Pharmaceutical Sciences*, October 2010; 5(2): 65-77.
2. A.Díaz, R.Katsarava, J.Puiggalí. (2014). Synthesis, properties and applications of biodegradable polymers derived from diols and dicarboxylic acids: from polyesters to poly(ester amide)s (Review). *Int. J. Mol. Sci.* 15, 7064-7123.
3. R.Katsarava, N.Kulikova, J.Puiggalí. (2016) Amino Acid Based Biodegradable Polymers – promising materials for the applications in regenerative medicine. *J. J. Regener. Med.*, 1(1): 012.
4. C.C. Chu, R.Katsarava Elastomeric functional biodegradable copolyester amides and copolyester urethanes. US Patents 6,503,538 (2003); 7,304,122(2007); 7,408,018 (2008). Assigned to Cornell University, Ithaca NY.
5. Lee SH, Szinai I, Carpenter K, Katsarava R, Jokhadze G et al. (2002). *In vivo* biocompatibility evaluation of stents coated with a new biodegradable elastomeric and functional polymer. *Coron. Artery Dis.*, 13(4): 237-241.

UDC 669.621.762

COMPUTATION OF THE NUMBER AND LOADING CAPACITY OF MICROSPHERES DEPENDING ON THEIR GEOMETRICAL PARAMETERS

N. Sinauridze, S. Badzgaradze, N. Kutsiava, T. Kantaria, T. Kantaria, R. Katsarava

Resume: Goal: One of the convenient and highly promising means for controlled and target administration of drugs is their encapsulation of drugs in microspheres made of polymers (drug delivery microcontainers). Microcontainers loaded with drugs are obtained and used in liquid phase (mainly in water) as micro-suspensions. In the process of their fabrication, water phase together with the dissolved drug is incorporated into the microcontainers container. Total capacity of microcontainers should depend on their number and the capacity of a microsphere which, in turn, should depend on the polymer's quantity per unit volume of micro-suspension, on micro-spheres inner diameter and wall thickness. The goal of the report is computation of the capacity of micro-containers per unit volume of micro-suspension in terms of the above mentioned parameters.

Method: We have carried out theoretical computations of the dependence of total capacity of the interior of micro-containers per micro-suspension volume unit (1 ml) in terms of a polymer's quantity, micro-containers wall thickness and inner diameter. For the computations we used a spherical model of a hollow microcontainer.

Result: Theoretical calculations showed that total capacity of microspheres per unit volume of micro-suspension and, respectively, a portion of encapsulated liquid phase, for the given wall thickness of a microsphere and the given quantity of a polymer doesn't depend on the size (inner diameter) of a microsphere. At the fixed quantity of the used polymer the number of microspheres per unit volume of micro-suspension (1 ml) increases with decreasing their inner diameter and wall thickness.

Conclusion: By theoretical computations we determined total capacity of micro-containers and their number per unit volume of micro-suspension as a function of both geometrical parameters of the microspheres and quantity of the polymer used for their fabricating.

Key words: number of microspheres per unit volume; microspheres capacity; parameters influencing capacity; diameter of a microsphere; wall thickness of a microsphere; quantity of a polymer.

УДК 669.621.762

РАСЧЕТ ЧИСЛА И СУММАРНОЙ ЕМКОСТИ МИКРОСФЕР В ЕДИНИЦЕ ОБЪЕМА МИКРОСУСПЕНЗИИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ИХ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ

Н.О. Синауридзе, С.А. Бадзгарадзе, Н.А. Куциава, Т.Д. Кантариа, Т.Д. Кантариа, Р.Д. Кацарава

Резюме: *Цель:* Одним из удобных и перспективных способов доставки лекарств является их включение в полимерные микросферы (микроконтейнеры). Нагруженные лекарством микроконтейнеры получают и используют в жидкой фазе (в основном в воде) в виде микросуспензий. В процессе получения микросфер происходит включение водной фазы в микроконтейнер вместе с растворенным в ней препаратом. Суммарная емкость микроконтейнера должна зависеть от объема внутренней полости отдельных микросфер и их числа, что, в свою очередь зависит от массы использованного для приготовления микросфер полимера в единице объема микросуспензии, от внутреннего диаметра и толщины стенки микросферы.

Цель исследования - расчёт суммарной емкости микросфер в зависимости от упомянутых параметров в единице объема микросуспензии.

Метод: Расчет проводили с использованием сферической модели микроконтейнера.

Результат: расчетом установлено, что общая суммарная емкость микросфер в единице объема микросуспензии и, соответственно, доля инкапсулированной в них жидкой фазы при данной толщине стенки микросферы и данной массе полимера не зависит от внутреннего диаметра микросферы. При постоянной массе полимера число микросфер в единице объема микросуспензии увеличивается с уменьшением внутреннего диаметра и толщины стенки микросферы.

Заключение: Расчетом определена суммарная емкость микроконтейнеров и их число в единице объема микросуспензии в зависимости от геометрических параметров микросфер и количества полимера, использованного для их получения.

Ключевые слова: число микросфер на единицу объема; емкость микросфер; параметры определяющие емкость; диаметр микросфер; толщина стенки микросферы; масса использованного полимера.

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

შპს 664.8/9

ზობიერთი საკმები პროდუქტის კონსერვაციის მეთოდები

მ. დემეტრაძე, ჯრ. ჩაგუნავა, ნ. კუციავა

ქიმიური და ბიოლოგიური ტექნოლოგიების დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0175, თბილისი, კოსტავას 69

E-mail: n.kutsiava@gtu.ge

რეზიუმე: მიზანშეწონილი მე-17 საუკუნის პირველი ნახევარი საქართველოში აღინიშნა საერთო ეკონომიკური და პოლიტიკური აღმავლობით. იმერეთის სამეფოში, გურიის და განსაკუთრებით სამეგრელოს სამთავროებში ადგილი ჰქონდა არაერთ სასიკეთო გარდაქმნას, რაც ნათლად გამოიხატა მრეწველობის განვითარების ჩანასახების წარმოქმნაში, ხელოსნობის და სოფლის მეურნეობის მთელი რიგი დარგების სწრაფად განვითარებაში. აღმავლობა განიცადა ქიმიის პრაქტიკულმა, საყოფაცხოვრებო გამოყენებამაც, რომელმაც დიდი როლი ითამაშა აღნიშნული დარგების წარმატებულ წინსვლაში. ამ უკანასკნელმა, ასევე საგრძნობი როლი შეასრულა საკვები პროდუქტების კონსერვაციის მეთოდების ათვისებასა და დახვეწაში ეს უკანასკნელი კი თავის მხრივ, დიდად ეხმარებოდა მაშინდელ მოსახლეობას მარხვის და ზამთრის პერიოდისათვის ხანგრძლივი დროით დოვლათის გამოზოგვასა და მოხმარებაში.

აღნიშნული პროცესის შეფასებისათვის ბევრი წყარო არსებობს, რომლებშიც ამ პერიოდის საქართველოს ისტორიისათვის ძალზე საინტერესო ცნობებია დაცული, მაგრამ შეიძლება ითქვას, რომ იგი სათანადოდ, საგანგებოდ განხილვის საგანი არ ყოფილა. ყოველივე ეს კი მიუთითებს ნაშრომის აქტუალობაზე და ამ მიმართულებით კვლევების ჩატარების მიზანშეწონილობაზე.

მეთოდი: შესაბამისი ცნობების და ისტორიული ფაქტების მოსაძიებლად ავტორები დაეყრდნენ დასავლეთ საქართველოში მოღვაწე იტალიელი მისიონერების ჩანაწერებს (დონ ლამბერტინის, ქრისტეფორე კასტელის, პიეტრო დელა ვალეს და სხვა მისიონერების ცნობები), ძველ ქართულ ლიტერატურულ წყაროებს, ეთნოგრაფიულ ლიტერატურას, არქეოლოგიური ხასიათის ნაშრომებს, რომელთა შესწავლამ მათ საშუალება მისცა იმ პერიოდის დასავლეთ საქართველოში ზემოთ განხილული თემატიკის შესაბამისად არსებული სურათი აღეწერათ.

შედეგი: მოძიებულმა მასალამ აჩვენა აღნიშნული პერიოდის დასავლეთ საქართველოში პრაქტიკული ქიმიის საკმაოდ მაღალი დონე და მისი როლი საკვები პროდუქტების კონსერვაციის მეთოდების ათვისებასა და დახვეწაში,

რომ ამ პროცესისათვის გამოყენებული ბევრი ფიზიკური და ქიმიური მეთოდები დღემდე შემონახულია და დღესაც გამოიყენება პრაქტიკაში; ასევე დაცულია აღნიშნული პროცესისათვის დამახასიათებელი ცალკეული ფრაგმენტები.

დასკვნა: აღნიშნული პროცესების პრაქტიკულმა გაანალიზებამ გვიჩვენა, რომ იმ დროისათვის გამოყენებული კონსერვაციის მეთოდოლოგიის მთელი რიგი ფრაგმენტები დღესაც წარმატებით გამოიყენება.

საკვანძო სიტყვები: მისიონერი; ლევან II დადიანი; კონსერვაცია; პრაქტიკული ქიმია; ოდიშის სამთავრო; დონ ლამბერტინი; ქრისტეფორე კასტელი; პიეტრო დელა ვალე.

1. შესავალი

სასოფლო-სამეურნეო პროდუქტების ვარგისიან მდგომარეობაში შესანახად და შემდგომში საკვებად გამოსაყენებლად, ძველი დროიდანვე შემუშავებულ იქნა ამ პროდუქტების კონსერვირების მეთოდები. როგორც ცნობილია, ჩვეულებრივ მდგომარეობაში, გარკვეული დროის შემდეგ, საკვები პროდუქტები ლპობას იწყებს, რაც განპირობებულია მათი ჰაერთან შეხებით, ლპობის მიკრობებით, ტემპერატურით და ნესტიანობით. კონსერვირების სხვადასხვა მეთოდები კი სწორედ ამ პირობების თავიდან ასაცილებლად არის გათვალისწინებული. როგორც ჩვენ მიერ მოპოვებული წერილობითი მასალებიდან ჩანს, დასავლეთ საქართველოში, კონსერვირებისათვის, ძირითადად იყენებდნენ დამარილებას, შრობას და შებოლვას, ძმრით, თაფლით ან შაქრით დამუშავებას და ა.შ. [ვაგნერი, გვ. 939] ქვემოთ მოყვანილი გვაქვს დაკონსერვების ის მეთოდები, რომლებსაც დიდი მნიშვნელობა ჰქონდა ოდიშის მოსახლეობისათვის და რომლებიც ჩვეულებრივი შენახვის წესებისაგან განსაკუთრებული მახელებლებით გამოირჩევა.

2. ძირითადი ნაწილი

თევზის კონსერვაცია. ოდიშში, როგორც ზღვისპირა სამთავროში, ერთ-ერთ ძირითად საკვებ პროდუქტს თევზი წარმოადგენდა, ამიტომაც დიდი ყურადღება ექცეოდა თევზის სხვადასხვა სახით გამოყენებას და ამასთან ერთად მისი ხანგრძლივი დროით შენახვას.

ცნობილია, რომ თევზის ხორცი მაღლფუნქციონირებადია და დაჭერის მომენტიდან 4-6 საათის შემდეგ იმ უკვე უვარგისი ხდება [ჩაგლეიშვილი, გვ. 602]. აქედან გამომდინარე მეგრულმა მეთევზეებმა იცოდნენ, რომ თევზის დაჭერის მომენტშივე მისთვის ისეთი პირობები უნდა შეექმნათ, რომ შესაძლებელი ყოფილიყო მისი ხანგრძლივი შენახვა ისე, რომ პროდუქტის ღირებულება არ შემცირებულიყო. ასეთი პირობებისათვის ლამბერტის თანახმად მეგრულ მეთევზეებს შემდეგი გონებამახვილური წესი გამოუმუშავებიათ: დაჭერის შემდეგ თევზს ლაყუნებიდან პირში თოკს უყრიდნენ და წყალში ხელახლა აგდებდნენ ისე, რომ ეს თევზი ნავთან თოკით იყო მიბმული. ასეთ თევზს განსაკუთრებით კი ზუთხს, ლამბერტის ცნობით, დიდხანს ცოცხლად ინახავდნენ წყალში. თევზის გაცივებით უფრო დიდი ხნით შენახვისათვის, მოსახლეობა სხვადასხვა კონსერვირების წესს მიმართავდა, ხოლო ლევან II დადიანის სასახლეში ეს პრობლემა ძალზე ორიგინალურად იყო გადაწყვეტილი. კერძოდ, დაჭერილ თევზებს აქ სპეციალურ აუზებში ათავსებდნენ და მხოლოდ გარკვეული დროის შემდეგ იყენებდნენ დანიშნულებისამებრ [ლამბერტი, გვ. 168]. როგორც ეტყობა, ამ წესს განსაკუთრებით იყენებდნენ თევზების იმ ჯიშებისათვის, რომლებიც გარკვეულ სეზონში ჩნდებოდნენ ოდიშის მიმდებარე ზღვის ზოლში. ამაზე მიუთითებს ლამბერტის შენიშვნა: „აუზში შეინახავენ, რათა მოიხმარონ, როცა მისი დაჭერის დრო აღარ იქნება“ [ლამბერტი, გვ. 168].

საინტერესო ცნობები მოყავს იმავე ლამბერტს თევზების ორი სახეობის (ანჯაქიას და ფორონჯის) კონსერვირებასთან დაკავშირებით. ამ ავტორის თანახმად აღნიშნულ თევზებს ჭრიდნენ რამდენიმე ნაჭრად, თითოეულ 2-2 მტკაველი სიგრძით. 3 დღით დებდნენ მარილწყალში და შემდეგ ახმობდნენ მზეზე [ლამბერტი, გვ. 168].

დამარილების შედეგად თევზის სხეულში გამჭვდარი მარილი, მისი ქსოვილის სტრუქტურას ნაწილობრივ ცვლის და იქიდან წყლის მოლეკულებს გამოდევნის. ამის შემდეგ მიმართავდნენ გამოშრობას, რაც პროდუქტის კარგ გამძლეობას, მაღალ საგემონო თვისებებისა და ადვილად შეთვისების უნარს უზრუნველყოფდა. მზეზე გამოშრობა, რომელიც ბუნებრივ გამოშრობად ითვლება, განაპირობებდა როგორც მისი სისველის შემცირებას, ისე მის უკეთ დაკონსერვებას [ჩაგლეიშვილი, გვ. 608, 614-615].

ინახავდნენ აგრეთვე ზუთხის კაკნატელს, რომელიც ძვლის მაგიერ ამ თევზის მთელ ტანს იკავებდა თავიდან ბოლომდე. ლამბერტის თანახმად მეთევზეები მისი კონსერვირებისათვის შემდეგ წესს მიმართავდნენ: „ზუთხს რომ დასჭრიან და ამ კაკნატელს გამოიღებენ, იგი წელეზავით

იწვევა. მას გაახმობენ და შეინახავენ დიდ-მარხვაში საჭმელად, როგორც გემრიელ საჭმელს“ [ლამბერტი, გვ. 169].

მარილს იყენებდნენ ხიზილალის დასამზადებლად: ფართო ხის ჭურჭელში იყრებოდა მარილშერეული ხიზილალა და მზეზე იდგებოდა. დღის განმავლობაში, ეს მასა რამდენჯერმე ჯოხით ირეოდა და ხიზილალას მარცვლების ოდნავ გამაგრებისას, უკვე მზა პროდუქტი სხვა ჭურჭელში გადააქონდათ შესუნახად [ლამბერტი, გვ. 168-169]. აღსანიშნავია, რომ ხიზილალის დამარილების აღნიშნული წესი სულხან-საბა ორბელიანის ლექსიკონშიც არის მოხსენებული. დიდი ლექსიკოგრაფის თანახმად „ხიზილალა დამარილებული ქვირითა“ არის, ხოლო მისივე განმარტებით „ქვირითა თევზის კვერცხი“-ა [ორბელიანი 2, გვ. 213, 423].

სამეგრელოში ქვირითის შენახვის ძალზე საინტერესო წესი აღწერა საფრანგეთის კონსულმა რუსეთში გამბამ, რომელმაც ამიერკავკასიაში იმოგზაურა 1820-1824 წლებში. ამ აღწერილობის მიხედვით მეგრული მეთევზეები „ხიზილალას გარედან ცვილს ავლებდნენ ხოლმე“, რის შედეგადაც ის ისეთი შენახვისუნარიანი ხდებოდა, რომ გაუფუჭებელი სახით მისი გაგზავნა გამბას სიტყვებით ცხელ ინდოეთშიც კი შეიძლებოდა [გამბა, გვ. 94].

ცვილის შრე ხიზილალის მარცვლის ზედაპირს ჰაერთან კონტაქტისაგან იცავდა და ამით მას თავიდან აცილებდა ღვობის საშიშროებას. ცვილის მარცვლებზე დაფენა და საჭიროების შემთხვევაში ცხელი წყლის საშუალებით მათგან მოცილება სიძნელეს არ წარმოადგენდა, ვინაიდან ორივე ოპერაცია ცვილის თბური დამუშავებით ხორციელდებოდა (ტემპერატურით გათხევადებული ცვილი როგორც ადვილად ეკვროდა ხიზილალის ზედაპირს, ისევე ადვილად სცილდებოდა მას).

გამბას მიერ ხიზილალის ცვილის საშუალებით შენახვის წესი, უდავოდ ადრეულ საუკუნეებშიც გამოიყენებოდა და მას ლევანის ეპოქაშიც, ე.ი. 1611-1657 წლებშიც კარგად იცნობდნენ.

როგორც ვხედავთ, ოდიშის მოსახლეობა საფუძვლიანად იყო გაცნობიერებული მარილის კონსერვაციულ თვისებებში. თევზის ნაჭრების მარილწყალში 3-დღიანი დაყოვნება, ამ ხსნარს საშუალებას აძლევდა დიფუზიით ნაჭრის სიღრმეშიც შეედწია და მარილით ყველა ნაწილი თანაბრად გაეჯირჯევა. ასეთი გაჯირჯეული მასის მზეზე გახმობისას, წყალი მთლიანად ორთქლდებოდა გასახმობი ნაჭრებიდან, რაც საბოლოოდ უზრუნველყოფდა ამ დამარილებული ნაჭრების ღვობისაგან დაცვას. გამხმარი თევზის

ხორცს, საბას თანახმად, „ჯუფთი“ ეწოდებოდა [ორბელიანი, გვ. 464].

როგორც ლამბერტის ცნობებიდან ირკვევა, ოდიშში საკვებად ზუთხის თითქმის ყველა ნაწილს ხმარობდნენ ტყავზე მიკრული პატარა ძელებისა და შიგნეულის გარდა. მაგრამ ამ უკანასკნელსაც თავისი გამოყენება ჰქონდა, ვინაიდან მისგან როგორც ლამბერტი მიუთითებს ადგილობრივი მცხოვრებლები თევზის წებოს ამზადებდნენ [ლამბერტი, გვ. 169].

მისიონერი არ განმარტავს თუ როგორ ხდებოდა ამ წებოს დამზადება, მაგრამ ზუთხების ჯიშისაგან თევზის წებოს დამზადება იმდენად გავრცელებული იყო სხვადასხვა ქვეყნებში, რომ მისი ტექნოლოგიის აღდგენა ოდიშის პირობებში სიძნელეს არ უნდა წარმოადგენდეს, ვინაიდან ის ერთნაირი უნდა ყოფილიყო ყველგან და მათ შორის ამ სამთავროშიც. სხვა ქვეყნებში ცნობილი ტექნოლოგიის თანახმად ჯერ ზუთხის შიგნეულიდან იღებდნენ საცურაო ბუშტს, რომელსაც ჩაჭრით ხსნიდნენ, რეცხავდნენ, ჭიმავდნენ და მზეზე აშრობდნენ. ამის შემდეგ გარეთა კუნთოვან ფენას, რომელიც წყალში დუღებისას არ იძლეოდა წებოს, აცილებდნენ ბუშტისაგან, ხოლო შიგა ფენას წრიული ან სწორი ზოლების სახით აწვრილმანებდნენ.

თანამედროვე ტექნოლოგიით მასის გასათეთრებლად გათვალისწინებული იყო გოგირდის დაწვით გამოყოფილი აირებით მისი დამუშავება, ხოლო შემდეგ საბოლოო გამოშრობა მზეზე [ალექსანდროვი, გვ.24].

გოგირდის დაწვით მიღებული ოქსიდი (SO_2) როგორც ცნობილია, შესანიშნავ აღმდგენელს წარმოადგენს და სწორედ მისი აღდგენის უნარით არის განპირობებული მათეთრებელი თვისებები. ჩვენი აზრით წებოს გათეთრებისათვის, სამეგრელოში პროდუქტის მხოლოდ მზეზე გადგმით არ უნდა დაკმაყოფილებულიყვნენ, ვინაიდან მათთვისაც იყო ცნობილი გოგირდის აირის მათეთრებელი თვისებები. ამაზე მიგვითითებს ის გარემოება, რომ საქართველოში როგორც ჩვენ დროში, ისე წარსულში ძალზე ფართოდ იყენებდნენ წინდების გათეთრების მეთოდს, რომელიც ქვევრის ძირში გოგირდის დაწვას და გამოყოფილი აირით ქვევრის პირზე ჩამოკიდებული წინდების დამუშავებას ითვალისწინებდა.

ყველის არაფუჭებადი სახეობების დამზადება. დასავლეთ საქართველოში დიდი ყურადღება ექცეოდა ყველის შენახვას, ვინაიდან ის ერთერთ ძირითად საკვებ პროდუქტს წარმოადგენდა. ა. ლამბერტის თანახმად სამეგრელოში მეპატრონისათვის მისართმევ ნატურალურ ბეგარაში ღვინოსთან, პურთან და ღომთან ერთად ყველიც მოიხსენიება [ლამბერტი, გვ. 35].

ძველი დროიდანვე უკვე ცნობილი იყო, რომ ყველის ნაირსახეობები დიდად იყო დამოკიდებული მის სხვადასხვანაირად დამუშავებასა და გემოზე. ყველის ხარისხიანობა დამოკიდებულია აგრეთვე საძოვარზე, კვეთის ხარისხზე, ყველის მომწიფებაზე და შენახვაზე [თოფურია, გვ.49]. გამოცდილებით ცნობილი იყო, რომ ამოყვანის დროს ყველი მაგრად არ უნდა გაეწურათ და მას თავისი სველი უნდა გაჰყოლოდა, რათა მომწიფებულები იყოს და კარგი ყველი მიეღოთ. თანამედროვე გამოკვლევებით ცნობილია, რომ მართლაც ყველი კარგად არ მომწიფდება თუ მასში სისხველე (შრატ) 40%-ის რაოდენობით არ იქნება. ნორმალური ტექნოლოგიით მიღებულ სხვადასხვა ჯიშის ყველს, ცხადია რომ სხვადასხვა შენახვისუნარიანობა ჰქონდა. ამიტომაც იყო, რომ სამეგრელოში ყველის შენახვის ერთ-ერთ გავრცელებულ წესს, მისი მიწაში ქვევრით ჩაფლულ დერგში შენახვა წარმოადგენდა. მიწის შედარებით ზომიერი და მუდმივი ტემპერატურა, ისევე როგორც ღვინისათვის, ყველისათვისაც საუკეთესო შენახვის პირობებს უზრუნველყოფდა. მაგრამ მაღალი შენახვისუნარიანობის მქონე ყველის დასამზადებლად დასავლეთ საქართველოში, კერძოდ კი სამეგრელოში, ორიგინალურ ტექნოლოგიას იყენებდნენ, რომელიც ყველის მიღებული პროდუქციის ერთ წელზე უფრო ხანგრძლივი დროით შენახვას უზრუნველყოფდა. გამდნარ ყველს გობში ჩაჭრიდნენ და ხელებით მაგრად დაზედავდნენ. კარგად დაზელების შემდგომ ქვაბში ყრიდნენ და უწყლოდ ცეცხლზე აცხელებდნენ. გაცხელება აღუღებამდე არ უნდა მისულიყო და თანაც ის ჩოგნით მორევას ითვალისწინებდა. ასეთ პირობებში ადგილი ჰქონდა ყველის გაქნასა და გათხელებას და ამ კონსისტენციის ყველს თავზე მარილს აყრიდნენ, ამის შემდეგ გამდნარი ყველი პირდაპირ ხალამში ისხმებოდა და თავმოკრული ინახებოდა. ამოღებისას ყველი გამაგრებული იყო და ის ერთ წელიწადს ინახებოდა [თოფურია, გვ. 49].

ასევე დიდი ხნით შენახვისუნარიანი იყო მეგრული სულგუნიც, რომლის მიღების ტექნოლოგიაც ბოლო ეტაპზე მის განსაკუთრებულ დამუშავებას ითვალისწინებდა. სულგუნის მისაღებად ძროხის რძეს მოწველისთანავე კვეთავდნენ და ცეცხლის ახლოს ათავსებდნენ, რათა მორევისას რძე არ გაციებულყო. გამოყოფილ დელამოს ხელით ათობდნენ, შემდეგ ჯერ აქუცმაცებდნენ ხელით ან ჯოხით და საბოლოოდ კი ერთად აგროვებდნენ. დასამწიფებლად ამოყვანილ ყველს ხის ჭურჭელში, სითბოში ინახავდნენ.

დამწიფების დასადგენად ყველის ნაჭერი ცხელ წყალში თავსდებოდა, შემდეგ იზილებოდა და იწებებოდა. კარგად მომწიფების ნიშანი იყო

კარგი წელვადობა და თანაბარი ძაფების წარმოქმნა. ამის შემდეგ ყველი წვრილად თანაბრად იჭრებოდა და წყალში იყრებოდა. მეორე ქვაბში წყალს ან შრატს აღუდებდნენ, მოსახარში ყველი მასში გადაჰქონდათ. დუდილის დროს ჯოხის საშუალებით ყველი მაგრად იზილებოდა. რაც უფრო კარგად იყო ყველი დამდნარი, მით უფრო კარგად მიმდინარეობდა აღნიშნული პროცესი. ამის შემდეგ ხელმეორედ ხარშავდნენ მას, რათა ერიბო მოცილებოდა. ეს მეორედ მოხარშვა ერბოს მოცილების მიზნით აუცილებელი იყო ვინაიდან სულგუნის დამამზადებელთა დაკვირვებით „თუ მეორედ არ მოიხარშებოდა, მაშინ სულგუნს ერბო შერჩებოდა და მარილს ვერ მოიკიდებდა“ [თოფურია, გვ. 49].

მეორედ მოხარშვის შემდეგ ყველი კვლავ იზილებოდა და მრგვალებოდა სფეროს ფორმის მიღებამდე. კარგად მოზედილ სულგუნს აბრტყელებდნენ და გასაცვივებლად გობში დადგმულ ცივ წყალში ათავსებდნენ. გაცივებულ ყველს მარილს აყრიდნენ და 2-3 დღის შემდეგ სპეციალურ ჭურჭელში მარილწყლიან წათხში ათავსებდნენ.

ხანგრძლივად შესანახი ულუფებისათვის კი გათვალისწინებული იყო სხვა სახის დამუშავება. კერძოდ, სულგუნის კვერებს ბაწარზე ისე აცვამდნენ, რომ ისინი ერთმანეთს არ შეხებოდა და გასაშრობად ცეცხლთან ახლო ჭერზე ან მზეზე ჩამოკიდებდნენ, ამ სახით შებოლილი ან გამხმარი სულგუნი კი დიდხანს ინახებოდა [თოფურია, გვ. 49-50].

სხვა საკვები პროდუქტების კონსერვაცია. ზოგიერთ შემთხვევაში მეგრელები ხორცსაც აკონსერვებდნენ. ამ მიზნით ისინი თხელ-თხელ ნაჭრებად თლიდნენ ხორცს და ამ ნაჭრებს კვამლზე ახმობდნენ. როგორც ტექსტიდან ჩანს, ასეთ ხორცს საკვებად თითქმის ერთი წლის შემდგომაც იყენებდნენ [კასტელი, გვ. 128].

ხორცის შენახვის აღწერილი წესი ეთნოგრაფიული წყაროებითაც არის ცნობილი. აჯინჯალმა ზუსტად იგივე წესი ჩაიწერა მთიან აფხაზეთში, რომელიც ასევე ხორცის თხელ ნაჭრებად დაჭრას და შემდეგ მის ბოლში გამოყვანას ითვალისწინებდა [აჯინჯალი, გვ. 420]. ასეთი დიდი ხნით ხორცის შენახვას, ცხადია, მისი შებოლვით გამოსხობა განაპირობებდა. ცნობილია, რომ შებოლვის დროს ხორცი კარგავს ტენს, რომელიც ხელს უწყობს ლპობას. ამასთან ერთად შებოლვის პროცესში ხორცი კვამლიდან იძენს დამაკონსერვებელ ნივთიერებებს, მეთილის სპირტს, ფორმალდეჰიდს, ფენოლს და სხვ., რითაც ხორცი იჟლინთება და პროდუქტი შენახვისათვის მედეგი ხდება [ჩაველიშვილი, გვ. 616]. ამ წესით დროშიც იკვებდნენ

და არც სამეგრელოსათვის დეფიციტური მარილი იხარჯებოდა.

არანაკლებ გავრცელებული იყო სამეგრელოში საკვებად გამოყენებული მცენარეული პროდუქტების კონსერვაცია. ძირითად კონსერვანტად ღვინის ძმარს და მარილს იყენებდნენ.

ღვინის ძმარი შეიცავს 3-5% ძმარმჟავას. ძმარმჟავა კი სპობს მიკროორგანიზმებს და კონსერვებს აძლევს კარგ გემოს და არომატს. კონსერვაცია განპირობებული იყო ნედლეულის შემცველი შაქრების რქმჟავა დუდილით. ამ პროცესის შედეგად დაგროვილი რქმჟავა ძლიერ ანტისეპტიკს წარმოადგენს და თრგუნავს იმ მრავალი სახის მიკროორგანიზმების ზემოქმედებას, რომლებიც პროდუქტის გაფუჭებას იწყებენ. რქმჟავა დუდილი, რომელიც მიმდინარეობს მცენარეული ნედლეულის დამუშავების, დამარილების და დამწნილების დროს, წარმოადგენს განსაზღვრული სახის მიკროორგანიზმების მოქმედების შედეგს.

დაკონსერვებული პროდუქტები ადგილობრივი მოსახლეობის ერთ-ერთ ძირითად საკვებს წარმოადგენდა, ვინაიდან მარხვებს ისინი ძალზე მკაცრად იცავდნენ და მარხვის პერიოდში მხოლოდ ნედლ ან კონსერვირებულ საკვებს იყენებდნენ.

3. დასკვნა

შრომა მოიცავს მრავალ საყურადღებო ფაქტს როგორც ქიმიის ისტორიის, ისე საქართველოს ისტორიის თვალსაზრისით, სადაც საინტერესოდ არის წარმოდგენილი მე-17 საუკუნეში ქიმიის პრაქტიკული გამოყენების განვითარების დონე, მისი როლი საკვები პროდუქტების კონსერვაციის მეთოდების ათვისებასა და დახვეწვაში. აღნიშნული პროცესების პრაქტიკულმა გაანალიზებამ გვჩვენა, რომ, იმ დროისათვის გამოყენებული კონსერვაციის მეთოდოლოგიის მთელი რიგი ფრაგმენტები დღესაც აქტუალურია.

