

ISSN 1512-0325

**საქართველოს კერამიკოსთა ასოციაციის ჟურნალი**  
**JOURNAL OF THE GEORGIAN CERAMISTS' ASSOCIATION**



**კ ე რ ა მ ი კ ა**

**CERAMICS**

**და მოწინავე  
ტექნოლოგიები**

**AND ADVANCED  
TECHNOLOGIES**

სამეცნიერო-ტექნიკური და სანარმოო ილუსტრირებული,  
რეგისტრირებული, რეფერირებადი ჟურნალი

*Vol. 22. 1(43). 2020*

## სარედაქციო კოლეგია:

მ. ბალახაშვილი, მ. ბიბილაშვილი, გ. გაფრინდაშვილი (მთ. რედ. მოადგილე), ნ. გელოვანი, ლ. გვასალია, ა. გრიგოლიშვილი, ნ. დარახველიძე, ელ. ელიზბარაშვილი, დ. ერისთავი, ლ. თოფურია, რ. თურმანიძე, ი. კახნიაშვილი, მ. კეკელიძე, ზ. კოვზირიძე (მთ. რედაქტორი), ნ. კუციავა, ნ. ლოლაძე, მ. მაისურაძე, ნ. მარგანი, ზ. მესტირიშვილი, თ. მიქაძე, გ. მუმლაძე, მ. მუჯირი, ნ. მჭედლიშვილი, ნ. ნიჟარაძე (პასუხისმგებელი მდივანი), დ. ნოზაძე, ა. სარუსანიშვილი (მთ. რედ. მოად.), გ. ტაბატაძე, ი. ქაშაკაშვილი, რ. ქაცარავა, ვ. ქინკლაძე, ე. შაფაქიძე, ჯ. შენგელია, მ. ცინცაძე, რ. ხუროძე, თ. ჭეიშვილი, მ. ხუციშვილი, დ. ჯინჭარაძე

## EDITORIAL BOARD:

M. Balakhashvili, M. Bibilashvili, T. Cheishvili, N. Darakhvelidze, E. Elizbarashvili, D. Eristavi, G. Gaprindashvili (vice-editor-in-chief), N. Gelovani, A. Grigolishvili, L. Gvasalia, D. Jincharadze, R. Katsarava, I. Kakhniashvili, M. Kekelidze, V. Khinqladze, R. Khurodze, M. Khutsishvili, Z. Kovziridze (editor-in-chief), N. Kuciava, N. Loladze, M. Maisuradze, N. Margiani, N. Mchedlishvili, O. Miqadze, Z. Mestvirishvili, G. Mumladze, M. Mujiri, N. Nizharadze (executive secretary), D. Nozadze, I. Qashakashvili, A. Sarukhanishvili (vice-editor-in-chief), E. Shapakidze, J. Shengelia, G. Tabatadze, L. Topuria, M. Tsintsadze, R. Turmanidze

შურნალში „კერამიკა“  
გამომქვეყნებული სტატიების  
პირითადი თემატიკა

ყველა სახის მიწის,  
კერამიკის, კერამიკული და  
პოლიმერული კომპოზიტების,  
ზემბატარი მასალების,  
ჭიქურის და მიწაწების,  
სხვადასხვა მისი,  
მიწერაღობი მასალების,  
მითი მასალების, ცემენტის და სხვა  
არაორგანული,  
მწვანეობის,  
ასალი და ტრადიციული მასალების  
სფეროში  
ჩატარებული სამეცნიერო კვლევები,  
მათი მიღების ტექნიკა და  
ტექნოლოგია, ნანოტექნოლოგია და  
ნანოტექნიკა  
პოლიმერული პოლიმერული  
ბიოინჟინერია  
ორგანულ ნივთიერებათა  
ტექნოლოგია  
მეტალურგია  
მასალათმცოდნეობა  
კომპოზიციური მასალები და  
ლანაფარები  
არაორგანული და ორგანული  
სინთეზი  
ნანომასალებისა და კომპოზიტების  
მიღების ელექტროქიმიური  
ტექნოლოგიები  
თერმოდინამიკა, კინეტიკა და  
კატალიზი

შურნალში აგრეთვე  
შესაძლებელია განთავსდეს  
სტატიები შემდეგ საკითხებზე:

- ✓ ახალი ტექნიკა, მონოპოლიზა  
სანარმოთა და წარმოების ტექნიკური  
გადაიარაღება.
- ✓ სანედლეული ბაზის განვითარება,  
წედლეულის რაციონალური  
გამოყენება, მათ შორის ადგილობრივი  
წარმოების წარჩენების.
- ✓ რესურს- და ენერგოდამზოგველი  
ტექნოლოგიები. გარემოს დაცვა.
- ✓ სანარმოთა სამეურნეო მოღვაწეობა  
საბაზრო პირობებში, ეკონომიკა,  
მარკეტინგი.
- ✓ საქარხნო გამოცდილება.
- ✓ ინფორმაცია, რეკლამა.

გამომქვეყნების სფეროები

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

## ქალბატონი ელმირა (დოდო) ჩხიკვაძე

### სახელოვანი იუბილარი

საქართველოს ტექნიკურმა უნივერსიტეტმა 2019 წლის 25 ოქტომბერს საზეიმო ვითარებაში აღნიშნა უნივერსიტეტის პროფესორის, პედაგოგის, მეცნიერის, საზოგადო მოღვაწის, არაჩვეულებრივი პიროვნების, ქალბატონ ელმირა (დოდო) ჩხიკვაძის იუბილე. ძვირფასო დოდო! გილოცავთ სახელოვან იუბილეს, გისურვებთ ჯანმრთელობას, დიდხანს სიცოცხლეს და ყოველივე საუკეთესოს.



ქალბატონ დოდოზე საუბარი გვინდა დავიწყოთ მისი მშობლების - ბატონ დავით ჩხიკვაძისა და ქალბატონ ნინა მაგლობლიშვილის მოგონებით. მათ ოჯახში ქართული ტრადიციებისთვის დამახასიათებელი ატმოსფერო და სულისკვეთება სუფევდა. ბატონი დავითის მამა დეკანოზი იყო. საერთოდ, ჩხიკვაძეების გვარში ბევრი იყო სასულიერო პირი. ქალბატონი ნინა (ნათესაური კავშირის გამო) იზრდებოდა დიდი ქართველი პოეტის - ალექსანდრე ჭავჭავაძის შვილიშვილის ოჯახში. ჩხიკვაძეების ოჯახში დღემდე ინახება ჭავჭავაძის საგვარეულოს რამდენიმე რელიკვია.

განსაკუთრებული გარემო და წინაპრები სრულებით არ არის აუცილებელი იმისათვის, რომ ოჯახში გამორჩეული პიროვნებები აღიზარდოს, მაგრამ ამ კონკრეტულ შემთხვევაში ეს ნამდვილად ასე მოხდა. ამ ოჯახში, ქალბატონ დოდოსთან ერთად, აღიზარდა ჩვენს ქვეყანაში ძალზე პოპულარული პიროვნება, ცნობილი წყალბურთელი, ბატონი ირაკლი ჩხიკვაძე. ვულოცავთ ბატონ ირაკლის, მის მეუღლეს, ქალბატონ ცისანას, რომელიც დიდხანს მუშაობდა ტექნიკური უნივერსიტეტის ფიზიკური ქიმიის კათედრაზე, მათ შვილებს - დავითსა და ნინოს, შვილიშვილებს და შვილთაშვილებს მათთვის ესოდენ საყვარელი და ახლობელი ადამიანის საიუბილეო თარიღს.

წერილის ფორმატი საშუალებას არ გვაძლევს დაწვრილებით ვისაუბროთ ქალბატონ დოდოს სამეცნიერო მოღვაწეობაზე, ამიტომ შევეხებით მხოლოდ რამდენიმე ძირითადს. ქალბატონი დოდოს მასწავლებელი იყო ქართული ელექტროქიმიური სკოლის ფუძემდებელი, აკადემიკოსი რაფიელ აგლაძე. სწორედ ამ გარემოებამ განაპირობა მისი სამეცნიერო მოღვაწეობის სფერო, რაც გახლავთ ქვეყნის ეროვნული სიმდიდრის - ჭიათურის მანგანუმის მადნების გადამუშავების ჰიდროელექტრომეტალურგიული ტექნოლოგიები. ქალბატონმა დოდომ დაამუშავა მანგანუმის მადნებიდან მაღალხარისხოვანი კონცენტრატების მიღების ორიგინალური ტექნოლოგია, სადაც პირველმა გამოიყენა მირაბილიტის ელექტროლიზით მიღებული ხსნარები. ეს პროცესი შეტანილია მანგანუმის ჰიდროელექტრომეტალურგიის ყველა სახელმძღვანელოში და, თავისი ტექნოლოგიური და ეკონომიკური ეფექტიანობის გამო, დღემდე ითვლება პრობლემის გადაჭრის საუკეთესო ვარიანტად. ქალბატონმა დოდომ დაამუშავა მანგანუმის მადნების მაღალტემპერატურული

აღდგენის ღუმლის ორიგინალური კონსტრუქცია, სადაც გამოიყენა მდულარე შრის ორიგინალური მეთოდი. ამ ღუმლის კონსტრუქცია დაპატენტებულია მრავალ ქვეყანაში და, რაც მთავარია, დანერგილია მრეწველობაში. ქალბატონი დოდო არის 40-მდე სამეცნიერო შრომისა და 4 პატენტის ავტორი. ამ მშრალი ციფრების მიღმა დგას ქალბატონი დოდოს მიერ საკუთარი გონებითა და ხელებით შესრულებული დიდი სამუშაოს ლოგიკური შედეგი. ნაყოფიერი სამეცნიერო მოღვაწეობის გამო, ქალბატონი დოდო დაჯილდოებულია პეტრე მელიქიშვილის სახელობის მედლით.

ქალბატონი დოდო მოწოდებით პედაგოგია. ჩვენ ხშირად დავსწრებივართ მის ლექციებს, სადაც მაღალ პროფესიონალიზმთან ერთად ამჟღავნებს განსაკუთრებულ პედაგოგიურ ნიჭსა და ალღოს. ქალბატონი დოდოს, როგორც პედაგოგის, ერთ-ერთი დამახასიათებელი თვისებაა ის, რომ იგი ძალიან განიცდის გამოცდაზე სტუდენტის ცუდ პასუხს და ამას ძალზე ემოციურად გამოხატავს. მის მიერ სტუდენტის დატუქსვის სცენა ბევრჯერ გვინახავს, თუმცა არ გვახსოვს არც ერთი შემთხვევა, რომ სტუდენტსა და ქალბატონ დოდოს შორის არათუ კონფლიქტური, არამედ მცირე გაუგებრობის მსგავსი სიტუაცია წარმოქმნილიყო. ამის მიზეზი, რა თქმა უნდა, არის ის, რომ სტუდენტი გრძნობს მისი ცოდნის, უფრო სწორად, არცოდნის ობიექტურ შეფასებას. მაგრამ ეს არა არის მთავარი, მთავარია, რომ სტუდენტი გრძნობს ამ საყვედურებსა და გაკიცხვაში რაოდენ დიდი სიყვარულია ჩაქსოვილი. ქალბატონი დოდოს ნაყოფიერ პედაგოგიურ მოღვაწეობაზე მეტყველებს ის, რომ იგი არის 5 სახელმძღვანელოს ავტორი. მეხუთე სახელმძღვანელოზე, რომელიც ლითონთა კოროზიის საკითხებს ეხება, ქალბატონმა დოდომ 2019 წელს დაამთავრა მუშაობა და სულ რამდენიმე თვის წინ გამოიცა.

მაღალ შეფასებას იმსახურებს ქალბატონ დოდოს მოღვაწეობის კიდევ ერთი უმნიშვნელოვანესი სფერო. იგი 10 წელი (1970-1980) ქიმიური და კვების ტექნოლოგიის ფაკულტეტის დეკანი იყო, 1971-1973 წლებში კი – ამავე ფაკულტეტის სამეცნიერო ხარისხის მიმნიჭებელი საბჭოს თავმჯდომარე, 1980-1993 წლებში – ჩვენი უნივერსიტეტის სამეცნიერო საბჭოს სწავლული მდივანი. ყველა ამ ძალზე საპასუხისმგებლო თანამდებობაზე იგი ამჟღავნებდა მაღალ პროფესიონალიზმს და ხელმძღვანელობდა ერთი პრინციპით – მაქსიმალურად შეეწყო ხელი ჩვენს უნივერსიტეტში სასწავლო და სამეცნიერო პროცესების მაღალ დონეზე წარმართვას. ქალბატონი დოდო დაჯილდოებულია ღირსების ორდენითა და მედლით.

ქალბატონი დოდოს საზოგადოებრივ მოღვაწეობაზე ბევრი შეიძლება ითქვას. 1974 წელს მისი ინიციატივით დაარსდა საქველმოქმედო და საგანმანათლებლო საქმიანობით ცნობილი უნივერსიტეტის ქალთა საბჭო, რომელსაც იგი 2006 წლამდე ხელმძღვანელობდა.

ქალბატონი დოდოს ძირითადი პიროვნული თვისებაა სამართლიანობის განსაკუთრებულად მძაფრი შეგრძნება. მის პიროვნულ თვისებებს ყველაზე კარგად გამოხატავს ძალზე ღრმა შინაარსის მქონე, მრავლისმომცველი ქართული გამოთქმა – ავკარგიანი ადამიანი.

პოლიტიკური ინსტიტუტის დამთავრების შემდეგ ქალბატონმა დოდომ მუშაობა დაიწყო არაორგანული ქიმიისა და ელექტროქიმიის ინსტიტუტში. იმხანად ინსტიტუტში რამდენიმე წამყვანი მეცნიერი მოღვაწეობდა, რომელთა შორის, ამა თუ იმ სამეცნიერო პრობლემის ირგვლივ გამართული დებატები ხშირად ძალზე მწვავე ხასიათს იძენდა და,

არცთუ იშვიათად, საქმე კონფლიქტური სიტუაციების წარმოქმნამდე მიდიოდა. ქალბატონ დოდოს, მიუხედავად ახალგაზრდული ასაკისა, უკვე საკმაო ავტორიტეტი ჰქონდა მოპოვებული და აქტიურად მონაწილეობდა ამ დებატებში. იგი ყოველთვის ცდილობდა მაქსიმალურად გამოერიცხა სუბიექტური ფაქტორები და გამოენახა კონფლიქტური სიტუაციებიდან გამოსვლის გზები და, რაც მთავარია, ქალბატონი დოდო, სწორედ სამართლიანობის პოზიციიდან გამომდინარე, ხშირად მიდიოდა იმ პიროვნებების წინააღმდეგ, რომლებზეც დამოკიდებული იყო მისი მომავალი, სამსახურებრივი წინსვლა და კარიერა. მოგვიანებით, ეს დვაწლმოსილი მეცნიერები ერთხმად აღნიშნავდნენ ქალბატონი დოდოს მნიშვნელოვან წვლილს ინსტიტუტში მაშინ არსებული ვითარების გაჯანსაღების საქმეში.

ქალბატონი დოდოსთვის ძვირფასი და მშობლიურია მთელი ჩვენი უნივერსიტეტი, განსაკუთრებით კი ელექტროქიმიის კათედრა. იგი ამ კათედრაზე დაეუფლა თავის სპეციალობას და გახდა ელექტროქიმიკოსი. მოგვიანებით, 1968 წელს იგი კვლავ დაუბრუნდა ამ კათედრას, როგორც პედაგოგი.

ჩვენმა კათედრამ ერთი წლის წინ აუნაზღაურებელი დანაკლისი განიცადა. გარდაიცვალა კათედრის პროფესორი, მსოფლიო დონის მეცნიერი თამაზ აგლაძე, რომელიც სიცოცხლის ბოლომდე ხელმძღვანელობდა კათედრას. ჩვენო ძვირფასო დოდო! ჩვენ დღეს განსაკუთრებით გვჭირდება თქვენი პროფესიონალიზმი, გამოცდილება, უცვლელად შემორჩენილი ახალგაზრდული სულისკვეთება, თქვენი ავკარგიანობა და ამიტომ დიდხანს უნდა იყოთ ჩვენს გვერდით, ჩვენთან ერთად. ეს სჭირდება არა მარტო ჩვენს მცირერიცხოვან კოლექტივს, არა მარტო ქიმიური ტექნოლოგიისა და მეტალურგიის ფაკულტეტს, არამედ საქართველოს ტექნიკურ უნივერსიტეტს.

*საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი*

*ჟურნალ „კერამიკისა და მოწინავე ტექნოლოგიების“ სარედაქციო კოლეგია*

*შემდგენლები: ჯემალ შენგელია, მაია გაბრიჩიძე, მარინე დონაძე*

უკ 542.544.553

## მანგანუმშემცველი მტვრისა და კოქსის წვრილმანის შემცველი კაზმის შემკვრელის – თხევადი მინის ოპტიმალური მახასიათებლების დადგენა

ნ. გაბრიამე, თ. ჭიჭიანი

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

E-mail: gabriadzenana79@gmail.com

**რეზიუმე:** მიზანი. სამუშაოს მიზანია ორკომპონენტური, მანგანუმშემცველი საწარმოო მტვრისა და კოქსის წვრილმანის შემცველი, კაზმის შემკვრელად გამოყენებული თხევადი მინის ოპტიმალური კონცენტრაციის და რაოდენობის დადგენა.

**მეთოდი.** ორკომპონენტური ნარევის შესაკვრელად სამი განსხვავებული კონცენტრაციის (სიმკვრივის) თხევადი მინის დამზადება და დაბრიკეტების პროცესში გამოყენება; განსხვავებული სიმკვრივის თხევადი მინის სხვადასხვა რაოდენობით კაზმში შეყვანა და ნარევის ყალიბში დაწნებით მათი დაბრიკეტებისადმი მიდრეკილების შეფასება.

**შედეგი.** დადგინდა თხევადი მინის გამოყენებით დაწნეხილი ნიმუშების ხარისხზე თხევადი მინის კონცენტრაციისა და რაოდენობის გავლენა. დაწნეხისას, ყალიბიდან ამოღებული ბრიკეტების ხარისხის შეფასებით, გამოირჩევა კაზმის შემკვრელად დაბალი ( $d=1,15$  გ/სმ<sup>3</sup>) და მაღალი ( $d=1,38$  გ/სმ<sup>3</sup>) სიმკვრივის თხევადი მინის გამოყენების შესაძლებლობა. რეკომენდებულია „მტვერ-კოქსის წვრილმანი“ ნარევის შემკვრელად 27,5% კონცენტრაციის (სიმკვრივე 1,25 გ/სმ<sup>3</sup>) თხევადი მინის გამოყენება.

**დასკვნა.** სამკომპონენტური კომპოზიციის (მანგანუმშემცველი მტვერი – კოქსის წვრილმანი – თხევადი მინა) დაბრიკეტებისას რეკომენდებულია 10–30მას.% კოქსის წვრილმანისა და 90–70 მას.% მანგანუმშემცველი მტვრისაგან შედგენილი ნარევის გამოყენება, როდესაც შემკვრელად აღებული  $d=1,25$  გ/სმ<sup>3</sup> სიმკვრივის თხევადი მინის შემცველობა 8–12 მას.%-ს შეადგენს.

**საკვანძო სიტყვები:** მანგანუმშემცველი მტვერი; კოქსის წვრილმანი; ნარევი; შემკვრელი; თხევადი მინა; დაწნეხა.

### 1. შესავალი

ზესტაფონსა და მის მიმდებარე ტერიტორიებზე არასასურველი ეკოლოგიური მდგომარეობაა, რაც

ძირითადად უკავშირდება ზესტაფონის ფეროშენადნობთა ქარხნის (ზფქ) საქმიანობას. ზფქ-ში მიმდინარე სილიკომანგანუმის მიღების ტექნოლოგიური პროცესი რამდენიმე სახის საწარმოო მტვრის წარმოქმნის წყაროა, მათ შორის: კაზმის მომზადება (მანგანუმშემცველი ქანის და აღმდგენის – კოქსი/ნახშირი ფრაქციებად დაყოფა), მზა პროდუქტის – სილიკომანგანუმის მსხვილი ნატეხების მსხვრევა (ე.წ. ლითონური მტვრის წარმოქმნას იწვევს) და სილიკომანგანუმის სადნობი ღუმლიდან ამოფრქვეული მტვერი (ძირითადი ნაწილი ილექება აირსაწმენდ ფილტრებში) და სხვა [1, 2].

ამავე დროს, საწარმოო მტვრის ძირითადი სახეობა მანგანუმს შეიცავს ისეთი რაოდენობით (20%-ზე მეტი), რაც მისი ტექნოგენურობის წინაპირობას ქმნის. მაგრამ მტვრისებრი ფრაქციების ღუმელში დაბრუნება ტექნოლოგიურად მიზანშეწონილი ვერ იქნება (წაიტაცება ღუმლიდან ამოფრქვეული აირებით), რაც განაპირობებს მტვრის წინასწარ მომზადებას. ტექნოგენური საწარმოო მტვრის მოსამზადებლად საჭიროდ მიიჩნევენ მის დაგუნდავებას (სხვა უფრო მსხვილფრაქციულ მასალებთან შერწყმით) და შემდგომ (გრანულების ან ბრიკეტების სახით) დაბრუნებას ტექნოლოგიურ პროცესში [3].

ეკოლოგიური და ტექნოლოგიური ხასიათის საკითხების შერწყმა, საწარმოო მტვრის საფუძველზე, ტექნოგენური მასალის მიღების არგუმენტირებულ წინაპირობად მივიჩნით.