ლიტერატურა

1. დონ არქანჯელო ლამბერტი. სამეგრელოს აღწერა. თბ., "აიეტი", 1991 წ., (გვ. 168).
2. Аджинжал И.А. Из этнографии Абхазии, Сухуми, 1969.
3. ნ. თოფურია. რძის დამუშავების ხალხური წესები სამეგრელოში (ყველი), ქართველი ხალხის სამეურნეო ყოფა და მატერიალური კულტურა. თბ., 1964, (გვ. 49).
4. სულხან-საბა ორბელიანი. ლექსიკონი, ტ.1, თბ. "მერანი", 1991, (გვ. 636).
5. თ. ჩაველიშვილი. "სოფლის მეურნეობის პროდუქტთა შენახვისა და გადამუშავების ტექ

- ნოლოგია”. გამოცემლობა "განათლება", თბილისი, 1988 (გვ. 602).
6. კასტელი ქრისტოფორო. "ცნობები და აღბო-მი საქართველოს შესახებ. თბ., "მეცნიერება", 1977.
 7. Александров И.А. Кустарное производство столярного клея. СПб., 1914, (стр.24).
 8. Вагнер. Химическая Технология. СПб, 1892, (стр. 939).
 9. გამბა უაკ ფრანსუა. "მოგზაურობა ამიერ-კავკასიაში". თბ., "განათლება", 1987, ტ. 1, (გვ. 94).

UDC 664.8/9

SOME OF THE METHODS OF FOOD PRESERVATION

M. Demetradze, †R. Chagunava, N. Kutsiava

Resume: The goal: The first part of the 17th century was marked by economic and political progress. In the principalities of Imereti, Guria, and especially Samegrelo, a number of positive transformations took place, such as the appearance of rudimentary forms of industrial enterprise and the rapid development of numerous agricultural fields and craftsmanship. Gains were made in applied chemistry as well, which played a major role in the advancement of the aforementioned fields. The latter also played a significant role in developing and utilizing food preservation methods, which helped the population preserve food and consume it for long periods of time during winter and the lent.

A number of interesting sources that include very interesting data on Georgia at this period exist to evaluate this process, but the latter has not been properly discussed. All of this points to the urgency of the subject and the importance of doing research in this direction.

Method: In order to obtain relevant data and historical facts, the authors relied on the recordings of Italian missionaries working in Western Georgia, (the recordings of (Don Lambertini, Christopher Castile, Pietro della Valle.and other missionaries) as well as on old Georgian literary sources, ethnographic literature, and works of archeological nature. Studying these sources allowed the authors to describe the picture of Western Georgia during that period according to the themes described above.

Outcome: The obtained materials demonstrated quite a high standard of applied chemistry in Western Georgia and its role in developing and employing food preservation methods. It also showed that a number of physical and chemical methods that were applied during this process have been preserved and can be practiced even today. There have also been preserved individual fragments of the described process.

Conclusion: The work contains numerous noteworthy facts from the history of chemistry and the history of Georgia. It has an interesting way of presenting the development level of applied chemistry in Western Georgia. The practical Analysis of the processes mentioned above, has shown that the number of fragments of the methodology for the conservation used at that time, are nowadays still realizable in practice.

Key words: Missionary; Principal Levan II Dadiani; conservation; applied chemistry; Odishi Principality; Don Lambertini; Christopher Castile; Pietro della Valle.

УДК 664.8/9

МЕТОДЫ КОНСЕРВАЦИИ НЕКОТОРЫХ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ

М.Б. Деметрадзе, † Р.В. Чагунава, Н.А. Куциава

Резюме: Цель: Первая половина XVII века в Грузии отмечена общим экономическим и политическим подъёмом. В имеретинском, гурийском и особенно мегрельском княжествах имели место не одно благодатное преобразование (перестройка), что явно отразилось в зарождении развитой промышленности и в целом ряде отраслей сельского хозяйства и ремесел. Подъём произошёл и в практической химии, которая большую роль

сыграла в успешном прогрессе отмеченных отраслей. Всё это оказало ощутимое воздействие (поступательное развитие) на освоение и улучшение методов консервации пищевых продуктов. В свою очередь, это, со своей стороны очень помогло населению в периоды зимы и просто секономить продукты в продолжительное время.

Для оценки отмеченного процесса существует много интересных источников, в которых сохранились очень интересные сведения об истории Грузии того периода, но следует сказать, что это не стало предметом надлежащего экстренного рассмотрения. Всё что указывает на актуальность этих изысканий и целесообразность проведения исследований.

Метод: Для поиска соответственных сведений и исторических фактов авторы опирались на записи итальянских деятелей - миссионеров в западной Грузии (Дон Ламбертини, Христофор Кастель, Пьетро Дела Вале и сведения других миссионеров), другие старые грузинские литературные источники, этнографическую литературу, работы археологического характера, изучение которых позволило авторам описать полную картину тематики того периода в западной Грузии.

Результат: Найденные материалы показали достаточно высокий уровень практической химии в западной Грузии того периода и её роль в освоении и совершенствовании методов консервации пищевых продуктов. Много физических и химических методов примененных для этого процесса до сегодняшнего дня сохранились и реализуются на практике, также защищены отдельные фрагменты, характерные для этого процесса.

Вывод: Работа содержит множество требующих внимания фактов, в которой интересно представлен уровень развития практической химии XVII века. Практический анализ процессов, упомянутых выше, показал, что целый ряд фрагментов методологии консервации, используемых в то время, на сегодняшний день по-прежнему реализуемо на практике.

Ключевые слова: миссионер; правитель Леван II Дадиани; консервация; практическая химия; княжество Одиши; Дон Ламбертини; Христофор Кастель; Пьетро Дела Вале.

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

შპს 541.11

ქიმიური წონასწორობა და მისი წანაცვლების მიმართულების თვისებრივი შეფასება

ი. ბერძენიშვილი, მ. სირაძე, ს. ხიტაღიშვილი, ი. კობალაძე

ქიმიური და ბიოლოგიური ტექნოლოგიების დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0175, თბილისი, კოსტავას 69

E-mail: i_berdzenishvili@gtu.ge

რეზიუმე: მიზანი: გარეშე ფაქტორთა მოქმედების გავლენით გამოწვეული ქიმიური წონასწორობის წანაცვლების მიმართულების პროგნოზირება და შეფასება. ნაშრომში განხილულია ქიმიური წონასწორობის მნიშვნელოვანი მაგალითი, რომელიც წარმოადგენს ჰაბერის პროცესის საფუძველს ამიაკის წარმოებისათვის.

მეთოდი: ქიმიური წონასწორობის წანაცვლების მიმართულება გარეშე პარამეტრების (კონცენტრაცია, ტემპერატურა, წნევა) შეცვლისას, თვისებრივად შეფასდა მოძრავი წონასწორობის თერმოდინამიკური პრინციპის (ლე შატელიეს პრინციპი) საფუძველზე.

შედეგები: წარმოდგენილია ლე შატელიეს პრინციპის გამოყენება, როგორც რეაქციის პროდუქტის – ამიაკის მეტი რაოდენობით მიღების, ასევე გარეშე ფაქტორთა მოქმედებით გამოწვეული წონასწორობის წანაცვლების მიმართულების პროგნოზირების და შეფასების მიზნით.

დასკვნა: ამიაკის სინთეზის ოპტიმიზაცია მეტად აქტუალურია ინდუსტრიაში აზოტის სასუქებზე მზარდი მოთხოვნის გამო. ნაჩვენებია, რომ ჰაბერის პროცესი 450-500°C ტემპერატურის და დაახლოებით 200 ატმ-ს ტოლი წნევის პირობებში მიმდინარეობს; კატალიზატორად გამოიყენება კალიუმისა და ალუმინის ოქსიდებით გააქტიურებული რკინა.

საკვანძო სიტყვები: ქიმიური წონასწორობა; ამიაკი; სინთეზი; პროდუქტი; გარეშე ფაქტორები; წანაცვლება; მიმართულება.

1. შესავალი

ქიმიური პროცესის სიჩქარე და მისი დროზე დამოკიდებულება მნიშვნელოვნად განისაზღვრება სისტემის წონასწორობიდან გადახრით. სისტემა წონასწორობაშია თუ პირდაპირი და შებრუნებული რეაქციების სიჩქარეები ერთმანეთის ტოლია. ქიმიური წონასწორობა რიცხობრივად K წონასწორობის კონსტანტით განისაზღვრება. განსაზღვრული ტემპერატურის პირობებში იგი პირდაპირი და შებრუნებული რეაქციების სიჩქარეთა კონსტანტების თანაფარდობის ტოლია [1-3].

წონასწორობის სრულ მიღწევამდე, რეაქციის სიჩქარე წონასწორული კონცენტრაციიდან გა-

დახრის პროპორციულია. გარეშე ფაქტორთა არასასურველ ზემოქმედებას იოლად შეუძლია სისტემის გამოყვანა თერმოდინამიკური წონასწორობიდან. ქიმიური წონასწორობის მდგომარეობიდან გადახრის ზრდასთან ერთად სიტუაცია საგრძნობლად რთულდება: შესაძლებელია აღიძვრას არამონოტონური (მათ შორის რხევითი) პროცესი, რომლის დროს კონცენტრაციის წარმოებული დროით იცვლის ნიშანს; ასევე შესაძლებელია სიჩქარის მკვეთრი ცვლილება სისტემაზე მცირე ზემოქმედებისას, ე.წ. „კინეტიკური“ კატასტროფები; აღნიშნული ცვლილებების ფონზე არ არის გამორიცხული მდგრადი არაწონასწორული სტრუქტურების წარმოქმნა [1-4].

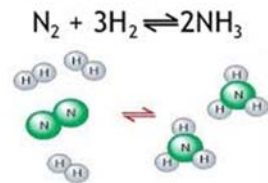
სამუშაოს მიზანია გარეშე ფაქტორთა ზემოქმედების გავლენით გამოწვეული ქიმიური წონასწორობის წანაცვლების მიმართულების პროგნოზირება და თვისებრივი შეფასება.

2. ძირითადი ნაწილი

სისტემა წონასწორობაშია მანამ, სანამ უცვლელი რჩება წონასწორობის პირობები: ტემპერატურა, წნევა, მორეაგირე ნივთიერებათა კონცენტრაციები და სხვ. ქიმიური წონასწორობა დინამიკურია და პასუხობს გარეშე ფაქტორთა ზემოქმედებას. თუნდაც ერთ-ერთი ფაქტორის შეცვლისას წონასწორობა ირღვევა და საპასუხოდ ინაცვლებს მარჯვნივ – პროდუქტების, ან მარცხნივ – რეაგენტების მიმართულებით [1-4].

ქიმიური წონასწორობის თვისებრივი დამოკიდებულება გამოისახება ლე შატელიეს პრინციპით, რომლის მიხედვით, გარე ზემოქმედებით თერმოდინამიკური წონასწორობიდან გამოყვანილ სისტემაში ისეთი პროცესები აღიძვრება, რომელთა შედეგად სუსტდება ამ ზემოქმედებით გამოწვეული ეფექტი [1-3, 5, 6].

განვიხილოთ ქიმიური წონასწორობის უმნიშვნელოვანესი მაგალითი (ნახ.1):



ნახ. 1. ამიაკის მიღების რეაქცია; □ სიმბოლო რეაქციის შექცევადობას აღნიშნავს

ეს რეაქცია წარმოადგენს ჰაბერის პროცესის საფუძველს ამიაკის წარმოებისათვის. იგი შეიძლება წარიმართოს როგორც მარჯვნივ, ისე მარცხნივ. პირდაპირი რეაქცია (ამიაკის სინთეზი) ეგზოთერმულია ($\Delta H^\circ = -92,4$ კჯ/მოლ) [2, 7, 8].

მარჯვნივ და მარცხნივ მიმდინარე პროცესების სიჩქარეების (v_1 და v_2) გათანაბრება სისტემაში ქიმიური წონასწორობის დამყარების ნიშანია: $v_1=v_2$.

პირდაპირი რეაქციის სიჩქარე:

$$v_1 = k_1[N_2][H_2]^3;$$

შებრუნებული რეაქციის სიჩქარე:

$$v_2 = k_2[NH_3]^2;$$

წონასწორობის დროს:

$$k_1[N_2][H_2]^3 = k_2[NH_3]^2 \text{ და}$$

$$K_c = \frac{k_1}{k_2} = \frac{[NH_3]^2}{[N_2][H_2]^3}.$$

ამ განტოლებაში კვადრატულ ფრჩხილებში მოყვანილია რეაქციაში მონაწილე კომპონენტთა წონასწორული კონცენტრაციები; k_1 და k_2 – მარჯვნივ და მარცხნივ მიმდინარე რეაქციების სიჩქარეთა კონსტანტებია; K_c პარამეტრს, რომელიც მოცემული სიდიდის ტემპერატურასა და წნევაზე მოცემული რეაქციისათვის მუდმივი სიდიდეა, წონასწორობის კონსტანტას უწოდებენ.

როგორც აღინიშნა, ქიმიური წონასწორობის მდგომარეობა დამოკიდებულია კონცენტრაციაზე, წნევაზე და ტემპერატურაზე ამ პარამეტრების შეცვლისას სისტემა მოქმედებს მოძრავი წონასწორობის თერმოდინამიკური პრინციპის (ლე შატელიეს პრინციპი) თანახმად.

განვიხილოთ თითოეული ფაქტორის გავლენა წონასწორობაზე.

2.1. კონცენტრაციის გავლენა

ამოსავალი ნივთიერებების კონცენტრაციის გაზრდა წონასწორობას გადაანაცვლებს რეაქციის პროდუქტების წარმოქმნის მიმართულებით, ე.ი. მარჯვნივ.

ამრიგად, თუ რეაქციულ ნარევეში დამატებით იქნება შეტანილი, მაგ., N_2 , მაშინ K_c -ს გამომსახველ განტოლებაში მნიშვნელოვანი იზრდება, თუმცა, რადგან K_c კონსტანტაა, ამ პირობის შესასრულებლად ასევე უნდა გაიზარდოს მრიცხველიც. ეს ნიშნავს, რომ რეაქციულ ნარევეში იზრდება ამიაკის (პროდუქტის) კონცენტრაცია.

მაშასადამე, რეაგენტების (თხევადი ან აირადი) კონცენტრაციის გაზრდა წონასწორობას გადაანაცვლებს პირდაპირი რეაქციის მიმართულებით, ხოლო რეაქციის პროდუქტების (თხევადი ან აირადი) კონცენტრაციის გაზრდა – შებრუნებული რეაქციის მიმართულებით.

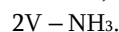
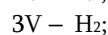
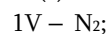
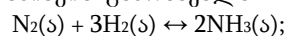
მყარი ნივთიერების მასის ცვლილება წონასწორობის მდგომარეობას არ ცვლის.

2.2. ტემპერატურის გავლენა

სისტემის ტემპერატურის გაზრდისას მასში წარიმართება სითბოს შთანთქმით მიმდინარე პროცესები ანუ წონასწორობა ინაცვლებს მარცხნივ – ამიაკის დაშლის ენდოთერმული რეაქციისაკენ ($\Delta H > 0$), და პირიქით, სისტემაში ტემპერატურის დაწვევისას მასში წარიმართება სითბოს გამოყოფით მიმდინარე პროცესები ანუ წონასწორობა ინაცვლებს მარჯვნივ – ამიაკის სინთეზის ეგზოთერმული რეაქციის ($\Delta H < 0$) მიმართულებით.

2.3. წნევის გავლენა (მხოლოდ აირადი ნივთიერებისათვის)

წნევის გაზრდა ხელს უწყობს რეაქციას, რომელიც მოცულობის (V) შემცირებით მიმდინარეობს. ამიტომ ჰაბერის პროცესში წნევის გაზრდისას წონასწორობა ინაცვლებს მარჯვნივ, რაც ზრდის ამიაკის გამოსავალს:



პირდაპირი რეაქციის შედეგად მიიღება ამიაკის 2V, ხოლო შებრუნებული რეაქციის დროს – აირადი ნივთიერებების 4V.

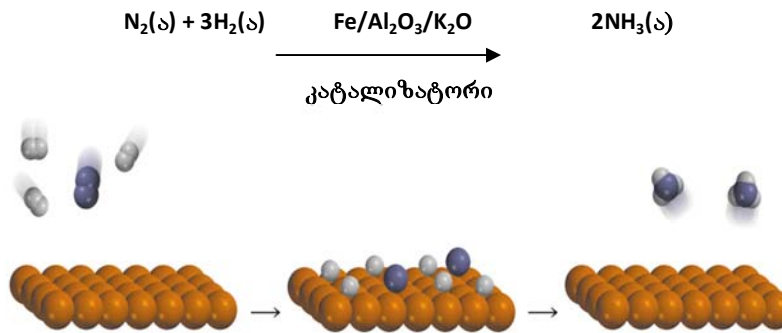
ამრიგად, სისტემის წნევის გაზრდისას მასში წარიმართება მოცულობის შემცირებით მიმდინარე პროცესები, ხოლო წნევის დაწვევისას – მოცულობის გაზრდით მიმდინარე პროცესები.

წნევის ცვლილება გავლენას არ ახდენს მყარი და თხევადი ნივთიერებების მოცულობაზე ანუ არ ცვლის მათ კონცენტრაციებს. შედეგად რეაქციის წონასწორობა, რომელშიც აირადი ნივთიერებები არ მონაწილეობს, პრაქტიკულად არ არის დამოკიდებული წნევაზე [1, 3, 6].

თავისთავად ყურადსაღებია ის, რომ თუ აირადი ნივთიერებების მოლთა რიცხვი უცვლელი რჩება რეაქციის დროს, მაგ., $N_2(g) + O_2(g) \leftrightarrow 2NO(g)$, მაშინ სისტემაში წნევის ცვლილება წონასწორობის წანაცვლებას არ იწვევს.

2.4. კატალიზატორის გავლენა

რეაქციის დაჩქარება ასევე შესაძლებელია კატალიზატორის გამოყენებით [1, 2, 7-9]. კატალიზატორი წონასწორობის კონსტანტაზე გავლენას არ ახდენს და ამიტომ არ მოქმედებს გამოსავალზე, თუმცა მისი გამოყენება ზრდის რეაქციის სიჩქარეს, რითაც ზოგადად დროს და შესაბამისად ფულს. ამიაკის სინთეზისათვის გასუფთავებულ აირებს ატარებენ ცხელ რკინის კატალიზატორზე (ნახ. 2).



ნახ. 2. ამიაკის სინთეზის პროცესი

ამ რეაქციისათვის შესაბამისი კატალიზატორის ძებნის პროცესში გამოიყენა დაახლოებით 20 ათასი სხვადასხვა ნაერთი და ყველაზე დიდი გამოყენება თავისი თვისებებით (აქტიურობა, მდგრადობა, ღირებულება) პოვა ალუმინისა და კალიუმის ოქსიდებით გააქტიურებულმა რკინის კატალიზატორმა [7, 8]. ამიაკის სინთეზის ოპტიმიზაცია საკმაოდ აქტუალურია ინდუსტრიაში აზოტის სასუქებზე მზარდი მოთხოვნის გამო.

3. დასკვნა

ლე შატელიეს პრინციპი საშუალებას იძლევა წონასწორობის დეტალური ანალიზის გარეშე განისაზღვროს წონასწორობის წანაცვლების მიმართულება. მეტი ამიაკის მისაღებად რეაქციის პირობები უნდა შეიცვალოს იმგვარად, რომ წონასწორობა გადაიხაროს მარჯვნივ. ამასთან, რეაქციის სიჩქარე უნდა იყოს მაღალი. ჰაბერის პროცესი $450\text{-}500^\circ\text{C}$ ტემპერატურის და დაახლოებით 200 ატმ-ს ტოლი წნევის პირობებში მიმდინარეობს. ამ დროს რეაქციის სიჩქარე საკმარისად მაღალია და პროდუქტის გამოსავალი მისაღები. უფრო მაღალი ტემპერატურა გაზრდის ამიაკის წარმოქმნის სიჩქარეს, მაგრამ შეამცირებს მის რაოდენობას.

ლიტერატურა

1. Горшков В.И., Кузнецов И.А. Основы физической химии. Изд. 3-е, – М.: Бином. Лаборатория знаний, 2009. – 407 с.
2. Basic Chemical Thermodynamics, 5th Edition by E. Brian Smith. 2004. – 166 p.
3. Ипполитов Е.Г., Артемов А.В., Батраков В.В. Физическая химия. – М.: Академия, 2005. – 445 с.
4. Б.С. Бокштейн, М.И. Менделев. Краткий курс физической химии. – М.: ЧеРо, 1999. – 232 с.
5. ი. ბერძენიშვილი. ქიმიურ-ტექნოლოგიური პროცესები და მათი განხორციელების თერმოდინამიკური ასპექტები. თბილისი, „საქპატენტი“, დეკონირების დამადასტურებელი მოწმობა № 6446, 15.01.2016, – 85 გვ.
6. <https://www.boundless.com/chemistry/textbooks/boundless-chemistry-textbook/chemical-equilibrium-14/factors-that-affect-chemical-equilibrium-106/le-chatelier-s-principle-443-6137/>
7. ი. ბერძენიშვილი. კატალიზური რეაქციები. თბილისი, ტექნიკური უნივერსიტეტი, 2016, – 138 გვ.
8. <https://mrfisherchemistry.wikispaces.com/file/view/Haber+Process>.
9. <http://www.slideshare.net/elmochem/chapter-15-lecture-chemical-equilibrium>

UDC 541.11

CHEMICAL EQUILIBRIUM AND QUALITATIVE ASSESSMENT OF ITS DIRECTION SHIFT

I. Berdzenishvili, M. Siradze, S. Hitalishvili, I. Kobaladze

Resume: Goal: prediction and assessment of the direction of chemical equilibrium shift caused by external factors. In this work an important example of chemical equilibrium that is the basis of the Haber process for the industrial production of ammonia has been considered.

Method: the direction of chemical equilibrium shift with the changing external conditions (concentration, temperature, pressure) was qualitatively assessed using thermodynamic principle of dynamic equilibrium (Le Chatelier's principle).

Results: we illustrate the application of Le Chatelier's principle to obtain more reaction product – ammonia and to predict and determine shifts in equilibrium if the external conditions are changed.

Conclusion: ammonia synthesis optimization is a topic of high interest in industry due to the growing demand for nitrogen fertilizers. It is shown, that the Haber process is carried out at a pressure of 200 atm and a temperature of 450-500°C using an iron catalyst, promoted by potassium and alumina oxides.

Key words: chemical equilibrium; ammonia; synthesis; product; external conditions; shift; direction.

УДК 541.11

ХИМИЧЕСКОЕ РАВНОВЕСИЕ И КАЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА НАПРАВЛЕНИЯ ЕГО СМЕЩЕНИЯ

И.Г. Бердзенишвили, М.Г. Сирадзе, С.В. Хиталишвили, И.Д. Кобаладзе

Резюме: Цель работы: прогнозирование и оценка направления смещения химического равновесия, вызванного воздействием внешних факторов. В работе рассмотрен важный пример химического равновесия, представляющий основу процесса Габера для промышленного производства аммиака.

Метод: направление смещения химического равновесия при изменения внешних условий (концентрация, температура, давление) оценивалось качественно на основе термодинамического принципа подвижного равновесия (принцип Ле Шателье).

Результаты: представлено применение принципа Ле Шателье с целью получения большего количества продукта реакции – аммиака, а также прогнозирования и оценки направления смещения равновесия при изменении внешних условий.

Выводы: оптимизация синтеза аммиака является предметом повышенного интереса со стороны промышленности из-за растущего спроса на азотные удобрения. Показано, что процесс Габера осуществляется при давлении 200 атм и температуре 450-500°C; в качестве катализатора используется железо, активированное оксидами калия и алюминия.

Ключевые слова: химическое равновесие; аммиак; синтез; продукт; внешние условия; смещение; направление.

შპს 669.168

ფეროშენადნობების ნარჩენების ბამოქენების შესაძლებლობის შესწავლა სილიკომანგანუმის დნობის პროცესში

ბ. მაისურაძე, ზ. სიმონგულაშვილი, ი. მაისურაძე, თ. მაისურაძე

მეტალურგიის, მასალათმცოდნეობისა და ლითონთა დამუშავების, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0175, თბილისი, კოსტავას 69

E-mail: b.maisuradze@gtu.ge

რეზიუმე: მიზანი: სამუშაოს მიზანია დამუშავდეს ახალი, ეკონომიკურად გამართული და ეკოლოგიურად უსაფრთხო სტანდარტული სილიკომანგანუმის მიღების ტექნოლოგიური სქემა, კაზმში წარმოების ნარჩენებისაგან დამზადებული კომპლექსური ბრიკეტების გამოყენებით.

მეთოდი: წარმოების ნარჩენების დანატროვნებისას გამოყენებულია დაბრიკეტების მეთოდი, ხოლო სილიკომანგანუმის დნობისას ელექტროლუმელებში კარბოთერმული მეთოდი.

შედეგები: შესწავლილია და გაანალიზებულია ფეროშენადნობთა წარმოების მანგანუმ-შემცველი და ნახშირბად-შემცველი ნარჩენების წარმოქმნის წყაროები. შემუშავებულია აღნიშნული ნარჩენებისაგან კომპლექსური ბრიკეტების მიღებისა და გამოყენების შესაძლებლობები სილიკომანგანუმის წარმოების პროცესში, რაც საშუალებას იძლევა შეექმნათ რესურსდამზოგი ტექნოლოგიური სქემა.

დასკვნა: ჩატარებული თეორიული და ექსპერიმენტული კვლევის საფუძველზე შემუშავდა ფეროშენადნობთა მანგანუმ-შემცველი და ნახშირბად-შემცველი ნარჩენების გამოყენების ყველაზე რაციონალური და პერსპექტიული ტექნოლოგიური სქემა, რაც საშუალებას მოგვცემს დავზოგოთ ძვირადღირებული საკაზმე მასალები (მანგანუმის კონცენტრატი, კოქსწვრილა, კვარციტი), შევამციროთ ელექტროენერგიის ხარჯი და მის საფუძველზე შევამციროთ პროდუქციის თვითღირებულება.

საკვანძო სიტყვები: მანგანუმის მადანი; წიდა; რესპირაციული მტვერი; შლამი; სილიკომანგანუმი; კომპლექსური ბრიკეტი; კოქსწვრილა; ნახშირი.

1. შესავალი

მაღალხარისხოვანი მადნების დეფიციტის პირობებში მეტად მნიშვნელოვანია სანედლეულო ხაზის გაფართოება, რაც თავისთავად გულისხმობს მანგანუმის დანაკარგების შემცირებას მისი გადამუშავების ყველა ეტაპზე.

მძლავრ ელექტროლუმელებში მანგანუმიანი ფეროშენადნობების, კერძოდ სილიკომანგანუმის გამოდნობის გამოცდილებამ და დნობის პროცესის ტექნიკო-ეკონომიკურმა ანალიზმა გვიჩვენა, რომ ჯერ კიდევ დიდია რეზერვი მისი წარ-

მადობის გაზრდისა, შენადნობის ხარისხის გაუმჯობესებისა და წარმოების ეფექტურობის ამაღლებისა. ამ მიმართებით, პირველ რიგში, მეტად აქტუალური ხდება დნობის შედეგად წარმოქმნილი მანგანუმიანი ნარჩენების გამოყენება და მათი უტილიზაციის პრობლემა.

როგორც ცნობილია, სილიკომანგანუმის დნობისას წარმოიქმნება ძირითადად შემდეგი სახის ნარჩენები: ე.წ. გადასაყრელი წილები, აირგამწმენდ მოწყობილობებში დაგროვილი რესპირაციული მტვერი (შლამი) და მზა ლითონის სამსხვრევ უბანზე წარმოქმნილი წვრილდისპერსიული ლითონური მტვერი. გარდა ამისა, კოქსის გაცხრილვისას წარმოიქმნება 8-12% განაცერი (0-5მმ).

მანგანუმის ოქსიდების ნახშირბადთერმული აღდგენის თერმოდინამიკის, კინეტიკისა და დნობის ანალიზი ცხადყოფს, რომ მანგანუმის ოქსიდების შემცველობა საბოლოო (გადასაყრელ) წილებში ლითონურ მანგანუმზე გადათვლით 14-18%-ის, ზოგჯერ კი - 20-22%-ის ფარგლებშია. გარდა ამისა, ლითონური და წიდური ფაზების გაყოფის არახელსაყრელი პირობების გამო (წილების მაღალი სიბლანტე), ქერქოვან და თხევად წილებში ლითონის ნაწილაკების სახით იკარგება უკვე აღდგენილი, მზა შენადნობის 5-8% და ამიტომაც მანგანუმის სასარგებლო გამოყენება მისი ელექტროთერმული მიღებისას 70%-ს არ აღემატება [1-5].

ნარჩენები იმავე რაოდენობით გროვდება, რა რაოდენობის ლითონიც იწარმოება. გარდა ამისა, ზესტაფონისა და სხვა საწარმოების მიმდებარე ტერიტორიებზე არსებულ წიდასაყრელებზე წლეულის განმავლობაში დაგროვდა რამდენიმე მილიონი ტონა წიდა, რომელიც იკავებს საკმაოდ დიდ ფართობებს და ეკოლოგიურ საფრთხეს წარმოადგენს, როგორც გარემოსთვის, ასევე რეგიონში მცხოვრები მოსახლეობისათვის.

რესპირაციული მტვერი (შლამი), რომლის შედგენილობაა: 25-38% Mn, 22-26% SiO₂, 3-7% C და 0.15% P გროვდება ყოველ ტონა სილიკომანგანუმზე 100-120კგ, ხოლო ფეროშენადნუმზე კი 150კგ. მისი უტილიზაციის პრობლემა მის ფრაქციულობაში მდგომარეობს (0,1 მმ-ზე ნაკლებია) და იმაგდროულად დიდ ეკოლოგიურ საფრთხეს წარმოადგენს. გარდა ამისა, მზა ლითონის სტანდარტულ ფრაქციულობამდე მსხვრევისას, წარმოიქმნება წვრილდისპერსიული (0-3მმ) ლითონური მტვერი. მისი რაოდენობა გამომდინარე

შენადნობის 3-5%-ია (8-10 ათასი ტ), ვერ ხერხდება მისი გამოყენება და ისიც დანაკარგების მნიშვნელოვან წყაროს წარმოადგენს [6-12].

ასევე უნდა აღინიშნოს, რომ მიუხედავად ჩატარებული მრავალი თეორიული და ექსპერიმენტული კვლევებისა, ამჟამად სამრეწველო მასშტაბით არ გვაქვს სილიკომანგანუმის გადასაყრელი წილების, ლითონური და რესპირაციული მტვერის (შლამის) გადამუშავების მოქმედი ეფექტიანი ტექნოლოგიური სქემები, რაც საშუალებას მოგვცემს მაქსიმალურად გამოვიყენოთ მანგანუმი. მცდელობამ, სილიკომანგანუმის გამოსადნობ კაზმში ხელმეორედ გამოგვეყენებინა დამხსნველი წილები, ვერ მოგვცა დადებითი შედეგი. ასეთი წილები ღუმელში მხოლოდ დნება და მისგან მანგანუმის აღდგენა ვერ ხერხდება, რადგან MnO -ს კონცენტრაცია მასში და ღუმელში წარმოქმნილ საბოლოო წიდაში გაწონასწორებულია. ასევე, გამოგვეყენებინა წვრილდისპერსიული მასალები (მტვერი, შლამი და სხვა) სააგლომერაციო კაზმში და ამ გზით მომხდარიყო მისი დაბრუნება წარმოებაში, შედეგი ვერ გამოიღო.