### 2. ძირითადი ნაწილი

ზფქ-ის საწარმოო ფილტრებში დალექილი (დაჭერილი) მტვერი, რომელიც საკვლევ ობიექტად შეირჩა, დიდი ოდენობით შეიცავს მანგანუმსა და კაჟმიწას. მისი შედგენილობის ოქსიდურ შედგენილობაზე გადაანგარიშებით, მტვერში ძირითადად (დაახლოებით 50–50 მას.%-მდე)  $MnO_2$  და  $SiO_2$  წარმოდგენილი (ცხრ. 1). ამავე დროს, მტვრისებრი (ნაწილაკების ზომა 0,1 მმ-ზე ნაკლებია) მასალის გამოდნობის პროცესში დაბრუნება გარკვეულ სირთულეებთანაა დაკავშირებული, რომელთა გადაწყვეტა მათ დაგუნდავებას მოითხოვს.

**მანგანუმშემცველი მტვრისა და კოქსის  
ქიმიური შედგენილობა**

N	მასალის დასახელება	ნივთიერებათა შემცველობა (მას.%)			
		MnO <sub>2</sub>	SiO <sub>2</sub>	C	ტენი და სხვა არაორგანული შემადგენელი
1	მანგანუმშემცველი მტვერი (ოქსიდური, დაყვანილი)	48,1	49,4	–	2,5
2	კოქსი (წვრილმანი)	–	–	84	16,0

არსებული საკითხის გადაწყვეტა მტვრისა და სხვა უფრო მსხვილფრაქციული მასალისაგან მოითხოვდა ისეთი კაზმის მიღებას და შემდგომ დაგუნდავებას, რომელიც უზრუნველყოფდა, სილიკომანგანუმის დნობით მიღების ტექნოლოგიურ პროცესში, საწარმოო მტვრის ეფექტურ ჩართვას. აღნიშნულიდან გამომდინარე, კვლევის ობიექტად შეირჩა კომპოზიცია, რომელშიც მანგანუმშემცველ მტვერთან ერთად წარმოდგენილია აღმდგენი, რომელიც ხელს უწყობს მტვერში წარმოდგენილ MnO<sub>2</sub>-ისა და SiO<sub>2</sub>-ის ლითონურ მდგომარეობამდე აღდგენას და სილიკომანგანუმის შენადნობების მიღებას. კერძოდ, შესწავლილ იქნა ორკომპონენტური

„მტვერ-კოქსის“ კომპოზიცია, რომელთა შედგენილობას მიენიჭა ინდექსი „DC“. აღმდგენლად აღებულია წმინდა ფრაქციული კოქსი (მარცვლების ზომა  $\leq 3$  მმ), რომელშიც ნახშირბადის შემცველობა 84 მას.%-ს შეადგენდა (ცხრ.1).

მანგანუმშემცველი მტვრისა და კოქსის წვრილმანის შემცველი კაზმების შედგენილობების ანგარიში ითვალისწინებდა კოქსში წარმოდგენილი ნახშირბადით მანგანუმისა და სილიციუმის ოქსიდების სრულ აღდგენას (თეორიულად და პრაქტიკულად საჭირო) და, საწარმოო პირობებიდან გამომდინარე, კოქსის რაოდენობის კონკრეტული სიჭარბის კოეფიციენტით აღებას (ცხრ. 2).

**მანგანუმშემცველი მტვრისა და კოქსის შემცველი  
კაზმების შედგენილობა (მას. %)**

შედგენილობის ინდექსი	კაზმში წარმოდგენილი მტვრის რაოდენობა	აღმდგენის რაოდენობა (თეორიული)	კაზმში კოქსის შემცველობა	
			სიჭარბის კოეფიციენტი K=1	სიჭარბის კოეფიციენტი K=2
DC - 0	100	16,0	-	-
DC - 1	90	14,4	17,1	34,2
DC - 2	80	12,8	15,2	30,4
DC - 3	70	11,2	13,3	26,6
DC - 4	60	9,6	11,4	22,8
DC - 5	50	8,0	9,5	19,0

კვლევისათვის შეირჩა ხუთი (DC-1 – DC-5) შედგენილობის კაზმი, რომელთა საფუძველზე დაგუნდავებული პროდუქტის მიღებისას გათვალისწინებულ იქნა ნარევის შემადგენელი ინგრედიენტების განსხვავებული ფრაქციულობა და მიზანშეწონილია შესაბამისი კაზმების დაბრიკეტების ხერხით დაგუნდავება. ვინაიდან დაბრიკეტების პროცესის ხარისხიანი წარმართვა მოითხოვს, როგორც წესი, დასაგუნდავებელ კაზმში შემკვრელის შეყვანას, შემკვრელად გამოყენებულია არაორგანული

ლი ბუნების შემკვრელი – თხევადი მინა, რაც ასეთ შემთხვევაში რეკომენდებულია [4,5].

ჩვენ მიერ ჩატარებულ კვლევაში გამოვიყენეთ m=3 მოდულის, მაგრამ განსხვავებული კონცენტრაციის (სიმკვრივის) თხევადი მინა:

- $G_{max}$  (კონცენტრაცია 35 %, d = 1,38 გ/სმ<sup>3</sup>);
- $G_{mid}$  (კონცენტრაცია 27,5 %, d = 1,25 გ/სმ<sup>3</sup>);
- $G_{min}$  (კონცენტრაცია 20,0 %, d = 1,15 გ/სმ<sup>3</sup>).

საკვლევი DC შედგენილობის კაზმების დაბრიკეტებისადმი მიდრეკილების გამოსავლენად შევა-

სების მარტივი ხერხი შევარჩიეთ. მიდგომა იმაში მდგომარეობს, რომ ხუთივე (DC-1 ... DC-5) ნარევი დამზადდა „ჰაერზე გამშრალ“ მდგომარეობაში მყოფი მასალებიდან, რომელთა შერევისას ემატებოდა 5 მას.% წყალი 100 მას.% კაზმის ზემოთ. დატენიანებული კაზმები დაიწნება ყალიბში 12 მპა წნევით და შემდეგ მოხდა მიღებული ნაწნების ვიზუალური შეფასება. კერძოდ, შეფასების კრიტერიუმს შეადგენდა ნაწნებში მასალათა გადანაწილება - ურთიერთშერწყმა, რაც ვიზუალურად, მათი 4-ჯერადი გადიდებით (ლუპით დათვალიერებით) მოხდა. დადგინდა, რომ კარგი შედეგი მიიღწევა DC-1, DC-2 და DC-3 შედგენილობებში, როდესაც ადგილი აქვს მანგანუმშემცველი მტვერის ნაწილაკებით კოქსის მარცვლების მეტ-ნაკლებად კარგად (თანაბარზომიერი) შემოგარსვას. მიღებული შედეგების საფუძველზე შემდგომი კვლევები ჩატარდა ერთი გასაშუალოებული შედგენილობისათვის (DCM), რომელიც შეიცავდა: მტვერი – 80 მას. % და კოქსის წვრილმანი – 20 მას. %. DCM ნარევს დაემატა სამივე

სახის ( $G_{max}$ ,  $G_{mid}$ ,  $G_{min}$ ) თხევადი მინა 6, 8, 10 და 16 წ.წ. ოდენობით. შესაბამისი ნარევების (კაზმი და თხევადი მინა) ბრიკეტებად დაყალიბების საწნეხი ძალა 12 მპა-ს შეადგენდა. ყალიბიდან ამოღებული ნიმუშები პირობითი კრიტერიუმებით შეფასდა:

- 0 ბალი (არადაამაკმაყოფილებელი) – ყალიბიდან ამოღებისას ნიმუში იშლება უფორმო ფხვიერ ნაწილებად;
- I ბალი (დაბალი ხარისხი) – ნიმუში ყალიბიდან ამოღებისას კარგავს ფორმას;
- II ბალი – მიიღება ფორმამდეგი ნიმუში, რომელიც ადგილმონაცვლეობისას ნაწილობრივ იშლება მომსხო ნატეხებად;
- III ბალი – ნიმუში ინარჩუნებს ფორმას ყალიბიდან ამოღებისა და გადანაცვლებისას.

შესაბამისი შედგენილობის ნარევების (მტვერი-კოქსი-თხევადი მინა) მუდმივი ძალით ყალიბებში დაწნეხით მიღებული ნიმუშების შეფასების შედეგები წარმოდგენილია მე-3 ცხრილში.

ცხრილი 3

**შესაბამისი შედგენილობის კაზმებისა და თხევადი მინის კომპოზიციაში მიღებული ნარევის დაყალიბების უნარი**

სერია და №	ნარევის შედგენილობა	შემკვრელის (G) რაოდენობა, %	დაყალიბებული ნიმუშის შეფასება (ბალები)	დაყალიბებული ნიმუშის ზედაპირის მახასიათებელი	საბოლოო შეფასება (შედეგი)
A - 1	DCM + $G_{max}$	6	0	–	უარყოფ.
A - 2		8	I	–	უარყოფ.
A - 3		10	II	–	უარყოფ.
A - 4		12	II	–	უარყოფ.
A - 5		16	III	დატენიანება	დადებითი
B - 1	DCM + $G_{mid}$	6	I	–	უარყოფ.
B - 2		8	II	–	უარყოფ.
B - 3		10	III	–	დადებითი
B - 4		12	III	–	დადებითი
B - 5		16	III	სისველე	უარყოფ.
C - 1	DCM + $G_{min}$	6	I	–	უარყოფ.
C - 2		8	II	თეთრი ლაქები	უარყოფ.
C - 3		10	II	თეთრი ლაქები	უარყოფ.
C - 4		12	III	სისველე	უარყოფ.
C - 5		16	III	სისველე	უარყოფ.

ჩატარებული კვლევის საფუძველზე შესაძლებელია ზოგადი შეფასების გაკეთება: ერთნაირ პირობებში დაწნეხილი ნარევების მდგრადობას განსაზღვრავს თხევადი მინის სახეობა და რაოდენობა.

### 3. დასკვნა

„მანგანუმშემცველი მტვერი – კოქსის წვრილმანი“ კომპოზიციაში, დასაბრიკეტებელი ნარევები უნდა შეიცავდეს არაუმეტეს 70% მანგანუმშემცველ მტვერს და 30% კოქსის წვრილმანს.



„მანგანუმშემცველი მტვერი – კოქსის წვრილ-მანი“ კომპოზიციის ეფექტურ შემკვრელად შეიძლება გამოყენებულ იქნეს  $m=3$  მოდულისა და 27,5% კონცენტრაციის თხევადი მინა.

თხევადი მინის გამოყენებით შესაძლებელია მტვისებრი და წვრილმარცვლოვანი მასალების შემცველი ნარევის დაბრიკეტება, როდესაც შემკვრელის რაოდენობა 8 – 12 მას. %-ს შეადგენს.

### ლიტერატურა

1. ზ. სიმონგულაშვილი, ი. მაისურაძე, ბ. მაისურაძე. ფეროშენადნობთა წარმოების ნარჩენებიდან კომპლექსური ბრიკეტების მიღების ოპტიმალური პარამეტრების დადგენა. ჟურნალი „ენერჯია“, 2013, N3(67), გვ. 47-51.
2. ნ. გიგაური, ლ. გვერდწითელი, ა. სურმავა, ლ. ინწკრიველი. ზესტაფონის მიმდებარე ტერიტორიის ნიადაგის ზედაპირზე მტვისის განაწილების მოდელირება. საქართველოს საინჟინრო სიახლენი, 2018, N2, ტ. 86, გვ. 62-64.
3. Тимашев В.В., Сулименко Л.М., Альбац Б.С. Агломерация порошкообразных силикатных материалов. М. Стройиздат, 1978, 136 с
4. Рывкин Н.Ю., Гремин А.Я., Антвин Е.М. и др. Брикетирование мелкозернистых и тонкодисперсных материалов со связующим. Журнал „Кокс и химия“, 2000, Т. 10, с. 36-44.
5. Григорьев П.Н., Матвеев М.А. Растворимое стекло. М., Промстройиздат. 1966, 443 с.

---

UDC 542.544.553

## ESTABLISHMENT OF OPTIMUM CHARACTERISTICS OF LIQUID GLASS – BINDER OF MIX CONTAINING MANGANESE-CONTAINING DUST AND COKE FINES

N. Gabriadze, T. Cheishvili

Georgian Technical University, Department of Chemical and Biological Technologies, Str Costava 69, 0175 Tbilisi, Georgia

E-mail: gabriadzenana79@gmail.com

**Resume: Goal.** The work objective was the establishment of optimum concentration and quantity of liquid glass used as a two-component binder, containing manganese-containing industrial dust and coke fines.

**Method.** Preparation of liquid glass of three different concentrations (density) intended for binding of two-component mixture and its use in the briquetting process; insertion of various quantities of different-density liquid glass into a mix and estimation of their tendency to briquetting through mixtures' pressing into a mould.

**Result.** Impact of liquid glass concentration and quantity on the samples quality pressurized using a liquid glass was established. Possibility of use a low-density ( $d=1,15 \text{ g/cm}^3$ ) and high-density ( $d=1,38 \text{ g/cm}^3$ ) liquid glass as a mix binder was eliminated through estimation of briquettes' quality taken out from a mould under identical pressuring conditions. Use of liquid glass with 27,5% concentration (density  $1,25 \text{ g/cm}^3$ ) as a binder of “dust – coke fines” mixtures is recommended.

**Conclusion.** In case of three-component (manganum-containing dust – coke fines – liquid glass) composition briquetting the use of a mixtures composed from 10-30 mass % of coke fines and 90-70 mass % of manganese-containing dust is advised, when a content of liquid glass with  $1,25 \text{ g/cm}^3$  density taken as a binder equals to 8-12 mass %.

**Key words:** manganese-containing dust; coke fines; mixture; binder; liquid glass; pressing.

---

უაკ 547.668+543.183

## ზოგიერთი 24-წევრიანი მაკროციკლური პოლიაზომეთინით ბიოპოლიმერის მარკირება

ზ. გელიაშვილი, ი. ლავილავა

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

E-mail: z.geliashvili@gtu.ge

**რეზიუმე:** მიზანი. ფლუორესცენტული მარკერების გამოყენების სფეროთა სიმრავლე და მრავალმხრივობა პირდაპირკავშირშია მიკრობიოლოგიისა და ჰისტოლოგიის ურთულეს ამოცანებთან – უჯრედების სტრუქტურის კვლევებიდან დაწყებული მათი მოლეკულური შედგენილობის დადგენით დამთავრებული. როგორც ცნობილია, გადასაჭრელი ამოცანის სირთულის მიუხედავად, გადამწყვეტი მნიშვნელობა ენიჭება უხსნარი და მდგრადი საკვლევი ნიმუშების მიღებას, რასაც, როგორც წესი, უზრუნველყოფს მარკერსა და ციტოპლაზმის პროტეინის მოლეკულებს შორის კოვალენტური ბმების წარმოქმნა, რაც, თავის მხრივ, ცილის მაკრომოლეკულაში არსებული ფუნქციური ჯგუფების (-NH<sub>2</sub>, -OH, -NHCO- და სხვა) და საღებრის მოლეკულის რეაქციის უნარის მქონე ჯგუფების (მაგ., -N=CH-, -C≡N, Cl<sub>2</sub>, -NH<sub>2</sub> და სხვა) ხარჯზე ხორციელდება. აღსანიშნავია, ცილებისა და ნახშირწყლების სელექციურად მოდიფიცირება, წყალსა და სპირტხსნარებში აღნიშნული ფუნქციური ჯგუფების დაბალი რეაქციის უნარის გამო. სამუშაოს მიზანია აღნიშნული პრობლემის გადაჭრის მცდელობა, პირველადი ამინო- და დიქლორტრიანინული ჯგუფის შემცველი 24-წევრიანი მაკროციკლური პოლიაზომეთინების გამოყენებით, ცილის მაკრომოლეკულაში არსებული ცალკეული ამინო- და კარბონილის ჯგუფების ფრაგმენტის საშუალებით ე.წ. ბიოპოლიმერის მარკირება.

**მეთოდი.** კვრცხის ცილის შესადები ფრაგმენტისა და ფლუორესცენტული მარკერის აქტიური ჯგუფების აღნაგობიდან გამომდინარე, პირობები განსხვავებულია, კერძოდ თითოეულ ცილას თავისი განსაკუთრებული ფორმა აქვს. თუ გარემოს ტემპერატურა ან pH შეიცვალა, ან ქიმიურმა ნივთიერებებმა იმოქმედა ცილაზე, მაშინ ურთიერთქმედება ირღვევა. განისაზღვრა პირობები და მაკრომოლეკულაში არსებული ამინო- და კარბონილის ჯგუფების საშუალებით შეიქმნა ცილის ფრაგმენტების მარკირების საშუალება.

**შედეგები.** გამოიკადა სინთეზირებული პირველადი ამინო- და დიქლორტრიანინული ჯგუფების შემცველი 24-წევრიანი მაკროციკლური პოლი-

აზომეთინების გამოყენებით მარკერებად კვლევა. მათი საშუალებით განხორციელდა პოლიპეპტიდური სტრუქტურის მქონე მასის ღებვა.

**დასკვნა.** 24-წევრიანი მაკროციკლური პოლიაზომეთინებით ჩატარდა ამინო- და კარბონილური ჯგუფების ხარჯზე, ცილოვანი ბიომოლეკულის მარკირება. 24-წევრიანი მაკროციკლური პოლიაზომეთინებისა და პოლიპეპტიდური სტრუქტურის მქონე მასით წარმოქმნილი შედეგილი კონიუგატები ხასიათდება მკაფიოდ გამოხატული ლუმინესცენციით და შეფერილობა იცვლება ყვითელ და მწვანე ფერებად.

**საკვანძო სიტყვები:** აზომეთინი; პოლიაზომეთინი; ფლუორესცენტული მარკერი; ლუმინესცენციური საღებარი; მაკროციკლი; ცილის სუბსტრატის კონიუგატი; ღებვა; ფერი.

### 1. შესავალი

აზომეთინების, როგორც მეტად მნიშვნელოვანი ფიზიკურ-ქიმიური, ბიოლოგიური თუ ტექნიკური თვისებების მქონე ნაერთების გამოყენების სფეროები, მეტად მრავალრიცხოვანი და არაერთგვაროვანია. ისინი აქტიურად გამოიყენება მედიცინაში, სხვადასხვა სამეცნიერო დარგში, დიაგნოსტიკასა და წარმოებაში და ა.შ. აზომეთინური ნაერთები წარმოებაში, მეცნიერების დარგებსა და დიაგნოსტიკაში გამოიყენება, როგორც ლუმინოფორული თვისებების მქონე საღებრები და პიგმენტები. აზომეთინებს იყენებენ ლიგანდებად კომპლექსნაერთების სინთეზში. მიღებული კომპლექსები ხასიათდება მდიდარი ფიზიკური, ქიმიური და ბიოლოგიური თვისებებით. აზომეთინები გამოიყენება აგრეთვე რეზინის წარმოებაში, თხევად კრისტალებში, ანალიზური და სამედიცინო დანიშნულებით და სხვა [1-7].

მაკროციკლურ პოლიაზომეთინებს ახასიათებს როგორც აზომეთინების, ისე მაკროციკლური ნაერთების თვისებები და მეტად საინტერესოა [8,9].

სამეცნიერო ჯგუფებმა წარსულში ჩაატარეს სხვადასხვა ლუმინოფორული თვისების მქონე ნაერთების ფლუორესცენტულ მარკერებად კვლევა [10,11].

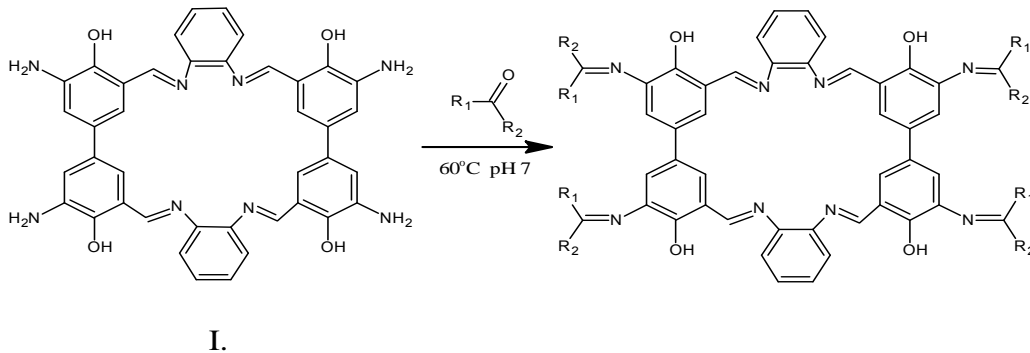
სამუშაოს მიზნიდან გამომდინარე, საინტერესოა მაკროციკლური აზომეთინების ფრაგმენტებში შემავალი, აქტიური ფუნქციური ჯგუფების საშუალებით, კვერცხის ცილოვანი ფრაგმენტის მარკირება. როგორც ცნობილია, ცილები ან პროტეინები მაღალმოლეკულური ბუნებრივი ორგანული ნაერთებია, რომლებიც ამინომჟავებისაგანაა აგებული. ცილები ცხიმებთან, ნახშირწყლებსა და ნუკლეინმჟავებთან ერთად ცოცხალ არსებათა შემადგენელი აუცილებელი ქიმიური კომპონენტებია და მრავალგვარი ბიოლოგიური დანიშნულება აქვს [12].