ამრიგად, სილიკომანგანუმის დნობის დროს წარმოიქმნება ე.წ. გადასაყრელი წილები, რომლის ქიმ. შედგენილობაა: 14-18% Mn ; 45-48% SiO_2 , 0.01% P და მტვერი 25-38% Mn , 22-26% SiO_2 , 3-7% C , 0.15% P . შარშანდელი მონაცემებით ქარხანაში დაგროვდა 100-120 ათასი ტონა წიდა და 16-18 ათასი ტონა მტვერი, რაც ჯამში დაახლოებით 50 ათასი ტონა მაღალხარისხოვანი, დაბალფოსფორიანი კონცენტრატის ეკვივალენტურია. ამას ემატება წინა წლებში დაგროვილი

200 ათასი ტონა შლამი და ყოველწლიურად წარმოქმნილი 8000-10000 ტონა ლითონური მტვერი, რომელიც ქარხნის ტერიტორიაზეა და დიდ ეკოლოგიურ საფრთხეს წარმოადგენს.

ზემოთ აღნიშნულიდან შეიძლება დავასკვნათ, რომ მანგანუმის კონცენტრატების საყოველთაო დეფიციტის პირობებში, მანგანუმის სასარგებლო გამოყენება არ აღემატება 65-70%, რაც მნიშვნელოვნად ჩამორჩება მეცნიერების და ტექნიკის თანამედროვე მოთხოვნებს, მის კონკურენტუნარიანობას და ეწინააღმდეგება ქვეყნის სტრატეგიულ მიზნებს.

წარმოდგენილ ნაშრომში შემოთავაზებულია დამუშავდეს ახალი, ეკონომიკურად გამართლებული და ეკოლოგიურად უსაფრთხო სტანდარტული სილიკომანგანუმის მიღების ტექნოლოგიური სქემა, კაზმში წარმოების ნარჩენებისაგან დამზადებული კომპლექსური ბრიკეტების გამოყენებით.

2. ძირითადი ნაწილი

ფეროშენადნობთა წარმოების ნარჩენების თეორიული და ექსპერიმენტული გამოკვლევების (ქიმიური, მინერალოგიური, თერმოდინამიკური, ფიზიკო-მექანიკური, კინეტიკური და ელექტრონი) საფუძველზე შემუშავებული იქნა სილიკომანგანუმის გამოდნობის ტექნოლოგია კაზმში კომპლექსური ბრიკეტების გამოყენებით [13-17].

ჩატარებულ იქნა ლაბორატორიული და ნახევრადსამრეწველო დნობები.

ბრიკეტების მისაღები საკაზმე მასალების (წარმოების ნარჩენების) ქიმიური შედგენილობა მოცემულია პირველ ცხრილში.

ცხრილი 1

საკაზმე მასალების ქიმიური შედგენილობა

მასალის დასახელება	კომპონენტის შემცველობა, %							
	Mn	SiO ₂	CaO	Al ₂ O ₃	MgO	FeO	P	C
მანგანუმის მტვერი	27,3	26,5	5,2	4,6	1,2	2,6	0,15	3,5
გრანულირებული წიდა	16,8	46,2	20,1	4,7	1,3	0,8	0,02	-
ლითონური მტვერი	72,0	$\frac{Si}{17,1}$	-	-	-	$\frac{Fe}{5,0}$	0,34	1,8
მანგანუმის კონცენტრატი	35,0	21,8	6,4	4,6	1,0	2,9	0,18	-
კოქსის ნაცარი	-	37,6	4,5	17,2	1,7	28,1	0,11	-

კოქსის განაცერის ტექნიკური ანალიზი, %:

ნაცარი – 12,5; აქროლადები – 2,1; სინესტე – 16,0; გოგირდი – 2,83; $C_{მყარი}$ – 85.

ტყობის ნახშირის ტექნიკური ანალიზი, %:

ნაცარი – 13,8; აქროლადები – 37,3; სინესტე – 15,0; გოგირდი – 1,5; $C_{მყარი}$ – 46,0.

კომპლექსური ბრიკეტების შედგენილობა მოცემულია მე-2 ცხრილში.

ცხრილი 2

ბრიკეტების შედგენილობა, %

კომპონენტი	ვარიანტი		
	I	II	III
მანგანუმიანი მტვერი	30	20	10
გრანულირებული წიდა	10	20	30
ლითონური მტვერი	3	7	10
მანგანუმის კონცენტრატი	10	18	22
კოქსის განაცერი ან ტყიბულის ნახშირი	40	25	20
შემკვრელი	7	10	8

ლაბორატორიული დნობები კომპლექსური ბრიკეტების გამოყენებით ჩატარებულ იქნა მაღალტემპერატურული ელექტროწინაღობის, ე.წ. „ტამანის“ 40კვა სიმძლავრის ღუმელში, სადაც მახურებელ ელემენტს წარმოადგენს 100 მმ დიამეტრის გრაფიტის მილი. ცეცხლგამძლე ალუნდის ჭიქაში ვათავსებდით სადნობ კაზმს. 35-40წთ მაღალტემპერატურაზე (1600-1650°C) დაყოვნების შემდეგ ღუმელიდან ვიღებთ ცეცხლგამძლე ჭიქას დნობის პროდუქტებით, ხდებოდა ლითონის და წილის განცალკევება, იწონებოდა და ვაკეთებდით მათ ქიმიურ ანალიზს.

ნახევრადსამრეწველო დნობები ჩატარებულ იქნა სამფაზა რკალურ ელექტროღუმელში, რომელიც იკვებებოდა 100კვა სიმძლავრის ტრანსფორმატორიდან, რომლის ელექტრული და გეომეტრიული მახასიათებლები შემდეგია:

- ძაბვა ტრანსფორმატორის მაღალ მხარეზე - 220 ვოლტი;
- ძაბვა ტრანსფორმატორის დაბალ მხარეზე გვაქვს შვიდ საფეხურიანი - 25,9 - 73,3 ვოლტის ფარგლებში;
- გრაფიტირებული ელექტროდი დიამეტრით 75 მმ;

ღუმელის კედლები ამოგებულია შამოტის აგურით, ხოლო ქვედი კი ნახშირის ბლოკებით და დატკეპნილია ელექტროდის მასით. ღუმელს აქვს ლითონის და წილის გამოსაშვები ერთი კრიჭა.

ღუმელის მუშაობის რეჟიმი შემდეგია: დენის ძალა ელექტროდებზე - 1200 - 1400 ამპერი; ძაბვა კი - 52 ვოლტი. ღუმელში კაზმის მიწო-

დება ხდებოდა უწყვეტად, ლითონის და წილის გამოშვება ყოველ 25-30 წუთში. გამოშვების შემდეგ ლითონს და წიდას ვწინდით და ვაგზავნიდით ქიმიურ ლაბორატორიაში საანალიზოდ.

სილიკომანგანუმის დნობის პროცესში კომპლექსური ბრიკეტების გამოყენებით მიღწეულ იქნა ღუმელის მუშაობის თანაბარი სვლა, ელექტროდები ღრმად იჯდა კაზმში, საკერძეუ აირების გამოყოფა და განაწილება იყო თანაბარი. ღუმელიდან ლითონი და წიდა გამოდიოდა თავისუფლად და საკმარისად გახურებული. მიღებულ შედეგებზე დაყრდნობით შედგა დნობის მატერიალური ბალანსი, რომლის ძირითადი ტექნიკურ-ეკონომიკური მაჩვენებლები მოყვანილია მე-3 ცხრილში.

ჩატარებული დნობების ანალიზი გვიჩვენებს, რომ მიღებული ლითონების ქიმიური შედგენილობა მანგანუმით და სილიციუმით პრაქტიკულად ერთნაირია, ხოლო ფოსფორის შემცველობა დნობის ყველა ვარიანტში 0,25-0,28%-ის ფარგლებშია, რაც ქარხნის ტექნოლოგიით მიღებულ ლითონთან შედარებით 0,1-0,15%-ით დაბალია. რაც შეეხება მანგანუმის და სილიციუმის სასარგებლო გამოყენებას, იგი 4-5%-ით მაღალია არსებულ ტექნოლოგიასთან შედარებით. რაც გამოწვეულია იმით, რომ ჩვენ შემთხვევაში გამოყენებული საკაზმე მასალები (კომპლექსური ბრიკეტები) შეიცავს ნახშირბად-შემცველ აღმდგენელს და ლითონურ მტვერს, რაც თავისთავად ხელს უწყობს და ინტენსიფიცირებას ახდენს აღნიშნული ელემენტების აღდგენის ხარისხზე.

სილიკომანგანუმის ნახევრად სამრეწველო დნობების
ძირითადი ტექნიკურ-ეკონომიკური მაჩვენებლები

მაჩვენებლები	ვარიანტი			
	I	II	III	
1	2	3	4	
დნობის რაოდენობა	10	12	12	
მიღებულია, კგ:				
ლითონი	30	35	32	
წილის ჯერადობა	1,1	1,2	1,3	
წილის ფუძიანობა CaO/SiO ₂	0,40	0,42	0,45	
ლითონის ქიმ. შედგენილობა, %:				
Mn	74,5	74,1	73,8	
Si	17,2	17,6	18,8	
P	0,25	0,26	0,28	
მანგანუმის შემცველობა წიდაში, %	8,7	8,2	8,0	
ძირითადი ელემენტების განაწილება, %				
ლითონში	Mn	73,6	75,2	74,8
	Si	46,2	45,3	47,1
	P	65,7	67,2	66,1
წიდაში	Mn	12,2	12,7	12,0
	Si	48,2	47,7	46,2
	P	2,5	3,0	2,8
ელ. ენერჯის ხვედრითი ხარჯი კვტ.სთ/ტ.	5030	4950	4900	

სილიკომანგანუმის დნობის პროცესში კომპლექსური ბრიკეტების გამოყენებით მიღწეულ იქნა ღუმელის მუშაობის თანაბარი სვლა, ელექტროდები ღრმად იჯდა კაზმში, საკერძეზე აირების გამოყოფა და განაწილება იყო თანაბარი. ღუმლიდან ლითონი და წიდა გამოდიოდა თავისუფლად და საკმარისად გახურებული. მიღებულ შედეგებზე დაყრდნობით შედგა დნობის მატერიალური ბალანსი, რომლის ძირითადი ტექნიკურ-ეკონომიკური მაჩვენებლები მოყვანილია მე-3 ცხრილში.

ჩატარებული დნობების ანალიზი გვიჩვენებს, რომ მიღებული ლითონების ქიმიური შედგენილობა მანგანუმით და სილიციუმით პრაქტიკულად ერთნაირია, ხოლო ფოსფორის შემცველობა დნობის ყველა ვარიანტში 0,25-0,28%-ის ფარგლებშია, რაც ქარხნის ტექნოლოგიით მიღებულ ლითონთან შედარებით 0,1-0,15%-ით დაბალია. რაც შეეხება მანგანუმის და სილიციუმის სასარგებლო გამოყენებას, იგი 4-5%-ით მაღალია არსებულ ტექნოლოგიასთან შედარებით. რაც გამოწვეულია იმით, რომ ჩვენ შემთხვევაში გამოყენებული საკაზმე მასალები (კომპლექსური ბრიკეტები) თავის შედგენილობაში

მჭიდრო კავშირში შეიცავს ნახშირბადშემცველ აღმდგენელს და ლითონურ მტვერს, რაც თავისთავად ხელს უწყობს და ინტენსიფიცირებას ახდენს აღნიშნული ელემენტების აღდგენის ხარისხზე.

3. დასკვნა

ამრიგად, ჩატარებული თეორიული და ექსპერიმენტული კვლევების საფუძველზე შემუშავდა ფეროშენადნობთა მანგანუმშემცველი და ნახშირბადშემცველი ნარჩენების გამოყენების ყველაზე რაციონალური და პერსპექტიული ტექნოლოგიური სქემა, რაც საშუალებას გვაძლევს დავზოგოთ ძვირადღირებული საკაზმე მასალები (მანგანუმის კონცენტრატი, კოქსწერილა, კვარციტი), შევამციროთ ელ. ენერჯის ხარჯი და მის საფუძველზე შევამციროთ პროდუქციის თვითღირებულება.

ლიტერატურა

1. სიმონგულაშვილი ზ., მაისურაძე ბ., ჯაფარიძე ბ. მანგანუმის შემცველი ნარჩენების გამოყენება ელექტრო-ფეროშენადნობების წარმოებაში. ინტელექტუალი, 2006, 2, გვ. 55-59.

2. Симонгулашвили З.А., Майсурадзе Б.Г., Джапаридзе Б.С. Технология утилизации марганецсодержащих отходов ферросплавного производства. Сборник трудов XI международной научно-технической конференции. Тбилиси, 2006, с. 102-110.
3. Симонгулашвили З.А., Майсурадзе Б.Г., Джапаридзе Б.С. Разработка исследование и промышленное освоение технологии выплавки силикомарганца с использованием металлоконцентрата. Проблемы металлургии, сварки и материаловедения. 2007, №1 (15), с. 16-20.
4. Чубинидзе Т.А. Металлургическая оценка марганецсодержащей пыли. В сб. Совершенствование технологии производства марганцевых сплавов. Тбилиси, 1978, с. 79-85.
5. Перова В.В. Лабораторные и полупромышленные опробования спекаемости тонких марганцевых концентратов. В сб. Переработка железных и марганцевых руд Закавказья. Тбилиси, 1979. с. 47-52.
6. Способ получения окатышей из пыли производства ферромарганца. Патент Японии. №47-1284197, кл. C22B.7/02.
7. Мазмишвили С.М., Ахобадзе Т.В., Капанадзе З.П. и др. Брикетирование марганцевых концентратов на промышленной брикетустановке ЗЗФ. В сб. Совершенствование технологии производства марганцевых сплавов. Материалы II республиканской научно-техн. конф. Тбилиси, 1978, с. 86-94.
8. Равич Б.М., Красномовец А.В., Мякинников Ю.Н. и др. Окускование марганцевых концентратов методом термобрикетирования. Бюл. и-та. Черметинформация, 1980, №11 (751), с. 21-23.
9. Рывкин И.Ю., Еремин А.Я., Литвин Е.М. и др. Брикетирование мелкодисперсных материалов со связующим. Кокс и химия, 2000 №10, с. 36-44.
10. Симонгулашвили З., მაისურაძე ი., მაისურაძე ბ. სილიკომანგანუმის მიღების ტექნიკურ-ეკონომიკური მანვენებლების გაუმჯობესება კაზში მანგანუმშემცველი ნარჩენების გამოყენებით. საერთაშორისო სამეცნიერო-პრაქტიკული კონფერენცია. ქუთაისი, 2013, გვ. 220–223.
11. Симонгуლაშვილი ზ., მაისურაძე ბ., ცირდავა მ., მაისურაძე ი. სილიკომანგანუმის მიღების ახალი ტექნოლოგიური სქემის დამუშავება კაზში მანგანუმიანი და ნახშირბადშემცველი ნარჩენების გამოყენებით. საერთაშორისო სამეცნიერო-პრაქტიკული კონფერენცია. ქუთაისი, 2010. გვ. 233–235.
12. Симонгуლაშვილი ზ., მაისურაძე ბ., ჯავახიშვილი ზ. და სხვ. ფეროშენადნობთა წარმოების ნარჩენებისაგან ბრიკეტების მისაღები კაზში. საქ.პატენტი. სასარგებლო მოდელი, U1540Y. 2009. საინფორმაციო ბიულეტენი №18.
13. Симонгуლაშვილი ზ., მაისურაძე ბ., სულაძე ვ. და სხვ. სილიკომანგანუმის გამოსადნობი კაზში. საქ.პატენტი P4803, 2009, საინფორმაციო ბიულეტენი №20.
14. Симонгуლაშვილი ზ., მაისურაძე ბ., ცირდავა მ. ეკოლოგიურად საშიში მანგანუმშემცველი ნარჩენების უტილიზაცია ფეროშენადნობთა წარმოების სანედლეულო ბაზის გაფართოების მიზნით, საერთაშორისო სამეცნიერო-ტექნიკური კონფერენცია. შრომები, თბილისი, 2010, გვ. 116–119.
15. Симонгуლაშვილი ზ., მაისურაძე ი., მაისურაძე ბ. ფეროშენადნობთა წარმოების ნარჩენებიდან კომპლექსური ბრიკეტების მიღების ოპტიმალური პარამეტრების დადგენა. ენერჯია, 2013, №3(67), გვ. 47–51.
16. Симонгуლაშვილი ზ., მაისურაძე ბ., სულაძე ვ. ფეროშენადნობთა წარმოების ნარჩენებისაგან ბრიკეტების მისაღები კაზში. საქ. პატენტი P4622. 2009, საინფორმაციო ბიულეტენი №4.

UDC 669.168

LEARNING THE POSSIBILITIES OF USING FERROALLOY REMNANTS IN MELTING PROCESS OF SILICOMANGANESE

B. Maisuradze, Z. Simongulashvili, I. Maisuradze, T. Maisuradze

Resume: Objective: onjective of the work is to develop technological scheme for receiving ecologically safe and economically efficient, new silicomanganese in stock using complex brickets made of production remnants.

Method: When cutting production remnants into pieces bricketing method is used and during melting the silicomanganese in furnace with carbothermal method.

Results: Sources for receiving magnesium and carbon containing remnants of ferroalloy production are learnt and analysed; possibilities of receiving complex brickets from mentioned remnants and using them in the process of silicomanganese production allowing to make technological scheme for saving resources.

Conclusion: Basing on conducted theoretical and experimental studies the most rational and perspective technology for using magnesium and carbon containing remnants of ferroalloys was developed allowing to save expensive stock materials (magnesium concentrate, quartzrock), decrease expenditure of electricity and decrease prime cost of production basing on it.

Key words: Magnesium ore; dross; respiratory dust; slurry; silicomanganese; complex bricket; quartzrock; coal.

УДК 669.168

ИЗУЧЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ФЕРРОСПЛАВНЫХ ОТХОДОВ В ПРОЦЕССЕ ВЫПЛАВКИ СИЛИКОМРГАНЦА

Б.Г. Майсурадзе, З.А. Симонгулашвили, И.Б. Майсурадзе, Т.Г. Майсурадзе

Резюме: Цель: Разработать новую, экономический и экологический безвредную технологическую схему производства силикомарганца в шихте, с использованием комплексных брикетов полученных из отходов производства ферросплавов.

Метод: Для окускования отходов производства использован способ брикетирования, а при выплавке силикомарганца использован карботермический метод.

Результаты: Изучено и проанализировано происхождение марганецсодержащих и углеродсодержащих отходов ферросплавного производства. Разработаны возможности получения и использования комплексных брикетов из этих отходов в процессе производства силикомарганца, что дает возможность создания ресурсосберегающей технологической схемы.

Заключение: На основании теоретических и экспериментальных исследований разработана рациональная и перспективная технологическая схема использования отходов ферросплавного производства, которая даёт возможность сберечь дорогостоящие шихтовые материалы (марганцевый концентрат, коксик, кварцит), уменьшить расход эл.энергии и на его основе уменьшить себестоимость продукции.

Ключевые слова: Марганцевый концентрат; шлак; респирационная пыль; шлам; силикомарганец; комплексный брикет; коксик; уголь.

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

შპს 662.74

ტყიბულის ნახშირიდან სპეციალური სახის აღმდგენლის მიღება

ბ. მაისურაძე, ზ. სიმონგულაშვილი, ი. მაისურაძე, თ. მაისურაძე

მეტალურგიის, მასალათმცოდნეობისა და ლითონთა დამუშავების დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0175, თბილისი, კოსტავას 69

E-mail: b.maisuradze@gtu.ge

რეზიუმე: მიზანი: სამუშაოს მიზანია ტყიბულის სუსტადშეცხობადი და აიროვანი ნახშირებიდან სპეციალური სახის კოქსაღმდგენლის მიღება დაბრიკეტების გზით.

მეთოდი: დაბრიკეტება მოვასხდინეთ ПСУ-10 ტიპის ჰიდრაულიკურ წნეხზე 25,0მპა წნევით და მიღებული ბრიკეტები დაკოქსეთ 700-800°C ტემპერატურაზე.

შედეგები: დავადგინეთ, რომ მექანიკურად მტკიცე ბრიკეტების მისაღებად ოპტიმალურ პარამეტრებს წარმოადგენს: დასაბრიკეტებელი ნახშირის სინესტე 6-8%, შემკვრელის რაოდენობა 6-8%, გაშრობის ტემპერატურა 100-120°C. დაწნეხვის მინიმალური წნევა 20,0-25,0მპა. ხოლო ბრიკეტების დაკოქსვის ოპტიმალური პარამეტრებია: ბრიკეტის გახურების სიჩქარე 2,5-4,5°C/წთ., დაკოქსვის საბოლოო ტემპერატურა 700მ-800°C. დაყოვნების ხანგრძლივობა აღნიშნულ ტემპერატურაზე 60-90წთ.

დასკვნა: მიღებული კოქსბრიკეტები თავისი ფიზიკურ-ქიმიური და მექანიკური თვისებებით სრულად შეესაბამება ელექტრო ფეროშენადნობთა წარმოებაში წაყენებულ მოთხოვნებს, რაც საშუალებას გვაძლევს, რომ გამოვიყენოთ კოქსწერილას ალტერნატივად.

საკვანძო სიტყვები: ტყიბულის ნახშირი; შემკვრელი; კოქსი; მექანიკური წნევა; ნედლი ბრიკეტი; კოქსბრიკეტი; აღმდგენელი.

1. შესავალი

დღევანდელ პირობებში კოქსი ძირითადად ბრძმედის ღუმელისთვის გამოიყენება, ამიტომ თანამედროვე საკოქსე ღუმელებში კოქსი ძირითადად თუჯის წარმოებისთვისაა გათვლილი. ყველა სხვა არაბრძმედულ წარმოებებში (საამსხმელო, აგლომერაცია, ელექტრო ფეროშენადნობები, კარბიდის, ფოსფორის და სხვა), გამოიყენება ჩვეულებრივი ბრძმედის კოქსი ან კოქსის დახარისხებისას მიღებული წვრილი ფრაქცია.

არსებულ საკოქსე ღუმელებში მიღებული კოქსი ბევრი თავისი ხარისხობრივი მაჩვენებლებით (სიმსხო, რეაქციის უნარი, სიმტკიცე, ელექტროგამტარობა, ფორიანობა და სხვ.) ვერ პასუხობს არაბრძმედულ წარმოების პროცესებს, ამიტომ ამ აგრეგატების მუშაობა ტექნიკურ-

ეკონომიკური თვალსაზრისით დაბალი მაჩვენებლით გამოირჩევა.

არაბრძმედული მოხმარებისთვის მთლიანი წარმოებული კოქსის 20% გამოიყენება, რაც სოლიდურ რაოდენობას წარმოადგენს. გარდა ამისა, თანამედროვე კლასიკური მეთოდით დაკოქსვისათვის გამოიყენება დეფიციტური კოქსვადი ნახშირები, რომელთა მარაგი მნიშვნელოვნად ნამორჩება არაკოქსვადი ნახშირების მარაგს. ამიტომ კოქსიშიურ და მეტალურგიულ წარმოებაში არადეფიციტური ნახშირების გამოყენების საკითხი აქტუალური გახდა.

როგორც ცნობილია, ელექტროფეროშენადნობთა წარმოებაში გამოყენებული ტრადიციული აღმდგენელი კოქსწერილა (10-25მმ) წარმოადგენს საბრძმედე კოქსის განაცერს. ამიტომ მისი რეაქციის უნარიანობა და ელექტროწინააღმდეგობის წარმოებისათვის, მის მოთხოვნებს არ შეესაბამება. გარდა ამისა, კოქსწერილა წარმოადგენს მწვავედ დეფიციტურ მასალას.

კოქსწერილას დეფიციტი, მისი დაბალი ხარისხი და ფეროშენადნობთა წარმოების გადასვლა მძლავრ, დახურულ ელექტრო ღუმელებზე სულ უფრო აქტუალურს ხდის სპეციალური აღმდგენელის წარმოების აუცილებლობას, არადეფიციტური აირადი (F), სუსტადშეცხობადი (CC) და სხვა ნახშირებიდან.

აღნიშნული პრობლემების გადასაწყვეტად მეცნიერთა ძალისხმევა მიმართულია დაკოქსვის ახალი ტექნოლოგიური პროცესების შესწავლისაკენ, რომელიც საშუალებას იძლევა გამოყენებული იქნას არადეფიციტური მყარი სათბობები [1-7].

მეტალურგიული კოქსის მიღების მრავალჯერადი ცდები აირადი და სუსტადშეცხობადი ნახშირებიდან ჩვეულებრივი შრეობრივი ტექნოლოგიით არ იძლევა დადებით შედეგს, ამ არადეფიციტური ნახშირების წილი აღნიშნულ პროცესში 30-35%-ს შეადგენს.

აირადი ნახშირების არსებობა კაზში, იწვევს კოქსის რეაქციის უნარიანობის გაზრდას, რაც ბრძმედისთვის და საამსხმელო წარმოებისთვის არასასურველია, სამაგიეროდ აუცილებელ პირობას წარმოადგენს ელექტროფეროშენადნობთა წარმოებისთვის. ამიტომ, მაღალხარისხოვანი კოქს-აღმდგენლის მიღება აირადი და სუსტადშეცხობადი ნახშირების გამოყენებით, მეტად მნიშვნელოვანია.

2. ძირითადი ნაწილი

სპეციალური სახის აღმდგენელის მისაღებად საწყის მასალას წარმოადგენს ტყიბულის 0-3მმ ფრაქციის ნახშირის კონცენტრატი, რომლის ტექნიკური საშუალო ანალიზი: სინესტე $W^r - 5,6$, ნაცრიანობა $A_i^d - 13,5\%$, აქროლადების გამოსავლების რაოდენობა - $V^{daf} - 37,5\%$, ხოლო გოგირდი - $S_i^d - 1,5\%$, $Y = 8$ მმ. ტყიბულის ნახშირის საწყის მასალად გამოყენება განპირობებულია იმით, რომ ნაცარში არსებული ოქსიდები ძირითადად ($SiO_2 \sim 50\%$, $Al_2O_3 \sim 30\%$), რაც ფაქტობრივად წარმოადგენს კომბინირებულ მასალას სილიციუმშემცველი და ალუმინშემცველი ელექტროშენადნობებისათვის [1-5].

ლაბორატორიულ კვლევებში გამოყენებული იქნა სულფიტსპირტოვანი ბარდის 1240 კგ/მ³ სიმკვრივის წყალხსნარი, ხსნადი მინა და ბადაგი [8-12].

დაბრიკეტებას ვახდენთ შემდგენიარად: წვრილ-მარცვლოვანი ტყიბულის ნახშირს ან კონცენტრატს ვუმატებთ 5-10% ხსნად მინას, ბადაგს ან მათ ნარევეს 1/1 თანაფარდობით და სსბ-ს.

დაბრიკეტების ტექნოლოგიის ეფექტიანობის ერთ-ერთ ძირითად ფაქტორს წარმოადგენს შემკვრელი ნივთიერების სახეობა და რაოდენობა. დაბრიკეტების პროცესში შემკვრელ მასალად გამოყენებულ იქნა მაღალი სიბლანტისა და ზედაპირული დაჭიმულობის მქონე სხვადასხვა სახის და მათი ნარევით მიღებული შემკვრელები, რომლებიც მნიშვნელოვნად ზრდის შეწებადობის და აღსორბციის უნარს და ბრიკეტებს ანიჭებს მაღალ მეტალურგიულ თვისებებს. დაბრიკეტების შესახებ ჩატარებულმა კვლევებმა სხვადასხვა შემკვრელის (თხევადი მინის, ბენტონიტის თიხის, სულფიტსპირტოვანი ბარდის, ქვანახშირის ფისის, სხვადასხვა მარკის ბიტუმების) გამოყენებით აჩვენა, რომ ბრიკეტების სიმტკიცის მხრივ საუკეთესო შედეგები მიიღება 1240-1260 კგ/მ³ სიმკვრივის სულფიტსპირტოვანი

ბარდის (სსბ) წყალხსნარის, ხსნადი მინის და ბადაგის გამოყენების შემთხვევაში.

1240 კგ/მ³ სიმკვრივის სსბ-ის კონცენტრატის ტექნიკური ანალიზი არის შემდეგი, %: მშრალი ნარჩენი - 50; ნაცარი - 5,7; S - 18,2.

დაბრიკეტების ოპტიმალური პარამეტრების დადგენის მიზნით, ლაბორატორიულ პირობებში ხდებოდა ბრიკეტის მექანიკურ მახასიათებლებზე კაზმის სინესტის, შემკვრელის რაოდენობის და დაწნეხის კუთრი წნევის გავლენის შესწავლა და სსბ.

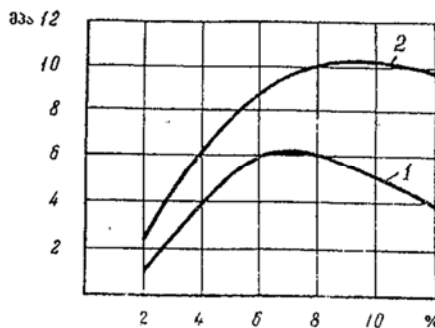
დაბრიკეტების წინ ხდებოდა კაზმის წინასწარი არევა და 50-60°C-მდე გახურება შემრევეში. ამის შემდეგ, გახურებულ კაზმს ემატებოდა შემკვრელის განსაზღვრული რაოდენობა და კარგი არევის შემდეგ ხდებოდა დაბრიკეტება 25 მპა ძალით ПСУ-10 ჰიდრაულიკურ წნეხზე, რის შედეგადაც მიიღებოდა 40მმ და 20მმ სიმაღლის დიამეტრის ცილინდრული ფორმის ბრიკეტები.

ნედლი (ახლადმიღებული) და მშრალი ($t_{შრობის} = 100-120^\circ C$) ბრიკეტების მექანიკური მახასიათებლის განსაზღვრა ხდებოდა კუმშვის (გაჭყლელის) და ჩამოყრის მეთოდით. დარტყმის ერთდროულ მოქმედებაზე გამოცდით და მბრუნავ დოლში ცვეთის გზით.

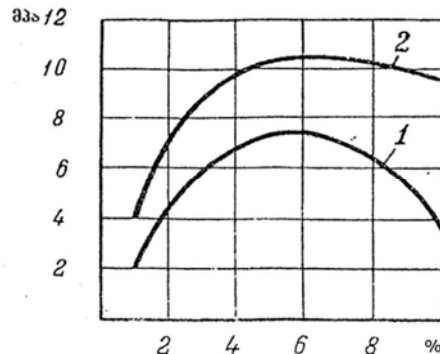
თითოეული სერიიდან ხდებოდა 20-20 ბრიკეტის გამოცდა კუმშვაზე, რის შედეგადაც მიიღებოდა სიმტკიცის საშუალო მაჩვენებელი. წინააღობა დარტყმაზე განისაზღვრებოდა 2მ სიმაღლიდან ბრიკეტების ოთხჯერადი ჩამოყრით თუჯის ფლაზე და შემდეგ ფრაქციებად დაყოფით. ყოველ ცდაზე ხდებოდა 100-120 ბრიკეტის გამოცდა.

ბრიკეტების სიმტკიცის მახასიათებლებზე გამოცდის შედეგები წარმოდგენილია 1-4 ნახაზებზე.

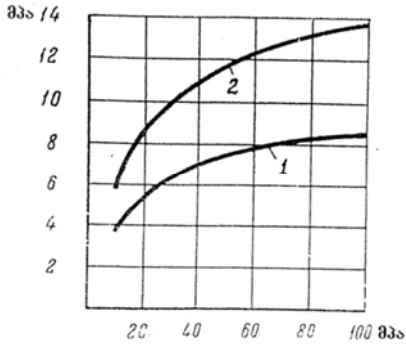
ჩატარებული კვლევების შედეგად დადგენილია, რომ ბრიკეტების სიმტკიცის მაჩვენებლები თითქმის იდენტურია და არ არის დამოკიდებული საწყისი კომპონენტების ქიმიურ შემადგენლობაზე.



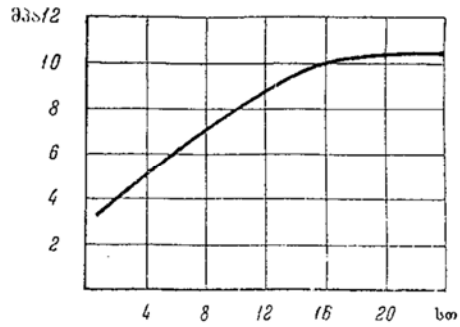
ნახ. 1. ბრიკეტების სიმტკიცის დამოკიდებულება შემკვრელის რაოდენობაზე;
1 - ნედლი (ახლადმიღებული) ბრიკეტები;
2 - მშრალი ($t_{შრობის} = 100^\circ C$) ბრიკეტები



ნახ. 2. ბრიკეტების სიმტკიცის დამოკიდებულება დასაბრიკეტებელი კაზმის სინესტზე;
1 - ნედლი (ახლადმიღებული) ბრიკეტები;
2 - მშრალი ($t_{შრობის} = 100^\circ C$) ბრიკეტები



ნახ. 3. ბრიკეტების სიმტკიცის დამოკიდებულება დაწნევის ხვედრით წნევაზე;
1 - ნეფლი (ახლადმიღებული) ბრიკეტები;
2 - მშრალი ($t_{\text{შრობის}} = 100^{\circ}\text{C}$) ბრიკეტები



ნახ. 4. ბრიკეტების სიმტკიცის დამოკიდებულება შრობის ხანგრძლივობაზე

შემკვრელის რაოდენობის გავლენა ბრიკეტების მექანიკურ სიმტკიცეზე განისაზღვრება ბრიკეტის მოცულობაში ნაწილაკების დასველების პირობებით. შემკვრელის სიმცირის დროს კაზმის ნაწილაკები არასაკმარისად სველდება. ხოლო სიჭარბის შემთხვევაში, იქმნება მექანიკურად სუსტი შემკვრელის სქელი ფენა, რის შედეგადაც ნეფლი და მშრალი ბრიკეტები უძლებენ ნაკლებ დატვირთვას და გამოირჩევიან დაბალი სიმტკიცით. გარკვეულ ზღვრებში საკაზმე მასალებში სინესტის არსებობა ხელს უწყობს საკაზმე კომპონენტების შეწებების გაუმჯობესებას შემკვრელით და კარგი არევის შედეგად დაწნევის პროცესში ნაწილაკებს შორის მიიღწევა უფრო მჭიდრო კონტაქტი. საბოლოო ჯამში ბრიკეტების სიმტკიცის მახასიათებლები იზრდება შემკვრელის ნაკლები ხარჯის შემთხვევაში.

კვლევების შედეგად დადგენილია, რომ დაბრიკეტების ტექნოლოგიაში ძირითად და რთულად რეგულირებად ფაქტორს წარმოადგენს დაწნევის წინ ნარევის სინესტე. წყალი ასრულებს დამხმარე როლს და მხოლოდ აადვილებს ნაწილაკების დაახლოებას. სინესტის უკმარისობის დროს ძნელდება ნაწილაკების დაახლოება, რაც უარყოფითად აისახება ბრიკეტების სიმტკიცეზე. სინესტის სიჭარბის დროს იზრდება მანძილი ნაწილაკებს შორის და შესაბამისად ბრიკეტების სიმტკიცეც მცირდება. სინესტის ოპტიმალური შემცველობა უზრუნველყოფს ნაწილაკების სიახლოვეს და შეჭიდულობის ძალების გაზრდას.

დასაბრიკეტებელი ნარევის ოპტიმალური სინესტის განსაზღვრის მიზნით დაწნევის წინ ნარევის სინესტე იცვლებოდა 2-10%-ის ინტერვალში, ვინაიდან 2%-ზე ნაკლები სინესტის დროს მიიღებოდა ფხვიერი, ნაკლებად მტკიცე, ნახევარ ფორმის ბრიკეტები, ხოლო 10%-ზე მეტი სინესტის დროს, ნარევი ეკვროდა პრესფორმებს და შემდგომ დაწნეხა ხდებოდა შეუძლებელი.

ბელი. დადგენილია, (ნახ.2), რომ კაზმის ოპტიმალური სინესტე ბრიკეტების მისაღებად უნდა შეადგენდეს 6-8%-ს. 8%-ზე მეტი სინესტის შემთხვევაში დაბრიკეტების პროცესი უარესდება, ვინაიდან შეინიშნება კაზმის მიკვრა პრესფორმაზე რაც ბრიკეტების ხარისხის შემცირებას იწვევს.

დაწნევის ხვედრითი წნევის გაზრდა (ნახ. 3) იწვევს მშრალი ბიკეტების სიმტკიცის გაზრდას კუმშვასა და დარტყმაზე. ბრიკეტების სიმტკიცის მახასიათებლები მკვეთრად იზრდება დაწნევის ხვედრითი წნევის გაზრდით 20-25 მპა-მდე, ხოლო ყველაზე მცირეა 30-90-მპა-ს ინტერვალში.

ბრიკეტების გამოცდამ დარტყმაზე და ცვეთაზე აჩვენა, რომ 10მმ-ზე წვრილი ფრაქციის გამოსავლიანობა შეადგენს 5-8%-ს.

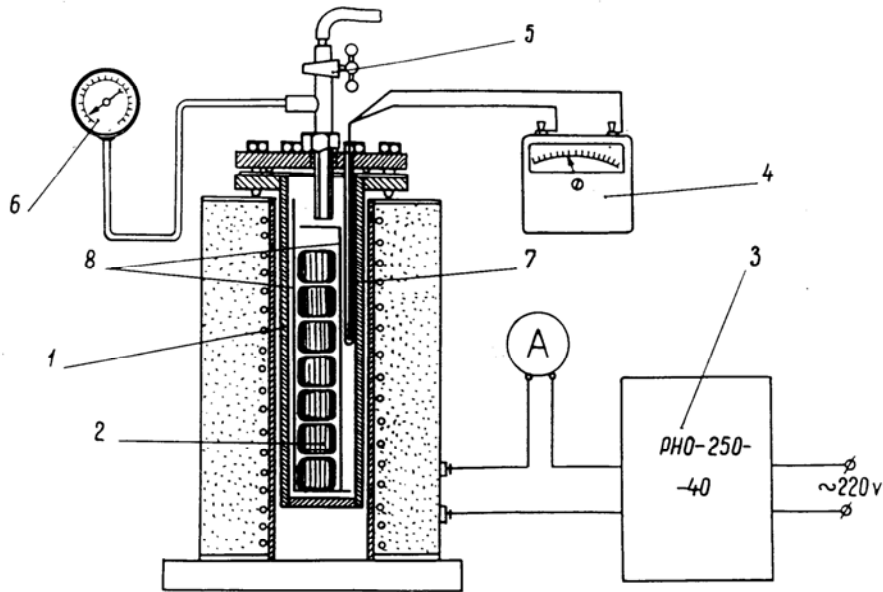
ბრიკეტების სიმტკიცეზე მათი ჰაერზე შრობის ხანგრძლივობის დამოკიდებულების კვლევებმა აჩვენა, რომ სიმტკიცე კუმშვაზე 10-20 საათის განმავლობაში ბრიკეტების ბუნებრივი შრობის შემდეგ მკვეთრად იზრდება, მაგრამ მათი სიმტკიცე 20%-ით ნაკლებია 100-120°C-ზე 2 საათის განმავლობაში გამომშრალ ბრიკეტების სიმტკიცეზე (ნახ. 4).

ბრიკეტების შრობის პროცესში, პოლიმერების წარმოქმნასთან ერთად, ხდება დაბალმოლეკულურ ჯგუფთა სინთეზი. პოლიმერიზაციის პროცესების მიმდინარეობის უფრო ხელსაყრელი პირობები იქმნება ნოტიო ბრიკეტების 100-120°C ტემპერატურამდე გახურების დროს, რაც მნიშვნელოვნად ზრდის შემკვრელი ნივთიერების სიმტკიცეს და მასხასადამე, კაზმის კომპონენტების ცალკეული მარცვლების შეკვრის სიმტკიცეს ბრიკეტის მთელ მოცულობაში.

ამრიგად, ტყიბულის ნახშირის დაბრიკეტებისთვის ჩატარებული კვლევების შედეგად დავადგინეთ, რომ მექანიკურად მტკიცე (10-12მპა სიმტკიცე კუმშვაზე) ბრიკეტების მიღების ოპტიმალურ პარამეტრებს წარმოადგენს: დასაბრიკეტებელი ნახშირის სინესტე 6-8%, შემკვრელის

სულფიტსპირტოვანი ბარდის რაოდენობა 6-8%, შრობის ტემპერატურა 100-120°C. ნახშირის ოპტიმალური ფრაქცია 0-3მმ. დაწნევის მინიმალური წნევა 25,0მპა.

სპეციალური სახის აღმდგენლის მისაღებად ექსპერიმენტებს ვატარებდით ლაბორატორიულ პირობებში სპეციალურ ავტოკლავურ გამახურებელში, რომელიც მოცემულია მე-5 ნახაზზე.



ნახ. 5. ბრიკეტების დასაკოქსი დანადგარის სქემა

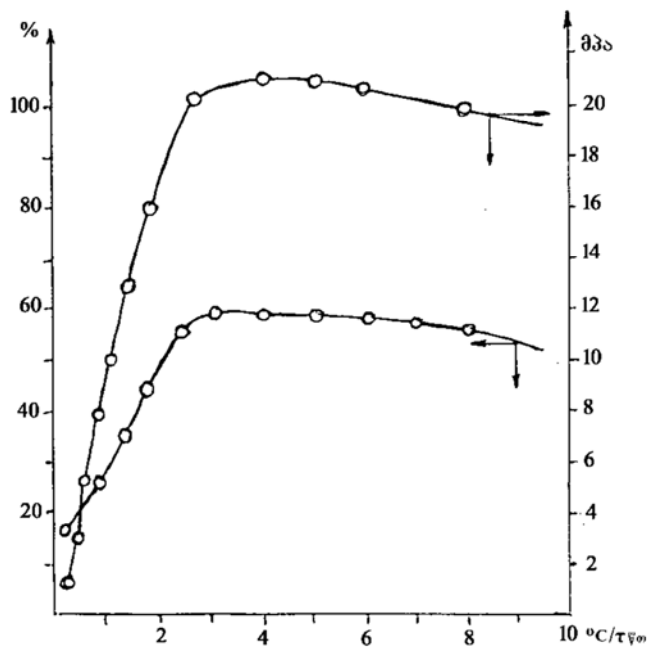
ტყიბულის ნახშირის თერმოგრაფიული და მისი მინერალოგიური მდგენელების თერმოდინამიკური გამოკვლევების შემდეგ მივიღეთ იმ დასკვნამდე, რომ ნახშირის გახურების საბოლოო ტემპერატურა შეადგენს 700-800°C, რომელიც შეესაბამება დაბალტემპერატურული კოქსის მიღების ტემპერატურას.

ნახშირის ბრიკეტების დასაკოქსი დანადგარი შედგება: ავტოკლავისაგან (1), რომელიც ჩაშვებულია ჭაშურ მახურებელ ღუმელში, ხოლო ავტოკლავში ჩატვირთული დასაკოქსი ნახშირის ბრიკეტები (2) მოთავსებულია სპეციალურ ცილინდრულ ჭურჭელში ადვილი მომსახურების მიზნით (8). ავტოკლავში ტემპერატურა იზომება ქრომელ-ალუმელის (XA) თერმოწყვილის მეშვეობით (7) მილივოლტმეტრის გამოყენებით (4). გამახურებელი ღუმელი მიერთებულია ავტოტრანსფორმატორზე PHO-250-40 (3), რომელიც საშუალებას გვაძლევს ვარეგულიროთ ნახშირის ბრიკეტების გახურების სიჩქარე ავტოკლავში. ავტოკლავში, აგრეთვე შევვიდით ვარეგულიროთ მასში არსებული წნევის სიდიდე, რომელიც წარმოიქმნება გამოყოფილი აირების მეშვეობით, წნევა ავტოკლავში იზომება მანომეტრით (6), ხოლო მისი რეგულირება ხდება ვენტილით (5).

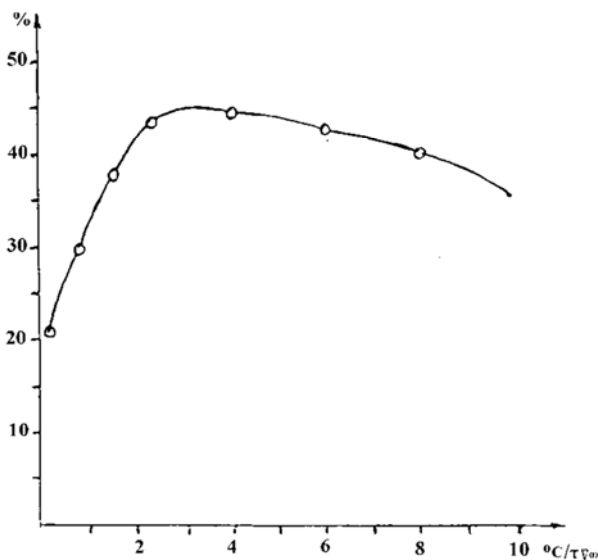
ტყიბულის ნახშირის ბრიკეტების დასაკოქსის პროცესის კვლევისას შევისწავლეთ კოქსბრიკეტების სიმტკიცის დამოკიდებულება ნახშირის ბრიკეტების გახურების ტემპერატურის სიჩქარეზე, კოქსის ფორიანობის დამოკიდებულება მისი გახურების სიჩქარეზე, აქროლადების გამოსავლის დამოკიდებულება წნევის სიდიდეზე, ელექტროწინაღობის დამოკიდებულება აქროლადების შემცველობაზე. შემდეგ მოვახდინეთ მიღებული კოქსბრიკეტების ტექნიკური ანალიზი და მისი ტექნოლოგიური პარამეტრების გამოკვლევა.

კოქსბრიკეტების სიმტკიცის დამოკიდებულების შესასწავლად გახურების სიჩქარეზე, ავტოკლავში ნახშირის ტემპერატურას ვარეგულირებდით ტრანსფორმატორის საშუალებით. კვლევების შედეგად დავადგინეთ, რომ ნახშირის ბრიკეტების გახურების ოპტიმალურ სიჩქარეს წარმოადგენს 2,5-4,5°C/წთ, რომლის დროსაც მივიღეთ შედეგებით მტკიცე (სტრუქტურული სიმტკიცე 58%, (კუმშვაზე გაჭყლეთაზე) 12,5მპა. კვლევის შედეგები ნაჩვენებია მე-6 ნახაზზე.

კოქსბრიკეტების ფორიანობის გახურების სიჩქარეზე დამოკიდებულების შესწავლისას მის დავადგინეთ, რომ ამ შემთხვევაშიც გახურების ოპტიმალურ სიჩქარეს წარმოადგენს თითქმის იგივე პარამეტრები 2-4°C/წთ, რომელიც ნაჩვენებია მე-7 ნახაზზე.



ნახ. 6. კოქსბრიკეტების სიმტკიცის დამოკიდებულება გახურების სიჩქარეზე



ნახ. 7. კოქსბრიკეტების ფორიანობის დამოკიდებულება გახურების სიჩქარეზე

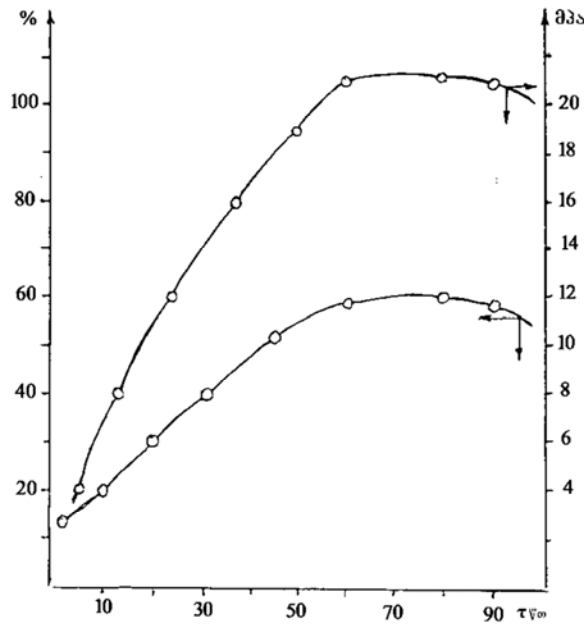
ჩავატარეთ კვლევები კოქსბრიკეტებში აქროლადების შემცველობის რაოდენობაზე მისი დაკოქსვის პირობების ცვლილებისას, კერძოდ, ვცვლით ავტოკლაფში არსებული გამოყოფილი აქროლადების წნევას, კვლევის შედეგებმა გვიჩვენა, რომ წნევის არცთუ ისე მნიშვნელოვანი მომატებით აქროლადების შემცველობა კოქსში მნიშვნელოვნად იზრდება (8,5-12,2%).

როგორც ცნობილია, უდიდესი მნიშვნელობა ენიჭება ელექტროფეროშენადნობების წარმოების პროცესში აღმდგენლის ელექტროწინალობას. ამ მიზნით ჩავატარეთ კვლევები კოქსბრიკეტების ელექტროწინალობის, მასში აქროლადების შემცველობაზე დამოკიდებულებით. კვლევებმა გვიჩვენა, რომ ელექტროწინალობა იზრდება მასში აქროლადების შემცველობით, რომელიც წარმო-

აღგენს მათ პირდაპირპროპორციულ დამოკიდებულებას ($V^{daf} - 37,5\% - 1,9 \cdot 10^5 \text{ მ.სმ}$), ხოლო ($8\%V^{daf} - 42 \text{ მ.სმ}$) [13-16].

ჩავატარეთ კვლევები კოქსბრიკეტების სიმტკიცის დამოკიდებულების განსახილვერავად მისი მიღების საშუალო ტემპერატურაზე. კერძოდ, კოქსბრიკეტების სიმტკიცის დამოკიდებულება

ბრიკეტების დაკოქსვის საბოლოო ტემპერატურის დაყოვნების ხანგრძლივობაზე. კვლევებმა გვიჩვენა, რომ ოპტიმალური დაყოვნების დრო საბოლოო ტემპერატურაზე კოქსბრიკეტებისთვის შეადგენს 60-დან 90 წუთს, ფაქტობრივად ამ ხნის განმავლობაში ხდება აქროლადების გამოყოფა. კოქსის სიმტკიცის დამოკიდებულება დაყოვნების ხანგრძლივობაზე ნაჩვენებია მე-8 ნახაზზე.



ნახ. 8. კოქსბრიკეტების სიმტკიცის დამოკიდებულება დაკოქსვის საბოლოო ტემპერატურის დაყოვნების ხანგრძლივობაზე

კოქსბრიკეტების მიღების პროცესში ჩატარებული კვლევების საბოლოო შედეგები ნაჩვენებია პირველ ცხრილში.

ცხრილი 1

კოქსბრიკეტების ხარისხობრივი მაჩვენებლები

ნიმუშების დასახელება	ტექნიკური ანალიზი, %				სიმტკიცე				რეაქციის უნარიანობა CO_2 მლ/გრ.წმ
	W^r	A_t^d	V^{daf}	S_t^d	გაჭყლელტაზე (კუმშვაზე) მპა	ხეხვაზე, %	ჩამოგდებაზე, (%)	ხვ. ელწინა-ლობა ომი,სმ	
ტყიბულის ნახშირის კოქსბრიკეტი	2,5	19,5	3,6	0,75	18,8	9,3	99,5	40,0	2,5
მეტალურგიული კოქსი	2,3	10,8	1,5	1,2	21,5	7,2	99,8	1,5	1,2

ამრიგად, კოქსის მიღების კვლევებმა გვიჩვენა, რომ ხარისხიანი პროდუქციის მისაღებად საჭიროა დავიცვათ შემდეგი ტექნოლოგიური პარამეტრები: გახურების სიჩქარე 2,5-4,5°C/წთ, და-

კოქსის საბოლოო ტემპერატურა 700-800°C და დაყოვნების ხანგრძლივობა 700-800°C ტემპერატურაზე 60-90წთ.

3. დასკვნა

ნატარებელი კვლევებს შედეგად დავადგინეთ, რომ მექანიკურად მტკიცე ნახშირის ბრიკეტების მისაღებად ოპტიმალურ პარამეტრებს წარმოადგენს: დასაბრიკეტებელი ნახშირის სინესტე 6-8%, შემკვრელის რაოდენობა 6-8%, გაშრობის ტემპურატურა 100-120°C, დაწნეხვის მინიმალური წნევა 20,0-25,0მპა.

ხოლო ბრიკეტების დაკოქსვის ოპტიმალურ პარამეტრებს წარმოადგენს: ბრიკეტების ოპტიმალური გახურების სიჩქარე 2,5-4,5°C/წთ, დაკოქსვის საბოლოო ტემპურატურა 700-800°C და დაყოვნების ხანგრძლივობა აღნიშნულ ტემპურატურაზე 60-90წთ.

აღნიშნული კვლევების ანალიზის შედეგად შეგვიძლია დავასკვნათ, რომ ტყიბულის ნახშირისგან მიღებული კოქსბრიკეტი (სპეციალური აღმდგენელი) თავისი ფიზიკურ-ქიმიური თვისებებით მცირედ განსხვავდება მეტალურგიული კოქსის თვისებებისაგან, სამაგიეროდ მნიშვნელოვანია მისი განსხვავება კუთრ ელექტროწინააღმდეგობა და რეაქციის უნარზე, რაც გვაძლევს იმის თქმის საშუალებას, რომ ტყიბულის ნახშირიდან მიღებული სპეციალური აღმდგენელი გამოყენებულ იქნას ელექტროფეროშენადნობთა წარმოებაში, როგორც კოქსწვრილას ალტერნატივა.

ლიტერატურა

- ბ. მაისურაძე, ზ. სიმონგულაშვილი და სხვ. წვრილმარცვლოვანი ნახშირების დაბრიკეტების ხერხი. საქ. პატენტი P4522, 2009.
- ბ. მაისურაძე, ზ. სიმონგულაშვილი და სხვ. დაყალიბებული კოქსის მიღების ხერხი. საქ. პატენტი, სასარგებლო მოდელი U1584Y, 2009.
- Мизин В.Г., Серов Г.В. Углеродистые восстановители для ферросплавов. М: Металлургия. 1976, 230с.
- Онусайтис Б.А. Образование и структура коменноугольного кокса. АН СССР М. МГИ 1960, 479с.
- Макаров Г.Н., Филоненко Ю.Я. Специальные виды кокса М: Металлургия, 1977, 168с.
- Торяник Э.И., Шептовицкий М.С. Исследование углей Ткибули-Шаорского месторождения с целью возможного получения из них формованного кокса. Кокс и химия. 1982, №10, с. 2-5.
- მაისურაძე ბ., სიმონგულაშვილი ზ., მაისურაძე ი. სპეციალური სახის აღმდგენის მიღება არაკოქსვადი ნახშირებიდან. სტუდ. შრომები, 2006, №4 (462), გვ. 89-93.
- Елишевич А.Т. Брикетирование угля со связующим. М: Недра, 1972, с. 216.
- Еремин А.Я., Бабанин В.И. Изменение физико-механических свойств смесей мелкозернистых и тонкодисперсных материалов со связующим на стадиях подготовки и прессования в процессе брикетирования. Кокс и химия. 2003, №4, с. 17-26.
- Еремин А.Я., Бабанин В.И., Козлова С.Я. Формировании требований к показателям механической прочности брикетов со связующими. Металлург, 2003, №2, с. 32-38.
- Бабанин В.И., Еремин А.Я., Бездежский Г.Н. Разработка и внедрение новой технологии брикетирования мелкофракционных материалов с жидким стеклом. Металлург №1, 2007, с. 68-71.
- Бабанин В.И., Еремин А.Я., Бездежский Г.Н. Разработка и внедрение новой технологии брикетирования мелкофракционных материалов с жидким стеклом. Металлург, №2, 2007, с. 71-74.
- Микуинский А.С., Шкирментов А.П., Топильский П.В. и др. Влияние распада электродов на электрическое сопротивление ванны печи для выплавки ферросилиция. Сталь, 1979, №10, с. 762.
- Мизин В.Г., Укамаков Н.М. Электросопротивление насыпного слоя углеродистых восстановителей. М: Кокс и Химия, 1980, №7, с. 24-25.
- Жучков В.И., Микулинский А.С. Роль электросопротивления шихты в общем сопротивлении ванны руднотермической печи. М: Электротермия, 1986, вып. 5.
- Николайшвили Г.У., Кекелидзе М.А. Установка для одновременного определения электрического сопротивления и размягчения рудных и нерудных материалов. Техническая конференция. Тбилиси, Металлургия, 1976, №4, с. 3.

UDC 662.74

RECEIVING SPECIAL TYPE REDUCING SUBSTANCES FROM TKIBULI COAL

B. Maisuradze, Z. Simongulashvili, I. Maisuradze, T. Maisuradze

Resume: Objective: The goal of the work is receiving special coke reducing substances via briquetting from Tkibuli easily caking and gaseous coal.

Method: Briquetting was done on ПСУ-10 type hydraulic press with pressure of 25,0mpa and received briquets were coked at 700-800°C temperate.

Results: It was found out that to receive mechanically strong briquets optimal parameters are: dampness of coal to be briquetted 6-8%, drying temperature 100-120°C. Minimal pressure of press 20,0-25,0 Мпа. And optimal parameters of coking briquet are: briquet heating rate 2,5-4,5°C/min. Final temperature of coking 700C-800°C. Duration of delay at mentioned temperature 60-90min.

Conclusion: received coke-briquets with their physical, chemical and mechanical properties completely correspond to requirements risen in production of electric ferroalloy which allows us to use it as an alternative of coke breeze.

Key words: Tkibuli coal; binding; coke; mechanical pressure; course briquet; coke briquet; reducing substance.

УДК 662.74

ПОЛУЧЕНИЕ СПЕЦИАЛЬНЫХ ВИДОВ ВОСТОНОВИТЕЛЯ ИЗ ТКИБУЛЬСКИХ УГЛЕЙ

Б.Г. Майсурадзе, З.А. Симонгулашвили, И.Б. Майсурадзе, Т.Г. Майсурадзе

Резюме: *Цель:* Из Ткибульских газовых и слабоспекающихся углей получить коксвостановитель специального вида путем брикетирования.

Метод: Брикетирование проводилось на гидравлическом прессе типа ПСУ-10 под давлением 25,0 Мпа. Коксование полученных брикетов проводилось на температуре 700-800°C.

Результаты: Установили, что оптимальными параметрами для получения механически прочных брикетов являются: влажность углей для брикетирования 6-8%, количество связующих веществ 6-8%, температура сушки 100-120°C, минимальное давление пресования 20,0-25,0 Мпа. Оптимальные параметры коксования брикетов: скорость нагрева брикетов 2,5-4,5°C/мин, конечная температура коксования 700-800°C. Выдержка на этой температуре 60-90 мин.

Заключение: Полученные коксобрикеты своими физико-химическими и механическими свойствами полностью соответствуют требованиям электроферросплавной промышленности, что дает возможность использовать коксвостановитель альтернативой коксика.

Ключевые слова: Ткибульский уголь; связующий; кокс; механическое давление; сырой брикет; коксобрикет; восстановитель.

შპს 666.3.

ლითონური ვერცხლით მოდიფიცირებული ცეოლიტიანი ფოროვანი კერამიკული ფილტრის დამზადება და მისი ანტიბაქტერიული თვისებები

ჯ. შენგელია*, გ. წურწუშია, ი. სულაძე*, თ. ტყემელაშვილი*, ვ. თვლიაშვილი***

*ქიმიური და ბიოლოგიური ტექნოლოგიების დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0175, თბილისი, კოსტავას 69.

**ი. ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის რ. აგლაძის სახელობის არაორგანული ქიმიისა და ელექტროქიმიის ინსტიტუტი, საქართველო, 0186, თბილისი, მინდელის 11.

E-mail: noeshengelia@gmail.com

რეზიუმე: მიზანი: კვლევის მიზანია ბაქტერიებისაგან სასმელი წყლის გაწმენდისათვის არაპირდაპირი ელექტროქიმიური აღდგენის მეთოდის გამოყენებით ლითონური ვერცხლით მოდიფიცირებული მფილტრავი მასალის მიღების ტექნოლოგიის დამუშავება და გამოცდა.

მეთოდი: მფილტრავ მასალად გამოყენებულია ახალი ტიპის მატრიცა - ცეოლიტიანი ფოროვანი კერამიკა, ხოლო მოდიფიცირების პროცესში მატრიცაში ჩამჯდარი ვერცხლის იონების არაპირდაპირი ელექტროქიმიური აღდგენისათვის მედიატორად შერჩეულია ქინონ-ჰიდროქინონის რედოქს-სისტემა.

შედეგები: ფაკულტატიური ანაერობული (მათ შორის E.coli) და მეზოფილური აერობული ბაქტერიებით მაქსიმალურად დაბინძურებული სასმელი წყალი ვერცხლით მოდიფიცირებულ ცეოლიტიან ფოროვან კერამიკულ ფილტრში გატარების შემდეგ ეფექტურად იწმინდება ბაქტერიებისაგან - გაფილტრულ წყალში კოლინდექსი ნაკლებია 3-ზე, ხოლო საერთო მიკრობული რიცხვი ნაკლებია 10 კოლონიაწარმოქმნელ ერთეულზე.

დასკვნა: ვერცხლით მოდიფიცირებული ცეოლიტიანი ფოროვანი კერამიკული ფილტრი ამჟღავნებს მაღალ ანტიბაქტერიულ თვისებებს და შეიძლება გამოყენებული იქნეს მანერე ბაქტერიებისაგან სასმელი წყლის გასაწმენდად.

საკვანძო სიტყვები: ბუნებრივი ცეოლიტი; თიხა; ჰიდროქინონი; იონური მიმოცვლა; კოლინდექსი; კოლონიაწარმოქმნელი ერთეული.