## 2. ძირითადი ნაწილი

კვერცხის ცილის მარკირების მცდელობა პირველადი ამინო- და დიქლორტრიაზინული ჯგუფების შემცველი 24-წევრიანი მაკროციკლური პოლიაზომეთინების (I, II) გამოყენებით განხორციელდა. ცილის შესაღები ფრაგმენტისა და ფლოუორესცენტული მარკერის აქტიური ჯგუფების აღნაგობიდან გამომდინარე, პირობები, რომლებშიც ცილების ლუმინესცენციურ საღებრებთან ქიმიური შეკავშირება ტარდება, სხვადასხვაა, კერძოდ კვერცხის ცილას თავისი განსაკუთრებული ფორმა აქვს. თუ გარემოს ტემპერატურა ან pH შეიცვალა, ან ქიმიურმა

ნივთიერებებმა ცილაზე იმოქმედა, ურთიერთქმედება ირღვევა, ცილა სამგანზომილებიან სტრუქტურას კარგავს და ისევ ამინომჟავების ჯაჭვად გადაიქცევა ანუ ცილა მაღალორგანიზებული სტრუქტურის დაკარგვით დენატურირებულ ცილად გარდაიქმნება რომელიც, როგორც წესი, ვერ ფუნქციონირებს.

საწყის ეტაპზე ამინოჯგუფის შემცველი 24-წევრიანი მაკროციკლური პოლიაზომეთინური ლუმინოფორული საღებრით (I) ბიოლოგიური მასალის მარკირება განხორციელდა. პროცესი წყალხსნარში მიმდინარეობს, უნდა მოვერიდოთ pH-ის ექსტრემალურ მნიშვნელობებს და მაღალ ტემპერატურას. ცილის სუბსტრატის მარკირება 10–15°C ტემპერატურაზე ჩატარდა ნეიტრალურ არეში საღებრის (I) ორი კონცენტრაციის, 1–1,5%-იანი (განზ.) და 10–12%-იანი (კონც.) სპირტხსნარის გამოყენებით, რომელიც ცილას თანდათანობით ემატებოდა, 10:1 (ცილის წყალხსნარი/საღებრის სპირტხსნარი) თანაფარდობით, გამხსნელით გამოწვეული ცილის თანამდევით არათანაბარი დენატურაციის პროცესის თავიდან ასაცილებლად. სქემაზე წარმოდგენილია 24-წევრიანი მაკროციკლური პოლიაზომეთინით (I) კარბონილის ჯგუფების შემცველი ბიომოლეკულის მარკირება.



სქემა 1. 24-წევრიანი მაკროციკლური პოლიაზომეთინის (I) ცილის სავარაუდო ფრაგმენტის მარკირება

მარკირებული ცილის სრული დენატურაციის მიზნით ახდენენ სინჯების წყლის აბაზანაზე 60°C-მდე გაცხელებას. საღებრისა და ცილით წარმოქმნილი შედეგილი კონიუგატი ხასიათდება მკაფიოდ გამოხატული ყვითელი ფერის ლუმინესცენციით.

ბიოლოგიური მასალის ღებვის მეთოდების მგრძობელობისა და შედეგილი ნიმუშის ნომენკლატურის გაზრდის მიზნით სინთეზირებულ იქნა ახალი ფლოუორესცენტული მარკერი – დიქლორტრიაზინული ჯგუფით გააქტიურებული 24-წევრიანი მაკროციკლური პოლიაზომეთინი (II).

სიმეტრიული დიქლორტრიაზინული ჯგუფით გააქტიურებული 24-წევრიანი მაკროციკლურ პოლიაზომეთინის (II) სინთეზი წინასწარ განხორციელდა 0–5°C-ზე სოდის განზავებულ წყალხსნარში. 2,4,6-ტრიქლორ-1,3,5-ტრიაზინი (ციანურქლორიდი) ციანურმჟავას სამქლორიანი ანჰიდრიდია. ნაერთი ხასიათდება სპეციფიკური, უნიკალური რეაქციის უნარით, რაც ძირითადად დაკავშირებულია ქლორის ატომების განსხვავებულ აქტივობასთან. სამი ქლორის ატომიდან თითოეული შესაბამისად ჩაენაცვლება 0–5°C; 20–40°C და 70–100°C ტემპერატურებზე [13].

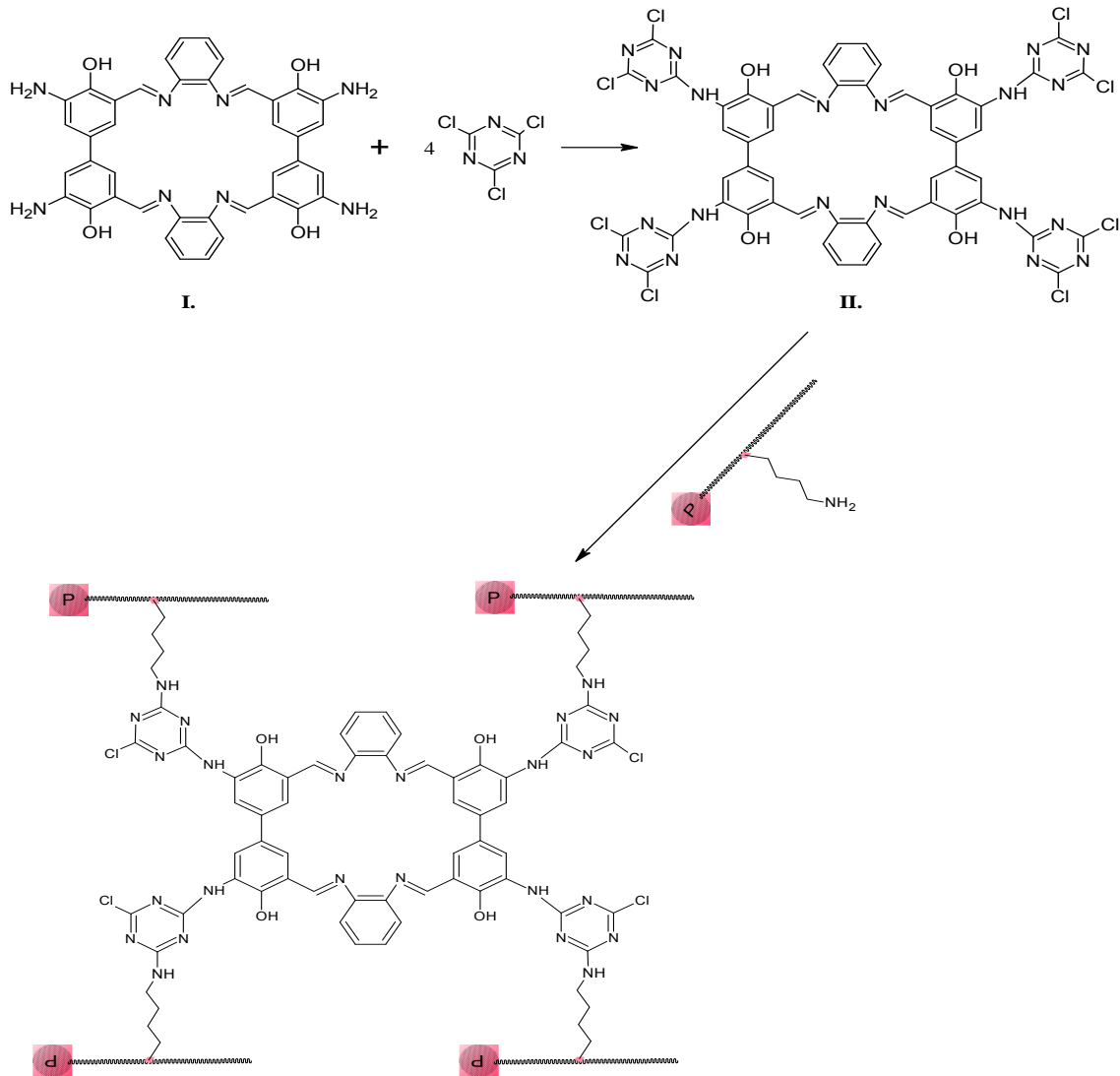
დიქლორტრიაზინული ჯგუფით გააქტიურებული 24-წევრიანი მაკროციკლურ პოლიაზომეთინის (II) სინთეზი მიმდინარეობს წყალ-ორგანულ ხსნარში ან სუსპენზიაში ტუტე აგენტების თანაობისას გამოყოფილი ქლორწყალბადის შესაკავებლად.

საღებართან ქიმიურად დაკავშირებული ციანურქლორიდის ეს თვისება ფართოდ გამოიყენება ე.წ. აქტიურ საღებრებში, რაც შესაძლებელია ნივთიერებასთან მათ ქიმიურ კავშირს განაპირობებს.

ციანურქლორიდით გააქტიურება წარმოებს 1 მმოლი პოლიაზომეთინური საღებრის (I) სპირტ-ხსნარზე 1.5 გ სიმეტრიული ციანურქლორიდის სპირტხსნარის ულუფებად დამატებით, მექანიკური მორევისა და 0–5°C ტემპერატურაზე გაცივების

პირობებში. 5%-იანი სოდის წყალხსნარით ვინარჩუნებთ pH≤6–7. მაკროციკლის N-აცილირება დასრულდება ითვლება, როდესაც სარეაქციო ნარევის pH უცვლელი რჩება და გამოყოფას იწყებს მოყვითალო კრისტალები.

დიქლორტრიაზინული ჯგუფით გააქტიურებული 24-წევრიანი მაკროციკლური პოლიაზომეთინით (II) ჩატარდა ამინოჯგუფების შემცველი პროტეინის ბიომოლეკულის ფლუორესცენტულ მარკერად კვლევა. არსებული პირობებიდან გამომდინარე, მარკირების პროცესი წარიმართა, მეორე ქლორის ატომის ძვრადობის გაზრდის მიზნით, ტემპერატურის (20–25°C) მომატებითა და ნეიტრალური pH-ის მკაცრად დაცვით.



სქემა 2. თავისუფალი ამინოჯგუფების შემცველი ცილის დიქლორტრიაზინული ჯგუფის შემცველი 24-წევრიანი მაკროციკლური პოლიაზომეთინით (II) მარკირება

მიღებულ შედეგებზე კონიუგატს ახასიათებს მკაფიოდ გამოხატული ლუმინესცენცია მწვანე ფერში.

### 3. დასკვნა

განხორციელდა ამინოჯგუფის შემცველი 24-წევრიანი მაკროციკლური პოლიაზომეთინური ლუმინოფორული საღებრით (I) ალდეჰიდური და კეტონური ჯგუფების შემცველი ბიოლოგიური მასალის მარკირება. პროცესი წყალხსნარში მიმდინარეობს ნეიტრალური pH-ისა და 10–15°C ტემპერატურაზე. საღებრით და ცილით შეღებილი კონიუგატი ხასიათდება მკაფიოდ გამოხატული ყვითელი ფერის ლუმინესცენციით.

ასევე განხორციელდა დიქლორტრიაზინული ჯგუფით გააქტიურებული 24-წევრიანი მაკროციკლური პოლიაზომეთინით (II) ამინოჯგუფების შემცველი პროტეინის ბიომოლეკულის ფლუორესცენტულ მარკერად კვლევა. საღებრისა და ცილის ურთიერთქმედებით წარმოქმნილი შეღებილი კონიუგატი ხასიათდება მწვანე ფერის ლუმინესცენციით.

მიღებული ნიმუშები მდგრადია ხანგრძლივი დროის განმავლობაში. შეგვიძლია ვივარაუდოდ, რომ შესაბამისი საღებრებით ცილის მარკირება, რეაქციის უნარის მქონე ჯგუფების საშუალებით, კოვალენტური ბმის წარმოქმნით მიმდინარეობს. აღსანიშნავია, რომ აღნიშნული ჯგუფის შემცველი მარკერების დახმარებით ცილების იდენტიფიკაციის მეთოდი უფრო მგრძობიარეა, რასაც დიდი მნიშვნელობა აქვს ჰისტოქიმიის მთელი რიგი ამოცანების გადაჭრისათვის.

### ლიტერატურა

1. El-Masry A. H., Fahmy H.H., Abdelwahed S.H.A. Synthesis and antimicrobial activity of some new benzimidazole derivatives. *Molecules*, 2000, 5, 1429.
2. Taggi A. E., Hazef A. M., Wack H., Young B., Ferraris D., Lectka T. The development of the first catalyzed reaction of ketenes and imines: catalytic, asymmetric synthesis of  $\beta$ -lactams. *J. Am. Chem. Soc.* 2002, 124, 6626–6635.
3. Macho V., Kralic M., Hudec H., Cingelova J. One stage preparation of Schiff's bases from nitroarenes, aldehydes and carbon monoxide at presence of water. *J. Mol. Catal. A.: Chem.*, 2004, 209, 69-73.
4. Bey P., Vevert J.P. Synthesis of  $\alpha$ -alkyl and  $\alpha$ -functionalized methyl- $\alpha$ -amino acids, *Tetrahedron Lett.*, 1977, 18, 1455-1458.
5. Alrxsander V. Design and synthesis of macrocyclic ligands and their complexes of lanthanides and actinides. *Chem. Rev.*, 1995, 95, 273-342.
6. Hayvali Z., Hayvali M., Dal H. Synthesis and spectroscopic characterization of new Schiff bases containing the benzo-15-crown-5 moiety. *Molecules*, 2004, 9, p. 860-866.
7. ხ.თოფურია, ზ.გელიაშვილი, ნ.დონლაძე. ახალი 24-წევრიანი მაკროციკლური აზომეთინური კომპლექსნაერთები. საქართველოს ქიმიური ჟურნალი. 2012, ტ.12, №1.13-15.
8. Elizbarashvili E., Matitaishvili T., Topuria Kh. Synthesis of Macrocyclic Polyazomethines. *Journal of Brazilian Chemical Society*. 2007, 18, 6, 1254-1258.
9. Топурия Х.Д., Оболашвили Н.З., Гелиашвили З.Э. Синтез 24-членных полиазметиновых макроциклических соединений. *Georgian Engineering News*. 2011, No.1(vol.57), с.112-114.
10. Оболашвили Н.З., Элизварашвили Э.Н., Лагвилава И.В., Топурия Х.Д. Новые флюоресцентные маркеры на основе аминопиридонсодержащих соединений. *Georgian Engineering News*. No. 4, Vol. 52 (2009) 103-106.
11. Topuria Kh.D., Obolashvili N.Z., Karkusashvili T. G., Geliashvili Z. E., Novel 24-membered macrocyclic polyazomethines immobilized on silikagel. *Georgian Engineering News* . 2011, 2, 58, 123-125.
12. W. Laroy, R. Contreras, N. Callewaert. Glycome mapping on DNA sequencing equipment. *J. Nat. Protoc.* 1 (2006) 397-405.
13. Степанов Б. И., Введение в химию и технологию органических красителей, 3-е изд., перераб. и доп. М. *Химия*, 1984, с. 232-438.

UDC 547.668+543.183

## BIOPOLYMER MARKING WITH SOME 24 MEMBERED MACROCYCLIC POLYAZOMETHANE

Z. Geliashvili, I. Lagvilava

Georgian Technical University, Department of Chemical and Biological Technologies, Str Costava 69. 0175 Tbilisi. Georgia

E-mail: z.geliashvili@gtu.ge

**Resume: Goal.** Number of fluoroscentic markers application is directly connected with microbiologic and histologic goals, including cell structure research and its content identification. As it is widely known and considering related implications the main importance is given to unsolvable and sustainable samples production that can be achieved through covalent bonds creation between marker and cytoplasmic protein molecules that usually are formed by functional groups (-NH<sub>2</sub>, -OH, -NHCO-, etc.) protein macromolecules and reactive groups of dye molecules (usually -N=CH-, -C<sub>3</sub>N<sub>3</sub>Cl<sub>2</sub>, -NH<sub>2</sub>, etc.). It is noteworthy that the selective modification of proteins and carbohydrates is due to the low reactivity of the mentioned functional groups in water and alcohols. For the purpose of this work, an attempt is made to solve this problem by using 24-membered macrocyclic polyazomethanes containing a primary amino group and a dichlorotriazine group using amino and carbonyl groups of protein macromolecules, so-called Biopolymer marking.

**Method.** The conditions of the egg white fragment and the active groups of the fluorescent marker vary depending on the conditions. In particular, each protein has its own unique form. If the ambient temperature or pH changes, or chemicals affect the protein, the interaction is broken. The conditions were determined, and a method was created for staining protein fragments containing amino and carbonyl groups in the macromolecule.

**Results.** Under similar conditions, a marker was studied with synthesized 24-membered macrocyclic polyazomethanes containing a primary amino group and dichlorotriazine. They were used to stain a mass having a polypeptide structure.

**Conclusion.** The marking of a protein biomolecule due to the amino and carbonyl groups of 24-membered macrocyclic polyazomethanes is implemented. The colored conjugates of 24-membered macrocyclic polyazomethanes and polypeptide structures, respectively, are characterized by distinct luminescence, yellow and green.

**Key words:** Azometin; Poliazometin; Fluorescent marker; Marking; Luminescent dyes; Macrocyclic; Protein substrate; Conjugate; Dyeing; Color.

უაკ 666.762.93

## ნანომაგნეტიტის ელექტროსინთეზი და გამოყენება ფენოლით დაბინძურებული წყლის გასაწმენდად

მ. დონაძე, ნ. მახალდიანი

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

E-mail: m.donadze@gtu.ge

**რეზიუმე:** მიზანი. კვლევის მიზანია ნანომაგნეტიტის ( $Fe_3O_4$ ) ელექტროსინთეზის ძირითადი პარამეტრების დადგენა და ფენოლით დაბინძურებული წყლის გაწმენდა ნანომაგნეტიტის შემცველი ფილტრის გამოყენებით. ფილტრის სახით გამოყენებულია  $\gamma-Al_2O_3$ -ში იმპრეგნირებული ნანომაგნეტიტი.

**მეთოდი.** ფილტრის ძირითადი კომპონენტი - ოლეინმჟავათი სტაბილიზებული ნანომაგნეტიტი მიღებულია ელექტროსინთეზით ორშირან აბაზანაში. მზრუნავი კათოდის სახით გამოყენებულია ალუმინის რკალი და დადგენილია ელექტროლიზის ოპტიმალური პარამეტრები. მფილტრავი მასალა მიღებულია ბოემიტის სუსპენზიაში ნანომაგნეტიტის ზოლის შერევით და შემდგომი გამოწვით.

**შედეგი.** ორშირან აბაზანაში, ელექტროსინთეზის ოპტიმალურ პირობებში, ალუმინის რკალის ფორმის კათოდზე მიღებული ნანომაგნეტიტის ზოლი ხასიათდება მონოდისპერსიულობით. მის საფუძველზე მიღებული მფილტრავი მასალა - მაგნეტიტით იმპრეგნირებული  $\gamma-Al_2O_3$  ერთგვაროვანია. ფენოლისგან გაწმენდას უზრუნველყოფს ფენტონის მექანიზმი, რადგან მაგნეტიტი  $Fe_3O_4$  ორვალენტთან ( $Fe^{2+}$ ) და სამვალენტთან ( $Fe^{3+}$ ) რკინას ერთდროულად შეიცავს.

**დასკვნა.** ნანომაგნეტიტით იმპრეგნირებული  $\gamma-Al_2O_3$  ფილტრი შესაძლოა გამოყენებულ იქნეს მოხმარების ადგილზე ფენოლით დაბინძურებული წყლის გასაწმენდად.

**საკვანძო სიტყვები:** ნანომაგნეტიტი; ელექტროსინთეზი; ბოემიტი; ფენტონის მექანიზმი; ფენოლი.

### 1. შესავალი

ნანორკინის ჟანგ-მაგნეტიტი ( $Fe_3O_4$ ) პერსპექტიული მასალაა წყლის გაწმენდის და ბიოსამედიცინო სფეროში. მისი მეშვეობით შესაძლებელია წყლის გაწმენდა ბაქტერიებისა და ისეთი ტოქსიკური, მძიმე ლითონებისგან, როგორცაა Hg, Pb, Cd, Tl და სხვა. იგი საუკეთესო სორბენტია. პოლიეთილენიმიწით დეკორირებული მაგნიტური ნანოწილა-

კების მეშვეობით შესაძლებელია  $Cu^{2+}$  იონების კვალის გაქრობაც. მაგნიტური ნანონაწილაკების მეშვეობით შესაძლებელია საღებავების, პესტიციდებისა და სხვა ორგანული დამბინძურებლების მოშორება. მას აქვს როგორც სორბციის, ისე მაღალი ჟანგვის უნარი და  $Fe^{2+}$  და  $Fe^{3+}$  იონების ერთობლივად არსებობის გამო, მონაწილეობს ფენტონის მსგავს რეაქციებში და ახდენს ისეთი მძიმე ორგანული ნაერთების მინერალიზაციას, როგორცაა ფენოლი და მისი წარმოებულები [1-2].

### 2. ძირითადი ნაწილი

#### მაგნეტიტის ( $Fe_3O_4$ ) ელექტროსინთეზი

ნანომაგნეტიტი ( $Fe_3O_4$ ) ჟანგვითი და სორბციული უნარის გამო გამოიყენება მძიმე ლითონებით, საღებავებითა და პესტიციდებით დაბინძურებული წყლის გასაწმენდად.

მაგნეტიტის ( $Fe_3O_4$ ) ნანონაწილაკების მიღების მრავალი მეთოდი არსებობს. ძირითადად ნანომაგნეტიტი მიიღება სველი ქიმიით, ქიმიური თანაგამოლექციით, თერმოქიმიით, ელექტროქიმიით და სხვა [3-5].

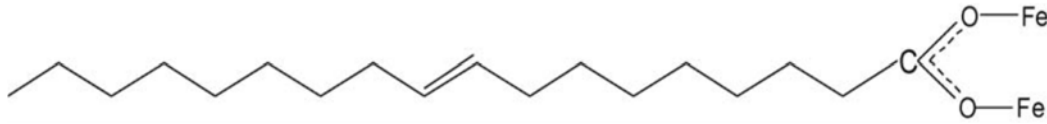
მაგნეტიტის მიღება ელექტროსინთეზით აღწერილია მრავალ სტატიაში, სადაც ელექტროლიტის სახით გამოყენებულია როგორც მარტივი, ისე კომპლექსური ელექტროლიტები. ელექტროლიზის პარამეტრებია: ელექტროლიტის კონცენტრაცია, დენის სიმკვრივე, ტემპერატურა, ძაბვა, მაგნეტიტის ნაწილაკის ზომის ცვლილება, მაგნიტური პარამეტრები და სხვა თვისებები [6-10].