1. შესავალი

ჯანმრთელობის დაცვის მსოფლიო ორგანიზაციის 2013 წლის მონაცემებით, მსოფლიოში 700 მლნ ადამიანზე მეტი ღებულობს პათოგენური ორგანიზმებით დაბინძურებულ სასმელ წყალს [1]. ამ გლობალური პრობლემის გადაჭრის ეფექტური გზა დასახა კერამიკოსთა საერთაშორისო არაკომერციულმა გაერთიანებამ Potters for Peace, რომელმაც შეიმუშავა იაფი ტექნოლოგია და განვითარებადი ქვეყნებისთვის დაიწყო ლითონური ვერცხლის შემცველი კერამიკული ფილტრების

მიკული ფილტრების, ე.წ PFP-ფილტრების წარმოება. ფილტრებით გაწმენდილი სასმელი წყალი აკმაყოფილებს მსოფლიო ჯანდაცვის ორგანიზაციის დაბალი რისკის სტანდარტს.

PFP-ფილტრები მზადდება თიხების, ნახერხისა და წვადი მასალისაგან (ხის ნახერხი, ყავის ან ბრინჯის ჩენჩო). გამოწვას ატარებენ 887-900°C-ზე. წვადი ნივთიერებების ამოწვის შემდეგ ფილტრში წარმოიქმნება არხები, რომლებიც უზრუნველყოფს წყლის გაჟონვას ანუ ფილტრაციას. კერამიკულ ფილტრში შეყავთ კოლოიდური ლითონური ვერცხლი (ნანოვერცხლი) ორი განსხვავებული მეთოდით: დისკს ფუნჯით უსვამენ კოლოიდური ვერცხლის ხსნარს, რომელიც შეიცავს 200მგ/ლ ნანოვერცხლს ან დისკს უშვებენ კოლოიდური ვერცხლის ხსნარში, რომელიც შეიცავს 800მგ/ლ ნანოვერცხლს და აჩერებენ 25-30 წმ-ის განმავლობაში [2].

PFP-ფილტრების ძირითად ნაკლს წარმოადგენს გასაწმენდ წყალში ვერცხლის გადასვლის მაღალი ხარისხი, რაც განსაკუთრებით თავს იჩენს ფილტრის ექსპლუატაციის საწყის პერიოდში. ფილტრაციის დაწყებიდან პირველ 30 წუთში წყალში გადადის ფილტრში არსებული ვერცხლის თითქმის 20-22% [2]. ეს იწვევს ვერცხლის არამიზნობრივ ხარჯს და ზრდის ვერცხლით წყლის დაბინძურების საფრთხეს. ამერიკის შეერთებული შტატების გარემოს დაცვის სააგენტოს (USAPA) მონაცემებით ვერცხლის მაქსიმალური დასაშვები კონცენტრაცია სასმელ წყალში შეადგენს 0,1მგ/ლ [3].

2012 წელს გამოქვეყნდა კეიპტაუნის უნივერსიტეტთან არსებული წყლის კვლევის კომისიის ანგარიში, სადაც გაანალიზებული იყო PFP-filtrebis ექსპლუატაციის შედეგები [4]. ანგარიშში პირველად გამოთქმულია ვერცხლით მოდიფიცირებული ცეოლიტის ნანოკომპოზიტის ბაზაზე კერამიკული ფილტრების დამზადების იდეა. ავტორთა მოსაზრებით, თავდაპირველად ქიმიური გზით უნდა დამზადდეს კოლოიდური ლითონური ვერცხლით მოდიფიცირებული ცეოლიტი ანუ ვერცხლი-ცეოლიტის ნანოკომპოზიტი, რომელიც შემდგომში თიხოვან მასალასთან ერთად გამოიწვევა მაღალ ტემპერატურაზე, დაახლოებით 900°C-ზე. ასეთი ფილტრის დამზადების მიზანშეწონილობა ეყრდნობა იმ მოსაზრებას, რომ ცეო-

ლიტი თავისი იონმიმოცვლითი უნარით წარმოადგენს საუკეთესო მასალას კარკასში ელექტროსტატიკური მიზიდვის ძალებით მტკიცედ ჩამჯდარი ვერცხლის იონების მისაღებად. ასეთი იონების აღდგენის შედეგად მიღებული ლითონური ვერცხლის ნაწილაკების ადგენა ცეოლიტისა და, შესაბამისად, ფილტრის სტრუქტურასთან უნდა აღემატებოდეს მექანიკური გზით შეყვანილი ნაწილაკების ანალოგიურ მახასიათებელს, რაც საშუალებას იძლევა აღმოფხვრათ PFP-ფილტრების ძირითადი ნაკლი - წყალში ვერცხლის გადასვლის მაღალი სინქარე.

გამოთქმული იდეის პრაქტიკული რეალიზაციის შესახებ საშუალოში [4] ინფორმაცია არ არის. აქედან გამომდინარე, შეუძლებელია იდეის რეალურ ეფექტურობაზე მსჯელობა. მიგვაჩნია, რომ იდეის ძირითადი მოსალოდნელი დადებითი ეფექტი არის ის, რომ იგი საშუალებას იძლევა ცეოლიტის კარკასში მტკიცედ ჩამჯდარი ლითონური ვერცხლის მიღების შესაძლებლობა შევუთავსოთ კერამიკული მასალის მაღალ მექანიკურ სიმტკიცეს. ამავე დროს, ამ იდეის რეალიზაცია დაკავშირებულია გარკვეულ წინააღმდეგობასთან. საქმე ისაა, რომ ვერცხლი-ცეოლიტის ნანოკომპოზიტის თიხოვან ნარევეთან ერთად 850-900°C-ზე გამოწვას აუცილებლად მოჰყვება ვერცხლის ნანოსტრუქტურის რღვევა და მისი ნაწილაკების შეცხობა, რის გამოც ლითონური ვერცხლის ანტიბაქტერიული და ანტივირუსული მოქმედების უნარი მკვეთრად შემცირდება ან მოლიანად გაქრება [5].

ლიტერატურული მონაცემების კრიტიკული ანალიზის საფუძველზე ჩამოყალიბდა და განხორციელდა ლითონური ვერცხლით მოდიფიცირებული ცეოლიტიანი ფოროვანი კერამიკული ფილტრის დამზადების იდეა, რომელიც გულისხმობს შემდეგი ორი ძირითადი ტექნოლოგიური სტადიის ჩატარებას [6]:

- ცეოლიტის, თიხებისა და წვადი მასალის მაღალტემპერატურული გამოწვა და ცეოლიტიანი ფოროვანი კერამიკული მასალის მიღება;

- ცეოლიტიანი ფოროვანი კერამიკული მასალის მოდიფიცირება ლითონური ვერცხლით, რაც გულისხმობს მასალის დამუშავებას $AgNO_3$ -ის ხსნარით და მატრიცის სტრუქტურაში ჩამჯდარი Ag^+ იონის აღდგენას აღმდგენელის გამოყენებით.

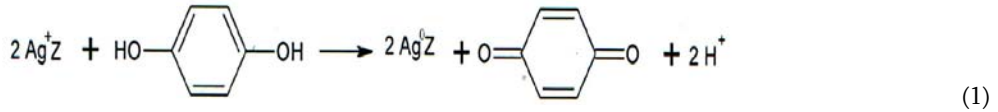
ტექნოლოგიური იდეის სიახლე მდგომარეობს იმაში, რომ მყარ სარჩულად, ანუ მატრიცად ცეოლიტის ნაცვლად გამოყენებულია ახალი ტიპის მასალა - ცეოლიტიანი ფოროვანი კერამიკა. იდეის მოსალოდნელი დადებითი ეფექტი განპირობებულია იმით, რომ ახალი ტიპის მატრიცაში შენარჩუნებულია ცეოლიტის იონმიმოცვლითი უნარი და იგი შერწყმულია კერამიკული მასალისათვის დამახასიათებელ სიმტკიცესთან, რაც საშუალებას იძლევა თავიდან ავიცილოთ ცეოლიტის მაღალი ცვეთადობით განპირობებული

უარყოფითი მოვლენები. ამავე დროს, მოდიფიცირების პროცესის ჩატარება მზა მატრიცაში (ანუ, კაზმის გამოწვის შემდეგ) საშუალებას იძლევა თავიდან ავიცილოთ აქტიური კომპონენტების - ლითონური ვერცხლის მაღალტემპერატურული დამუშავებით განპირობებული არასასურველი პროცესი - ლითონური ვერცხლის ნაწილაკების შეცხობა.

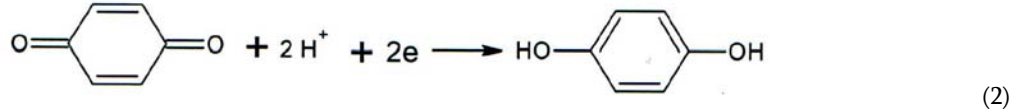
ამ იდეის განხორციელების ხელის შეშლელ ფაქტორს წარმოადგენს ცეოლიტის თვისება, რომლის თანახმადაც თერმული დამუშავების შედეგად მისი იონმიმოცვლითი ტევადობა მკვეთრად მცირდება [7,8]. კერძოდ, 900°C-ზე გამოწვის შედეგად ცეოლიტის სტრუქტურა ამორფული ხდება და იონმიმოცვლითი ტევადობა პრაქტიკულად ნულს უახლოვდება. ამ პრობლემის გადაჭრა შესაძლებელია გამოწვის ოპტიმალური ტემპერატურის შერჩევის გზით. 800-850°C-ზე ცეოლიტი ინარჩუნებს მკვეთრად შემცირებულ, მაგრამ გარკვეულ იონმიმოცვლით ტევადობას, რაც შესაძლებელია სავსებით საკმარისი აღმოჩნდეს ლითონური ვერცხლის შემცველი ფილტრების ეფექტიანი ფუნქციონირებისთვის იმის გათვალისწინებით, რომ PFP ფილტრებში ლითონური ვერცხლის მაქსიმალური შემცველობა დაბალია და 0.03%-ს შეადგენს [1].

ზემოთ გამოთქმული იდეის გარდა, წინამდებარე საშუალოს სიახლეს წარმოადგენს აგრეთვე ლითონური ვერცხლით მოდიფიცირებული ფილტრის დასამზადებლად მატრიცაში ჩამჯდარი Ag^+ იონების არაპირდაპირი ელექტროქიმიური აღდგენის მეთოდის შემუშავება [9].

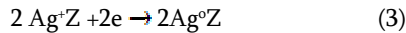
ცეოლიტებისა და თიხის ელექტროგამტარობა იონური ხასიათისაა და განპირობებულია კათიონების მიგრაციით. ვინაიდან ცეოლიტიან კერამიკულ ფილტრს არ აქვს ელექტრონული გამტარებლობა, მატრიცის კარკასში არსებულ პრეკურსორის - Ag^+ იონების უშუალო მონაწილეობა ელექტროდულ პროცესში შეუძლებელია. კათიონების ელექტროქიმიური აღდგენის პროცესი შეიძლება ჩატარდეს მხოლოდ არაპირდაპირი ელექტროქიმიური ზემოქმედებით. ამ მიზნით აუცილებელია შეირჩეს ისეთი ნივთიერებები, რომლებიც შეასრულებს მედიატორის, ანუ ელექტრონების გადამტანის ფუნქციას ელექტროდსა და მატრიცაში არსებულ Ag^+ იონებს შორის. ასეთ მედიატორად შერჩეულია ჰიდროქინონ-ქინონის რედოქს-სისტემა. ცნობილია, რომ ჰიდროქინონი წარმოადგენს Ag^+ -ის ეფექტურ აღმდგენელს [10-14]. მატრიცაში ჩამჯდარი ვერცხლის იონების (Ag^+) ჰიდროქინონთან მოქმედებით მიიღება მიზნობრივი პროდუქტი - ვერცხლით მოდიფიცირებული მფილტრაგი მასალა (Ag^0Z) და პარა-ბენზოქინონი (შემდგომში ქინონი):



რეაქციის (1) შედეგად მიღებული ქინონი აღდგება კათოდზე ჰიდროქინონის წარმოქმნით:



ჯამურ პროცესს წარმოადგენს პრეკურსორის - Ag⁺-ის არაპირდაპირი ელექტროქიმიური აღდგენა, რის შედეგადაც მიიღება ლითონური ვერცხლით მოდიფიცირებული მატრიცა:



ამრიგად, ჩაკეტილ ტექნოლოგიურ კონტურში, რომელიც შედგება მოდიფიცირებისა და ელექტროქიმიის პროცესებისაგან, მიმდინარეობს ჰიდროქინონისა და ქინონის ურთიერთგარდაქმნა, ანუ როგორც ჰიდროქინონის, ასევე ქინონის რეგენერაცია. ორივე ნივთიერების ხარჯი მინიმალურია და განპირობებულია მხოლოდ მექანიკური დანაკარგებით. ხერხი იძლევა ჰიდროქინონის მნიშვნელოვნად გაიაფების საშუალებას, რადგან მის ნედლეულად გამოიყენება მოდიფიცირების ქიმიურ პროცესში წარმოქმნილი ქინონი, რის გამოც ჰიდროქინონის მისაღებად საჭირო ნედლეულის ხარჯი პრაქტიკულად ნულს უტოლდება.

ჰიდროქინონის მნიშვნელოვნად გაიაფებას იწვევს აგრეთვე ის გარემოება, რომ იგი მიიღება უშუალოდ მისი მოხმარების ადგილზე და არ გამოიყენება სასაქონლო პროდუქტის სახით. სასაქონლო პროდუქტის შედარებით მაღალი ფასი განპირობებულია იმ დამატებითი ტექნოლოგიური ოპერაციებით, რომელთა ჩატარება აუცილებელია ხსნარებიდან მშრალი ნივთიერების გამოსაყოფად (აორთქლება, კრისტალიზაცია, შრობა). შემოთავაზებული ხერხის თანახმად, სასაქონლო პროდუქტის სახით ჰიდროქინონის ხარჯი მკვეთრად მცირდება და იგი განპირობებულია ე.წ. სასტარტო ხარჯით და გარდაუვალი მექანიკური დანაკარგებით. მკვეთრად მცირდება, აგრეთვე, სასაქონლო პროდუქტის სახით ჰიდროქინონის გადაზიდვის ხარჯები.

სამუშაოში [15] დადგენილია ქინონ-ჰიდროქინონის ნარევის მედიატორულ სისტემად გამოყენების შესაძლებლობა და შემუშავებულია ქინონის ელექტროქიმიური აღდგენით განზავებული წყალხსნარებიდან ჰიდროქინონის 100%-იანი დენით გამოსავლით მიღების მეთოდი. ელექტროლიზს ატარებენ ოთახის ტემპერატურაზე და კათოდად გამოყენებულია ნახშირბადის ქქის (Le Carbone Lorraine) ელექტროდი. წინამდებარე სამუშაოში განხილულია ქინონის ელექტროქიმიური აღდგენით მიღებული ჰიდროქინონით მატრიცაში ჩამჯდარი ვერცხლის იონების (Ag⁺Z) აღდგენის პროცესის კვლევის შედეგები.

2. ძირითადი ნაწილი

ექსპერიმენტისთვის გამოყენებულია შროშის (ზესტაფონის რაიონი) წითელი და თეთრი თიხა. ცეოლიტის ნიმუშები აღებულია ხეკორძულას საბადოზე (მცხეთის რაიონი) და შეიცავდა 85-90% კლინოპტილოლიტს. ცეოლიტი და თიხა გაშრობის შემდეგ დაიმსხვრა ყვებიან სამსხვრეველაში. დამსხვრეული მასალის ზომა არ აღემატებოდა 5 მმ. წვად მასალად გამოყენებულია ხის ნახერხი, რომელიც შრებოდა 40-50°C-ზე და იფქებოდა კერამიკულ ბურთულებიან წისქვილში. სხვადასხვა შედგენილობის კაზმი (თიხა, ცეოლიტი და ხის ნახერხი) ერთობლივად იფქებოდა ლითონის ბურთულებიან ფაიფურის წისქვილში 100მკმ-მდე. მიღებული ნარევისაგან მზადდებოდა პლასტიკური ცომი, რომლის დაკალიბება ცილინდრული ფორმის (d=15-18 მმ, h=12-20 მმ) ნიმუშების სახით ხდებოდა წნეხის ქვეშ და წნეხის სიდიდე 20-70 კგ/სმ². დაკალიბებული ნიმუშები საშრობ კარადაში 100-105°C-ზე 4 საათის განმავლობაში გამოშრობის შემდეგ გამოიწვებოდა მუფელის ღუმელში. საბოლოო ტემპერატურაზე ნიმუშის დაყოვნების ხანგრძლივობა შეადგენდა 1 ან 4 საათს. ნიმუშების გაცივება ხდებოდა ღუმელშივე და მათი მასები მერყეობდა 4-6 გ ფარგლებში. მოცემული პირობებისათვის (კაზმის შედგენილობა და გამოწვის ტემპერატურა) მზადდებოდა ფილტრის ორი პარალელური ნიმუში. ფილტრის ნიმუშები სილიკონის საშუალებით მაგრდებოდა მინის მილში, რომლის სიგრძე 25-30 სმ-ს შეადგენს. ფილტრაციის პროცესში წყლის სვეტის სიმაღლე მილში უდრიდა დაახლოებით 25 სმ-ს და მისი მნიშვნელობის რყევა შეადგენდა ±2÷3 სმ-ს. ცდებში გამოიყენებოდა AgNO₃-ის რეაქტივი კვალიფიკაციით „სუფთა“. ფილტრავ მასალაში Ag⁺ იონის შეყვანა და მისი აღდგენა ლითონურ ვერცხლამდე ტარდებოდა მინის მილში ჩამაგრებულ ფილტრში AgNO₃-ის ხსნარის, შემდეგ კი- ჰიდროქინონის ხსნარის გატარებით. ხსნარის გადინების სიჩქარე ლიმიტირებული იყო ფილტრის გაჟონვადობის უნარით. ფილტრში Ag⁺ იონების შეყვანის მიზნით მილში ისხმებოდა 25მლ 0,055M AgNO₃-ის ხსნარი, რომელიც ცირკულირებდა ფილტრში მრავალჯერადი გატარების გზით. ამრიგად, კვლევის შერჩეული მეთოდი შეესაბამება სტატიკურ რეჟიმს გამდინარე ხსნარის პირობებში. ფილტრის

დამუშავება ხსნართ გრძელდებოდა 12 საათის განმავლობაში. ამის შემდეგ მიღში ჩასხმული დისტილირებული წყლით ფილტრი ირეცხებოდა Ag^+ იონებზე უარყოფითი რეაქციის მიღებამდე. გარეცხვის პროცესში ნარეცხი წყლის მოცულობა თითქმის 7-8-ჯერ აღემატებოდა ძირითადი ხსნარის მოცულობას. ფილტრში ჩამჯდარი პრეკურსორის - Ag^+ იონების მასა იანგარიშება ფორმულით:

$$m = (C_{საწყ.} \cdot V_{საწყ.} - C_{საა.} \cdot V_{საა.}) \cdot 1000,$$

სადაც m იონიმოცვლითი მექანიზმით ცეოლიტის კარკასში შესული Ag^+ იონების მასაა, მგ; $C_{საწყ.}$ და $C_{საა.}$ - Ag^+ იონების კონცენტრაცია საწყის და საბოლოო (ძირითადი ხსნარი + ნარეცხი წყალი) ხსნარებში, გ/ლ; $V_{საწყ.}$ და $V_{საა.}$ - საწყისი და საბოლოო (ძირითადი ხსნარი + ნარეცხი წყალი) ხსნარების მოცულობები, ლ.

კერამიკული ფილტრში Ag^+ იონების მასური წილი (%) განისაზღვრება ფორმულით:

$$a = \frac{m}{m_{ფილტრ}} \cdot 100 \%,$$

სადაც m ფილტრში Ag^+ იონების მასაა, მგ; $m_{ფილტრ}$ - ფილტრის მასა, გ.

Ag^+ იონების რაოდენობრივი განსაზღვრა ტარდებოდა, როდანიდული მეთოდით [16], ხოლო განზავებულ ხსნარებში ამ იონების კონცენტრაცია ისაზღვრებოდა მიკროტალღური სპექტრომეტრით MP-AES4200. ლიტერატურულ მონაცემებზე [12] დაყრდნობით, ჰიდროქინონის ოპტიმალურ კონცენტრაციად მივიჩნიეთ 0.01M წყალ-

ხსნარი. $\frac{[Ag^+]}{[Hq]}$ -ის მოლური შეფარდების ოპტიმა-

ლურმა სიდიდემ უნდა უზრუნველყოს მფილტრავ მასალაში ჩამჯდარი Ag^+ იონების სრული აღდგენა. Ag^+ იონების ჰიდროქინონით აღდგენის რეაქციის (1) თანახმად, სტექიომეტრიულად აუცილებელი მოლური შეფარდება შეადგენს

$$\frac{[Ag^+]}{[Hq]} = \frac{2}{1}.$$

მფილტრავ მასალაში ჩამჯდარი Ag^+ იონების რაოდენობა იცვლებოდა 0.028-0.26 მილიმოლის ინტერვალში. ყველა დისკში გატარებული იქნა 35 მლ 0.01M ჰიდროქინონის ხსნარი, ანუ 0.35 მილიმოლი ჰიდროქინონი.

შესაბამისად, მოლური შეფარდება $\frac{[Ag^+]}{[Hq]}$ იცვლე-

ბოდა $\frac{1}{12.5}$ -დან $\frac{1}{1.35}$ -მდე. ამრიგად, სტექიომეტრიულ რაოდენობასთან შედარებით, ჰიდროქინონი აღებული იყო დაახლოებით (25±2,7)-ჯერ უფრო მეტი რაოდენობით. ჰიდროქინონის ხსნარით დამუშავება ხდებოდა ორი განსხვავებული მეთოდით: I მეთოდი ითვალისწინებდა ჰიდროქინონის ხსნარის მიწოდებას მინის მილში

ზემოდან ქვემოთ. ფილტრში გაჟონილი ხსნარი კვლავ ბრუნდებოდა მინის მილში. II მეთოდის თანახმად, ჰიდროქინონის ხსნარი მიეწოდებოდა ჭიქაში, რომელშიც ჩაშვებული იყო მინის მილი მასში ჩამაგრებული ფილტრით. ამრიგად, ხსნარი ფილტრში მოძრაობდა ქვემოდან ზემოთ. ჭიქასა და მილში ხსნარის დონის გათანაბრების შემდეგ (ხსნარი მილში ფარავდა ფილტრის ზედაპირს 2-3 მმ-ით) მილს ვწვედით ზევით მასში არსებული ხსნარის დაცლის მიზნით. დაცლის შემდეგ მილს კვლავ ვუშვებდით ხსნარში. ორივე მეთოდში ფილტრის ხსნართან კონტაქტის ხანგრძლივობა შეადგენდა 12 სთ-ს. აღდგენის პროცესის დამთავრების შემდეგ ფილტრი ირეცხებოდა გამოსხილი წყლით 24 საათის განმავლობაში.

კერამიკულ დისკში Ag^+ იონის ჰიდროქინონით აღდგენის პროცესის კვლევამ გვიჩვენა, რომ ლითონური ვერცხლის ნაწილაკების გარკვეული მასა ტოვებს კერამიკულ დისკს და გადადის ზოლის სახით წყალხსნარში. აქედან გამომდინარე, აუცილებელი გახდა მიღებულ ზოლში ლითონური ვერცხლის შემცველობის განსაზღვრა. ამავე დროს, აღდგენის პროცესის დამთავრების შემდეგ ტარდებოდა ქინონის განსაზღვრა ძირითად ხსნარსა და გამრეცხ წყალში [17].

E.coli-თ დაბინძურებული წყლის გატარება კერამიკულ დისკში ხორციელდებოდა მოდიფიცირების პროცესის ჩატარების ანალოგიურად: დაბინძურებული წყალი მიეწოდებოდა მინის მილში სილიკონით ჩამაგრებულ კერამიკული ფილტრს. წყლის გადინების სინქარეს განსაზღვრავდა ფილტრის გაჟონვალობა. გაფილტრულ წყალსა და კერამიკულ ფილტრში E.coli-სა და სხვა ბაქტერიების შემცველობის განსაზღვრა ტარდებოდა შპს „ჯანმრთელობის ცენტრის“ (ქ. თბილისი) მიერ. E.coli-თ ხელოვნურად დაბინძურებული მოდელური წყლის ნიმუშები მზადდებოდა ამავე შპს-ში.

E.coli-ს წყლის გაწმენდის პროცესში ვერცხლის როლის დადასტურების მიზნით დაბინძურებული წყალი ტარდებოდა ანალოგიური შედგენილობისა და გამოწვის ტემპერატურის მქონე ცეოლიტიან ფოროვან კერამიკულ ფილტრში, რომელიც არ იყო მოდიფიცირებული ლითონური ვერცხლით.

3. ექსპერიმენტის შედეგები და მათი ანალიზი

3.1. ცეოლიტიანი ფოროვანი კერამიკული ფილტრის დამზადების ოპტიმალური პირობები

ცეოლიტიანი ფოროვანი კერამიკული ფილტრის სიმტკიცის საკითხი წარმოადგენს ერთ-ერთ ძირითად პრობლემას ფილტრის დამზადების ტექნოლოგიის შემუშავების დროს. კერამიკული მასალის გამოწვის ოპტიმალური ტემპერატურა აღემატება 900°C. გამოწვის ასეთი ტემპერატურა მიუღებელია ლითონური ვერცხლით

მოდიფიცირებული ფილტრის დასამზადებლად, რადგან 900°C-ზე გამოწვის შედეგად ცეოლიტი კარგავს იონმიმოცვლით უნარს და მისი იონმიმოცვლითი ტევადობა ნულს უტოლდება. ამრიგად, იონმიმოცვლითი უნარის შესანარჩუნებლად მფილტრავი მასალის კაზმი უნდა გამოიწვას 900°C-ზე უფრო დაბალ ტემპერატურაზე, რაც დაკავშირებულია კერამიკული ფილტრის სიმტკიცის შემცირებასთან. ასევე ერთმანეთთან წინააღმდეგობაშია ფილტრის ეფექტური ფუნქციონირებისათვის მისი ორი უმნიშვნელოვანესი მახასიათებელი - ფილტრის გაჟონვადობა და სიმტკიცე. ფილტრის გაჟონვადობის გაზრდა სასურველ სიდიდემდე მიიღწევა კაზმში ნახერხის დამატებით, რაც უარყოფით გავლენას ახდენს ფილტრის სიმტკიცეზე. ამრიგად, კაზმის შედგენილობისა და გამოწვის ტემპერატურის ოპტიმალურმა მნიშვნელობებმა უნდა უზრუნველყოს გაჟონვადობისა და იონმიმოცვლითი ტევადობის განსაზღვრული მნიშვნელობების მიღწევა ფილტრის დამაკმაყოფილებელი სიმტკიცის პირობებში.

სამუშაოს [18] თანახმად, PFP ფილტრებში წყლის გაჟონვადობის ოპტიმალურ მნიშვნელობად მიჩნეულია 2-3 მლ/სთ·სმ². გაჟონვადობის ასეთი სიდიდე უზრუნველყოფს რეალური ზომის ფილტრების (რადიუსით 25-26 სმ) გამოყენებისას დღე-ღამეში 98-147 ლ წყლის გაწმენდას. ამავე დროს, ლიტერატურიდან [19] ცნობილია, რომ კერამიკული ფილტრების მექანიკური მდგრადობა ითვლება დამაკმაყოფილებლად, თუ მისი სიმტკიცის ზღვარი კუმშვაზე შეადგენს მინიმუმ 15-20 კგ/სმ². აქედან გამომდინარე, ცეოლიტიანი ფოროვანი კერამიკული ფილტრის ოპტიმალური შედგენილობის კრიტერიუმად მივიჩნით ფილტრის ძირითადი მახასიათებლების შემდეგი მნიშვნელობები: კუმშვაზე სიმტკიცის ზღვარი მინიმუმ 15-20 კგ/სმ², გაჟონვადობა მინიმუმ - 1.5-2.0 მლ/სთ·სმ², ხოლო ფილტრის იონმიმოცვლითი ტევადობა Ag⁺ იონების მიმართ უნდა უზრუნველყოფდეს PFP ფილტრის მახასიათებლის მიღწევას, რომლის თანახმადაც ლითონური ვერცხლის შემცველობის ქვედა ზღვარი ამ ფილტრებში უტოლდება 0,03%-ს [1].

თიხასთან შერევის გარეშე მხოლოდ ცეოლიტის ფხვნილის გამოწვით მიღებული მასალა ხასიათდება საკმაოდ მაღალი მექანიკური სიმტკიცით - სიმტკიცის ზღვარი კუმშვაზე 25-30 კგ/სმ²-ის ტოლია. მაგრამ როგორც ეს მოსალოდნელი იყო, ფილტრს აქვს ნელოვანი გაჟონვადობა. გაჟონვადობის გაზრდის მიზნით ცეოლიტის ფხვნილზე ხის ნახერხის დამატება იწვევს ფილტრის მექანიკური სიმტკიცის მკვეთრად შემცირებას - კუმშვაზე სიმტკიცის ზღვარი პრაქტიკულად ნულს უტოლდება. ამრიგად, თიხებისაგან განსხვავებით, ცეოლიტი ხასიათდება სუსტი შემკვრელი თვისებებით და ხის

ნახერხთან შერევის შედეგად ის მთლიანად კარგავს ამ თვისებას. ხის ნახერხის თანაობისას მექანიკური სიმტკიცის მისაღწევად აუცილებელია ცეოლიტისა და თიხის ერთობლივი გამოწვა. იმისათვის, რომ ფილტრმა გამოავლინოს იონმიმოცვლითი უნარი, საჭიროა კაზმში ცეოლიტის შემცველობა შეადგენდეს მინიმუმ 40-50%-ს, ხოლო მექანიკური სიმტკიცისა და გაჟონვადობისათვის კაზმს უნდა დაემატოს წითელი და თეთრი თიხა და ხის ნახერხი.

ღიდი მოცულობის ექსპერიმენტული კვლევების შედეგად გამოიკვეთა კაზმის შედგენილობისა და გამოწვის პირობების ის ოპტიმალური მნიშვნელობები, რომლებიც უზრუნველყოფენ ზემოთ დასახელებული პარამეტრების მქონე ფილტრების დამზადებას (ცხრ.1). ჩატარებული კვლევების საფუძველზე დადგინდა, რომ კაზმის ოპტიმალური შედგენილობა ნახერხის გარეშე არის 50% ცეოლიტი, 40% წითელი თიხა და 10% თეთრი თიხა. 100გ ასეთ კაზმს უნდა დაემატოს 25,0-31,6გ ნახერხი, რაც შეადგენს კაზმის მასის 20-24%-ს. გამოწვის ოპტიმალური ტემპერატურაა 800-850°C, ხოლო გამოწვის ხანგრძლივობა 1 ან 4სთ. ამ პირობებში მიღებული ცეოლიტიანი ფოროვანი კერამიკული ფილტრი ინარჩუნებს საკმაოდ მაღალ იონმიმოცვლით უნარს Ag⁺ იონების მიმართ. 1 საათიანი გამოწვის შედეგად მიღებულ ფილტრებში Ag⁺ იონების მასური წილი იცვლება 0,156-დან 0,421%-მდე. ანალოგიური მაჩვენებელი 4 საათიანი გამოწვის შედეგად მიღებულ ფილტრებში შეადგენს 0,104-0,124%-ს. მიღებული შედეგები სრულ შესაბამისობაშია ცეოლიტის თვისებასთან, რაც გამოიხატება თერმული დამუშავების ტემპერატურისა და ხანგრძლივობის გაზრდით იონმიმოცვლითი უნარის შემცირებაში.