მაგნეტიტის ზოლი მიღებულია ელექტროსინთეზით მზრუნავ კათოდზე ორშირან აბაზანაში. ორშირან აბაზანაში მიღებულია ნანოვერცხლი, ნანოთუთია, ნანოსპილენმი და სხვა ლითონები. ნანოვერცხლის მიღების პროცესი აღწერილია სტატიებსა და პატენტებში [11-16].

ნანომაგნეტიტის ზოლის მისაღებად გამოიყენება რკინის (99,19% Fe, 0,75% Mn; 0,053% Cu) ანოდი და ალუმინის კათოდი - რკალი. კათოდის ორგანულ ფაზაში დაყოვნების დრო შეადგენს  $\tau=36$ წმ, ხოლო დენის სიმკვრივე -  $i=60$  ა/დმ<sup>2</sup>. ელექტროლიტის სახით გამოყენებულია რკინის სულფატის ( $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ )

ხსნარი, ხოლო ორგანული ხსნარის სახით - ჰექსანი, რომელშიც გახსნილია ზედაპირულად აქტიური ნივთიერება ოლეინმჟავა.

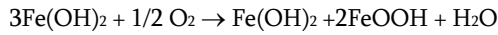
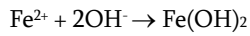
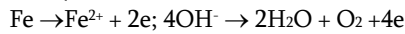
ოლეინმჟავაში რკინა კარბოქსილის ჯგუფთან დაკავშირებულია ბიდენტატური კავშირით.



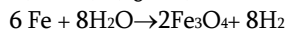
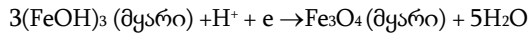
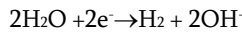
სურ. 1. ოლეინმჟავათი სტაბილიზებული მაგნეტიტი

ელექტროლიზერში მიმდინარე პროცესები:

ანოდი :



კათოდი :

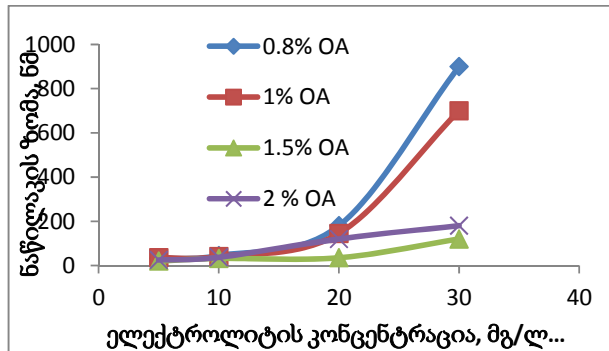


თავდაპირველად ორგანულ ფენაში მიიღება ყავისფერი შეფერილობის ხსნარი, რაც  $\text{Fe}(\text{OH})_2$ -ის წარმოქმნაზე მიუთითებს. ელექტროლიზის დროს ანოდზე გამოყოფილი ჟანგბადი ხელს უწყობს მის დაჟანგვას და მიიღება სამვალენტოანი  $\text{FeOOH}$ . კათოდზე წყალბადის აღდგენის შედეგად ხსნარი მდიდრდება ჰიდროქსილიონებით. მჟავიანობაც ნეიტრალურიდან ( $\text{pH}=7$ ) ტუტე გარემოსკენ ინაცვლებს ( $\text{pH}=9$ ), რის შედეგადაც ორვალენტოანი რკინა აქტიურად იჟანგება და მიიღება სამვალენტოანი

რკინის ჰიდროქსანი. რკინის დაჟანგვას ხელს უწყობს ჟანგბადის აქტიური გამოყოფა რკინის ანოდის ნაწილობრივი პასივაციის გამო. კათოდისპირა არეში რკინის სამვალენტოანი ჰიდროქსიდის მყარფაზური აღდგენისა და დეჰიდრატაციის შედეგად მაგნეტიტი მიიღება.

მაგნეტიტის ელექტროსინთეზის ოპტიმალური პარამეტრების დასადგენად გამოიყენება სხვადასხვა კონცენტრაციის ელექტროლიტი  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ : 30; 20; 10; 5 გ/ლ; ( $\text{Fe}^{2+}$ ); ზედაპირულად აქტიური ნივთიერების (ოლეინმჟავა) სხვადასხვა კონცენტრაცია: 0.8; 1; 1.5; 2% და სინთეზის სხვადასხვა ტემპერატურა: 25; 30; 45°C. ნაწონაწილაკები ზოლში დახასიათებულია დინამიკური შუქგაბნევის მეთოდით. უცვლელი იყო კათოდის ორგანულ ფაზაში დაყოვნების დრო  $\tau_r=36$  წმ და დენის სიმკვრივე  $i=60$  ა/დმ<sup>2</sup>.

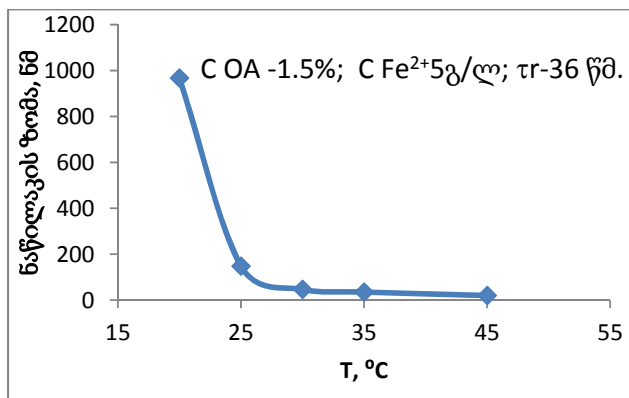
როგორც ჩატარებულმა გაზომვებმა აჩვენა, რაც მეტია ელექტროლიტის კონცენტრაცია, მით დიდია ნაწილაკის ზომა (სურ. 2).



სურ. 2. მაგნეტიტის ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) ნაწილაკის ზომის დამოკიდებულება ელექტროლიტის კონცენტრაციასა და ოლეინმჟავას კონცენტრაციაზე,  $\tau_r=36$  წმ

როგორც მიღებული შედეგებიდან ჩანს, ელექტროლიტის ოპტიმალური კონცენტრაცია 5გ/ლ( $\text{Fe}^{2+}$ ) შეადგენს.





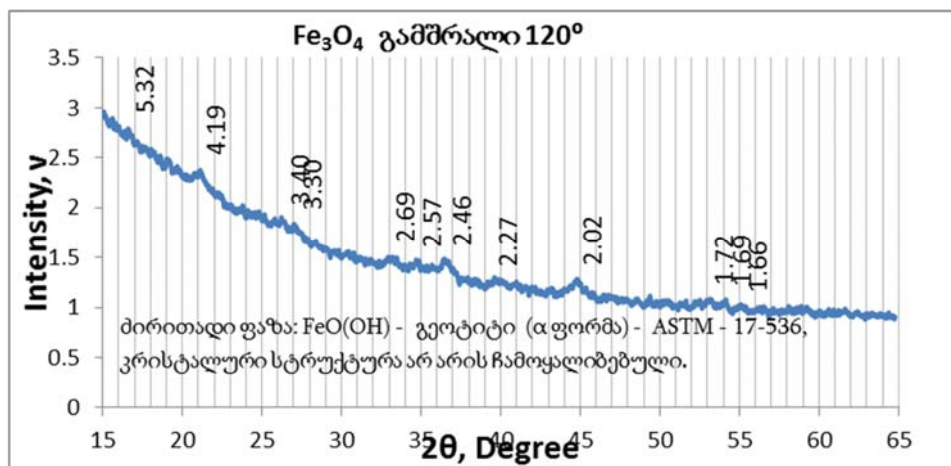
სურ. 3. მაგნეტიტის ( $Fe_3O_4$ ) ნაწილაკის ზომის დამოკიდებულება ელექტროლიზის ტემპერატურაზე; C OA -1.5%; C  $Fe^{2+}$  5გ/ლ;  $\tau r$ -36 წმ

როგორც გრაფიკებიდან (სურ. 2-3) ჩანს, მაგნეტიტის ნაწილაკის ზომიდან გამომდინარე (25-30 ნმ), ელექტროლიზის ოპტიმალური პარამეტრები შემდეგია: ელექტროლიზის ტემპერატურა – 45°C; ელექტროლიტის კონცენტრაცია – 5გ/ლ ( $Fe^{2+}$ ), ოლეინმჟავას კონცენტრაცია – 1.5%; ნანომაგნეტიტის დენით გამოსავალი ზოლში –  $\eta=15\%$ ; სრული დენით გამოსავალი –  $\eta=48\%$ .

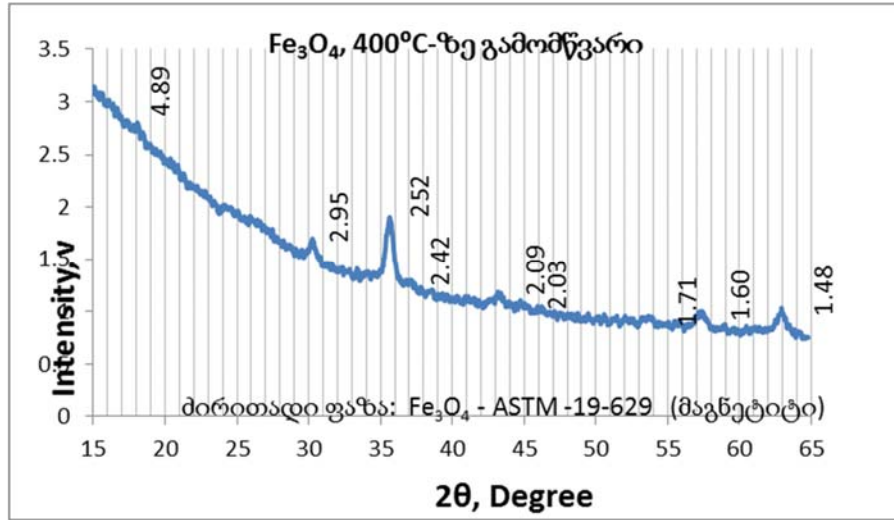
ელექტროლიზის შემდეგ მიღებული მაგნეტიტი ზედმეტი ოლეინმჟავას მოცილების მიზნით ირეცხება ცხელი გამობდილი წყლით, ეთანოლით და კვლავ გამობდილი წყლით, 5სთ-ის განმავლობაში შრება 120°C-ზე. მაგნეტიტის შედგენილობისა და

იდენტიფიკაციის მიზნით ჩატარდა კვლევა რენტგენოფაზური ანალიზით (XRD), ინფრაწითელი სპექტროსკოპიით (FT-IR) და ელემენტარული ანალიზით (SEM-EDS).

რენტგენოფაზური ანალიზით შესწავლილია მაგნეტიტის 120°C-ზე გამშრალი და 400°C-ზე 2-სთ-ის განმავლობაში გამომწვარი ნიმუშები. როგორც რენტგენოფაზური ანალიზიდან ჩანს, 120°C-ზე გამშრალ ნიმუშს აქვს ოლეინმჟავას დამცავი ფენა, რაც ხელს უშლის კრისტალური სტრუქტურის დაფიქსირებას, ხოლო 400°C-ზე გამომწვარი მაგნეტიტის რენტგენოფაზური ანალიზი გვიჩვენებს, რომ ძირითადი ფაზა მხოლოდ მაგნეტიტია.

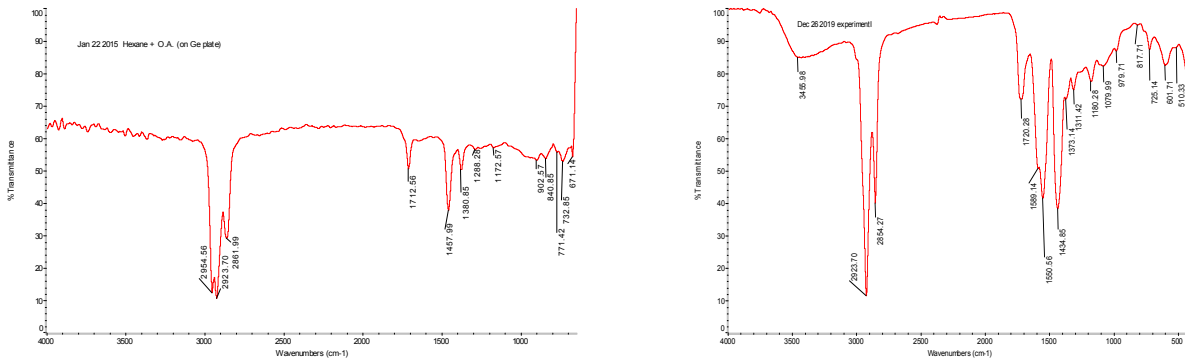


სურ. 4 120°C-ზე გამშრალი მაგნეტიტის რენტგენოფაზური ანალიზი



სურ. 5 400°C-ზე გამომწვარი მაგნეტიტის რენტგენოფაზური ანალიზი

ელექტროსინთეზით მიღებული მაგნეტიტი დახასიათებულია ინფრაწითელი სპექტროსკოპიით (FT-IR). ნიმუშების კვლევა ჩატარდა ინფრაწითელ სპექტრომეტრზე Thermo Nicolet, Avatar 370. დიაპაზონი 400–4000  $\text{cm}^{-1}$ ; გაზომვის სიზუსტე - 0,5  $\text{cm}^{-1}$ . სპექტრები გადაიღეს ვაზელინის ზეთში. საკვლევი ნიმუშის წვრილ-დისპერსიული ფხვნილი აქატის როდინში ვაზელინის ზეთთან შერევის შემდეგ დაიტანეს KBr-ის ფირფიტაზე. შემდეგ დაიტანება KBr-ის ფირფიტაზე. ინფრაწითელი სპექტრის სურათები მოცემულია სურ. 6.



ა

ბ

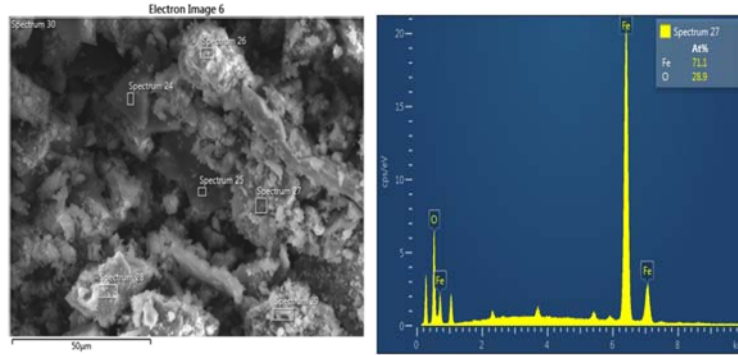
სურ. 6. ფურე - ინფრაწითელსპექტრები:  
 ა) ჰექსანში დისპერჰირებული ოლეინმჟავას ინფრაწითელი სპექტრი;  
 ბ) მაგნეტიტის ინფრაწითელი სპექტრი -  $\text{Fe}_3\text{O}_4 \cdot 1.5\% \text{OA}$

ცნობილია, რომ უჯერი კარბოქსილის მჟავების კარბოქსილის ჯგუფის C=O ბმის რხევის სიხშირე 1700–1725  $\text{cm}^{-1}$  დიაპაზონში მდებარეობს. არსებობს ოლეინმჟავას COOH ჯგუფების ნაწილობრივი ზედაპირთან ორი სახეობის ურთიერთქმედება და ფორმირდება ოლეინმჟავას მონომერი. ოლეინმჟავას მაღალი კონცენტრაციის შემთხვევაში FT-IR სპექტრზე ჩნდება 1710–1725  $\text{cm}^{-1}$  პიკი, რომელიც დამახასიათებელია თავისუფალი COOH კარბოქსილის

ჯგუფისათვის. ოლეინმჟავათი მოდიფიცირებული  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ -ის სპექტრში (ოლეინმჟავას მაღალი კონცენტრაცია) ჩანს C=O ბმის რხევისთვის დამახასიათებელი პიკი 1720  $\text{cm}^{-1}$ , რაც ბიშორიან მოდელს შეესაბამება. 1589 და 1550  $\text{cm}^{-1}$  ორი პიკი, კარბოქსილის (COO-)ჯგუფის ასიმეტრიულ და სიმეტრიულ რხევებს შეესაბამება. 2923  $\text{cm}^{-1}$  და 2854  $\text{cm}^{-1}$  პიკები  $\text{CH}_2$  ჯგუფების ასიმეტრიულ და სიმეტრიულ რხევებს, ხოლო 601  $\text{cm}^{-1}$  და 510  $\text{cm}^{-1}$  - Fe - O ბმას.

ახლად წარმოქმნილი 1079.99 სმ<sup>-1</sup> რხევა Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>-ის ოლინმჟავას CO ჯგუფთან ქემოსორბციაზე მიუთითებს [17].

მაგნიტური ნანონაწილაკები გარეცხვისა და 400°C-ზე გამოწვის შემდეგ გაანალიზებულია სკანირებადი მიკროსკოპითა და ელემენტური ანალიზით (SEM-EDS).



სურ. 7. მაგნეტიტის SEM – EDS სურათი

როგორც ელემენტური ანალიზიდან ჩანს, რკინის მაგნიტური ნანონაწილაკები შედგენილობით შეესაბამება მაგნეტიტს (Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>). მაგნეტიტში (ფორმულიდან გამომდინარე) რკინის შემცველობა შეადგენს 71.79%-ს, ხოლო მიღებულ ნიმუშში რკინის შემცველობა 71.1%-ია.

**ფენოლით დაბინძურებული წყლის გაწმენდა ფენტონის მეთოდის გამოყენებით**

ფენოლი და მისი ნაერთები ფართოდ გამოიყენება ანტიოქსიდანტების, ბიოციდების, დეზინფექტანტების, პესტიციდების, პოლიმერების, საღებრების, ქაღალდის, ფარმაცევტული პრეპარატებისა და სხვა ორგანული მასალების წარმოებაში. დამბინძურებლის სახით ხშირად გვხვდება ზეთის რაფინირების, ნავთობქიმიური და ზოგადად ქიმიური მრეწველობის საწარმოო ჩამდინარე წყლებში.

ბოლო ათწლეულში ჟანგვის მოწინავე, დახვეწილი პროცესების (advanced oxidation processes - AOPs) გამოყენება, წყლებიდან დამბინძურებლების ეფექტური მოცილების თვალსაზრისით, მზარდი და მოთხოვნადია. იგი გულისხმობს გარემოსთვის უვნებელ ქიმიურ, ფოტოქიმიურ და ელექტროქიმიურ მეთოდებს, რომელიც დაფუძნებულია სარეაქციო არეში წარმოქმნილი ძირითადი დამჟანგველის - ჰიდროქსილის რადიკალის (·OH) მოქმედებაზე. ·OH-ის წარმოქმნის წყაროა წყალბადის პეროქსიდი. იგი ე.წ. „მწვანე“ რეაგენტია, რომლის დაშლის პროდუქტებია: ჟანგბადი და წყალი. ფართოდ გამოიყენება პულპის, ქაღალდისა და ბოჭკოს გასათეთრებლად, ელექტროქიმიკაში, მედი-

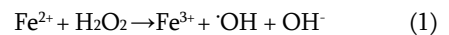
ცინაში დეზინფექტანტად, ორგანულ სინთეზში დამჟანგველად და სხვა.

მდგრადი ორგანული დამბინძურებლების მოსაცილებლად გამოიყენება Fe<sup>2+</sup>-ისა და H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>-ის ნარევი (ფენტონის რეაგენტი). აღნიშნული მეთოდის ჟანგვითი უნარი საგრძნობლად გაუმჯობესდება ულტრაიისფერი სინათლის ხელოვნური წყაროს (UV) დამატებით (Photo-Fenton Method – PFM) ან მზის სინათლის (Solar Photo-Fenton Method – SPFM) მოქმედებით.

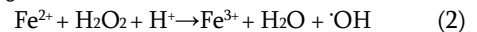
ჟანგვის მოწინავე მეთოდები გამოიყენება გრუნტის წყლებისა და ქალაქის ჩამდინარე წყლების გასაწმენდად, ზესუფთა წყლის წარმოებაში, წყლის დეზინფექციისთვის, აქროლადი ორგანული ნაერთების (Volatile organic compounds- VOCs) გასაწმენდად და სუნის მოსაცილებლად.

ქიმიასა და ბიოლოგიაში ·OH მნიშვნელოვანი თავისუფალი რადიკალია. წარმოიქმნება უშუალოდ მოხმარების ადგილზე და ავლენს არასელექციური დამჟანგველის თვისებებს. ფთორის შემდეგ ·OH სიძლიერით მეორე დამჟანგველი აგენტია, E<sup>0</sup>(·OH/H<sub>2</sub>O)=2.8V სტანდარტული აღდგენითი პოტენციალით. შეუძლია ორგანული და მეტალორგანული დამბინძურებლების უმრავლესობის დაჟანგვა სრულ მინერალიზაციამდე.

ფენტონის პროცესი გულისხმობს ფენტონის კლასიკური რეაქციით ჰიდროქსილის რადიკალის წარმოქმნას:



მჟავა არეში:



მეთოდი განსაკურებით ეფექტურია დაბინძურებული წყლის გასაწმენდად pH 2.8–3.0-ის ზღვრებ-

ში. აღსანიშნავია, რომ კატალიზატორ  $Fe^{2+}$ -ის მცირე რაოდენობაც კი საკმარისია, რადგან  $Fe^{3+}$ -სა და  $H_2O_2$ -ს შორის მიმდინარე ე.წ. „ფენტონის მსგავსი“ რეაქციის შედეგად კვლავ მიიღება  $Fe^{2+}$  (3).