3.2. ცეოლიტიანი კერამიკულ ფილტრში ჩამოჯდარი Ag⁺ იონების ლითონურ ვერცხლამდე აღდგენა

როგორც უკვე აღვნიშნეთ, Ag⁺ იონების აღდგენისათვის გამოყენებულია ქინონის ელექტროქიმიური აღდგენით მიღებული ჰიდროქინონის განზავებული ხსნარი. მოდიფიცირების პროცესის დამთავრების შემდეგ ფილტრში ლითონური ვერცხლის შემცველობა იცვლება 0,08-დან 0,29%-მდე (ცხრ. 2), რაც თითქმის 2-10-ჯერ აღემატება PFP ფილტრების ანალოგიურ მახასიათებლებს [1]. Ag⁺ იონების აღდგენის პროცესში შემიმჩნევა წყალხსნარში ლითონური ვერცხლის ნაწილაკების წარმოქმნა. ხსნარში გადასული ლითონური ვერცხლის მასა დამოკიდებულია კერამიკულ ფილტრში Ag⁺ იონების შემცველობაზე, თუმცა ეს დამოკიდებულება მკაფიო კონონომიურებას არ ემორჩილება.

შედარებით მკაფიო გავლენა მოახდინა ხსნარსა და ფილტრს შორის ლითონური ვერც-

ხლის განაწილების ბალანსზე ფილტრში აღმდგენელი ხსნარის მოძრაობის მიმართულებამ (ცხრ. 2). ფილტრში აღმდგენელი ხსნარის ქვემოდან ზემოთ მოძრაობის პირობებში მცირდება ხსნარში გადასული ლითონური ვერცხლის პროცენტული წილი ვერცხლის იონების საწყისი რაოდენობის მიმართ. ხსნარის ზემოდან ქვე-

მოთ მოძრაობისას ფილტრში დარჩენილი ლითონური ვერცხლის მასა შეადგენს Ag⁺ იონების საწყისი მასის 44.9-68,0%, მაშინ როდესაც ხსნარის საპირისპირო მიმართულებით მოძრაობისას იგივე მახასიათებელი 83.7-93.2%-ს აღწევს.

ცხრილი 1

ცეოლიტინი ფოროვანი კერამიკული ფილტრის დამზადების ოპტიმალური პირობები, ფიზიკურ-მექანიკური მახასიათებლები და Ag⁺ იონების მიმართ იონმიმოცვლითი უნარი

ფილტრის №	კაზმის შედგენილობა, %	100 გ კაზმში დამატებული ნახერხის მასა, გ (კაზმში ნახერხის მასური წილი, %)	გამოწვის ტემპერატურა, °C	გაჟონვადობა, მლ/სთ.სმ ²	სიმტკიცე კუმშვაზე, კგ.ძ/სმ ²	Ag ⁺ იონების მასა ფილტრში, მგ	Ag ⁺ იონების მასური წილი ფილტრში, %
73	ცეოლიტი-50, წითელი თიხა-40, თეთრი თიხა-10	20,0	800	1,20	20	23,1	0,404
74		(16,7)		1,32	20	23,1	0,368
75				2,56	20	24,4	0,409
76				2,56	20	19,0	0,375
77				1,32	20	25,8	0,421
77'		25,0 (20,0)		1,19	20	17,7	0,339
78		30,0 (23,08)	12,36	15	18,3	0,379	
79			7,93	15	21,3	0,414	
80			8,15	15	19,3	0,416	
81		20,0 (16,7)	2,25	850	20	11,25	0,210
81'			3,15		20	11,25	0,187
82			8,75		20	7,28	0,156
83		27,5 (21,6)	7,5	800	15	23,25	0,422
83'			10		15	24,25	0,452
84		30,0 (23,08)	13,0		15	20,25	0,352
84'			14,3		15	20,25	0,348
85	27,5 (21,6)	11,25	850	20	17,25	0,290	
85'		12		20	20,25	0,324	
86	30,0 (23,08)	14,75		20	16,25	0,255	
86'		10,75		20	25,25	0,273	
103	30,0 (23,08)	3,8	850	20	5,27	0,104	
107		2,4		20	6,28	0,105	
112	25,0 (20,0)	1,9		20	7,90	0,124	

პირობები: ფილტრების №73-86' გამოწვის ხანგძლივობა 1სთ, ხოლო ფილტრების №103-112 - 4სთ.

**ვერცხლის ბალანსი ცეოლიტიან კერამიკულ ფილტრში
Ag⁺ იონების ჰიდროქინონით აღდგენის პროცესში**

ცდის პირობები: აღმდგენელი ხსნარის შედგენილობა: ჰიდროქინონი - 0,01M; H₂SO₄- 0,11M; მოცულობა - 35მლ;

ფილტრის №	აღებულია		მიღებულია					აღმდგენელი ხსნარის ფილტრში მოძრაობის მიმართულება
	Ag ⁺ იონი კერამიკულ ფილტრში, მგ	მასური წილი, %	Ag ⁰ -ის ნაწილაკები წყალხსნარში		Ag ⁰ -ის ნაწილაკები კერამიკულ ფილტრში			
			მასა, მგ	ფილტრში არსებული Ag ⁺ იონის საწყისი მასის მიმართ, %	მასა, მგ	მასური წილი, %	ფილტრში არსებული Ag ⁺ იონის საწყისი მასის მიმართ, %	
73	23.1	0.404	9.7	42.0	13.4	0.23	58.0	ზემოდან ქვემოთ
74	23.1	0.368	10.2	44.2	12.9	0.20	55.8	
75	24.4	0.409	8.9	36.4	15.5	0.26	63.5	
76	19.0	0.375	7.6	40.0	11.4	0.23	66.0	
77	25.8	0.421	9.7	37.6	16.1	0.26	63.4	
77'	17.7	0.339	8.7	49.2	9.0	0.17	50.8	
78	18.3	0.379	7.9	43.2	10.4	0.22	46.8	
79	21.3	0.414	7.9	37.1	13.4	0.26	72.9	
80	19.3	0.416	7.9	41.0	11.4	0.25	59.0	
81	11.3	0.210	5.9	52.4	5.35	0.10	47.6	
81'	11.3	0.187	6.2	55.1	5.05	0.08	44.9	
82'	7.3	0.156	2.9	40.0	4.35	0.09	60.0	
83	23.3	0.422	9.3	40.0	13.95	0.25	60.0	
83'	24.3	0.452	8.6	35.5	15.65	0.29	64.5	
84	20.3	0.352	12.2	60.3	8.05	0.14	39.75	
84'	20.3	0.348	8.6	42.5	11.65	0.20	57.5	
85	17.3	0.290	7.7	44.6	9.55	0.16	55.38	
85'	20.3	0.324	6.5	32.1	13.75	0.22	67.9	
86	16.3	0.255	5.2	32.0	11.05	0.17	68.0	
86'	15.3	0.273	5.9	38.7	9.35	0.17	61.3	
103	5.3	0.104	0.86	16.3	4.41	0.087	83.7	ქვემოდან ზემოთ
107	6.3	0.105	0.65	10.4	5.63	0.094	89.6	
112	7.9	0.124	0.54	6.8	7.36	0.116	93.2	

ცეოლიტის კარკასში ჩამჯდარი Ag⁺ იონის ჰიდროქინონით აღდგენის პროცესში წარმოიქმნება H⁺ იონი, რომელიც ცეოლიტის ჩონჩხში ნულვალენტიანი ლითონური ვერცხლის მიღების შედეგად წარმოქმნილი უარყოფითი მუხტის კომპენსაციას ახდენს. წყალბადის იონების წაფროს წარმოადგენს, აგრეთვე, ქინონის ელექტროქიმიური აღდგენით მიღებული ჰიდროქინონის ხსნარი, რომელიც შეიცავს გოგირდმჟავას. ნეიტრალური ლითონური ვერცხლის ნაწილაკზე აღარ ვრცელდება ელექტროსტატიკური მიზიდულობის ძალა და მისი ფიქსაცია ცეოლიტის სტრუქტურაში დამოკიდებულია მრავალ ფაქტორზე.

ესენია: აღდგენის პირობები, ცეოლიტის დეჰიდრატაციის ხარისხი, ცეოლიტის შედგენილობა.

სამუშაოში [21] ჩამოყალიბებულია ზოგადი დებულებები, რომელთა მიხედვით აღდგენის შემდეგ ლითონის დისპერსიულობა მყარ სარჩულში დამოკიდებულია მის ზედაპირზე ლითონის ადჰეზიის მუშაობასა და ლითონის ატომებს შორის თანაფარდობაზე. ატომურ მდგომარეობაში ლითონთა ფიქსაციისათვის საჭიროა, რომ სარჩულის მიმართ ატომების ადჰეზიის მუშაობა აღემატებოდეს ატომებს შორის ურთიერთქმედების ძალებს. ვერცხლის ატომთა წყვილს შორის ურთიერთქმედების ძალები შეადგენს 39

კაკლ/მოლს, მაშინ როდესაც სარჩულსა და ლითონის ატომს შორის ადჰეზიის მუშაობა 2-8 კაკლ/მოლის ტოლია. აქედან გამომდინარე, ვერცხლის ფიქსაცია ცეოლიტის ან ნებისმიერი მყარი სარჩულის ზედაპირზე ცალკეული ატომების სახით ნაკლებად ალბათურია. სამუშაოში [22] ნაჩვენებია, რომ ცეოლიტებში ლითონები ხასიათდება მნიშვნელოვანი მობილურობით. აღდგენის პროცესს თან სდევს ლითონთა ატომების მიგრაცია ცეოლიტის კრისტალის გარე ზედაპირისაკენ, სადაც წარმოიქმნება ლითონური ფაზა.

3.3. ანტიბაქტერიული თვისებების კვლევა

კვლევის საწყის ეტაპზე დადგინდა E.coli-საგან წყლის გაწმენდის პროცესზე ქინონისა და ჰიდროქინონის გავლენა. ამ ნივთიერებების კვალს შეიძლება შეიცავდეს ლითონური ვერცხლით მოდიფიცირებული კერამიკული ფილტრი, მიუხედავად იმისა, რომ მოდიფიცირების შემდეგ კერამიკული ფილტრი ირეცხება წყლით. კვლევები ჩატარდა უვერცხლო კერამიკულ ფილტრებზე, რომლებშიც შესაბამისად გატარდა 35მლ 0.2 გ/ლ ქინონისა და 1.18 გ/ლ ჰიდროქინონის შემცველი ხსნარები. ქინონითა და ჰიდროქინონით გაჟღენთვის შემდეგ დისკებში გატარდა E.coli-ით დაბინძურებული მოდელოური წყალი. ორივე შემთხვევაში E.coli-ის შემცველობა გა-

ფილტრულ წყალში არ შეცვლილა, ხოლო კერამიკული ფილტრი დაბინძურდა E.coli-თ. ამრიგად, ქინონითა და ჰიდროქინონით გარკვეულ კონცენტრაციამდე გაჟღენთილი კერამიკული ფილტრი არ ავლენს ანტიბაქტერიული მოქმედების უნარს. მით უფრო გამოირიცხება ამ უნარის გამომჟღავნება მაშინ, როდესაც მოდიფიცირების პროცესის დამთავრების შემდეგ კერამიკული ფილტრი ირეცხება და ორივე ნაერთის შემცველობა მფილტრავ მასალაში პრაქტიკულად ნულს უტოლდება.

ლითონური ვერცხლით მოდიფიცირებული ცეოლიტიანი ფოროვანი კერამიკული ფილტრების თვისებების ხანგრძლივმა და დეტალურმა კვლევებმა აჩვენა, რომ 1 საათიანი გამოწვის შედეგად მიღებული ფილტრების გაჟონვალობის უნარი დროში მცირდება და დაახლოებით 50-51 დღე-ღამეში ნულამდე ეცემა (ცხრ. 3). გაჟონვალობის უნარის აღდგენა მოხერხდა ფილტრების გამოსხივ წყალში 45 წუთიანი დუდილის შედეგად, თუმცა გაჟონვალობის სიდიდემ ვერ მიაღწია საწყის მნიშვნელობას და იგი შემცირდა 1.06±5.46 მლ/სთ სმ2-მდე. 4 საათიანი გამოწვის შედეგად მიღებული ფილტრების გაჟონვალობის უნარი დროში არ იცვლება, რაც მიუთითებს გამოწვის პროცესის ასეთი ხანგრძლივობით ჩატარების აუცილებლობაზე.

ცხრილი 3

ფილტრების გაჟონვალობის ცვლილება დროში

ფილტრის №	საწყისი გაჟონვალობა, მლ/სმ².სთ	50 დღე-ღამის შემდეგ გაჟონვალობა, მლ/სმ².სთ	აღდგენილი გაჟონვალობა წყალში 45 წთ-იანი დუდილის შემდეგ, მლ/სმ².სთ
81'	3,15	0	1,06
82'	8,75	0	1,5
83	7,5	0	2,29
83'	10	0	1,23
86	14,75	0	5,46
86'	10,75	0	4,41

E.coli-საგან წყლის გაწმენდის პროცესის წინ ფილტრებმა №81', 82', 83, 83', 86, 86' გაიარა 45 წუთიანი თერმული დამუშავება წყალში დუდილის გზით. ასეთი დამუშავება, როგორც აღვნიშნეთ, აუცილებელი იყო ფილტრის გაჟონვალობის უნარის აღსადგენად (ფილტრების დამზადება და მათი ანტიბაქტერიული აქტიურობის გამოცდა ჩატარდა დაახლოებით 50 დღე-ღამის ინტერვალით). ფილტრის ანტიბაქტერიული მოქმედების რესურსის შესწავლის მიზნით, E.coli-საგან გაწმენდის II ციკლის წინ იმავე ჯგუფის ფილტრებმა გაიარა მდულარე წყალში 4 საათიანი დამუშავების სტადია. ასეთი დამუშავების შედეგად იზრდება წყალში ვერ-

ცხლის ხსნადობა, რაც აჩქარებს ფილტრში ვერცხლის რაოდენობის შემცირებას და იძლევა ფილტრის გახანგრძლივებული ექსპლუატაციის მიახლოებითი მოდელირების საშუალებას. 4 საათიანი გამოწვის შედეგად მიღებული ფილტრების № 103, 107, 112 ანტიბაქტერიული აქტიურობის შესწავლა ჩატარდა ფილტრების წყალში წინასწარი თერმული დამუშავების გარეშე. ორივე ჯგუფის ფილტრებმა გამოამჟღავნეს მაღალი ანტიბაქტერიული აქტიურობა (ცხრ. 4 და 5). ექსპერიმენტში გამოყენებული იყო E.coli-თ ხელოვნურად დაბინძურებული წყალი, რომელშიც კოლინდექსი აღებამტებოდა 1100-ს. ლითონური ვერცხლით მოდიფიცირებულ

კერამიკულ ფილტრში გაფილტვრის შემდეგ წყალში კოლინდექსის მნიშვნელობა აღმოჩნდა <3-ზე, რაც შეესაბამება უსაფრთხო სასმელი წყლის საერთაშორისო სტანდარტს. მხოლოდ ორ შემთხვევაში (ფილტრი №86^I, I ციკლი და ფილტრი №86, II ციკლი) კოლინდექსი გაფილტრულ წყალში შეადგენდა 23. ეს ორი შემთხვევა დიდი ალბათობით განპირობებულია

ექსპერიმენტში დაშვებული შეცდომით (გაფილტრული წყლის დაბინძურება მოხდა გარეშე ფაქტორების გავლენით). ამაზე მიუთითებს ის ექსპერიმენტული ფაქტი, რომ ორივე ფილტრმა შემდგომ ციკლებში (ფილტრი №86^I, II ციკლი და ფილტრი №86, III ციკლი) მთლიანად გაწმინდა წყალი E.coli-საგან.

ცხრილი 4

E. coli-საგან წყლის გაწმენდის შედეგები

ცდის პირობები: დაბინძურებულ მოდელურ წყალში კოლინდექსი აღემატება 1100, I ციკლის წინ ფილტრები № 81^I, 82^I, 83, 83^I, 86, 86^I დამუშავდა წყალში დუდილით 45 წუთის განმავლობაში, ხოლო II ციკლის წინ კი დამუშავდა წყალში დუდილით 4 საათის განმავლობაში; ფილტრების № 103, 107, 112 ანტიბაქტერიული აქტიურობის შესწავლა ჩატარდა წყალში წინასწარი თერმული დამუშავების გარეშე.

ფილტრის №	I ციკლი			II ციკლი			III ციკლი		
	ფილტრაციის სიჩქარე, მლ/სთ.სმ ²	გაფილტრული წყლის მოცულობა, მლ	კოლი-ინდექსი გაფილტრულ წყალში	ფილტრაციის სიჩქარე, მლ/სთ.სმ ²	გაფილტრული წყლის მოცულობა, მლ	კოლი-ინდექსი გაფილტრულ წყალში	ფილტრაციის სიჩქარე, მლ/სთ.სმ ²	გაფილტრული წყლის მოცულობა, მლ	კოლი-ინდექსი გაფილტრულ წყალში
81 ^I	1,06	50	<3	0.73	50	<3	0,4	50	<3
82 ^I	1,50	50	<3	1.31	50	<3	1,12	50	<3
83	2,29	70	<3	2.15	70	<3	2,0	70	<3
83 ^I	1,23	50	<3	0.98	50	<3	0,72	50	<3
86	5,46	130	<3	5.93	130	23	6,4	150	<3
86 ^I	4,41	100	23	3.86	100	<3	3,3	100	<3
103	1.76	46	<3	1.45	63	<3	1.25	68	<3
107	2.31	56	<3	0.94	50	<3	0.87	45	<3
112	2.75	75	<3	2.08	102	<3	2.01	98	<3

ფილტრების № 103, 107 და 112 მაღალი ანტიბაქტერიული აქტიურობა მნიშვნელოვანია იმ თვალსაზრისით, რომ ამ ფილტრებში ვერცხლის შემცველობა შედარებით შემცირებულია. ლითონური ვერცხლით მოდიფიცირებული ცეოლიტის კერამიკული ფილტრი ეფექტური აღმოჩნდა, აგრეთვე, მეზოფილური აერობული და ფაკულტატიური ანაერობული მიკროორგანიზმებისაგან სასმელი წყლის გასაწმენდად (ცხრ. 5).

E.coli-თ დაბინძურებულ მოდელურ წყალში მეზოფილური აერობული და ფაკულტატიური ანაერობული მიკროორგანიზმების საერთო რაოდენობა აღემატებოდა რაოდენობრივი განსაზღვრის შესაძლო ზედა ზღვარს (დათვლა შეუძლებელია). ლითონური ვერცხლით მოდიფიცირებულ ცეოლიტის კერამიკულ ფილტრში გატარების შემდეგ წყალში საერთო მიკრობული რიცხვი შემცირდა 2-10 კოლონიარმომქმნელ ერთეულამდე (კ.წ.ე). საერთაშორისო სტანდარტით ჯანმრთელობისათვის უსაფრთხო სასმელ წყალში საერთო მიკრობული რიცხვი უნდა იყოს 50 კ.წ.ე-ზე ნაკლები.

დენობა აღემატებოდა რაოდენობრივი განსაზღვრის შესაძლო ზედა ზღვარს (დათვლა შეუძლებელია). ლითონური ვერცხლით მოდიფიცირებულ ცეოლიტის კერამიკულ ფილტრში გატარების შემდეგ წყალში საერთო მიკრობული რიცხვი შემცირდა 2-10 კოლონიარმომქმნელ ერთეულამდე (კ.წ.ე). საერთაშორისო სტანდარტით ჯანმრთელობისათვის უსაფრთხო სასმელ წყალში საერთო მიკრობული რიცხვი უნდა იყოს 50 კ.წ.ე-ზე ნაკლები.

მეზოფილური აერობული და ფაკულტატური ანაერობული ბაქტერიებისაგან წყლის გაწმენდის შედეგები

ცდის პირობები: ბაქტერიების საერთო რაოდენობა E.coli-თ დაბინძურებულ წყალში აღემატებოდა რაოდენობრივი განსაზღვრის შესაძლო ზედა ზღვარს

ფილტრის №	I ციკლი			II ციკლი			III ციკლი		
	ფილტრაციის სიჩქარე, მლ/სთ.სმ²	გაფილტრული წყლის მოცულობა, მლ	მეზ. აერობული და ფაკულტ. ანაერობული ბაქტერიების რაოდენობა 1 სმ³ წყალში, კ.წ.ე	ფილტრაციის სიჩქარე, მლ/სთ.სმ²	გაფილტრული წყლის მოცულობა, მლ	მეზ. აერობული და ფაკულტ. ანაერობული ბაქტერიების რაოდენობა 1 სმ³ წყალში, კ.წ.ე	ფილტრაციის სიჩქარე, მლ/სთ.სმ²	გაფილტრული წყლის მოცულობა, მლ	მეზ. აერობული და ფაკულტ. ანაერობული ბაქტერიების რაოდენობა 1 სმ³ წყალში, კ.წ.ე
81'	1,06	50	2	0.73	50	5	0,4	50	8
82'	1,50	50	3	1.31	50	3	1,12	50	8
83	2,29	70	5	2.15	70	6	2,0	70	10
83'	1,23	50	3	0.98	50	4	0,72	50	8
86	5,46	130	5	5.93	130	6	6,4	150	8
86'	4,41	100	7	3.86	100	7	3,3	100	5
103	1.76	46	2	1.45	63	8	1.25	68	5
107	2.31	56	4	0.94	50	5	0.87	45	3
112	2.75	75	6	2.08	102	7	2.01	98	6

ვერცხლის კონცენტრაცია E.coli-საგან გაწმენდილ წყალში მერყეობს 0.09-0.12 ppm-ის ფარგლებში (ცხრ. 6). ეს მნიშვნელობები შეესაბამება სასმელ წყალში ვერცხლის ზედა დასაშვებ კონცენტრაციას, რომელიც შეადგენს 0.1 ppm-ს [23]. აქედან გამომდინარე, ლითონური ვერცხლით მოდიფირებულ ცეოლიტიან კერამიკულ ფილტრში გაფილტრული სასმელი წყალი ვერცხლის შემცველობის მხრივ უსაფრთხოა ჯანმრთელობისათვის.

ცხრილი 6
ვერცხლის საშუალო კონცენტრაცია E.coli-საგან გაწმენდილ წყალში, ppm

ფილტრის №	C _{Ag+} , ppm
81'	0.09
82'	0.09
83	0.12
83'	0.12
86	0.11
86'	0.11
103	0.09
107	0.10
112	0.10

3. დასკვნა

მიღწეულია კვლევის ძირითადი მიზანი – არაპირდაპირი ელექტროქიმიური აღდგენის მეთოდის გამოყენებით დამზადებულია ლითონური ვერცხლის ნაწილაკებით მოდიფიცირებული ახალი ტიპის ცეოლიტიანი ფოროვანი კერამიკული ფილტრი, რომელიც ხასიათდება მაღალი ანტიბაქტერიული აქტიურობით და ვერცხლის ნაწილაკების საკმაოდ მაღალი მექანიკური და ქიმიური მდგრადობით, რის გამოც იგი შეიძლება გამოყენებულ იქნას E.coli-საგან, სხვა ფაკულტატური ანაერობული და, აგრეთვე, მეზოფილური აერობული ბაქტერიებისაგან სასმელი წყლის გასაწმენდად.

ლიტერატურა

- Hongyin Zhang. Application of Silver Nanoparticles in Drinking Water Purification. Justine Rayner, Hongyin Zhang, Jesse Schubert, Pat Lennon, Deniele Lantagne and Vinka Ovanedel-Craver. Effect of Silver on the Bacterial Removal Efficacy of Locally-Produced Ceramic Water Filters. University of Rhode Island, 2013.
- Vinka A. Oyanedel-Craver and James A. Smith. Sustainable Colloidal-Silver-Impregnated Ceramic Filter for Point-of-Use Water Treatment. Environ. Sci. Technol., 42, 2008, p.927-933.
- R. Aikllo, A.Nastro, C. Calella. Effluent and roater treatment Journal, 1978, V.18, P.611-617.
- SiLver/Zeolit Nano Composite-Based Clay Filters for Water Disinfection. Report to the Water Research Commission by Leslie Petrik, Roland Missengue,

- Olanrewaju Fatoba, Marla Tuffin and John Sachs. WRC Report No.KV 297/12, August 2012.
5. Kamyar Shameli, Mansor Bin Ahmad, Moshen Zargar, Wan Md Zin Wan Yunus, Nor Azowa Ibrahim. Fabrication of silver nanoparticles doped in the zeolite framework and antibacterial activity; International Journal of Nanomedicine. 6, 2011, 331-341.
 6. საქართველოს პატენტი GE P 2016 6574 B. ჯ. შენგელია, ი. სულაძე, გ. წურწუმია, თ. ტყეშელაშვილი, ვ. თედიაშვილი. ანტიბაქტერიული მფილტრაცი მასალის მიღების ხერხი. 2016.
 7. Цицишвили Г.В., Андроникашвили Т. Г., Киров Г.Н., Филизова Л. Д. Природные цеолиты. Изд. "Химия", 1985.
 8. Т.В. Батиашвили, Р.А. Ахвледиани, Г.В. Гвахария и др. Некоторые экспериментальные данные по изучению свойств клиноптилолитов грузинских месторождения. Клиноптилолит, Тбилиси, 1977, с. 60-67.
 9. საქართველოს პატენტი GE P 2016 6557 B. ჯ. შენგელია, თ. აგლაძე, გ. წურწუმია, მ. დონაძე, მ. გაბრიჩიძე, თ. ტყეშელაშვილი, ვ. თედიაშვილი. ლითონური ვერცხლით მოდიფიცირებული ბუნებრივი ცეოლიტის მიღების ხერხი. 2016.
 10. Ю.А.Крутяков, А.А.Кудринский, А.Ю.Оленин, Г.В.Лисичкин. Синтез и свойства наночастиц серебра: достижения и перспективы. Успехи химии, 77(3), 2008, с.242-268.
 11. А.Ю.Оленин, Г.В.Лисичкин. Получение, динамика структуры объема и поверхности металлических наночастиц в конденсированных средах. Успехи химии, 80(7),2011, с.635-662.
 12. R.Patakfalvi and I.Dekany. Nucleation and Growth of Silver Nanoparticles Monitored by Titration Microcalorimetry. Journal of Thermal Analysis and Calorimetry, vol. 79, 2005, p. 687-594.
 13. M.A.Perez, R.Moiraghi, E.A. Coronado, V.A. Macagno. Hydroquinone Synthesis of Nanoparticles: A Simple Model Reaction to Understand the Factors that Determine their Nucleation and Growth. Crystal Growth. Desing, vol.8, N 4, 2008, p.1377-1383.
 14. R.Patakfalvi, Z.Viranyi, I.Dekany. Kinetics of Silver Nanoparticle Growth in aqueous Polymer Solutions. Colloid Polym Sci, 283, 2004, p. 299-305.
 15. თ. ტყეშელაშვილი, ვ. თედიაშვილი, ჯ. შენგელია, გ. წურწუმია, ლ. კანდელაკი. ჰიდროქინონის მიღება პარაბენზოქინონის ელექტროქიმიური აღდგენით განზავებული წყალხსნარებიდან. საქართველოს ქიმიური ჟურნალი, ტომი 16, №1 2016. 175-181.
 16. В.Н. Алексеев. Количественный анализ, Госхимиздат, М., 1977, 415-416.
 17. К.Бауер. Анализ органических соединений. Изд. Иностранной лит-ры, М., 1963, с.129-130.
 18. Ceramic Silver Impregnated Pot Filtres for Household Drinking Water Treatment in Developing Countries. The Study is Execited in Cooperation with the Partners of the CSF project: Aqua for All Postbus 1072, 3430 BB Nieuwegein, www.aquaforall.nl; Practica Foundation Maerten Trompstraat 31, 2628 RC Delft, www.practicafoundation.nl; Het Waterlaboratorium J.W.Lucasweg 2, 2031 BE Haarlem, www.hetwaterlaboratorium.nl; Kiwa Water Research Groningerhaven 7, 3433 PE Nieuwegein, www.kiwa.nl; Waterlaboretorium Noord Rijkstraategweg 85, 9756 AD Glimmen, www.win.nl; November 2006.
 19. А.С.Беркман, И.Г.Мельникова. Пористая проникаемая керамика. Л.,1969.
 20. Д. Брек. Цеолитовые ммолекулярные сита. «Мир», 1976.
 21. Д. Андерсон. Структура металлических катализаторов. Изд. Мир, М., 1978. Цитированно по К.Г. Ионе. Полифункциональный катализ на цеолитах. Изд. Наука, Новосибирск, 1982, с. 154.
 22. Х.М. Миначев, Н.В. Антошин, Е.С. Шпиро, Ю.А.Юсифов. Исследование состояния переходных элементов в синтетических цеолитах методом РФЭС. Применение цеолитов в катализе. Наука, Новосибирск, 1977, с. 104-111. Цитированно по К.Г. Ионе. Полифункциональный катализ на цеолитах. Изд. Наука, Новосибирск, 1982, с. 154.

UDC 666.3

FABRICATION AND ANTIBACTERIAL CHARACTERISTICS OF ZEOLITE POROUS CERAMIC FILTER MODIFIED WITH SILVER

J. Shengelia, G. Tsurtsunia, I. Suladze, T. Tkeshelashvili, V. Tediashvili

Resume: Goal: Fabrication of antibacterial filtrating material.

Method: Method of fabrication of filtrating materials by calcination of white and red clay zeolites and wood sawdust followed with modification by particles of metallic silver is developed. To reduce silver ions embedded into matrix via ion-exchange process, method of indirect electrochemical reduction using hydroquinone-quinine system as a mediator is worked out.

Results: High antibacterial activity of filter in a process of purification of drinking water from bacteria *E. coli*, mesophilic aerobic and facultative anaerobic microorganisms is shown.

Conclusion: Modified a zeolite porous ceramic filter by particles of metallic silver can be used to purify drinking water from bacteria.

Key words: natural zeolite; clay; hydroquinone; ion-exchange; coli-index; colony forming unit.

УДК 666.3

ИЗГОТОВЛЕНИЕ МОДИФИЦИРОВАННОГО СЕРЕБРОМ ЦЕОЛИТОВОГО ПОРИСТОГО КЕРАМИЧЕСКОГО ФИЛЬТРА И ЕГО АНТИБАКТЕРИАЛЬНЫЕ СВОЙСТВА

Дж.Г. Шенгелия, Г.С. Цурцумия, И.Ш. Суладзе, Т.М. Ткешелашвили, В.Дж. Тедиашвили

Резюме: Цель: изготовление антибактериального фильтрующего материала.

Методы: разработан метод изготовления фильтрующего материала путем обжига цеолита, белой и красной глины и древесных опилок с последующим модифицированием частицами металлического серебра. Для восстановления ионов серебра, введенных в матрицу путем ионного обмена, разработан метод непрямого электрохимического восстановления с использованием медиатора - системы гидрохинон-хинон.