მაგნეტიტი დიდი ხანია გამოიყენება სხვადასხვა დამბინძურებლისგან წყლის გასაწმენდად. მძიმე ორგანულ დამბინძურებლებს შლის სრულ მინერალიზაციამდე. ელექტროსინთეზით მიღებული მაგნეტიტი გამოიყენება ფენოლით დაბინძურებული წყლის გასაწმენდად. შესწავლილია ფენოლით დაბინძურებული წყლის მაგნეტიტით გაწმენდის კინეტიკა, რომელიც გაანალიზებულია ჟანგბადის ქიმიური მოხმარების განსაზღვრის საფუძველზე.

#### ნანომაგნეტიტის გამოყენება ფენოლით დაბინძურებული წყლის გასაწმენდად

მოდელოური წყალი არის 1მგ/ლ ფენოლით დაბინძურებული გამოხდილი წყალი. წყალბადის პეროქსიდის ხსნარი 5გ/ლ კონცენტრაციით თავსდება ბიურეტში, ხოლო ფენოლით დაბინძურებული წყალი - ქიმიურ ჭიქაში, რომელსაც დამატებული აქვს ერთ შემთხვევაში  $120^{\circ}C$ -ზე გამშრალი მაგნეტიტი (1გ), მეორე შემთხვევაში -  $400^{\circ}C$ -ზე გამომწვარი მაგნეტიტი, ხოლო მესამე შემთხვევაში -  $\gamma Al_2O_3$ -ის სარჩულში იმპრეგირებული მაგნეტიტი. ქიმიურ ჭიქაში მუდმივი მორევის პირობებში ემატება წყალბადის პეროქსიდი და ყოველ 30 წთ-ში ხდება ჟანგბადის ქიმიური მოხმარების განსაზღვრა. მოდელოურ ხსნარში ორგანული ნივთიერების (დამბინძურებელი ფენოლი) გარდაქმნის ხარისხის შეფასება ხდება ჟანგბადის ქიმიური მოხმარების ცვლილების მიხედვით (COD-XIHK). COD-ის განსაზღვრის წინ ხდება ე.წ. მოდელოური ხსნარის მოსამზადებლად გამოყენებული გამოხდილი წყლის COD-ის გათვალისწინება. ანალიზის მსვლელობა: 500 მლ მოცულობის მიხეხილყელიან მრგვაძირა კოლბაში თავსდება 100 მლ გამოხდილი წყალი, ემატება 10 მლ კონცენტრირებული  $H_2SO_4$ , შემდეგ 1მლ მოდელოური ხსნარი და 20 მლ  $0,025 N KMnO_4$ -ის ხსნარი. მრგვაძირა კოლბა იდგება ქურაზე და დულს ნახევარი საათის განმავლობაში. დუდილის დროს შესაძლოა კოლბაში არსებული ორგანული ნივთიერება აორთქლდეს, რაც გამოიწვევს ანალიზის ცდომილებებს. ამიტომ კოლბის თავზე მაგრდება უკუმაცივარი, რომლის გარე პერანგში ცირკულირებს ცივი წყალი. ნახევარსაათიანი დუდილის შემდეგ (კოლბის ქურიდან გადმოდგმის შემდეგ) ემატება 20 მლ

$0,025N$  მჟაუნმჟავა და მუდმივი მორევის პირობებში ცხლად გაიტიტრება  $0,025 N KMnO_4$ -ის ხსნარით ვარდისფერ შეფერილობამდე. ჟანგბადის ქიმიური მოხმარება გამოითვლება შემდეგი ფორმულით:

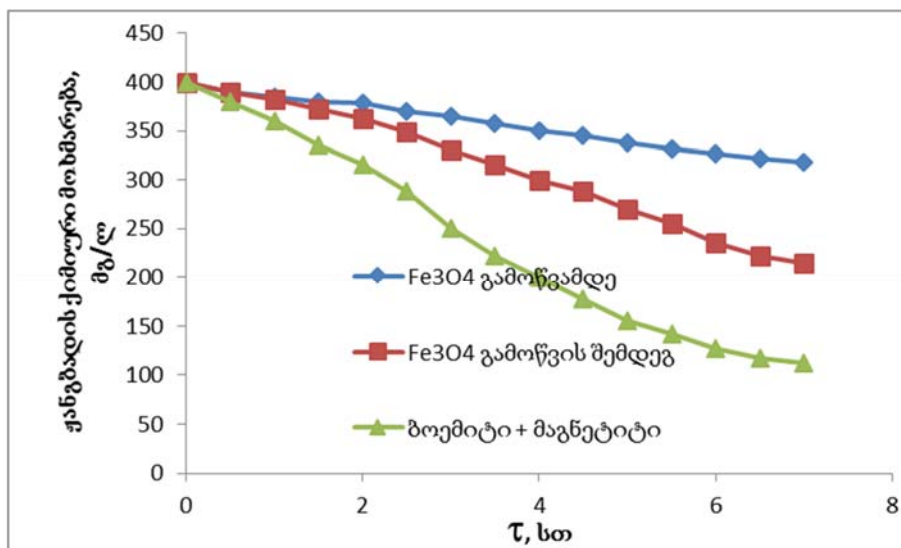
$$COD \text{ mg/L} = \frac{(V_1 - V_0) \times K \times 0.01 \times 8 \times 1000}{V} = \frac{(V_1 - V_0) \times K \times 80}{V}$$

სადაც  $V_1$  და  $V_0$ , შესაბამისად, საკვლევი და ფონური სინჯების გატიტრებაზე დახარჯული  $0,025N KMnO_4$ -ის მოცულობებია.  $K$  - შესწორების კოეფიციენტი  $0,025N KMnO_4$ -ის ხსნარისათვის.  $V$  - აღებული სინჯის მოცულობა, მლ.

მიღებული შედეგების საფუძველზე აგებული გრაფიკის ( $\tau$  (დრო)-COD (ჟანგბადის ქიმიური მოხმარება)) მეშვეობით ხდება გაწმენდილი წყლის ხარისხის შეფასება. ფენტონით ფენოლის დეგრადაციისთვის გამოიყენება  $120^{\circ}C$  გამშრალი და  $400^{\circ}C$  გამომწვარი მაგნეტიტი. როგორც გრაფიკიდან ჩანს (სურ. 7), გამომწვარი ნიმუშის აქტიურობა აღემატება უბრალოდ გამშრალი ნიმუშის აქტიურობას, თუმცა ფენოლის ბოლომდე დაშლა არ ხდება.  $120^{\circ}C$  გამშრალ ნიმუშზე უდავოდ საკმაოდ რჩება ოლეინჟავას დამცავი ფენა, რაც მაგნეტიტს საშუალებას არ აძლევს აქტიურად შევიდეს რეაქციაში დამბინძურებელთან.

ექსპერიმენტი ჩატარდა ნეიტრალურ pH-ზე (6-6.5), რაც სრულ ინფორმაციას არ იძლევა გაწმენდის ეფექტურობაზე. კვლევის შემდეგ ეტაპზე მაგნეტიტის ნაწილაკების გამსხვილების თავიდან ასაცილებლად გამოიყენება ინერტული, ფოროვანი და თერმომდგრადი  $\gamma Al_2O_3$ -ის სარჩული.

ბოემიტის და  $\gamma Al_2O_3$ -ის სუსპენზიის მოსამზადებლად 20 მას.% მყარი მასა ( $10\% \gamma Al_2O_3 + 10\% AlOOH$ -ბოემიტი) ნელი, ინტენსიური მორევით ემატება გამოხდილ წყალში და მორევა გრძელდება 24 სთ. მომზადებულ სუსპენზიას ემატება ნანომაგნეტიტის ზოლი 1გ რკინის შემცველობით (განსაზღვრულია პერმანგანატომეტრით). მორევა 24 სთ გრძელდება  $55^{\circ}C$ -ზე. ზოლი ორთქლდება და მიიღება ერთგვაროვანი სუსპენზია. სუსპენზია წყლის ფაზის მოცილების მიზნით შრება  $120^{\circ}C$ -ზე. საფილტრე მასალის მისაღებად ფხვნილი  $400^{\circ}C$ -ზე გამოიწვევა 3 სთ-ის განმავლობაში. ქიმიურ ჭიქაში მოთავსებულია ფენოლით დაბინძურებული წყალი და საფილტრე მასალა, რომელსაც მუდმივი მორევის პირობებში ემატება წყალბადის პეროქსიდი და ყოველ 30 წთ-ში ხდება ჟანგბადის ქიმიური მოხმარების განსაზღვრა.



სურ. 8. მაგნეტიტით ფენოლის დეგრადაციის კინეტიკა

მაგნეტიტი -  $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ -ის კომპოზიტით მიღებული საფილტრე მასალა უკეთეს შედეგს იძლევა. როგორც პირველადი მონაცემებიდან ჩანს, აღნიშნული მასალის გამოყენებით ჟანგბადის ქიმიური მოხმარება იგივე დროში მკვეთრად მცირდება (სურ. 8).

### 3. დასკვნა

მიღწეულია კვლევის ძირითადი მიზანი: ელექტროსინთეზით მზრუნავ კათოდზე (რკალი) ორშრიან აბაზანაში მიღებულია ოლეინმჟავით სტაბილიზებული ნანომაგნეტიტის ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) ზოლი ჰექსანში. დადგენილია ელექტროსინთეზის ძირითადი პარამეტრები, შემუშავებულია  $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ -ის სარჩულში ნანომაგნეტიტის იმპრეგნაციის მეთოდი. ფენოლით დაბიძურებული წყლის გასაწმენდად ფენტონის რეაგენტის სახით გამოყენებული ნანომაგნეტიტის შემცველი ფილტრი აქტიურად ჟანგავს ფენოლს და ჟანგბადის ქიმიური მოხმარება 400-დან 80 მგ/ლ-მდე მცირდება.

### ლიტერატურა

1. Shengxiao Zhang, Xiaoli Zhao, Hongyun Niu, Yali Shi, Yaqi Cai, Guibin Jiang, Superparamagnetic  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  nanoparticles as catalysts for the catalytic oxidation of phenolic and aniline compounds Journal of Hazardous Materials 167 (2009) 560–566.
2. C.L. Hsueh a, Y.H. Huang a, C.C. Wang b, C.Y. Chen, Degradation of azo dyes using low iron concentration of Fenton and Fenton-like system j. Chemosphere 58 (2005) 1409–1414.

3. Pereira da Silva S, Costa de Moraes D and Samios D Iron Oxide Nanoparticles Coated with Polymer Derived from Epoxidized Oleic Acid and Cis-1,2-Cyclohexanedicarboxylic Anhydride: Synthesis and Characterization, J Material Sci Eng 2016, 5:3 DOI: 10.4172/2169-0022.1000247
4. Aainaa Aqilah Baharuddin, Bee Chin Ang, Nurul Athirah Abu Hussein, Andri Andriyana, Yew Hoong Wong, Mechanisms of highly stabilized ex-situ oleic acid-modified iron oxide nanoparticles functionalized with 4-pentynoic acid, Materials Chemistry and Physics 203 (2018) 212–222.
5. Ling Zhang, Rong He, Hong-Chen Gu, Oleic acid coating on the monodisperse magnetite nanoparticles, Applied Surface Science, j.apsusc. 2006.05.023.
6. Fauziatul Fajaroh, Heru Setyawan, W. Widiyastuti, Sugeng Winardi, Synthesis of magnetite nanoparticles by surfactant-free electrochemical method in an aqueous system, Advanced Powder Technology 23 (2012) 328–333.
7. R.F.C. Marques, C. Garcia, P. Lecante, J.L. Ribeiro, L. Noe, N.J.O. Silva, V.S. Amaral, A. Millan, M. Verelst, Electro-precipitation of  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  nanoparticles in ethanol, J.Magn. Magn. Mater. 320 (2008) 2311–2315.
8. L.Cabrera, S. Gutierrez, N. Menendes, M.P. Morales, P. Herrasti, Magnetitenanoparticles: Electrochemical synthesis and characterization, Electrochem.Acta53 (2008) 3436–3441.
9. S. Franger, P. Berthet, J. Berthon, Electrochemical synthesis of  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  nanoparticles in alkaline aqueous

- solutions containing complexing agents, J.Solid State Electrochem. 8 (2004) 218–223.
10. S. Franger, P. Berthet, O. Dragos, Large influence of the synthesis conditions on the physico-chemical properties of nanostructured Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>, J. Nanopart. Res. 9 (2007) 389–402.
  11. M. Doandze, T. Agladze, Strategy for Nanohybridized Synthesis of MaMbOx System, In the Book: Chemical Engineering and polymers Production of Functional and Flexible Materials, Apple Academic press, Capter 13, Canada.
  12. T.Agladze, M. Donadze, M. Gabrichidze, P. Toidze, J. Shengelia, N. Boshkov and T, N. Tsvetkova: Z. Phys.Chem. 227 (2013) 1187-1198.
  13. M. Donadze, M. Gabrichidze, T. Agladze, Novel method of Fabrication of Hybrid Metal(I)/Metal(II) Oxides Nanoparticles, Transaction of the IMF: The International Journal of Surface Engineering and Coatings, 94(1), (2016) 16-23.
  14. S. Khutsishvili, P. Toidze, M. Donadze, M. Gabrichidze, T. Agladze, N. Makhaldiani, Structural and Magnetic Properties of Silver Oleic Acid Multifunctional Nanohybrids, Annals of Agrarian Science 17 (2019) 153 – 157.
  15. თ. აგლაძე, მ. დონაძე. ვერცხლის მონოდისპერსიული ნანონაწილაკების მიღების ხერხი. GE P 2019 7022 B
  16. თ. აგლაძე, მ. ბაციკაძე, მ. დონაძე, ბაქტერიოციდული თვისებების მქონე ვერცხლის ნანონაწილაკების ელექტროსინთეზი ორფენიან აბაზანაში. GE P 2011 5254 B, 2011.
  17. Kun Yang, Huabei Peng, Yuhua Wen, Ning Li Re-examination of characteristic FTIR spectrum of secondary layer in bilayer oleic acid-coated Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> nanoparticles Applied Surface Science 256 (2010) 3093–3097.

UDC 666.762.93

## ELECTROSYNTHESIS AND APPLICATION OF NANOMAGNETITE FOR PURIFICATION OF WATER PREVIOUSLY CONTAMINATED BY PHENOL

**M. Donadze, N. Makhaldiani**

Georgian Technical University, Department of Chemical and Biological Technologies, Str Costava 69. 0175 Tbilisi. Georgia  
E-mail: m.donadze@gtu.ge

**Resume:** *goal.* The aim of the study is the electrosynthesis of Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> nanomagnetite and the purification of pre-contaminated water from phenol using a filter containing nanomagnetite.

**Method.** the main component of the filter is magnetite nanoparticles stabilized with oleic acid, obtained by electrosynthesis in a two-layer bath. An aluminum arc was used as a rotating cathode and optimal electrolysis parameters were determined. A porous filter was obtained after impregnation of bohemite with magnetic nanoparticles and its subsequent burning at 450 ° C.

**Results.** In a two-layer bath, a monodispersed sol of magnetite in hexane was obtained. The optimal parameters of electrolysis are determined. The resulting nanomagnetite was characterized by X-ray analysis (XRD), infrared spectroscopy (FT-IR), elementary analysis and scanning microscopy (SEM-EDS). Particle size determined by dynamic light scattering (DLS Malvern). A filter based on nanomagnetite shows a significant effect in the process of purifying drinking water from phenol.

**Conclusion.** monodisperse organosole of nanomagnetite was obtained by electrolysis in a two-layer bath. A porous filter containing nanomagnetite can be used to purify water contaminated with phenol at the place of consumption.

**Key words:** nanomagnetite; electrosynthesis; bohemite; Fenton mechanism; phenol.

## უაკ 666.762.93

### Ag@MnOx ჰიბრიდული ნანოკომპოზიტის სინთეზი და გამოყენება ბაქტერიებითა (E.coli) და მძიმე ლითონებით დაბინძურებული წყლის გასაწმენდად

ნ. მახალდიანი, მ. დონაძე

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

E-mail: m.donadze@gtu.ge

**რეზიუმე:** მიზანი. კვლევის მიზანია ბაქტერიებითა და მძიმე ლითონების იონებით დაბინძურებული წყლის გაწმენდა Ag@MnOx ჰიბრიდული ნანოკომპოზიტის შემცველი ფილტრით. ფილტრის სარჩულის სახით გამოყენებულია პირველადი ფენით ( $\gamma\text{Al}_2\text{O}_3$ ) დაფარული ფიჭური სტრუქტურის კორდიერიტი. აღწერილია ძირითადი კომპონენტის - ნანოვერცხლის და მის საფუძველზე Ag@MnOx-ის მიღების, ასევე კორდიერიტის პირველადი ფენით დაფარვისა და ჰიბრიდული ნანოკომპოზიტით გაჯღენტის ტექნოლოგია. დახასიათებულია წყლის გაწმენდის ეფექტურობა და განსაზღვრულია ფილტრის ტევადობა მანგანუმის იონების ( $\text{Mn}^{2+}$ ) მიმართ.

**მეთოდი.** ფილტრის ძირითადი კომპონენტი – ოლეინმჟავათი სტაბილიზებული ნანოვერცხლი მიღებულია ელექტროსინთეზით ორშრიან აბაზანაში. მზრუნავი კათოდის სახით გამოყენებულია ალუმინის რკალი და დადგენილია ელექტროლიზის ოპტიმალური პარამეტრები. ჰიბრიდული ნანოკომპოზიტი მიღებულია ნანოვერცხლის გარსში ოლეინმჟავას პერმანგანატით დაჟანგვის შედეგად. ფიჭური სტრუქტურის ფოროვანი ფილტრი მიღებულია კორდიერიტის პირველადი ფენით ( $\gamma\text{Al}_2\text{O}_3$ ) დაფარვისა და მისი ჰიბრიდული ნანოკომპოზიტით გაჯღენტით.

**შედეგი.** ორშრიან აბაზანაში დისკოს ფორმის კათოდის ნაცვლად რკალის გამოყენება ამცირებს ვერცხლის ნაწილაკის ზომას და ზრდის მონოდისპერსიულობის ხარისხს. მის საფუძველზე მიღებული ეფექტური ჰიბრიდული ნანოკომპოზიტი გამოცდილია ფაკულტატიური (მათ შორის E.coli) და მეზოფილური აერობული ბაქტერიებითა და მძიმე ლითონების შემცველი მოდელოური წყლის გასაწმენდად. ფიჭური სტრუქტურის ფოროვან პირველად ფენაში იმპრეგნირებული Ag@MnOx წმენდს წყალს ბაქტერიებისგან – კოლი-ინდექსი ნაკლებია 3-ზე, ხოლო საერთო მიკრობული რიცხვი – 100 კოლონიასწარმოქმედ ერთეულზე. დადგენილია ფილტრის სორბციული ტევადობა მანგანუმის იონების მიმართ. სპილენძისა და მანგანუმის

იონების კონცენტაცია არ აღემატება საქართველოს მთავრობის ტექნიკური რეგლამენტით გათვალისწინებულ მოთხოვნებს (სპილენძი - 2მგ/ლ, მანგანუმი - 0,4 მგ/ლ) [1].

**დასკვნა.** ნანოჰიბრიდული კომპოზიტით მოდიფიცირებული ფიჭური სტრუქტურის ფოროვანი ფილტრი შესაძლოა გამოყენებულ იქნეს მოხმარების ადგილზე (ქის წყალი, ეგზოტიკური ტურისტული ზონა და სხვა) ბაქტერიებითა და მძიმე ლითონებით დაბინძურებული წყლის გასაწმენდად.

**საკვანძო სიტყვები:** ნანოვერცხლი; ჰიბრიდული ნანოკომპოზიტი; კორდიერიტი; მძიმე ლითონები; კოლი-ინდექსი.

## 1. შესავალი

უსაფრთხო სასმელი წყლის მიღება მსოფლიოს უდიდესი პრობლემაა. ყოველწლიურად მატულობს ეკოლოგიური საფრთხე. წყლის გაწმენდის ძველი მეთოდები მსოფლიოს მოწინავე ქვეყნებში უკვე ამოღებულია. მუშავდება წყლის გაწმენდის თანამედროვე ტექნოლოგიები, რომელიც არ გულისხმობს ქლორით დეზინფექციას. წყლის დეზინფექციის მიზნით ტრადიციული (ქლორი, ქლორამინები, ოზონი) გამოყენება დაკავშირებულია სასმელ წყალში ადამიანის სიცოცხლისათვის უაღრესად საშიშ, მათ შორის კანცეროგენური ნაერთების წარმოქმნასთან [2].

განვითარებულ ქვეყნებში სულ უფრო ხშირად გამოიყენება „უსაფრთხო“ წყლის მიღების თანამედროვე ტექნოლოგიები:

- მემბრანული ფილტრაცია – კომპლექსური გაწმენდა, მოითხოვს მაღალ ენერგოდანახარჯს, საჭიროებს მემბრანის ხშირ გამოცვლას;

- ულტრაიისფერი დასხივება – სტერილიზაცია, არ წმენდს მძიმე ლითონებისგან, ორგანული ნაერთებისა და რადიონუკლიდებისგან, საჭიროებს ნათურის ხშირ შეცვლას;

- მფილტრავი ნანომასალები – კომპლექსური გაწმენდა ბაქტერიების, მძიმე ლითონების, მდგრად

დი ორგანული დამბინძურებლებისა და რადიონუკლიდებისაგან; ეკონომიურია, შეიძლება უსაფრთხო წყლის მიღება ადგილზე.