Результаты: доказана высокая антибактериальная активность фильтров в процессе очистки питьевой воды от бактерии *E. coli*, а также от мезофильных аэробных и факультативно анаэробных микроорганизмов.

Заключение: модифицированный металлическим серебром цеолитовый пористый керамический фильтр может быть использован для очистки питьевой воды от бактерии.

Ключевые слова: природный цеолит; глина; гидрохинон; ионный обмен; коли-индекс; колониеобразующая единица.

შპს 669.018.25:621.95.025

საიარაღო მასალების ფიზიკურ-მექანიკური თვისებების გავლენა მჭრელი ბურღების ცვეთამდეგობაზე

რ. თურმანიძე*, გ. ფოფხაძე*, გ. ტაბატაძე**

* პრეციზიული მჭრელი იარაღების ლაბორატორია, საქართველო, 0175, თბილისი, კოსტავას 70.

** ქიმიური და ბიოლოგიური ტექნოლოგიების დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0175, თბილისი, კოსტავას 69.

E-mail: *inform@gtu.ge; **gulnazitabatadze@yahoo.com

რეზიუმე: კვლევის ძირითად მიზანს წარმოადგენდა მცირე დიამეტრის სალი შენადნობის სპირალური ბურღებით ნაბეჭდ ფილებში ნახვრეტის მიღების პროცესის ოპტიმიზაცია, ე.ი. ოპერაციის ეფექტიანობის ამაღლება.

წინამდებარე ნაშრომის კონკრეტულ ამოცანას შეადგენდა შეგვესწავლა ევროპასა და ყოფილ საბჭოთა კავშირის ქვეყნებში არსებული საინსტრუმენტო მასალების ფიზიკურ-მექანიკური თვისებების გავლენა პრეციზიული ბურღების ცვეთამდეგობაზე და შეგვეჩინა ის მასალა, რომელსაც ბურღვის პროცესში ექნებოდა მაღალი ცვეთამდეგობის კრიტერიუმები.

მეთოდი: თითოეული გამოსაცდელი საინსტრუმენტო მასალიდან ერთნაირ პირობებში დამზადდა ერთნაირი გეომეტრიის მქონე ბურღები: ბურღის მუშა ნაწილის დიამეტრი $d=1,0$ მმ-ს, ხოლო ბოლოვანას $d_f=2$ მმ-ს შეადგენდა, ყველა დანარჩენი პარამეტრი შესაბამისად აკმაყოფილებდა მათზე წაყენებულ მოთხოვნებს. ბურღვის დროს იხვრიტებოდა ყრუ ნახვრეტები, ორი ერთმანეთზე დამაგრებულ 1,5 მმ სისქის მინატექსტოლიტის ფილების პაკეტში, რომლის მარკაა CФ-35I (ГОСТ 10316-78). პაკეტის ქვემოთ მოთავსებული იყო ΓФ მარკის გეტინაქსის სადები. ექსპერიმენტებისათვის შერჩეულ იქნა შემდეგი რეჟიმები: ჭრის სიჩქარე $V=157,0$ მ/წთ, ბრუნთა რიცხვი $n=50,000$ ბრ/წთ, მიწოდება $S=0,04$ მმ/ბრ-ზე.

შედეგი: სალი შენადნობის სპირალური ბურღების ცვეთამდეგობაზე განსაკუთრებულ გავლენას ახდენს ნამზადის ღუნვაზე სიმტკიცის ზღვრის მაღალი მაჩვენებელი, სისაღე მოქმედებს ბურღის ცვეთამდეგობაზე, მაგრამ არა ისე, როგორც სიმტკიცის ზღვარი ღუნვაზე. ნამზადებს, რომელთაც აქვთ ღუნვაზე სიმტკიცის ზღვრის მაღალი მაჩვენებელი, $\sigma > 2000$ ნ/მმ², მათი ცვეთის კრიტერიუმები სამ ძირითად მჭრელ წიბოებზე იყო უფრო ნაკლები, ვიდრე იმ ნამზადებსა, რომელთა $\sigma < 2000$ ნ/მმ².

საკვანძო სიტყვები: პრეციზიული იარაღი; მჭრელი იარაღი; საიარაღო ბურღები; საინსტრუმენტო მასალა; ბურღვა.

1. შესავალი

XXI საუკუნეში ისეთი მნიშვნელოვანი დარგების პროგრესი, როგორცაა: კოსმონავტიკა, ავიაცია, ხელსაწყოთმშენებლობა, სამედიცინო ტექნიკის წარმოება, მანქანათმშენებლობა და მრავალი სხვა, წარმოუდგენელია თანამედროვე დონის მცირეგაბარიტული ელექტრონული კვანძებისა (მეკ) და რადიოელექტრონული აპარატურების (რეა) გარეშე [1, 2, 3, 4, 5, 6].

ხემათ აღნიშნული წარმოების დარგებში ტექნიკის განვითარების ინტენსიურობა დამოკიდებულია მათი ელემენტური ბაზის შესაძლებლობის სწრაფ ზრდასთან, რამაც, თავის მხრივ, გამოიწვია ყველა ამ დარგში გამოყენებული რადიოელექტრონული ხელსაწყოების სწრაფი მიკრომინიატურიზაცია და მუშაობის პროცესში მათდამი წაყენებული მოთხოვნების გამკაცრება, რაც გამოიხატება მათ საიმედოობაში, სიზუსტეში, ინფორმაციის ერთდროულად მრავალი მიმართულებით სწრაფ გადაცემა-მიღებაში, მინიმალური ენერგორესურსების მოხმარებაში, მცირე გაბარიტულ ზომებსა და შესაბამისად, პატარა წონაში.

თანამედროვე პირობებში ელექტრონული აპარატების წარმოების მიმართ არსებული მაღალი მოთხოვნების უზრუნველყოფა მოითხოვს პრეციზიული მჭრელი ინსტრუმენტების როგორც ეფექტური კონსტრუქციების, ასევე ახალი საიარაღო და დასამუშავებელი მასალების შექმნის აუცილებლობას, რომელთაც ექნება ოპტიმალური გეომეტრიული პარამეტრები და გაუმჯობესებული ფიზიკურ-მექანიკური თვისებები [2, 3, 4, 5, 6].

ელექტრონული ხელსაწყოების საექსპლუატაციო მახასიათებლების გაზრდამ, მისი შემადგენელი ელემენტების ინტენსიური მიკრომინიატურიზაციის ტენდენციამ, რეა-ისა და მეკ-ის წარმოებაში ძვირადღირებული მრავალფენოვანი ნაბეჭდი ფილების დიდი რაოდენობით გამოყენებამ, გამოიწვია არა მარტო დასამუშავებელი ნახვრეტების ზომების შემცირება 0,3-0,6 მმ-მდე, არამედ ნახვრეტების ხარისხისა და საერთოდ, ბურღვის ოპერაციის მიმართ მოთხოვნების გამკაცრება. აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ ინტენსიურად მცირდება გეომეტრიული ზომები იმ ინსტრუმენტებისა, რომლებიც სხვადასხვა ტექნო-

ლოგიურ ოპერაციებში ამ ელემენტების წარმოებებისთვის გამოიყენება [2, 3, 4, 5, 6].

2. ძირითადი ნაწილი

მიუხედავად იმისა, რომ ბურღი წარმოადგენს ერთ-ერთ ტრადიციულ და კარგად შესწავლილ ინსტრუმენტს, მრავალი საინჟინრო და სამეცნიერო პრობლემური საკითხი დაუზუსტებელია. ეს გამოწვეულია იმით, რომ განსაკუთრებით მცირე დიამეტრის (0,3-1,0 მმ) სალი შენადნობის სპირალური ბურღები (მსსბ), ჭრის პირობებისა და ბურღუშელას წარმოქმნის მიხედვით, წარმოადგენს ერთ-ერთ ყველაზე რთულ მჭრელ იარაღს, რომელზეც ბურღვის პროცესის დროს ერთდროულად მოქმედებს სხვადასხვა ერთმანეთთან დაკავშირებული ფაქტორები [5, 7, 8, 9, 10, 11]. ამასთან, თითოეულის გავლენა როგორც ბურღვის პროცესზე, ასევე დამუშავებული ზედაპირის ხარისხზე კიდევ უფრო აქტუალურია, როდესაც მჭრელი იარაღი დამზადებულია ძვირად ღირებული, მაღალი ცვეთამდებობის მქონე, მაგრამ, საკმაოდ მყიფე საიარაღო მასალისაგან, როგორცაა სალი შენადნობი [12, 13, 14, 15].

კვლევის ძირითად ამოცანას წარმოადგენდა მცირე დიამეტრის სალი შენადნობის სპირალური ბურღების ნაბეჭდ ფილებში ნახვრეტის მიღების პროცესის ოპტიმიზაცია, ე.ი. ოპერაციის ეფექტიანობის ამაღლება.

ბურღვის ოპერაციის ეფექტიანობის ამაღლებას პირდაპირ განსაზღვრავს რამდენიმე ძირითადი ფაქტორი, მათ შორის სალი შენადნობის, როგორც საიარაღო მასალის ფიზიკური და მექანიკური თვისებები (სიმტკიცე, სისალეფხვნილის მარცვლოვნება, მათი სიმკვრივე ერთეულს ფართობზე, ფორიანობა და სხვა). ე.ი. ნაბეჭდ ფილების დამუშავების დროს აუცილებლად შერჩეული უნდა იქნეს ინსტრუმენტის ისეთი სათანადო მასალა, რომელსაც ბურღვის პროცესში ექნებოდა მაღალი ცვეთამდებობის კრიტერიუმები.

დღეისათვის ნაბეჭდ ფილების დასამუშავებლად გამოყენებული მცირე დიამეტრის სალი შენადნობის სპირალური ბურღების საჭირო რაოდენობა სამომხმარებლო ბაზარზე განუხრულად იზრდება და წელიწადში მსოფლიოს სხვადასხვა ქვეყნის ბევრი მსხვილი მომხმარებლისთვის რამდენიმე მილიონი ცალით განისაზღვრება. ამიტომ, ბურღის ცვეთამდებობისა და მუშაობის ხანგრძლივობის, თუნდაც რამდენიმე პროცენტით გაზრდა, გამოიწვევს საბოლოო პროდუქციის წარმოებისათვის აუცილებელი იარაღების რაოდენობის საგრძნობ შემცირებას, ასევე აღსანიშნავია ის ფაქტი, რომ ბურღის მედგობის გაზრდასთან ერთად მცირდება თანამედროვე ძვირადღირებული, ცოფრული პროგრამული მართვის (ცპმ) ჩარხების მოცდენის დროც, რაც საერთო ჯამში განაპირობებს სოლიდურ ეკონომიკურ ეფექტს, რის გამოც ამ დარგში დაკავებული მრავალი ქვეყნის მეცნი-

ერები ინტენსიურად მუშაობენ, რათა მიადწიონ ბურღვის ოპერაციის ეფექტურობის ამაღლებას [4, 5, 16, 17, 18, 19, 20].

რადიოელექტრული წარმოების განვითარებასთან დაკავშირებით, 1960 წლიდან ყოფილ საბჭოთა კავშირის ტერიტორიაზე ინტენსიურად დაიწყო ახალი ქარხნების ჩამოყალიბება, რომლებმაც ათვისეს იმ დროისათვის არსებული ტექნოლოგიები როგორც სალი შენადნობების ნამზადების წარმოებისთვის, ასევე ამ ნამზადებისაგან სხვადასხვა კონსტრუქციის მჭრელი იარაღების დასამზადებლად.

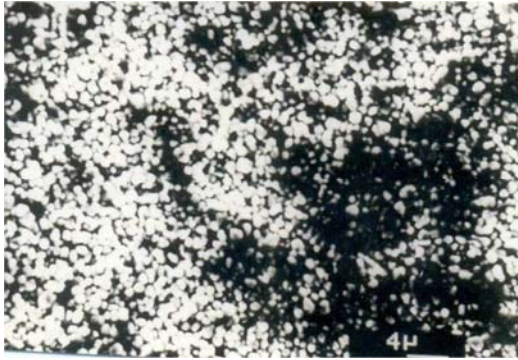
პირველ ეტაპზე მიზნად დავისახეთ გამოგვეკვლია სალი შენადნობის, როგორც საიარაღო მასალის ფიზიკურ-მექანიკური თვისებები, დაგვედინა მათი გავლენა მჭრელი ბურღვის ცვეთამდებობასა და სიმტკიცეზე.

მინსკის (М.З.У. ЭВМ) ქარხნის და სტუ-ს პროგრამული მართვის ლაბორატორიების (პმლ) საერთო ძალისხმევით მოხერხდა ყოფილ საბჭოთა კავშირის ქვეყნებში არსებული იმ ძირითადი მწარმოებლების ნამზადების შესწავლა და კლასიფიკაცია, რომლებიც უშვებდნენ სხვადასხვა მარკის BK და TK ტიპის ნამზადებს მსსბ-ის წარმოებისათვის (ცხრ. 1) [12, 24, 25].

ცხრილში მოცემული შედეგებიდან ჩანს, რომ ყოფილი საბჭოთა კავშირის ტერიტორიაზე არსებული მწარმოებელთა მიერ გამოშვებული ნამზადებიდან: BK6M (მინსკი ЭВМ – ბელორუსია); BK10MX, BK6XOM, BK10TX (მოსკოვი ВНИИТС – რუსეთი); BK6OM (კიევი А.З. – უკრაინა) და BK6OMГ (თბილისი, სტუ, “პმლ” – საქართველო) – მარკის ნამზადებმა, სხვებთან შედარებით, უფრო მაღალი ფიზიკურ-მექანიკური მახასიათებლები გამოავლინა. აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ მინსკის (ЭВМ) ქარხანაში არსებული სალი შენადნობების როგორც ნამზადების, ასევე ბურღების წარმოების ტექნოლოგიური ხაზები აშშ-ს სპეციალისტების მიერ არის წარმოებული და დამონტაჟებული, ამიტომაც გასაგებია მათი შედარებით მაღალი მანკვრებლები [12, 16].

ანალოგიური თვალსაზრისით, შესწავლილ და კლასიფიცირებულ იქნა ევროპის სხვადასხვა ქვეყნის მოწინავე ფირმების მიერ გამოშვებული ნამზადებიც (ცხრ. 2). სალი შენადნობების მარცვლოვანება ერთერთი მნიშვნელოვანი მახასიათებელია, რომელიც განაპირობებს ნამზადის მაღალ მექანიკურ და საექსპლუატაციო თვისებებს. შესწავლილი მარკების მარცვლოვანების შეფასება მოცემულია ცხრილებში 1 და 2, ხოლო რამდენიმე მიკროფიტოგრაფია წარმოდგენილია სურ. 1-ზე. როგორც მიკროსტრუქტურული ფოტოებიდან ჩანს ის სალი შენადნობებიც კი, რომლებიც წვრილმარცვლოვანი მიკროსტრუქტურის მქონედ ითვლება პრეციზიული სპირალური ბურღების მისაღებად გამოყენებული მასალებისათვის საკმაოდ მსხვილმარცვლოვანია ევროპუ-

ლი შენადნობების მიკროსტრუქტურასთან (სურ. 1. ე) შედარებით.



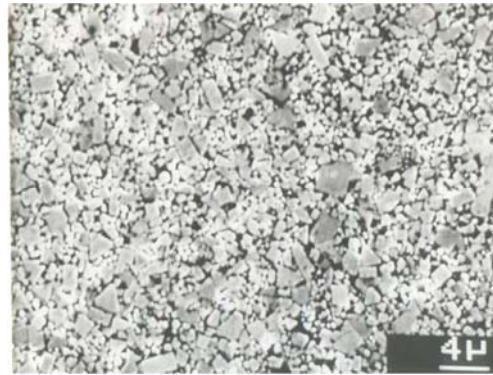
ა)



ბ)



გ)



დ)



ე)

სურ. 1. სხვადასხვა სალი შენადნობების მიკროსტრუქტურები:
ა) T, ბ) BH10, (საქართველო); გ) BK6, დ) BK60M (რუსეთი), ე) Xavera (ევროპა)

ყოფილ საბჭოთა კავშირში სალი შენადნობის მწარმოებელი ქარხნების მიერ გამოშვებული ნამზადების ფიზიკურ-მექანიკური თვისებები

№	სალი შენადნობის მარკა	სალი შენადნობის რამაზბადებელი	სალი შენადნობის ნამზადების მახასიათებლები						შენიშვნები	
			მაგნიტურობა	სისაფე, HV ნ/მმ ²	სიმკვრივე, გ/სმ ³	სიმტკიცე ღუნვაზე, მპა/მმ ²	ფორმანობა	Co-ფაზა	WC-მარცვლოვანება	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	ВК6 П1	МЗУ ЭВМ ბელორუსია	13,6	1714	14,96	2210	AO ₂	რამაკეყოფილებელი	თანაბრად მცირე	
2	ВК6 П2	МЗУ ЭВМ ბელორუსია	13,7	1640	14,85	2200	AO ₂	რამაკეყოფილებელი	არაერთგვაროვანი	
3	ВК10МХ П1	ВНИИТС რუსეთი	17,7	1620	14,9	1980	AO ₂	რამაკეყოფილებელი	ცალკეული მსხვილი	
4	ВК10МХ П2	ВНИИТС რუსეთი	17,7	16250	14,9	2160	AO ₂	რამაკეყოფილებელი	განსაკუთრებით მცირე	
5	ВК10ТХ	ВНИИТС რუსეთი	18,4	1505	14,9	1610	AO ₂	რამაკეყოფილებელი Co-ბუნდე	რამაკეყოფილებელი	
6	ВК8ХОМ П1	ВНИИТС რუსეთი	18,4	1580	14,9	1800	AO ₂	რამაკეყოფილებელი	განსაკუთრებით მცირე	
7	ВК8ХОМ П2	ВНИИТС რუსეთი	18,4	1427	14,9	1680	AO ₄	ცალკეული Co-ბუნდე	რამაკეყოფილებელი	
8	ВК8ХОМ П3	ВНИИТС რუსეთი	14,4	1650	14,9	1710	AO ₂	რამაკეყოფილებელი	ცალკეული მცირე	
9	ВК8М	ВНИИТС რუსეთი	14,4	1400	14,9	1400-1650	AO ₄	ცალკეული Co-ბუნდე	არათანაბარი ბეჭერი მსხვილი	
10	ВК6М	ВНИИТС რუსეთი	14,4	1540	14,9	1400-1600	AO ₄	ცალკეული Co-ბუნდე	არათანაბარი ბეჭერი მსხვილი	
11	ВК8ХО	ВНИИТС რუსეთი	14,4	1600	14,9	1400-1720	AO	ცალკეული Co-ბუნდე	არათანაბარი ბეჭერი მსხვილი	

ცხრილი 1 (გაგრძელება)

12	ВК100М	ВНИИТС რუსეთი	14,4	1400- 1600	14,9	1400-1650	AO	ცალკეული Co-ბუნდი	ართანაბარი, ბეერი, მსხვილი	
13	ВК10ВХ	ВНИИТС რუსეთი	14,4	1400- 1600	14,9	1500-1750	AO	ცალკეული Co-ბუნდი	ართანაბარი, ბეერი, მსხვილი	
14	ВК10ТХ	ВНИИТС რუსეთი	14,4	1600	14,9	1500-1750	AO ⁴	ცალკეული Co-ბუნდი	ართანაბარი, ბეერი, მსხვილი	
15	ВК60МГ	სტუ	12,5	1620	14,9	2070	AO ⁴	დამაკმაყოფილებელი	თანაბრად მცირე	
16	ВК6М ТТ	სტუ	10,1	1590	14,9	1750	AO ₂	დამაკმაყოფილებელი	თანაბრად მცირე	
17	Т3	სტუ	9,9	1640	14,85	1250	AO ₄	დამაკმაყოფილებელი ერთეული Co-ბუნდი	ერთნაირად საშუალო, ბეერი, მსხვილი	
18	ТП11	სტუ	9,9	1500	14,85	1400	AO ₄	დამაკმაყოფილებელი ერთეული Co-ბუნდი	ერთნაირად საშუალო, ბეერი, მსხვილი	
19	ВК60М	А.3 უკრაინა	14,1	1550	14,8	1720	AO	დამაკმაყოფილებელი	თანაბრად მცირე, მარცვლოვანი	
20	ВК6М	О.3.Т.С კლადიკაგკაზი	13,7	1410	14,2	1560	AO ₄	არადამაკმაყოფი- ლებელი	ართანაბრად მცირე, შიგადაშიგ მსხვილი	
21	ВК6М	М.К.Т.С რუსეთი	14,1	1450	14,4	1500	AO ₂	არადამაკმაყოფი- ლებელი	ართანაბრად მცირე, შიგადაშიგ მსხვილი	
22	ВК60М	М.К.Т.С რუსეთი	14,3	1500	14,8	1550	AO	არადამაკმაყოფი- ფილებელი	ართანაბრად მცირე, შიგადაშიგ მსხვილი	
23	ВК8М	М.К.Т.С რუსეთი	14,4	1490	14,8	1590	AO ₄	არადამაკმაყოფი- ფილებელი	ართანაბრად მცირე, შიგადაშიგ მსხვილი	
24	ВК6М	3.Т.С ჩირჩიკი	14,3	1450- 1520	14,8	1500-1600	AO ₄	არადამაკმაყოფი- ლებელი Co-ბუნდი	ართანაბრად მცირე, შიგადაშიგ მსხვილი	
25	ВК6М	М3У ЭВМ ბელორუსია	13,8	1650	14,8	2150	AO ₂	დამაკმაყოფილებელი	თანაბრად მცირე, მარცვლოვანი	

ქუროპის წამყვანი ფირმების მიერ წარმოებული სალი შენადნობის ნაწარმების ფიზიკურ-მექანიკური თვისებები

№	სალი შენადნობის მარკა	სალი შენადნობის რამამზადებელი	სალი შენადნობის ნაწარმების მახასიათებლები								შენიშვნები
			მაგნიტურობა	სისაღე, HV ნ/მმ ²	სიმკვრივე, გ/სმ ³	სიმტკიცის ზღვარი ღუნვაზე, σ_B ნ/მმ ²	ფორიანობა	Co-ფაზა	მიკროსტრუქტურა		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
1	8UF (A)	Sandvik (ავსტრია)	14,6	1840	14,9	3450	AO2	კარგი	სუპერმცირემცველოვანი, თანაბარი		
2	H10F (A)	Sandvik (ავსტრია)	14,8	1664	14,9	3645	AO2	კარგი	სუპერმცირემცველოვანი, თანაბარი		
3	H6F (A)	Sandvik (ავსტრია)	14,5	1735	14,9	3385	AO2	კარგი	სუპერმცირემცველოვანი, თანაბარი		
4	EMT210	Ekatrament (შვეიცარია)	14,5	1730	14,9	3700	AO2	კარგი	სუპერმცირემცველოვანი, თანაბარი		
5	EMT100	Ekatrament (შვეიცარია)	14,2	1710	14,9	3100	AO2	კარგი	სუპერმცირემცველოვანი, თანაბარი		
6	K12D	Spiraltools (შვეიცარია)	14,7	1700	14,9	3620	AO2	კარგი	სუპერმცირემცველოვანი, თანაბარი		

ცხრილი 2 (გაგრძელება)

7	K10	Spiraltools (შვეიცარია)	14,8	1720	14,9	3500	AO ₂	კარგი	სუპერმცირემეტრცვლოვანი, თანაბარი
8	8UF (A)	Sandvik (სვედრია)	14,6	1820	14,9	3430	AO ₂	კარგი	სუპერმცირემეტრცვლოვანი, თანაბარი
9	BK60M (T)	HAM (გერმანია)	14,3	1715	14,9	3000	AO ₂	კარგი	სუპერმცირემეტრცვლოვანი, თანაბარი
10	IIJ10	Planzei	10,9	1680	14,9	2550	AO ₂	ღამ.	მცირემეტრცვლოვანი, თანაბარი
11	IIJ11	Planzei (სვედრია)	10,0	1650	14,9	2450	AO ₂	ღამ.	მცირემეტრცვლოვანი, თანაბარი
12	H6F	Kilobor (რუსეთ- შვედეთი)	13,6	1650	14,7	2200	AO ₂	ღამ.	მცირემეტრცვლოვანი, თანაბარი
13	BK6M	Kilobor (რუსეთ- შვედეთი)	13,6	1610	14,8	2220	AO ₂	ღამ.	მცირემეტრცვლოვანი, თანაბარი
14	H10F (T)	Xam (გერმანია)	14,5	1760	14,9	3250	AO ₂	კარგი	სუპერმცირემეტრცვლოვანი, თანაბარი
15	BK6M (T)	Fridriks (გერმანია)	14,4	1700	14,8	2350	AO ₂	ღამ.	მცირემეტრცვლოვანი, თანაბარი
16	H10 (T)	Fridriks (გერმანია)	14,2	1660	14,8	2150	AO ₂	ღამ.	მცირემეტრცვლოვანი, თანაბარი
17	BK6M	Kilobor (რუსეთ- შვეიცია)	13,6	1600	14,8	2000	AO ₂	ღამ.	მცირემეტრცვლოვანი, თანაბარი

მოხდა ყოფილი საბჭოთა კავშირის ტერიტორიაზე სალი შენადნობის მწარმოებელი ქარხნების მიერ გამოშვებული ნამზადების გადარჩევა, რომელთა ფიზიკურ-მექანიკური მახასიათებლები საგრძნობლად აღემატებოდა ნორმად მიჩნეულ მანკვებლებს. ყველა შერჩეული სალი შენადნობის მარკის ნამზადებისაგან აღებულ იქნა სამ-სამი პარტია ნამზადებისა, თითოეული პარტიიდან დამზადებული ხუთ-ხუთი ცალი $d=1,0$ მმ დიამეტრის მქონე ბურღები (სურ. 2), შესადარებელ საკონტროლო ბურღებად არჩეულ იქნა მინსკის (ЭВМ ბელორუსია) ქარხნის BK6M მასალისაგან დამზადებული ბურღები.

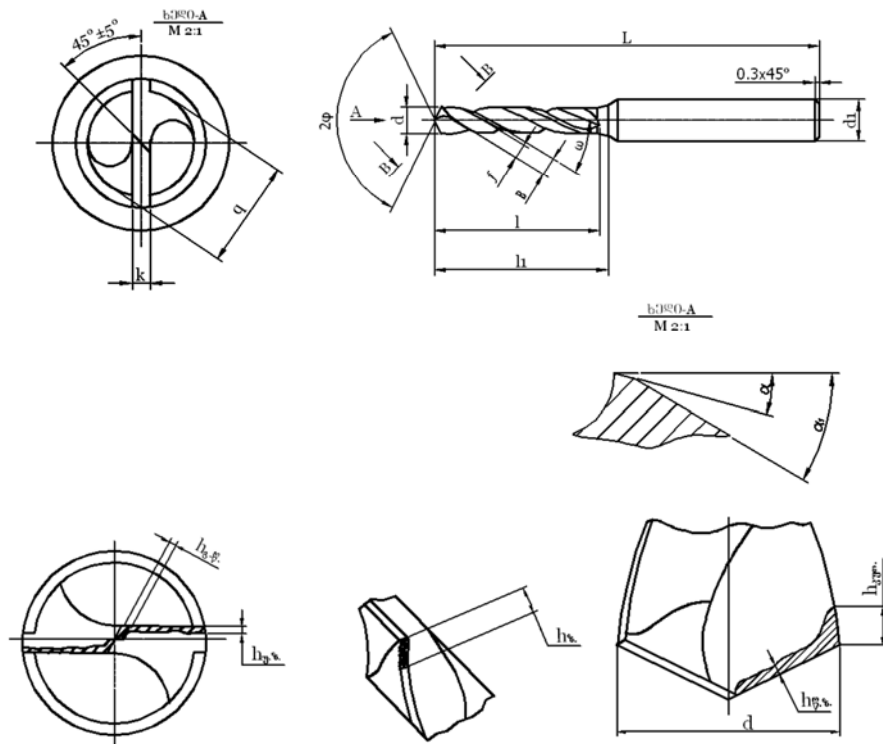
მიღებულ შედეგებში ცდომილებების შესამცირებლად ექსპერიმენტები გამეორდა 3-ჯერ. საერთო ჯამში ერთი მარკის შენადნობისაგან დამზადდა და გამოიცადა 45 ცალი ბურღი.

კვლევის I ეტაპზე საერთო ჯამში გაიზურდა 1200000 ნახერეტი. იმისათვის, რომ თავიდან აგვეცილებინა დამზადების პრობების ტექნოლოგიური, გეომეტრიული და კონსტრუქციული განსხვავებები, ბურღები დამზადდა ვილნიუსის ბურღების ქარხნის (B.3.C. ლიტვა) პირობებში. გამოცდების ამ სერიაში გამოსაკვლევი ბურღის მუშა ნაწილის დიამეტრი $d=1,0$ მმ-ს, ხოლო ბოლოვანას $d_1=2$ მმ-ს შეადგენდა, ყველა დანარჩენი პარამეტრი შესაბამისად აკმაყოფილებდა საერთაშორისო მოთხოვნებს (სურ. 2). ბურღვის დროს იხვრიტებოდა ერთი ნახერეტები, ორ ერთმანეთზე დამაგრებულ 1,5 მმ სისქის მინატექსტოლიტის ფილების პაკეტში, რომლის მარკაა CΦ-35I (ГОСТ 10316-78). პაკეტის ქვემოთ მოთავსებული იყო ГФ მარკის გეტინაქსის სადები (სურ. 3) [26, 27].

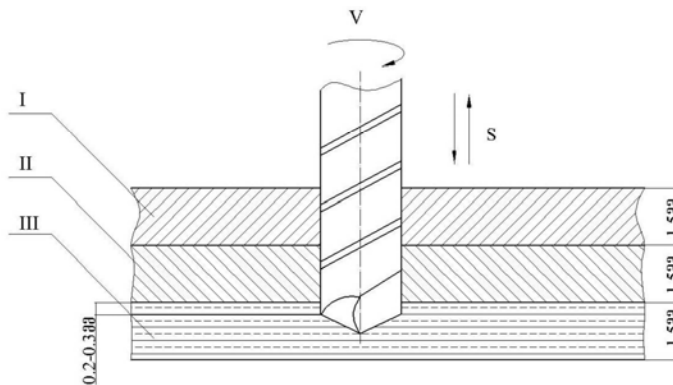
ექსპერიმენტების ძირითადი ნაწილი შესრულდა ვილნიუსში (ლიტვა), ვილნიუსის ბურღების ქარხანასთან არსებულ სამეცნიერო საკვლევ ლაბორატორიაში (B.3.C.БЛГИС) ციფრული პროგრამული მართვის (ცპმ) – ჩარხზე „Micronic-1“ (გერმანია), ხოლო ნაწილი გამოცდებისა სტუის პმლ-ში ცპმ ჩარხზე CΦ4 (სსრკ) და თბილისის ქარხანა უგმ-ში, ასევე ცპმ ჩარხზე – „Alfa-Z“ (აშშ), „Klininberg“ (გერმანია). სამივე შემთხვევაში ციფრული პროგრამული მართვის ჩარხები, ტექნიკური მონაცემებით, იძლეოდა შესაძლებლობას შეგვენარჩუნებინა ერთი და იმავე ჭრის რეჟიმები. ამ ექსპერიმენტებისათვის შერჩეულ

იქნა შემდეგი რეჟიმები: ჭრის სინქარე $V=157,0$ მ/წთ, ბრუნთა რიცხვი $n=50,000$ ბრ/წთ, მიწოდება $S=0,04$ მმ/ბრ-ზე. ექსპერიმენტების შედეგები მოცემულია მე-4 სურათზე.