მფილტრავი მასალის ძირითადი კომპონენტებია: **ნანოვერცხლი**, რომელიც ხასიათდება ბაქტერიციდული აქტიურობით და **ნანო MnO<sub>2</sub>** – ჟანგვითი და სორბციული უნარის გამო გამოიყენება მძიმე ლითონებით დაბინძურებული წყლის გასაწმენდად.

ნანოფილტრის სარჩულის სახით შერჩეულია ფიჭვური სტრუქტურის კორდიერიტი პირველადი ფენით (უომჰოტი), რომელზეც დაფენილია ნანოკომპოზიტური მასალა. ფიჭვური სტრუქტურის კორდიერიტის სარჩულზე პირველადი ფოროვანი დიდი კუთრი ზედაპირის მქონე ფენის –  $\gamma\text{Al}_2\text{O}_3$  (უომჰოტი) დაფენისა და კატალიზურად აქტიური მრავალკომპონენტური ჰიბრიდული ნანოკომპოზიტით მისი გაყენების შემდეგ მიღებულია ფილტრი და შესწავლილია სხვადასხვა დამბინძურებლისგან წყლის გაწმენდის ხარისხი.

## 2. ძირითადი ნაწილი

### ნანოვერცხლის ელექტროსინთეზი

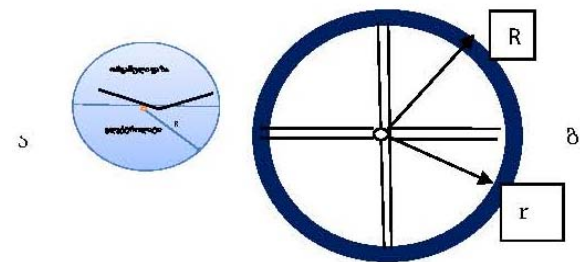
ვერცხლის ნანონაწილაკების მიღების მრავალი სხვადასხვა მეთოდი არსებობს. ძირითადად ნანოვერცხლი მიიღება სველი ქიმიით, პრეკურსორზე სხვადასხვა აღმდგენლის მოქმედებით, სონოქიმიით, ელექტროსინთეზით და სხვა [3-5].

ნანოვერცხლის ზოლი მიიღება ელექტროსინთეზით მბრუნავ კათოდზე ორშრიან აბაზანაში. ვერცხლის ზოლის სინთეზი და დახასიათება დაწვრილებით აღწერილია ლიტერატურაში [6-9].

ნანონაწილაკების მიღებისას კათოდის კონსტრუქციას გადამწყვეტი მნიშვნელობა აქვს. კათოდი მბრუნავ ღერძზე დამაგრებული დისკოა. დისკო ბრუნავს ორფენიან აბაზანაში ისე, რომ მისი ერთი ნახევარი იმყოფება წყალხსნარის, ხოლო მეორე – ორგანულ ფაზაში. კათოდის ბრუნვისას თითოეული წერტილი აღიწერება კუთხური და ხაზოვანი სიჩქარით. წერტილებს, რომლებიც ცენტრიდან გამომავალ ერთ წრფეზე მდებარეობს აქვს ერთი და იგივე კუთხური სიჩქარე, პერიოდი და სიხშირე, მაგრამ განსხვავდება ხაზოვანი სიჩქარით. შესა-

ბამისად, ელექტროლიზის დროს კათოდად გამოყენებული ფოლადის დისკოს ბრუნვისას მასზე განლაგებულ წერტილებს აქვს განსხვავებული ხაზოვანი სიჩქარე, ელექტროლიტში დაყოვნების დრო და სხვადასხვა რადიუსის მქონე წრეზე განლაგებულ წერტილებზე განვითარებული დენის სიმკვრივე. ყოველივე ზემოთ აღნიშნული მიღებული ზოლის პოლიდისპერსიულობას განაპირობებს.

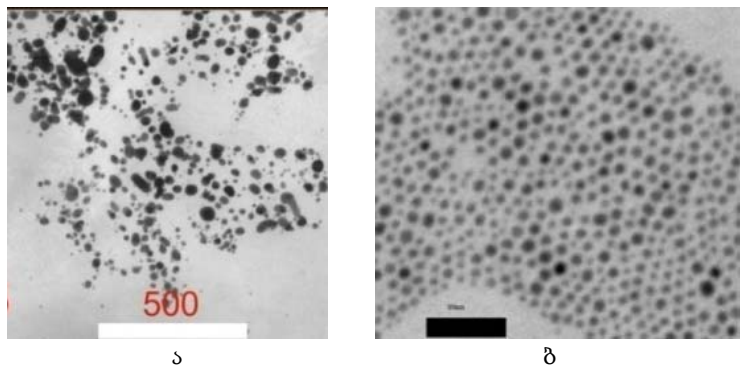
სხვადასხვა წრეზე განლაგებული წერტილების ხაზოვანი სიჩქარეთა დაახლოების მიზნით შეიქმნა კათოდის ახალი კონსტრუქცია. მთლიანი დისკოს ნაცვლად დატოვებულია ძალიან ვიწრო რკალი, რომელიც ზრდის ლითონის ნანოზოლის მონოდისპერსიულობას.



სურ. 1. კათოდის კონსტრუქცია: ა) დისკოს ფორმის კათოდი, ბ) რკალის ფორმის კათოდი

ვიწრო რკალის ფორმის კათოდის შემთხვევაში ნაწილაკები, რომლებიც აღდგება კათოდზე, ხასიათდება დაახლოებით ერთნაირი ხაზოვანი სიჩქარით, ელექტროლიტში (ორგანულ ფაზაში) დაყოვნების დროით, კათოდის აქტიურ ცენტრებზე ზედაპირულად აქტიური ნივთიერების თანაბარი სორბციით და კათოდის ყველა წერტილზე განვითარებული თითქმის ერთნაირი დენის სიმკვრივით. დისკოს ნაცვლად რკალის გამოყენებამ უზრუნველყო ნანოზოლის მონოდისპერსიულობის ზრდა [10].

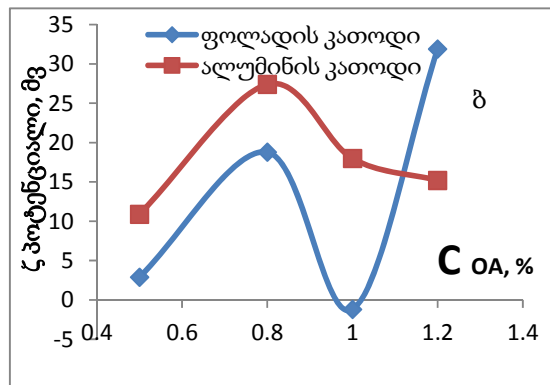
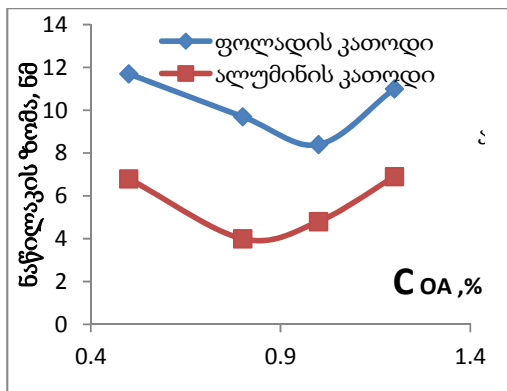




სურ. 1. ვერცხლის ნანონაწილაკების TEM სურათები: ა) დისკოს ფორმის კათოდით; ბ) ახალი კონსტრუქციის ( რკალი) კათოდით

შესწავლილია კათოდის მასალის გავლენა ნაწილაკის ზომასა და მეტა პოტენციალზე. ელექტროლიზის სხვა პარამეტრები შემდეგია:

ელექტროლიტი –  $AgNO_3-0,05M$ ; ორგანული ხსნარი – ჰექსანი+ოლეინმჟავა(0,5-1,2%);  $T=20^{\circ}C$ ;  $\omega=960$ ბრ/წთ;  $i=70$ ა/დმ<sup>2</sup>; კათოდის ორგანულ ფაზაში დაყოვნების დრო –  $\tau=36$  (წმ).

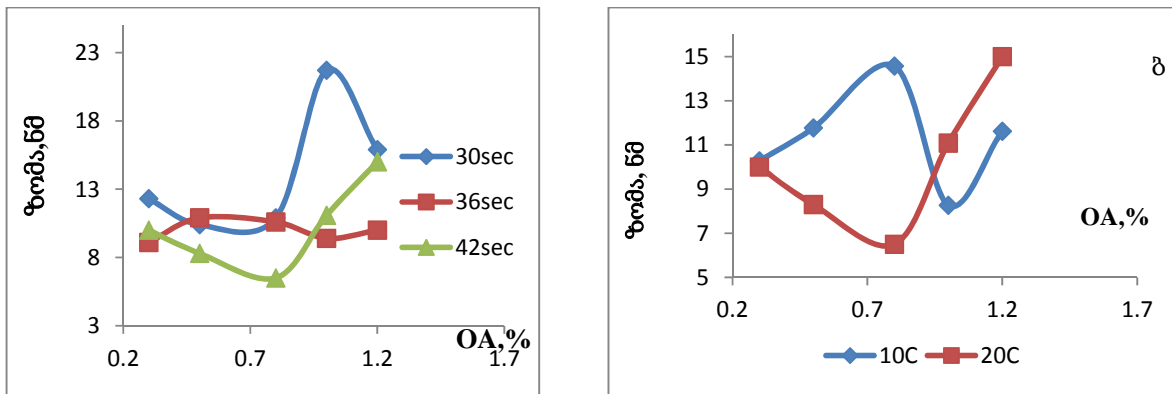


სურ. 2. ოლეინმჟავას კონცენტრაციის გავლენა: ა) ვერცხლის ნანონაწილაკების ზომასა და ბ) მეტა პოტენციალზე

როგორც სურათებიდან ჩანს როგორც მეტა პოტენციალის (მაღალია), ისე ნაწილაკის ზომის თვალსაზრისით ალუმინის კათოდზე უფრო სტაბილური ზოლი მიიღება.

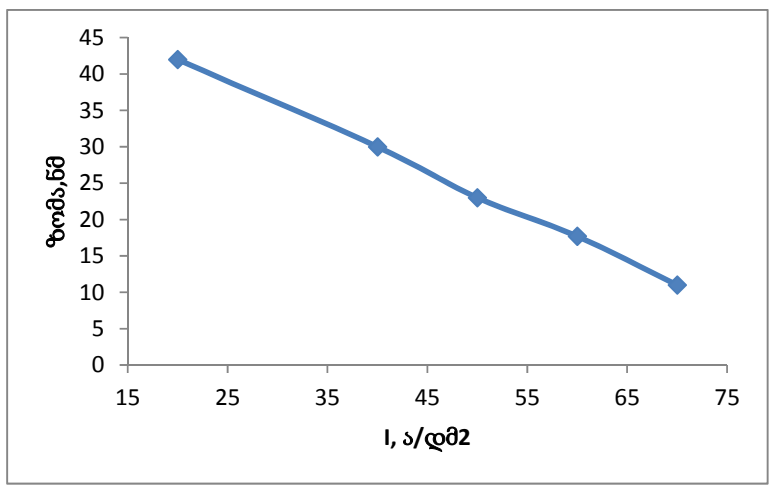
შესწავლილია აგრეთვე ვერცხლის ნანონაწილაკების ზომის დამოკიდებულება ოლეინმჟავას კონცენტრაციასა და ალუმინის კათოდის ორგანულ ფაზაში დაყოვნების დროზე. როგორც სურათიდან ჩანს, კათოდის 36 წმ-ის განმავლობაში დაყოვნება იძლევა უფრო სტაბილურ სურათს და მნიშვნელოვნად არ არის დამოკიდებული ოლეინმჟავას კონცენტრაციაზე, თუმცა ოლეინმჟავას კონცენტრაცია 0,8 და 1% 8-10წმ ზომის ნაწილაკების მიღების საშუალებას იძლევა.

თერმოსტატირების რეჟიმში შესწავლილია ტემპერატურის გავლენა ნაწილაკის ზომაზე. ელექტროლიზი ჩატარებულია 10°C და 20°C პირობებში. როგორც სურათიდან ჩანს, 20°C-ზე 0,8-1 მოც.% ოლეინმჟავას შემცველი ვერცხლის ზოლი უფრო წვრილდისპერსიულია.



სურ. 3. ვერცხლის ნანონაწილაკების ზომის დამოკიდებულება:  
 ა) ოლეინმჟავას კონცენტრაციასა და ალუმინის კათოდის ორგანულ ფაზაში  
 დაყოვნების დროზე; (წმ); ბ) ელექტროსინთეზის ტემპერატურაზე

ნანონაწილაკების ზომაზე კათოდური დენის სიმკვრივის შესასწავლად, ოლეინმჟავას კონცენტრაციის შეუცვლელად (0,8%) იცვლებოდა დენის ძალა, ხოლო კათოდის ორგანულ ფაზაში დაყოვნების დროის (36 წმ) და, შესაბამისად, კათოდის მუშა ფართობის მუდმივობის პირობებში დენის ძალის ცვლილებით – დენის სიმკვრივე. როგორც ლაზერული სხივის დინამიური გაზნევის მეთოდით მიღებული შედეგები გვიჩვენებს, ნაწილაკის ზომა დენის სიმკვრივის უკუპროპორციულია – რაც მეტია დენის სიმკვრივე, მით მცირეა ნაწილაკის ზომა (სურ.4).



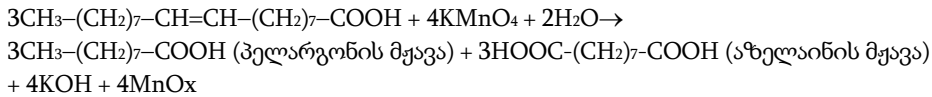
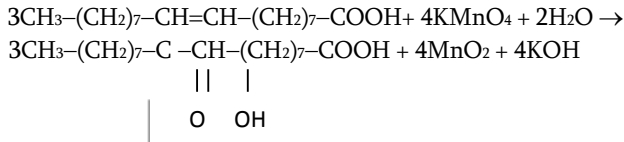
სურ. 4. ნაწილაკის ზომის დამოკიდებულება  
 კათოდური დენის სიმკვრივეზე

როგორც მიღებული შედეგებიდან ჩანს, ალუმინის კათოდის (რკალი) გამოყენებით ორგანულ ზოლში ვერცხლის ნანონაწილაკების მონოდისპერსიულობა იზრდება.

**ჰიბრიდული ნანოკომპოზიტის (Ag@MnOx) სინთეზი**

ელექტროსინთეზით ორშრიან აბაზანაში მბრუნავ კათოდზე მიღებული ვერცხლის ნაწილაკები ბირთვი(ვერცხლი)/გარსის(ოლეინმჟავა) ტიპის ნა-

ნონაწილაკებია. ოლეინმჟავას გარსის მანგანუმის ორჯანგით ჩასანაცვლებლად ექსპერიმენტში გამოყენებულია უჯერი ორგანული მჟავების კალიუმის პერმანგანატით ძლიერი ჟანგვის უნარი[11].



ნეიტრალურ pH-ზე ოლეინმჟავას დაჟანგვის შედეგად მიიღება ჟანგვის პროდუქტები: აზელაინისა და პელარგონის მჟავა, დიჰიდროქსი, კეტო-ჰიდროქსი და დიკეტოსტერინის მჟავებთან ერთად, ხოლო მანგანუმი აღდგება მანგანუმის ჟანგეულებამდე ( $\text{Mn}^{+7} \rightarrow \text{Mn}^{+4}$ ;  $\text{Mn}^{+3}$ ;  $\text{Mn}^{+2}$ ). პერმანგანატთან რეაქციის შედეგად ოლეინმჟავა იჟანგება და გასაპვინის რეაქციის შედეგად წარმოქმნის ნაჯერი ცხიმოვანი მჟავას ოლეატს. დაუჟანგავი, თავისუფალი ოლეინმჟავას ნაწილი და ახლად მიღებული ნაჯერი ცხიმოვანი მჟავები ადსორბირდება ახლად წარმოქმნილ  $\text{MnO}_2$ -ზე (მაღალი სორბციული უნარის გამო) და მიიღება საკმაოდ წვრილდისპერსიული ზეთოვანი მასა.

რაც მეტია მორევის სიჩქარე და ტემპერატურა, მით სწრაფად მიმდინარეობს დაჟანგვის პროცესი. ამავე დროს, პროცესში ფიქსირდება ნანოვერცხლის კატალიზური აქტიურობა. როცა ოლეინმჟავა ნანოვერცხლის გარეშეა, დაჟანგვა გაცილებით ნელა მიმდინარეობს.

ნანოვერცხლისა და ჰიბრიდული ნანოკომპოზიტის დახასიათება სხვადასხვა ინსტრუმენტული მეთოდით აღწერილია სტატიებში [7-9].

**ნანოფილტრის სარჩული**

ნანოკომპოზიტის სარჩული უდიდეს გამოწვევად რჩება. ხშირად იყენებენ თეთრ და წითელ თიხებს, თიხებისა და ცეოლიტების ნაზავს, რომელსაც დამატებული აქვს სხვადასხვა შემკვრელი და პლასტიფიკატორი (ზოგჯერ პლასტიფიკატორად გამოიყენება ბენტონიტური თიხა).

ნანოფილტრის სარჩულის სახით შერჩეულია ფიჭვური სტრუქტურის კორდიერიტი პირველადი ფენით (უომჰოტი), რომელზეც დაფენილია ნანოკომპოზიტური მასალა. კორდიერიტის ფიჭვური სტრუქტურის სარჩული, მცირე კუთრი ზედაპირის

გამო, აუცილებლად უნდა დაიფაროს ფოროვანი (დიდი კუთრი ზედაპირი)  $\gamma\text{Al}_2\text{O}_3$ -ით (230მ<sup>2</sup>/გ), რათა კორდიერიტში ჩაიტვირთოს ჰიბრიდული ნანოკომპოზიტის საკმარისი რაოდენობა [12-13].

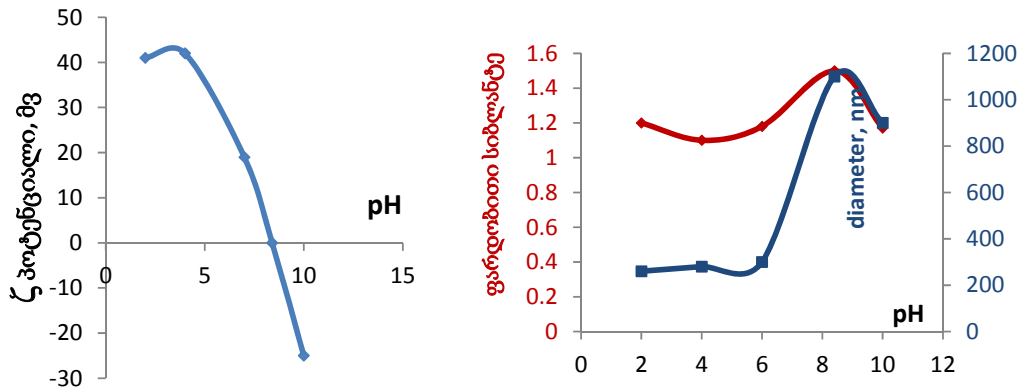
$\gamma\text{Al}_2\text{O}_3$  თეთრი ფერის ჰაეროვანი ფხვნილია, გამოირჩევა მაღალი სისუფთავით, ინერტულობით და თერმოდგრადობით, ფოროვანია და ხასიათდება მაღალი კატალიზური აქტიურობით. საფილტრე მასალის მისაღებად ყველაზე მნიშვნელოვანია მონოლითური კერამიკის დაფარვა ფოროვანი ალუმინის ოქსიდით. იგი გამოიყენება, როგორც სარჩული კატალიზურად აქტიური კომპოზიტით გასაჟღენთად, რომელსაც ექნება კარგი ადჰეზია მონოლითთან, იქნება ერთგვაროვანი და მდგრადი მექანიკური ზემოქმედებისა და მაღალი ტემპერატურის მიმართ. მიკროარხების კატალიზური მასით დასაფარავად ძირითადად გამოიყენება დანაფარის მიღების ე.წ. ჩამორეცხვის მეთოდი Washcoating [14-15].

პირველადი დიდი კუთრი ზედაპირის მქონე  $\gamma\text{Al}_2\text{O}_3$  ფოროვანი ფენის (უომჰოტი) მისაღებად თავდაპირველად მზადდება სუსპენზია. დისტილირებულ წყალს და აზოტმჟავას ( $\text{HNO}_3$ ) შემკვრელად ემატება პოლივინილის სპირტი (PVA), რომელიც მუდმივი მორევის პირობებში 85 გრადუსზე იხსნება, საბოლოოდ მას ემატება  $\gamma\text{Al}_2\text{O}_3$ -10 მას.% ( $\gamma$ -alumina PURALOX SCFa-140, Sasol UK) და ბოემიტი – 10 მას.% (AlOOH Pural SB Sasol UK). ერთგვაროვანი სუსპენზიის მისაღებად ხსნარის მორევა ხდება 24სთ-ის განმავლობაში. პროცესი წარმოებს მჟავიანობის კონტროლით pH-მეტრის მეშვეობით.

კოლოიდური ზოლი შედგება ორი ნაწილისაგან: მიცელა (კოლოიდური ნაწილაკი, რომელიც გარემოცულია ორმაგი ელექტრული შრით) და მიცელათშორისი სითხე (ელექტროლიტი, არაელექტროლიტი, ზედაპირულად აქტიური ნივთიერებები) - დისპერ-

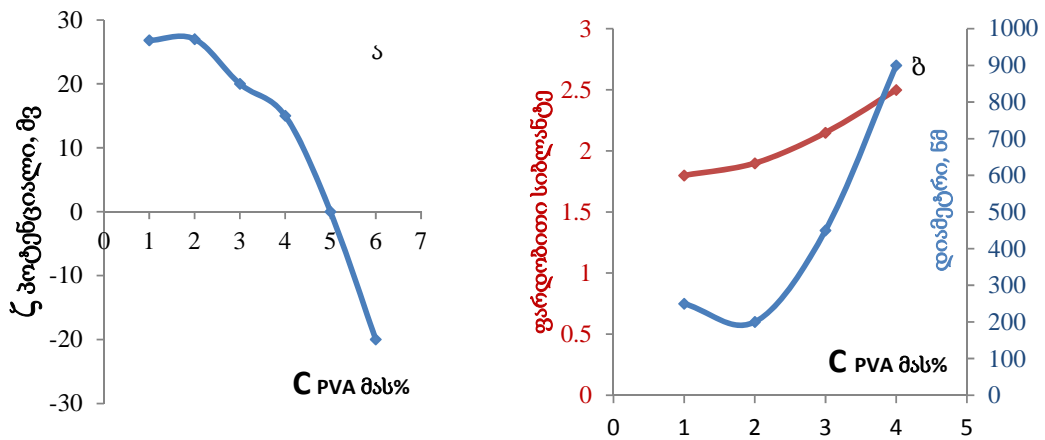
სიული გარემო, რომელიც ხელს უშლის მიცელების შეწყვეტას. მიცელას კოლოიდური ნაწილაკის ზედაპირზე წარმოიქმნება ორმაგი ელექტრული შრე, რომელიც შედგება ადსორბციული და დიფუზური შრისაგან. მყარი ზედაპირის მიმართ სითხის მოძრაობისას ორმაგი შრის ადსორბციული და დიფუზური ნაწილების საზღვარზე წარმოიშობა პოტენციალთა სხვაობა - კინეტიკური პოტენციალი ანუ ძეტა პოტენციალი. ელექტროკინეტიკური პოტენციალი დამოკიდებულია ორმაგი შრის დიფუზური ნაწილის სისქეზე. რაც ძეტია დიფუზური შრის სისქე, მით ძეტია ელექტროსტატიკური პოტენციალი, მით ძეტია კოლოიდურ ნაწილაკებს შორის ელექტროსტატიკური განზიდვის ძალა და კოლოიდური სისტემის მდგრადობა. იონების დიფუზური შრიდან ადსორბციულ შრეში გადასვლისას დიფუზური შრის სისქე და ელექტროკინეტიკური პოტენციალი მცირდება და ხსნარი კარგავს მდგრადობას. ზოგიერთ შემთხვევაში პოტენციალი ხდება წულის ტოლი (დიფუზური შრე ქრება), კოლოიდური

სისტემა იმყოფება იზოელექტრულ მდგომარეობაში, ამ დროს კოლოიდური ნაწილაკები ეწყება და ქმნის მსხვილ აგრეგატებს ანუ სისტემა ხდება არამდგრადი. ძეტა პოტენციალის მნიშვნელობა დამოკიდებულია ხსნარის pH-ზე. მომზადდა ორი სახის სუსპენზია - შემკვრელით და შემკვრელის გარეშე. შემკვრელის გარეშე მყარი ფაზა შეიცავდა  $\gamma\text{Al}_2\text{O}_3$  -ს და ბოემიტს ( $\gamma\text{Al}_2\text{O}_3$  -10 მას%;  $\text{AlOOH}$  (Pural SB Sasol UK-10 მას%), რომლის გამოწვის შემდეგ მიიღება  $\gamma\text{Al}_2\text{O}_3$ , ხოლო შემკვრელად გამოყენებული იყო პოლივინილის სპირტი PVA (1-5%). სუსპენზია შემკვრელის გარეშე მაქსიმალურად მდგრადია pH=4, რადგან ძეტა პოტენციალის მნიშვნელობა ამ შემთხვევაში მაქსიმალურია და 42მვ უდრის. pH=8,4 ძეტა პოტენციალი წულის ტოლია, სისტემა იმყოფება იზოელექტრულ მდგომარეობაში და არამდგრადია. ამავე მყავიანობაზე pH=4 დინამიკური სხივის გაზნევის მეთოდით(DLS Malvern) განსაზღვრული ნაწილაკის ზომაც მინიმალურია (200ნმ) და ფარდობითი სიბლანტეც (1,05).



სურ. 5. ძეტა პოტენციალის (ა), ფარდობითი სიბლანტისა და ნაწილაკის ზომის ბ) დამოკიდებულება pH-ზე

მეორე შემთხვევაში შემკვრელის სახით გამოიყენება PVA (1-5%), მყავიანობა მუდმივია (pH=4). როგორც კვლევებიდან ჩანს, სუსპენზია მდგრადია, როცა PVA=2%, ფარდობითი სიბლანტე - 1.8, ხოლო ნაწილაკის ზომა მინიმალურია (200 ნმ).



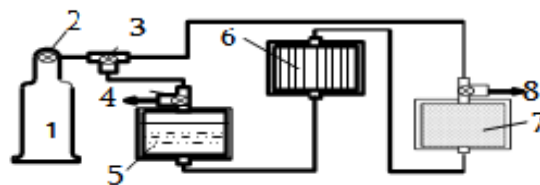
სურ. 6. მეტა პოტენციალის (ა), ნაწილაკის ზომისა და ფარდობითი სიზღანტის (ბ) დამოკიდებულება შემკვრელის (PVA) კონცენტრაციაზე (მას%)

მოცემული გრაფიკული მონაცემებიდან გამომდინარე (სურ. 5-6) შეირჩა სუსპენზიის მიღების ოპტიმალური პირობები: pH=4;  $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ -10 მას%; AlOOH-10 მას%; PVA-2მას%.

#### ფიჭვური სტრუქტურის სარჩელის დაფარვა უოშკოტით – $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$

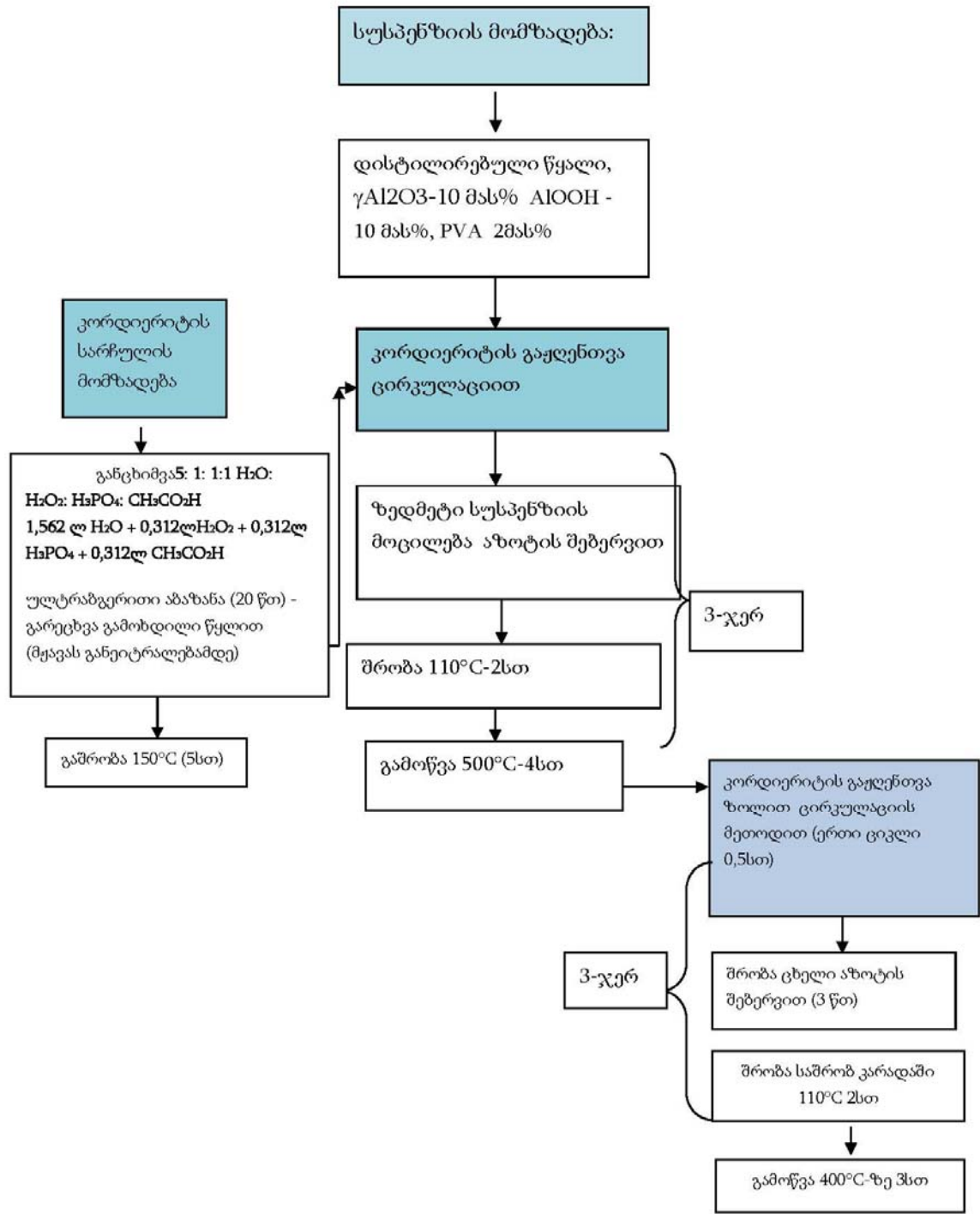
ფიჭვური სტრუქტურის კორდიერიტი (შედგენილობა - მაგნიუმი, სილიციუმი და ალუმინი; მოლური თანაფარდობა 2 : 5 : 2. ტემპერატურული მდგრადობა - 1465°C Redgan,China) მცირე კუთრი ზედაპირით ხასიათდება (0,7მ<sup>2</sup>/გ). კუთრი ზედაპირის გაზრდის მიზნით იგი იფარება  $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ -ის ან ბოემიტის (AlOOH) ფენით[15].

კორდიერიტის უოშკოდით დასაფარავად და ნანოკომპოზიტით გასაყენთად შემუშავებულია ტექნოლოგიური სქემა. თანაბარი დანაფარის (უოშკოტი და ნანოკომპოზიტი) მისაღებად გამოიყენება სითხის ცირკულაციით გაყენთის სტენდი (სურ. 7).



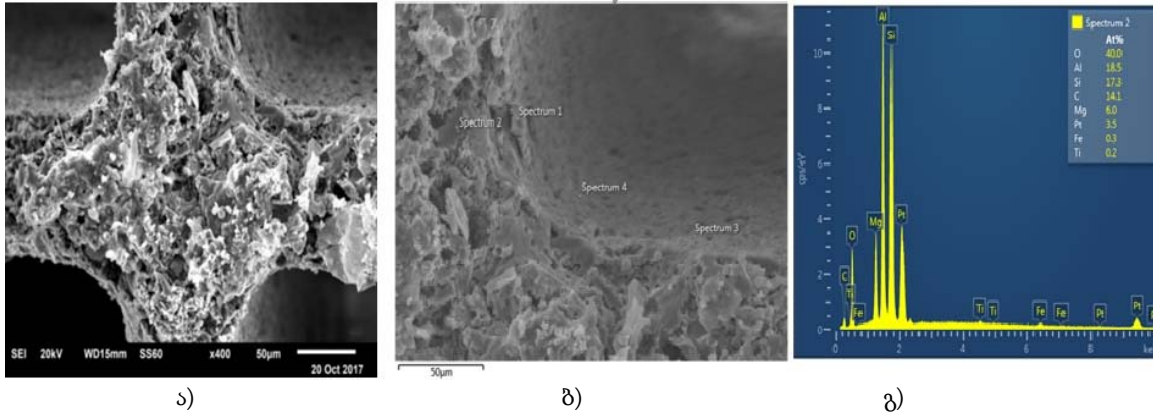
სურ. 7. კორდიერიტის ცირკულაციით გაყენთის სტენდი

პირველადი ფენისა და ნანოკომპოზიციური მასალის დასაფენად, ტექნოლოგიური სქემის შესაბამისად განხორციელებული ოპერაციები მოცემულია ტექნოლოგიურ სქემაში (სურ. 7).

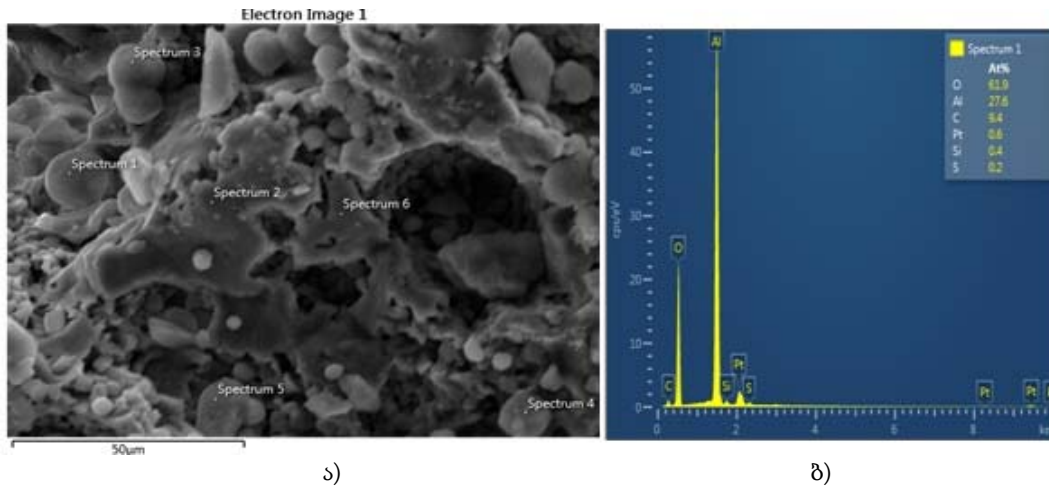


სურ. 8. კორდიერიტის სარჩულის უომკოტით და კატალიზატორით დაფარვის ტექნოლოგიური სქემა

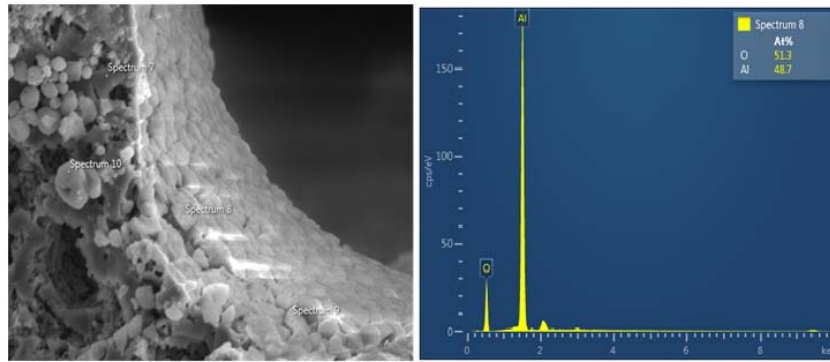
კორდიერიტის დაუფარავი და პირველადი შრით დაფარული სარჩული შესწავლილია სკანირებადი ელექტრონული მიკროსკოპითა და ელემენტალური ანალიზით.



სურ. 9. კორდიერტი უოშკოტის გარეშე:  
 ა) და ბ) სკანირებადი ელექტრონული მიკროსკოპის სურათი;  
 გ) ელემენტარული ანალიზი



სურ. 10. უოშკოტი შემკვრელის გარეშე:  
 ა) სკანირებადი ელექტრონული მიკროსკოპის სურათი;  
 ბ) ელემენტარული ანალიზი



**სურ. 11. შემკვრელის დამატებით მიღებული უოშკოტი:**  
**ა) სკანირებადი ელექტრონული მიკროსკოპის სურათი;**  
**ბ) ელემენტარული ანალიზი**

როგორც მიკროსკოპის სურათებიდან ჩანს, შემკვრელის დამატებით მიღებული უოშკოტის დანაფარი გაცილებით თანაბარია. უოშკოტის შემკვრელით (PVP) მიღებული დანაფარის სისქეა 15–20 მკმ, ხოლო მასა – 120მგ/გ. უკეთესი როგორც დანაფარის ხარისხით, ისე რაოდენობრივი ჩატვირთვით შემკვრელის დამატებით მიღებული დანაფარი ფენის სისქეა 18–22მკმ, ხოლო მასა – 228მგ/გ.

Ag/MnOx-ით დაიფარა ბოემიტის შემცველ კორდიერიტზე. კორდიერიტზე დაფენილი პირველადი ფენა 30გ შეადგენდა, ხოლო კორდიერიტზე ჩატვირთული ნანოკომპოზიტის რაოდენობა პირველად ფენასთან მიმართებაში 85მგ/გ.

$$\text{ჩატვირთვა} = \frac{m_{\text{დაფ.}} - m_0}{m_0}$$

სადაც  $m_{\text{დაფ}}$  და  $m_0$  არის დაფარული და დაუფარავი ნიმუშების მასა.

ადჰეზიის ტესტი ჩატარებული იყო ულტრა-ბგერით აბაზანაში (50 ჰც), სადაც კორდიერიტი 40°C-ზე 1სთ-ის განმავლობაში განიცდიდა ვიბრაციას. ნაგულისხმები იყო წონის კლება:

$$\text{უოშკოტის კლება, \%} = \frac{m_{\text{საწ}} - m_{\text{საშ}}}{m_{\text{საწ}}} \times 100.$$

წონის ჯამური კლება 0,1%-ია, რაც უოშკოტის მდგრადობაზე მეტყველებს.

**ბაქტერიებითა და მძიმე ლთონებით დაბინძურებული წყლის გაწმენდა**

**ბაქტერიებით (*E. coli*) დაბინძურებული მოდე-ლური წყლის გაწმენდა**

შპს „ჯანმრთელობის ცენტრის“ მიერ მოწოდებული ბაქტერიებით (*E. coli*-კოლი-ინდექსი >1100),

დაბინძურებული წყალი თვითდინებით 0,1ლ/სთ გაედინებოდა (მიწოდება ქვემოდან ზემოთ) ჰიბრიდული ნანოკომპოზიტით იმპრეგნირებულ კორდიერიტზე. გასაწმენდი კოლონის მახასიათებლები შემდეგია:

კორდიერიტზე ჩატვირთული ნანოვერცხლი 85 მგ/გ შეადგენს უოშკოტთან მიმართებაში.

$$r=0,045 \text{ მ, } h=0,1\text{მ;}$$

$$V=\pi r^2 h=3,14 \times 0,045^2 \times 0,1=0,000636\text{მ}^3=0,636 \text{ ლ;}$$

ფილტრაციის სიჩქარე:

$$v=0,08\text{ლ/სთ}=0,0014\text{ლ/წთ}$$

$$S=\pi r^2=3,14 \times 0,045^2=0,002025\text{მ}^2$$

$$I=v/S=0,0014/0,002025=0,691\text{ლ/წთ.მ}^2$$

კონტაქტის საშუალო დრო:  $\tau_R=V/v=0,691/0,1=6,91$  სთ.

სტერილურ ჭურჭელში აღებული ფილტრში გატარებული წყლის ბაქტერიოლოგიურმა კვლევამ აჩვენა, რომ წყალი გაწმენდილია: კოლი-ინდექსი < 3 და მეზოფილური აერობებისა და ფაკულტატიური ანაერობული ბაქტერიების რაოდენობა 1 მლ-ში ნაკლებია 100-ზე. წყალში ფოლგარდის მეთოდით შემოწმდა ვერცხლის კონცენტრაცია. აღნიშნული მეთოდით დადგენილი კონცენტრაცია 0,05მგ/ლ (ზდკ) არ აღემატებოდა.

**სპილენძით ( $\text{Cu}^{2+}$ ) და მანგანუმით ( $\text{Mn}^{2+}$ ) დაბინძურებული მოდელოური წყლის გაწმენდა**

27 მგ/ლ სპილენძის იონებით დაბინძურებული გამოხდილი წყალი თვითდინებით 0,08ლ/სთ გადიოდა Ag@MnOx ჰიბრიდული ნანოკომპოზიტით იმპრეგნირებულ ფილტრში. დაუფარავ კორდიერიტში იგივე პირობებში წყლის გატარებისას სპილენძის კონცენტრაცია 27მგ/ლ-დან 0,5 მგ-ით მცირდება, ხოლო ჰიბრიდული ნანოკომპოზიტი მოცემულ პირობებში საკმარისი აღმოჩნდა სპი-



ლენძით დაბინძურებული წყლის გასაწმენდად. ანალიზი გაკეთდა რ. აგლამის არაორგანული ქიმიისა და ელექტროქიმიის ინსტიტუტში ატომურ აბსორბციულ ანალიზატორზე ატომურ-აბსორბციული ANALYST 200-1004 TAM, AAS-200 – Perkin Elmer სპექტროფოტომეტრი. სპილენძის იონების ზღვრული დასაშვები კონცენტრაცია წყალში 2 მგ/ლ-ია[1], ხოლო მიღებული შედეგი – 0,02მგ/ლ.

ანალოგიურად, მანგანუმის იონებით ( $Mn^{2+}$ ) 80 მგ/ლ დაბინძურებული გამოხდილი წყალი იგივე ფილტრში და იგივე პირობებში გატარების შემდეგ სრულად იწმინდება. გაწმენდილ წყალში მანგანუმი არ დაფიქსირდა. რაც შეეხება ფუჭ ცდას, ცარიელ კორდიერიტში იგივე პირობებში წყლის გატარებისას მანგანუმის კონცენტრაცია 80 მგ/ლ-დან 0,08 მგ-ით მცირდება.