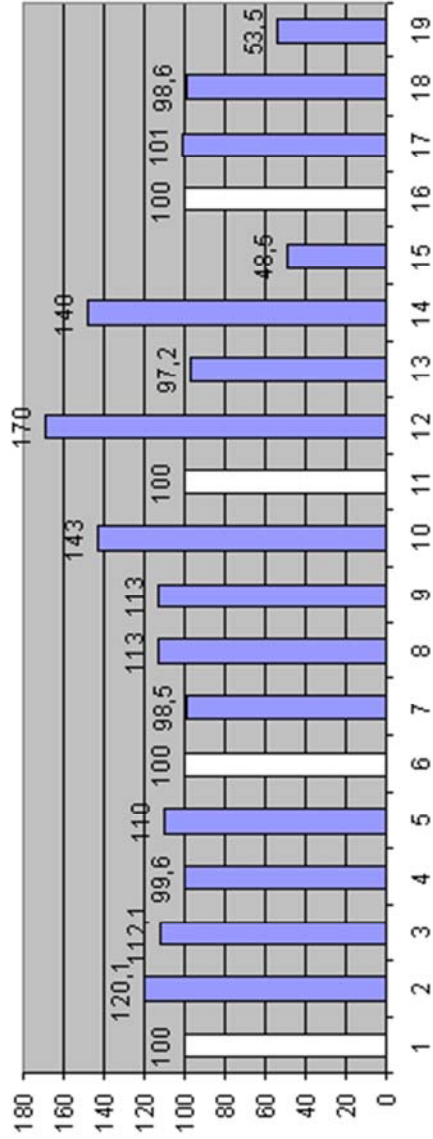
შემდეგ განხორციელდა შედარებითი ექსპერიმენტები ცვეთამედგობაზე, ევროპის წამყვანი ფირმების შენადნობებისაგან დამზადებულ ბურღებსა და სხვადასხვა BK მარკის ბურღებს შორის. საკონტროლოდ მიჩნეულ იქნა BK6M-ის მასალისაგან დამზადებული ბურღი. ამჯერად ექსპერიმენტები ჩატარდა მხოლოდ ვილნიუსის სპირალური ბურღების ქარხნის ლაბორატორიაში (B.3.C.БЛГИС – ლიტვა). ბურღების გეომეტრიული პარამეტრები, გამოკვლევის ტექნიკური პირობები, ჭრის რეჟიმები, ცვეთის კრიტერიუმების გაზომვის საშუალებები იდენტური იყო, როგორც წინა გამოცდის დროს ევროპული ფირმების ნამზადების რაოდენობის შედარებით სიმცირის გამო, თითოეული მარკის შენადნობებისაგან დამზადდა სამ-სამი ცალი ბურღი, ექსპერიმენტების სამჯერადი გამეორებთ. ჯამში ერთი მარკის ნამზადისაგან დამზადდა და გამოიცადა 9 ცალი ბურღი. მე-5 სურათზე მოცემულია ექსპერიმენტების შედეგად მიღებული მონაცემები, საიდანაც ნათლად ჩანს, რომ ბურღებმა, რომლებიც დამზადებული იყო K12D (Spiraltoos-ავსტრია), რომლის $\sigma_{\text{დ}}=3640$ ნ/მმ², H10F (Sandvik-ავსტრია), $\sigma_{\text{დ}}=3640$ ნ/მმ² და EMT210 (Ekstrament-შვეიცარია), შესაბამისად, $\sigma_{\text{დ}}=3700$ ნ/მმ² აჩვენა გასაოცრად მაღალი შედეგები ცვეთამედგობაზე, მათი ცვეთის მნიშვნელობები $2,3 \div 2,8$ -ჯერ ნაკლები იყო BK6M (ЭВМ-ბელორუსია) საკონტროლო ბურღების მონაცემებზე [17, 21, 22]. ხოლო იმ მარკის ნამზადებმა, რომლებიც $3000\text{ნ/მმ}^2 \leq \sigma_{\text{დ}} \leq 3500\text{ნ/მმ}^2$ შორის იყო მოთავსებული, 1,7-2,1-ჯერ ნაკლები ცვეთის კრიტერიუმები აჩვენა, საკონტროლო ბურღთან მიმართებაში. დანარჩენი სხვადასხვა მარკის ნამზადისაგან დამზადებულმა ბურღებმა, რომლებიც $2000\text{ნ/მმ}^2 \leq \sigma_{\text{დ}} \leq 2500\text{ნ/მმ}^2$ შორის იცვლებოდა, გამოავლინა მეტ-ნაკლებად ერთნაირი ცვეთის მნიშვნელობები, მაგრამ აქაც დადასტურდა ის ფაქტი, რომ რაც მეტია ნამზადის სიმტკიცის ზღვრის მანკვებელი ღუნვაზე, მით ნაკლებია ცვეთა მის სამ ძირითად მჭრელ წიბოზე [12, 17, 21, 22].



სურ. 1. ნაბეჭდი ფილების დასამუშავებელი სალი შენადნობის სპირალური ბურღის გეომეტრიული პარამეტრები და ცვეთის დამახასიათებელი აღილები
 1. L - საერთო სიგრძე; 2. l - მჭრელი ნაწილის სიგრძე; 3. l_1 - მუშა ნაწილის სიგრძე; 4. α - სპირალური ღარის დახრის კუთხე;
 5. 2ϕ - ორმაგი გადაღესვის კუთხე; 6. d - ბურღის დიამეტრი; 7. d_1 - ბოლოვანას დიამეტრი; 8. K - ბურღის გულის დიამეტრი; 9. f - ზოლურას სიგანე;
 10. B - ზურგის სიგანე; 11. q - ზურგის დიამეტრი; 12. α - მთავარი უკანა კუთხე;
 13. α - დამხმარე უკანა კუთხე



სურ. 2. ნაბეჭდი ფილების ბურღით დამუშავების სქემა:
 I-II - ერთმანეთზე დამაგრებული ორი CΦ-351 მარკის მინატექსტოლიტის ფილა;
 III - ჩარხის მაგიდაზე დასადებად გამოყენებული ΓΦ მარკის გენიტაქსი



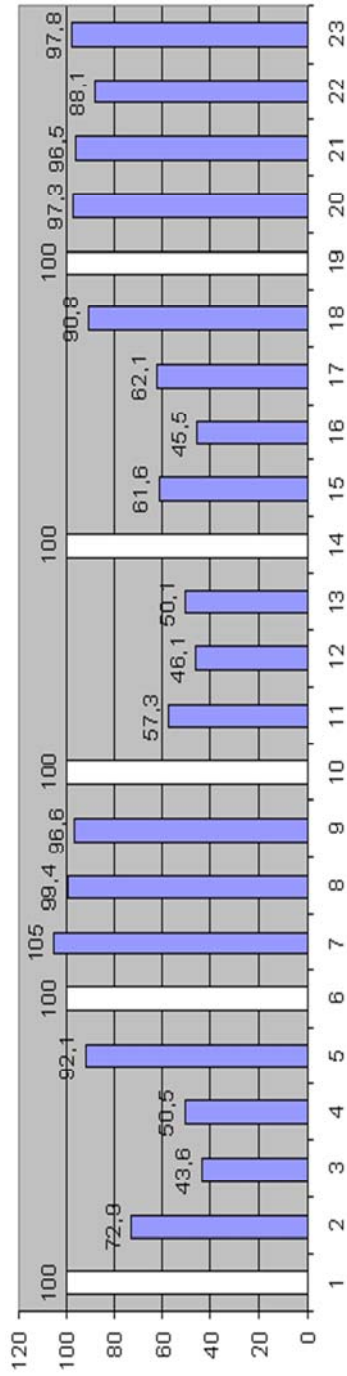
სურ.3. ყოფილი საბჭოთა კავშირის ტერიტორიაზე არსებული ქარხნების მიერ წარმოებული სხვადასხვა მარგის სალი შენადნობებისაგან დაზუადებული d-10 88 ბურღების ცვეთამგდობის მონაცემები

- 1. ВК6М – (МЗУ.ЭВМ) ბელორუსია
- 2. ВК6М – (ВНИИТС) რუსეთი
- 3. ВК6ХОМ – (ВНИИТС) რუსეთი
- 4. ВК10МХ – (ВНИИТС) რუსეთი
- 5. ВК8ХОМ – (ВНИИТС) რუსეთი

- 6. ВК6М – (МЗУ.ЭВМ) ბელორუსია
- 7. ВК6ОМГ – (ГТУ) საქართველო
- 8. ВК6МГГ – (ГТУ) საქართველო
- 9. ВК6ОМ – (Ав. 3) უკრაინა
- 10. ВК6М – (МКТС) რუსეთი

- 11. ВК6М – (МЗУ.ЭВМ) ბელორუსია
- 12. ВК6М – (3. Чиратов) საქართველო
- 13. ВК6ОМГ – (ГТУ) საქართველო
- 14. ВК6М – (О.3.Т.С.) ვლადიკავკაზი
- 15. 8UF – (Sandvik) ავსტრია

- 16. ВК6М – (МЗУ.ЭВМ) ბელორუსია
- 17. ВК10МХ – (ВНИИТС) რუსეთი
- 18. ВК6ОМГ – (ГТУ) საქართველო
- 19. 8UF – (Sandvik) ავსტრია



ნახ. 9. გვეროლის წამყვანი ფორმების მიერ წარმოდგენილი $d=10$ 38 ბურღების ცვეთაშედეგობის მონაცემები

1. BKGM-(MEY.3BM) ბელორუსია	6. BKGM-(MEY.3BM) ბელორუსია	11. HGF-(Sandrak) აგბტრია	16. EMT210-(Extramert) შვეიცარია	21. BKGM T-(სტუ) საქართველო
2. BKGM-ის ტიპი(Xam) გერმანია	7. BKGM-(Karsop) რუსეთ-აგბტრია	12.HOF. Sandrak აგბტრია	17.H10F-(Xam) გერმანია	22.PL11-(Planza) აგბტრია
3. K12L-(Spiralhoak) შვეიცარია	8.HGF-(Karsop) რუსეთ-აგბტრია	13.HUF. Sandrak აგბტრია	18.PL10-(Planza) აგბტრია	23.BK10MX-(BHMTC) რუსეთი
4. K10-(Spiralhoak) შვეიცარია	9.H10-(Fridniks) შვეიცარია	14. BKGM-(MEY.3BM) ბელორუსია	19. BKGM-(MEY.3BM) ბელორუსია	
5. BKGM-ის ტიპი-(Fridniks) გერმანია	10. BKGM-(MEY.3BM) ბელორუსია	15. EMT100-(Extramert) შვეიცარია	20. BKGM-(Karsop) რუსეთ-აგბტრია	

3. დასკვნა

1. დსთ-ს ტერიტორიაზე არსებულ სალი შენადნობის ბურღების ნამზადების მწარმოებელთა შორის ჩატარებული ექსპერიმენტების დროს ცვეთამდეგობაზე სხვებთან შედარებით მაღალი შედეგები აჩვენეს ВК6М (М.З.У. ЭВМ – ბელორუსია), ВК60МГ (სტუ – საქართველო) და ВК10МХ (ВНИИТС - რუსეთი) მარკის შენადნობებისაგან დამზადებულმა ბურღებმა [19, 21, 22].

2. აღსანიშნავია ის ფაქტი, რომ ნამზადებს, რომელთაც აქვთ სიმტკიცის ზღვრის ღუნვაზე მაღალი მაჩვენებელი, $\sigma > 2000$ ნ/მმ², მათი ცვეთის კრიტერიუმები სამ ძირითად მჭრელ წიბოებზე (*h, h, . უ. ზ გ წ*) იყო უფრო ნაკლები, ვიდრე იმ ნამზადებისა, რომელთა $\sigma < 2000$ ნ/მმ². [12, 17, 21, 22].

3. ვერც ერთმა ВК-ტიპის შენადნობებისაგან დამზადებულმა სხვადასხვა მარკის ბურღებმა ცვეთამდეგობაზე ვერ აჩვენა ისეთი შედეგი, როგორც 8UF (Sandvik-ავსტრია) მარკის ბურღმა, რომლის $\sigma < 34000$ ნ/მმ² (~45%-ით ნაკლები) [12, 17, 21, 22].

4. დადგინდა, რომ მსხბ ცვეთამდეგობაზე განსაკუთრებულ გავლენას ახდენს სიმტკიცის ზღვრის ღუნვაზე მაღალი მაჩვენებელი [12, 17, 22].

5. სისაღე მოქმედებს ბურღის ცვეთამდეგობაზე, მაგრამ არა ისე, როგორც სიმტკიცის ზღვარი ღუნვაზე [12, 17, 22].

6. იმისათვის, რომ ზემოაღნიშნული ქარხნების ნამზადები იყოს მსოფლიოს წამყვანი ფირმების მიერ გამოქვეყნებული პროდუქციის ანალოგიური, აუცილებელია საგრძნობლად გაუმჯობესდეს სალი შენადნობების, როგორც საიბრადო მასალის ხარისხი, ამადლდეს მათი ფიზიკურ-მექანიკური მახასიათებლები: სიმტკიცის ზღვარი ღუნვაზე, სისაღე, შემცირდეს ფორიანობა, მიღწეულ იქნას შესაცხოები ფხვნილების სუპერმარცვლოვანება, სიმკვრივის თანაბარი განაწილება მთელ დასაწნეს მოცულობაში, მიღებულ იქნას წვრილმარცვლოვანი მიკროსტრუქტურა და სხვ.

ლიტერატურა

1. Бер А.Ю., Манскер Ф.Е. Сборка полупроводниковых приборов и интегральных микросхем. М. Высшая школа. 1986 300 с.
2. Гуськов Г.Я., Блинов Г.А., Газаров А.А. Монтаж микроселектронной аппаратуры. М., "Радио и связь", 1988. 175 с.
3. ОТЧЕТ. Р. Турманидзе, Адамия Д. и др. Разработка технологии изготовления и установление рациональных режимов эксплуатации прецизионных твердосплавных микроинструментов. ОТЧЕТ по научно-исследовательской работе №05-122/86 регистр. №01860051972 в двух томах. Тбилиси, 1987 г.
4. ОТЧЕТ Р. Турманидзе, Адамия Д. и др. Разработка

технологии изготовления прецизионных микроинструментов для сборки и монтажа узлов РЭА ОТЧЕТ по научно-исследовательской работе №348/88 Тбилиси, 1989 г.

5. Технологии в производстве электроники. Сборник стати специалистов опубликованных ими в официальных изданиях. Производство печатных плат. Часть I. Составитель Медведев А.М. Издательство «Электрон Сервиз Технология». Москва, 2005 г. ст. 517.
6. Технологии в производстве электроники. Справочник. Производство печатных плат и обрабатывающие инструменты. Часть II. Под редакцией Семенова П.В. Издательский дом «Технология». Москва 2007 г. ст. 565.
7. ბეთანელი ა. მჭრელი ინსტრუმენტის სიმტკიცეზე გამოცდის მეთოდები. თბილისი: სპი. სამეცნიერო შრომების კრებული "მანქანათმშენებლობის ტექნოლოგია", №10(280), 1984. გვ. 21-26.
8. ОТЧЕТ. Р. Турманидзе, Адамия Д. и др. Разработка технологии изготовления прецизионных сборочных микроинструментов из новых марок твердых сплавов. ОТЧЕТ по научно-исследовательской работе регистр. №01890067659 Тбилиси, 1989 г.
9. Аваков А.А. Физические основы теории стойкости режущих инструментов. М. машгиз. 1960, 308 с.
10. Беккер М.С., Гордон М.Б., Лосева Н.Р. Активация условий работы режущего инструмента - проблема физико-химическая. Проблемы создания и внедрения высокопроизводительного режущего инструмента с пониженным содержанием вольфрама / Всесоюз. науч. симпозиум: Тез. докл. Тбилиси, 1977. с. 109.
11. Верещака А.С., Кушнер В.С., Резание Материалов. Учебник, Москва, Издат. Высшая школа, 2009 г., 535 с.
12. Адамия Д.Р., Жилис В.И., Абрамов С.Н. Качество твердого сплава и стойкость сверл при сверление печатных плат. Тезиси докладов Международной научно-технической конференции, "Совершенство процессов финишной обработки в машино-приборостроении", г. Минск, 1995 г., с. 4.
13. Александров А.Я., Жилис В.И., и др. Исследование напряжений и деформаций в спиральном сверле. Вильнюс. 1974.
14. Алексеев Н.В. К решению задачи кручения спиральных сверл. Вильнюс. 1974. 14 с.
15. ТУ 2-035-853-81. Сверла спиральные твердосплавные для сверления отверстий в печатных платах на стенках с УПУ. Вильнюс, ВЗС БЛГИС 1981. с. 12.
16. Жилис В.И., Адамия Д.Р. Износостойкость спиральных сверл для печатных плат, изготовленных из различных марок твердого сплава. Издательство "Мошиностроение", журнал "Станки и инструмент", Москва, №23(690), 1991. 11-13 с.
17. Жилис В.И., Адамия Д.Р., Зинкевич Г.Т. Стойкость сверл, изготовленных из зарубежных марок,

- твердого сплава. Материали научно-технической конференции, Вильнюс 2000 г. 11-17 см.
18. Турманидзе Р.С. Некоторые особенности проектирования и изготовления твердосплавных прецизионных микроинструментов. Труды Харьковского технического университета "Резание и инструмент", вып. 50. 1995 г.
 19. ადამია დ., ბახანაძე ვ., ღვინიაშვილი ზ. ცვალებადი კუთხის მქონე სალი შენადნობის სპირალური ბურღის საბურბუშედე ღარების ფორმირების თავისებურებები. თბილისი, სამეცნიერო-ტექნიკური ჟურნალი „ტრანსპორტი და მანქანათმშენებლობა“. №3(15) 2009, გვ. 133-140.
 20. Карпушевский, Б. Дюбнер Л. (Магдебург. Германия.), Турманидзе, Р. Адамия, Д. Гвиниашвили З. Спиральные сверла малых размеров с переменным углом наклона стружечных канавок Резание и Инструмент в технологических системах международный научно-технический сборник. Харьков НТУ "ХПИ" 2008 г. см. 154-160. (Тбилиси. Грузия).
 21. Краткий ОТЧЕТ. Жилис В.И., Адамия Д.Р., Абрамов С.Н. Влияние угла наклона винтовой линии, толщины сердцевины и ширины пера на стойкость цельнотвердосплавных спиральных сверл для сверления печатных плат из стеклотекстолита. «Отчет по научно-исследовательской работе». Регистр. №1165947. от 13.02.94 г. Вильнюс (Республика Литва). 1994 г. ст. 3.
 22. Жилис В.И., Адамия Д. Р. Износостойкость спиральных сверл для печатных плат, изготовленных из различных марок твердого сверла. Издательство "Машиностроение", Журнал "Станки и инструмент", Москва №23 (690), 1991 г. с. 11-13.
 23. Денискнко В.И. Жесткость спиральных сверл и их эксплуатационные характеристики. Вильнюс, 1974. 14 с.
 24. Турманидзе Р.С. оптимизация конструктивно-геометрических параметров и технологии производства твердосплавных прецизионных микроинструментов. Диссертация на соискание ученой степени ДТН. ГТУ. Тбилиси, 1990 г. ст. 258.
 25. Турманидзе Р.С., Адамия Д.Р., Амиридзе М.Н. Влияние механических свойств твердого сплава и угла наклона винтовой канавки на износостойкость мелькоразмерных спиральных сверл при обработке печатных плат. Резание и инструмент. Международный научно-технический сборник. Н.Т.У. «ХПИ». Харьков, 2002. ст. 9.
 26. Гост 10316-78. Гетинакс и стеклотекстолит фольгированные. Общие технологические условия. Москва, издательство стандартов 1978, с. 21.
 27. Гост 22093-76; Гост 22094-76. Гетинакс и стеклотекстолит фольгированные и нефольгированные марки. Москва, издательство стандартов 1976, с. 11.

UDC 669.018.25:621.95.025

INFLUENCE OF PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF TOOL MATERIALS ON WEAR RESISTANCE OF PRECISION DRILLS

R. Turmanidze, G. Popxadze, G. Tabatadze

Resume: Goal: Was improvement of exploitation properties of precision tools made of tough metal-ceramic alloys for production of small dimensional electronic components (SEC) and radio electronic apparatuses (REA).

Method: Study of the impact of physical-mechanical characteristics of instrument materials made by the leading manufacturers of the world with respect to the wear-and-tear properties of precision drills and selection of the material, which would possess the high wear criteria in the process of drilling.

Results: On the basis of testing of various instruments, the method was developed for adequate selection of billets for concrete designation instruments and for the processes of their conditioning and the analysis of results of their practical realization was performed for a wide spectrum of tough alloys.

Conclusion: It was proved that efficiency of micro-tools made of tough metal-ceramic material alloys alongside with other parameters, depends greatly on chemical composition of tool material, purity of the components, granulation, and what is most important, on adequate leading of sintering process.

Key words: tough metal-ceramic alloys; radio-electronics; precision instruments; drill; tool instrument.

УДК 669.018.25:621.95.025

ВЛИЯНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ИЗНОСОСТОЙКОСТЬ ПРЕЦИЗИОННЫХ СВЕРЛ

Р.С. Турманидзе, Г.Г. Попхадзе, Г.С. Табатадзе

Резюме: *Цель:* Улучшение эксплуатационных свойств прецизионных инструментов изготовленных из твердых металлокерамических материалов для производств малогабаритных электрических узлов и радиоэлектронных аппаратур.

Метод: Изучение влияния физико-механических свойств инструментальных материалов изготовленных передавыми производствами мира на износостойкость прецизионных сверл и выбор материала высокими показателями по износостости.

Результат: На основе испытания различных инструментов разработана методика правильного выбора балванок и процессов обработки для инструмента конкретного назначения и проведен анализ их практической реализации для большого спектра твердых сплавов.

Выводы: Потвержден, что эффективность микроинструментов изготовленных из металлокерамических твердых сплавов наряду других параметров зависит от химического состава инструментального материала, чистоты компонентов, зернистости и что самое главное правильного проведения процессов спекания, результатом чего являются физико-механические и эксплуатационные свойства.

Ключевые слова: Прецизионный инструмент; режущий инструмент; спиральные верла; инструментальные материалы.

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

შ ი ნ ა ა რ ს ი

ზ. კოვზირიძე, გ. მენტეშაშვილი, პ. ხორავა, ხ. ბლუაშვილი. მართვადი ლოკალური კვიპრთერმის მეთოდის შესწავლა უსაფრთხოებაზე3

ზ. კოვზირიძე, ნ. ნიჭარაძე, მ. ბალახაშვილი, გ. ტაბატაძე, მ. მშვილდაძე. ანტიდამქანბანის გავლენა ნახშირბაღმცველი დოლომიტ-სმრკენტიინიტური კომპოზიტის თვისებებზე 14

ნ. სინაურიძე, ს. ბაბგარაძე, ნ. კუციავა, თ. ქანთარია, თ. ქანთარია, რ. ქაცარავა. სუსპენზიის მოცულობის ერთეულში მიკროსფეროების რაღენობისა და თავისუფალი მოცულობის განანბარიშება შიღა დიამეტრსა და კელის სისქეზე დამოკიდებულებით20

მ. დემეტრაძე, ჾრ. ჩაგუნავა, ნ. კუციავა. ზობიერთი საკვები პროღუქტის კონსერვაციის მეთოდები28

ი. ბერძენიშვილი, მ. სირაძე, ს. ხიტალიშვილი, ი. კობალაძე. ძიმიური წონასწორობა და მისი წანაცვლების მიმართულების თვისებრივი შეფასება 34

ბ. მაისურაძე, ზ. სიმონგულაშვილი, ი. მაისურაძე, თ. მაისურაძე. შეროშენადნობების ნარჩენების გამოყენების შესაკლებლობის შესწავლა სილიკომანბანუმის დნობის პროცესში 38

ბ. მაისურაძე, ზ. სიმონგულაშვილი, ი. მაისურაძე, თ. მაისურაძე. ტყიბულის ნახშირიღან სპეციალური სახის აღმღბენლის მიღება44

ჯ. შენგელია, გ. წურწუშია, ი. სულაძე, თ. ტყეშელაშვილი, ე. თეღიაშვილი. ლითონური ვერცხლით მოღიშიცირებული ცეოლიტიანი ფოროვანი კერამიკული შიღტრის დამზადება და მისი ანტიბაქტერიული თვისებები 52

რ. თურმანიძე, გ. ფოფხაძე, გ. ტაბატაძე. საიარაღო მასალების შიზიკურ-მექანიკური თვისებების გავლენა მჭრელი ბურღების ცვეთამღებობაზე64

CONTENTS

Z. Kovziridze, G. Menteshashvili, P. khorava, Kh. Bluashvili. STUDY OF HARMLESSNESS OF LOCAL CONTROLLED HYPERTHERMIA METHOD	3
Z. Kovziridze, N. Nizharadze, M. Balakhashvili, G. Bakhtadze, M. Mshvildadze. IMPACT OF ANTIOXIDANT ON THE PROPERTIES OF CARBON-CONTAINING DOLOMITE-SERPENTINITE COMPOSITE	14
N. Sinauridze, S. Badzgaradze, N. Kutsiava, T. Kantaria, T. Kantaria, R. Katsarava. COMPUTATION OF THE NUMBER AND LOADING CAPACITY OF MICROSPHERES DEPENDING ON THEIR GEOMETRICAL PARAMETERS	20
M. Demetradze, †R. Chagunava, N. Kutsiava. SOME OF THE METHODS OF FOOD PRESERVATION	28
I. Berdzenishvili, M. Siradze, S. Hitalishvili, I. Kobaladze. CHEMICAL EQUILIBRIUM AND QUALITATIVE ASSESSMENT OF ITS DIRECTION SHIFT	34
B. Maisuradze, Z. Simongulashvili, I. Maisuradze, T. Maisuradze. LEARNING THE POSSIBILITIES OF USING FERROALLOY REMNANTS IN MELTING PROCESS OF SILICOMANGANESE	38
B. Maisuradze, Z. Simongulashvili, I. Maisuradze, T. Maisuradze. RECEIVING SPECIAL TYPE REDUCING SUBSTANCES FROM TKIBULI COAL	44
J. Shengelia, G. Tsurtsunia, I. Suladze, T. Tkeshelashvili, V. Tediashvili. FABRICATION AND ANTIBACTERIAL CHARACTERISTICS OF ZEOLITE POROUS CERAMIC FILTER MODIFIED WITH SILVER	52
R. Turmanidze, G. Popxadze, G. Tabatadze. INFLUENCE OF PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF TOOL MATERIALS ON WEAR RESISTANCE OF PRECISION DRILLS	64

СОДЕРЖАНИЕ

Ковзиридзе З.Д., Ментешашвили Г.З., Хорава П.А., Блуашвили Х.Т. ИЗУЧЕНИЕ МЕТОДА УПРАВЛЯЕМОЙ ЛОКАЛЬНОЙ ГИПЕРТЕРМИИ НА БЕЗОПАСНОСТЬ	3
Ковзиридзе З.К., Нижарадзе Н.С., Балахашвили М.И., Табатадзе Г.С., Мшвилдадзе М.Д. ВЛИЯНИЕ АНТИОКИСЛИТЕЛЯ НА СВОЙСТВА УГЛЕРОДСОДЕРЖАЩЕГО ДОЛОМИТО-СЕРПЕНТИНИТОВОГО КОМПОЗИТА	14
Синауридзе Н.О., Бадзгарадзе С.А., Куциава Н.А., Кантариа Т.Д., Кантариа Т.Д., Кацарава Р.Д. РАСЧЕТ ЧИСЛА И СУММАРНОЙ ЕМКОСТИ МИКРОСФЕР В ЕДИНИЦЕ ОБЪЕМА МИКРОСУСПЕНЗИИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ИХ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ	20
Деметрадзе М.Б., †Чагунава Р.В., Куциава Н.А. МЕТОДЫ КОНСЕРВАЦИИ НЕКОТОРЫХ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ	28
Бердзенишвили И.Г., Сирадзе М.Г., Хиталишвили С.В., Кобаладзе И.Д. ХИМИЧЕСКОЕ РАВНОВЕСИЕ И КАЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА НАПРАВЛЕНИЯ ЕГО СМЕЩЕНИЯ	34
Майсурадзе Б.Г., Симонгулашвили З.А., Майсурадзе И.Б., Майсурадзе Т.Г. ИЗУЧЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ФЕРРОСПЛАВНЫХ ОТХОДОВ В ПРОЦЕССЕ ВЫПЛАВКИ СИЛИКОМРГАНЦА	38
Майсурадзе Б.Г., Симонгулашвили З.А., Майсурадзе И.Б., Майсурадзе Т.Г. ПОЛУЧЕНИЕ СПЕЦИАЛЬНЫХ ВИДОВ ВОСТОНОВИТЕЛЯ ИЗ ТКИБУЛЬСКИХ УГЛЕЙ	44
Шенгелия Дж.Г., Цурцумия Г.С., Суладзе И.Ш., Ткешелашвили Т.М., Тедиашвили В.Дж. ИЗГОТОВЛЕНИЕ МОДИФИЦИРОВАННОГО СЕРЕБРОМ ЦЕОЛИТОВОГО ПОРИСТОГО КЕРАМИЧЕСКОГО ФИЛЬТРА И ЕГО АНТИБАКТЕРИАЛЬНЫЕ СВОЙСТВА	52
Турманидзе Р.С., Попхадзе Г.Г., Табатадзе Г.С. ВЛИЯНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ИЗНОСОСТОЙКОСТЬ ПРЕЦИЗИОННЫХ СВЕРЛ	64

kompiuterul i uzrunvel yofa x. ungi aZi s
redaqtori m. kal andaZe

saqarTvel os keramikosTa asociacia 2007 wl idan
gawevrianda keramikosTa msofli o federaciaSi

saqarTvel os keramikosTa asociacia 2002 wl idan evropis
keramikosTa asociaciis wevria

saqarTvel os keramikosTa asociacia daarsda 1998 wel s
Jurnal i daarsda 1999 wel s

Jurnal Si statiebi ibeWdeba qarTul , ingl isur, germanul da rusul enebze

*gamoqveynebul i masal is avtorebi pasuxismgebel ni arian moyvanil i
faqtebis, citatebis da sxva monacemebis Sercevasa da sizusteze, aseve Ria
publikaciaSi kanoniT akrZal ul i monacemis gaxmaurebaze.
redaqcias SeuZl ia gamoaqveynos masal ebi ise, rom ar iziarebdes avtoris
Sexedul 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. 19. 1(37). 2017
masal is gadabewdvisas Jurnal is miTiteba aucil ebel ia
ТБИЛИСИ, "КЕРАМИКА", Vol. 19. 1(37). 2017
При перепечатке ссылка на журнал обязательна
ТБИЛИСИ, "CERAMICS", Vol. 19. 1(37). 2017
Reference of magazine is obligatory on reprinting

pirobiTi nabeWdi Tabaxi 5. 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>