გაწმენდის შედეგები მოცემულია ცხრილში.

**წყლის გაწმენდა ნანოჰიბრიდული კომპოზიტით (Ag@MnOx 80 მგ/გ) დაფარული ფილტრით**

№	დამაბინძურებელი	ფილტრის შედეგნილობა	დამბინძურებლის კონცენტრაცია ფილტრაციამდე	დამბინძურებლის კონცენტრაცია ფილტრაციის შემდეგ	ზღვ
1	E.col	Ag@MnOx 80 მგ/გ	კოლი-ინდექსი >1100	კოლი-ინდექსი <3	<3
2	E.col	-	კოლი-ინდექსი >1100	კოლი-ინდექსი >1100	<3
3	$Mn^{2+}$	Ag@MnOx 80 მგ/გ	80 მგ/ლ	-	<0,05 მგ/ლ
4	$Mn^{2+}$	-	80 მგ/ლ	79,92მგ/ლ	<0,05 მგ/ლ
5	$Cu^{2+}$	Ag@MnOx 80 მგ/გ	27 მგ/ლ	0,02 მგ/ლ	<1 მგ/ლ
6	$Cu^{2+}$	-	27 მგ/ლ	26,5 მგ/ლ	<1 მგ/ლ

**მანგანუმის იონებით დაბინძურებული წყლის გაწმენდის კინეტიკა**

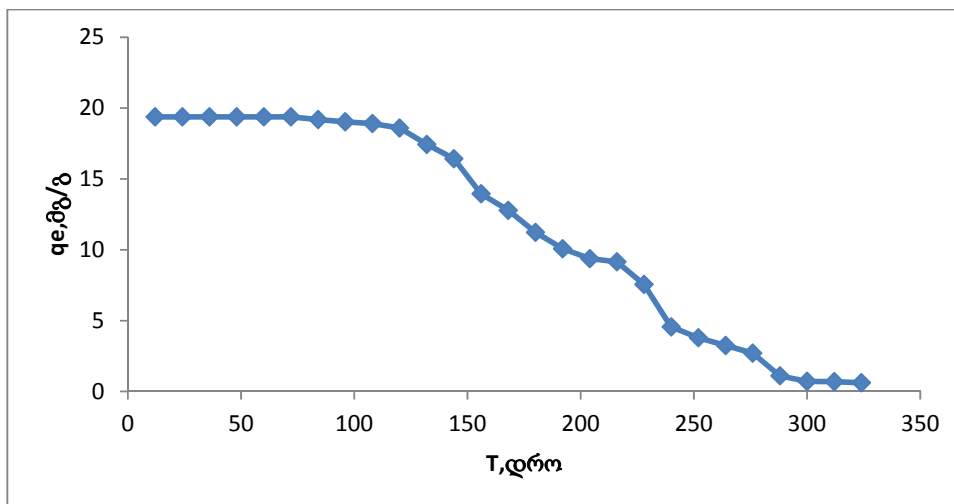
სამუშაოს შემდეგ ეტაპზე შესწავლილია ჰიბრიდული ნანოკომპოზიტზე (Ag@MnOx) მანგანუმის იონების ( $Mn^{2+}$ ) ადსორბციის კინეტიკა. კორდიერიტზე დაფენილი პირველადი ფენა 30გ შეადგენდა, ხოლო კორდიერიტზე ჩატვირთული ნანოკომპოზიტის რაოდენობა პირველად ფენასთან მიმართებაში 85 მგ/გ-ს. ექსპერიმენტში გამოყენებული იყო  $Mn^{2+}$  50 მგ/ლ კონცენტრაციით დაბინძურებული გამოხდილი წყალი. დაბინძურებული წყლის მჟავიანობა შეადგენდა pH=5,5 (გაზომვა ხორციელდებოდა Digital pH meter), ხოლო გაწმენდილი წყლის pH=6,5, ფილტრაციის სიჩქარე – 0.08ლ/სთ.

ანალიზის აღება ხდებოდა ფილტრში 1ლ წყლის გავლის შემდეგ (12 სთ); გაფილტრულ წყალში მანგანუმის იონების კონცენტრაცია განისაზღვრა ატომურ-აბსორბციული ANALYST 200-1004 TAM, AAS-200 - Perkin Elmer სპექტროფოტომეტრზე.

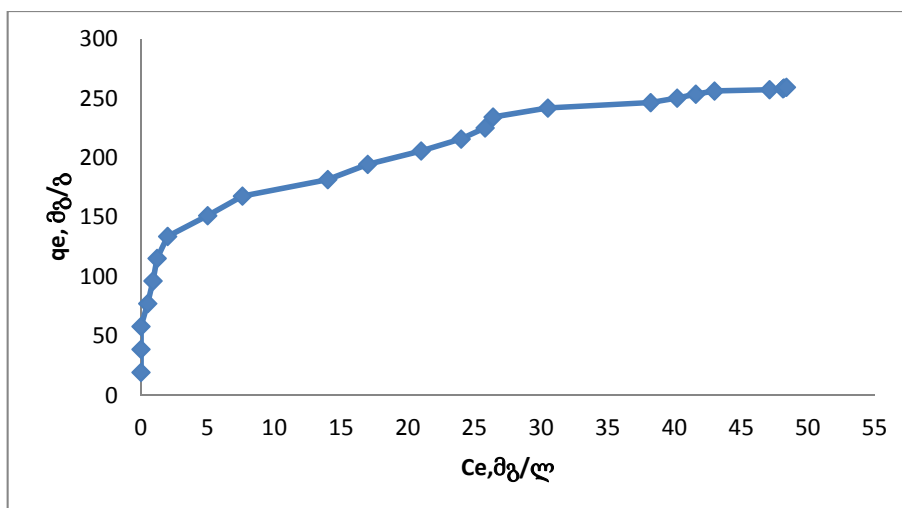
ადსორბციული ტევადობა

$$q_e = \frac{(C_0 - C_e) \times V}{m}$$

სადაც  $q_e$  არის ადსორბენტზე ადსორბირებული მანგანუმის იონების რაოდენობა, მგ/გ;  $C_0$  – მანგანუმის იონების საწყისი კონცენტრაცია, მგ/ლ;  $C_e$  – მანგანუმის იონების კონცენტრაცია ფილტრაციის შემდეგ, მგ/ლ;  $V$  – ფილტრში გასული წყლის მოცულობა, ლ;  $m$  – ადსორბენტის მასა, გ.



სურ. 12. მანგანუმის იონების ადსორბციის კინეტიკა ჰიბრიდულ ნანოკომპოზიტზე (Ag@MnO<sub>x</sub>)



სურ. 13. ადსორბენტზე მანგანუმის იონების გადასვლის კინეტიკა

მანგანუმის იონების დაჟანგვა და ადსორბცია შესწავლილია არაერთ ნაშრომში და ძირითადად აღწერს სამ მექანიზმს: დაჟანგვა ხსნარში, მანგანუმის იონის ადსორბცია MnO<sub>2</sub>-ზე და კატალიზური დაჟანგვა სორბენტზე[16].

- $Mn^{2+} + O_x \rightarrow MnO_2$
- $Mn^{2+} + MnO_2 \rightarrow MnO_2 = Mn$
- $MnO_2 = Mn + O_x \rightarrow MnO_2$

O<sub>x</sub> გულისხმობს სხვადასხვა დამჟანგველს (ClO<sub>2</sub>, KMnO<sub>4</sub>, O<sub>2</sub>, O<sub>3</sub> და სხვა), ხოლო MnO<sub>2</sub> = Mn სორბენტზე ადსორბირებულ Mn<sup>2+</sup>-ს.

ნანოკომპოზიტით დაფარული ფილტრის ტევადობა მანგანუმის იონების მიმართ 318.17 მგ/გ

შეადგენს, რაც ნიშნავს, რომ 1გ ნანოკომპოზიტს შეუძლია ამოიღოს 318.17 მგ მანგანუმი.

### 3. დასკვნა

მიღწეულია კვლევის ძირითადი მიზანი: კათოდის ფორმის შეცვლის შედეგად მიღებული ვერცხლის ნანოზოლი მონოდისპერსიულია და ნაწილაკის ზომაც შედარებით შემცირებულია. შერჩეულია საფილტრე მასალის ფიჭური კორდიერიტის სარჩული და შემუშავებულია მასზე პირველადი ფოროვანი ფენისა და ჰიბრიდული ნანოკომპოზიტის დაფენის ტექნოლოგია. მიღებული კომბინირებული ფილტრი ამჟღავნებს ბაქტერიცი-

დულ აქტიურობას და, ამავე დროს, კარგად წმენდს წყალს მძიმე ლითონებისაგან, შესწავლილია ფილტრის ტევადობა მანგანუმის იონების მიმართ და იგი 318,17 მგ/გ შეადგენს.

### ლიტერატურა

1. საქართველოს მთავრობის დადგენილება № 58, სასმელი წყლის ტექნიკური რეგლამენტის დამტკიცების შესახებ.
2. World Health Organization (WHO) and the United Nations Children's Fund (UNICEF). Progress on Drinking Water, Sanitation and Hygiene: 2017 Update and SDG Baselines; WHO: Geneva, Switzerland, 2017.
3. B.G.Ershov, E.Janata, A.Henglein, Growth of silver particles in aqueous solution: long-lived "magic" clusters and ionic strength effects, *J.Phys. Chem.*, 97, (2) (1993) 339-343.
4. B. Domènech, M. Muñoz, D.N. Muraviev and J. Macanás, Polymer-Silver Nanocomposites as Antibacterial materials, Microbial pathogens and strategies for combating them: science, technology and education (A. Méndez-Vilas, Ed.) (2013) 630-640.
5. L. Abhishek, R. Abishek karthik, K, Deepak Kumar, G. Sivakumar, Advanced Water Treatment Using Nano-Materials, *Int. J. of Innovative Research in Science, Engineering and Technology*(An ISO 3297: 2007 Certified Organization)Vol. 3, Iss. 11, (2014) 17130-17138.
6. M. Doandze, T. Agladze, Strategy for Nanohybridized Synthesis of MaMbOx System, In the Book: Chemical Engineering and polymers Production of Functional and Flexible Materials, Apple Academic press, Capter 13, Canada.
7. T.Agladze, M. Donadze, M. Gabrichidze, P. Toidze, J. Shengelia, N. Boshkov and T, N. Tsvetkova: *Z. Phys.Chem.* 227 (2013) 1187-1198.
8. M. Donadze, S.Calvache, M. Gabrichidze, T. Agladze, Novel method of Fabrication of Hybrid Metal(I)/Metal(II) Oxides Nanoparticles, *Transaction of the IMF: The International Journal of Surface Engineering and Coatings*, 94(1), (2016) 16-23.
9. S. Khutsishvili, P. Toidze, M. Donadze, M. Gabrichidze, T. Agladze, N. Makhaldiani, Structural and Magnetic Properties of Silver Oleic Acid Multifunctional Nanohybrids, *Annals of Agrarian Science* 17 (2019) 153 – 157.
10. თ. აგლაძე, მ.დონაძე. ვერცხლის მონოდისპერსიული ნანონაწილაკების მიღების ხერხი, GE P 2019 7022 B
11. N.Garti, and E. Avni: Permanganate Oxidation of Oleic Acid Using Emulsion Tehnology, *JAOCS* 58 (8) (1981)840-841.
12. A. Stefanescu, A.C. van Veen, C. Mirodatos , J.C. Beziat, E. Duval-Brunel, Wall coating optimization for microchannel reactors, *Catalysis Today*, 125, (2007) 16-23.
13. M. Bakhtiari, F. Khorasheh, A. Zamanian, A. Nakhaeipour and M. Irani, Preparation, Evaluation and Characterization of monolithic Catalysts for fisher-Tropsh, *Petroleum & Coal* 50 (3), (2008) 56-61.
14. T. Zhou, L. Li, J. Cheng , Z. Hao, Preparation of binary washcoat deposited on cordierite substrate for catalytic applications, *Ceramics International* 36 (2010) 529-534.
15. C.Agrafiotis, A.Tsetsekou, Deposition of mesoporous  $\gamma$ -alumina coatings on ceramic honeycombs by sol-gel methods, *J. Eur. Ceram.Soc.* 22 (2002) 423-434.
16. D. Gregory and K. Carlson, Effect of soluble Mn concentration on oxidation kinetics Source: *Journal (American Water Works Association)*, Vol. 95, No. 1 (January 2003), pp. 98-108.

UDC 666.762.93

**SYNTHESIS AND APPLICATION OF THE HYBRID NANOCOMPOSITE - Ag@MnO<sub>x</sub> FOR PURIFICATION WITH BACTERIA (E. COLI) AND HEAVY METALS CONTAMINATED WATER**

**N. Makhaldiani, M. Donadze**

Georgian Technical University, Department of Chemical and Biological Technologies, Str Costava 69. 0175 Tbilisi. Georgia

E-mail: m.donadze@gtu.ge

**Resume: goal.** The aim of the study was the synthesis of the Ag @ MnO<sub>x</sub> nanocomposite and the purification of water from bacteria and heavy metal ions using filter containing a hybrid nanocomposite.

**Method.** The main filter component is silver nanoparticles stabilized with oleic acid, obtained by electrosynthesis in a two-layer bath. An aluminum arc was used as a rotating cathode and optimal electrolysis parameters were determined. Hybrid nanocomposite obtained by oxidation of oleic acid with potassium permanganate. A porous filter was obtained by coating of honeycomb structure cordierite with a primary layer-washcoat ( $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) and its subsequent impregnation with a hybrid nanocomposite.

**Results.** The use of an arc instead of a disk-shaped cathode in a two-layer bath reduces the size of silver particles and increases the degree of monodispersity. A filter based on a hybrid nanocomposite shows a good antibacterial effect in the process of purification of drinking water from E.coli bacteria; good sorption effect for copper ions and sorption and oxidative effect for manganese ions.

**Conclusion.** A porous honeycomb structure filter containing a nanohybrid composite Ag @MnO<sub>x</sub> can be used to purify water contaminated with bacteria and heavy metals at the place of consumption (well water, exotic tourism zone, etc.).

**Key words:** nanosilver; hybrid nanocomposite; cordierite; heavy metals; coli index.

---

უაკ 666.295.002.237

## კერამიკის ისტორიის შესახებ<sup>1</sup>

ზ. კოვზირიძე

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, ბიონანოკერამიკისა და ნანოკომპოზიტების ტექნოლოგიის ინსტიტუტი, საქართველო, 0175, თბილისი, კოსტავას 69

E-mail: kowsiri@gtu.ge

კერამიკის განვითარების ისტორია მეცნიერების ისტორიის ერთ-ერთ საინტერესო და გლობალური დარგია, იგი ნათლად ასახავს ადამიანის გონივრული განვითარების ისტორიასაც. კერამიკა არა მარტო ერთ-ერთი პირველი ნაკეთობაა ადრეული ცივილიზაციისა, არამედ ერთ-ერთი პირველი საგნობრივი გამოსახვაც გარკვეულ დიზაინში, ადამიანის ყოფითი ცხოვრების მოთხოვნილების დასაკმაყოფილებლად.

სტუდენტობის პერიოდსა და შემდგომშიც დღემდე ვვასწავლიდნენ და ჩვენც ასევე ვასწავლიდით, რომ კერამიკა 15 000 წლისაა. ეს ასაკი დადგინდა მდინარე ნილოსის ფსკერზე შლამის ფენებში ნაპოვნი კერამიკული ნაკეთობების კვლევის შედეგად. საქართველოს ტერიტორიაზე არქეოლოგიური გათხრების შედეგად მოპოვებული კერამიკული ნაკეთობების ნიმუშები თარიღდება დაახლოებით 6000 წლით ჩვენს წელთაღრიცხვამდე. რამდენიმე წლის წინ გერმანიის ქ. ბრემენის უნივერსიტეტში სამეცნიერო მივლინების დროს საშუალება მქონდა წამეკითხა პენსილვანიის პაოლის უნივერსიტეტის პროფესორ სოლომონ მუზიკანტის წიგნი „WHAT EVERY ENGINEER SHOULD KNOW ABOUT CERAMICS“. წიგნი დაიბეჭდა ნიუ-იორკში მარსელ დეკერის გამომცემლობაში. წიგნის პირველ გვერდზე არის ასეთი წარწერა: „This book is dedicated to that human who made the first ceramic molded figure 24.000 years ago“.

რა თქმა უნდა, ადამიანის მიერ თიხის თვისებების აღმოჩენა, მისი ყოფითი ცხოვრებისათვის, იმდროინდელ ეტაპზე მოვლენად უნდა ჩაითვალოს. მეორე მხრივ, მის მიერ ჩამოსხმული კერამიკული ნაკეთობის საყალიბო ფორმაში მიღება, როგორც წიგნის მიძღვნაშია მოცემული molded figure, მიგვითითებს კერამიკული მეწარმეობის განვითარების გარკვეულ ეტაპზე 24 000 წლის წინ. პროფ. ს. მუზიკანტს წიგნში მოცემულია ცხრილი კერამიკის განვითარების ისტორიის შესახებ, რომელიც შეადგინა მსოფლიოში აღიარებულმა და

წამყვანმა მეცნიერმა, მასაჩუსეტსის უნივერსიტეტის პროფესორმა დევიდ კინგერმა.

ვფიქრობთ, არ შევცდებით თუ ვენდობით და მისაღებად ჩავთვლით ამერიკელი მეცნიერების კვლევის შედეგებსა და დასკვნებს. ამასთან, სხვადასხვა მონაცემით, კერამიკის ისტორია მოიცავს 29 ათას წელიწადს. საინტერესოა ისიც, რომ, მიუხედავად კერამიკული ნაკეთობების ფართო გამოყენებისა ენერგეტიკაში, მანქანათმშენებლობაში, რაკეტულ და ბირთვულ ტექნიკაში, ელექტრონიკასა და ელექტროტექნიკაში, ტექნიკისა და ყოფითი ცხოვრების მრავალ სფეროში, დღემდე არ გვაქვს სრულყოფილი განმარტება იმისა, თუ რა არის კერამიკამასალა, რომელიც დღითი დღე სულ უფრო მნიშვნელოვანი წამყვანი და საპასუხისმგებლო ხდება ტექნიკის მრავალი დარგისათვის. რა თქმა უნდა, არა გვაქვს პრეტენზია იმისა, რომ ჩვენ მიერ ჩამოყალიბებული განმარტება კერამიკის შესახებ სრულყოფილი იქნება, მაგრამ სურვილი გვაქვს, კიდევ ერთხელ შევახსენოთ მეცნიერებს იმის შესახებ, რომ მიუხედავად ჩატარებული ფუნდამენტური კვლევებისა, ლიტერატურასა და ლექსიკონებში მოცემული განმარტებები მაინც საჭიროებს დაზუსტებას და ლაკონიურობას. ჩვენი აზრით, **“კერამიკა” არის მეცნიერება, არაორგანული ნედლეულებისაგან კონსოლიდირებული მასალის მიღების ხელოვნება და ტექნოლოგია.**

ადრეულ ეტაპზე კერამიკას უწოდებდნენ ყველა იმ მასალას, რომელიც მიიღებოდა თიხისაგან, იმ ვარაუდით, რომ ბერძნული სიტყვები „Keramos“ თიხას ნიშნავს, ხოლო “Keramike” - მეთუნეობას. XX ს-ის დასაწყისიდან ეს მნიშვნელობა ძირითადად შეიცვალა და დღეს კერამიკას უწოდებენ ყველა იმ მასალას, რომელიც მიიღება კერამიკული ტექნოლოგიით.

ვფიქრობთ, წარმოდგენილი მასალა საინტერესო იქნება როგორც მეცნიერების, ისე სტუდენტობისათვის.

<sup>1</sup> იქვეყნება განმეორებით

დაახლ. 22000 ძვ.წ. - უძველესი გამოქვანი თიხის ფიგურები

დაახლ. 8000 ძვ.წ. - ახლო აღმოსავლეთის გამოქვანი ჭურჭელი

პრიალა დაფარვა, წითელი და შავი მართიულია, ამიტყფრული  
ორნამენტი, ნამურობები, ამოკვეთილი მორთულობა, კანკის პრიცკის  
შემცობება მანგანუმის და შინჯლის შავი პრემენტის გამოყენების  
ხეული და ფორფორფანი ნაწარმის გაპროიალება, შეწებება, ნინჯისებრი  
და გრდელისებრი ფორმის მოქუქრობება და მორთვა, საქალიბი  
თიხების მომზადება სუსტნის ფელტრაციის გზით

დაახლ. 6000 ძვ.წ. - ახლო აღმოსავლეთი

დაახლ. 4000 ძვ.წ. - შავიპტური ფაიანსი

დაახლ. 1600 ძვ.წ. - მოჭიქვა, გაპროიალება, ფრიატა ჰიქური

მე-10 ს. ახ.წ. - თიხა-კერც-ფრიატა ნაკეთობანი ქვეპტეში

პრიალა მოხატვა

მე-13 ს. - მინას მომნანქებელი ნაკეთობანი

მე-14 ს. - თეთრი ფიდელები

მე-16-ს. - იხნიკის მოსაპირკეთებელი მახალა

ლურჯით დაფარული თეთრი ნაკეთობანი

1575-1587 - შედარის ფაიფური

მე-17 ს. - გომბონის  
ნაკეთობანი

4000-3500 ძვ.წ.  
სახელონოები  
მბრუნავი საქალიბი  
ნარსებობი

1500 ძვ.წ. - მინის  
ტუჩქექველი ჰიქური

დაახლ. 1000 ძვ.წ. - მოჭიქული  
ქვისებრი კერამიკული ნაკეთობანი  
ნინჯიოდან

მინის დინასტია (206 ძვ.წ. -  
221 ახ.წ.) - თეთრი ფაიფური

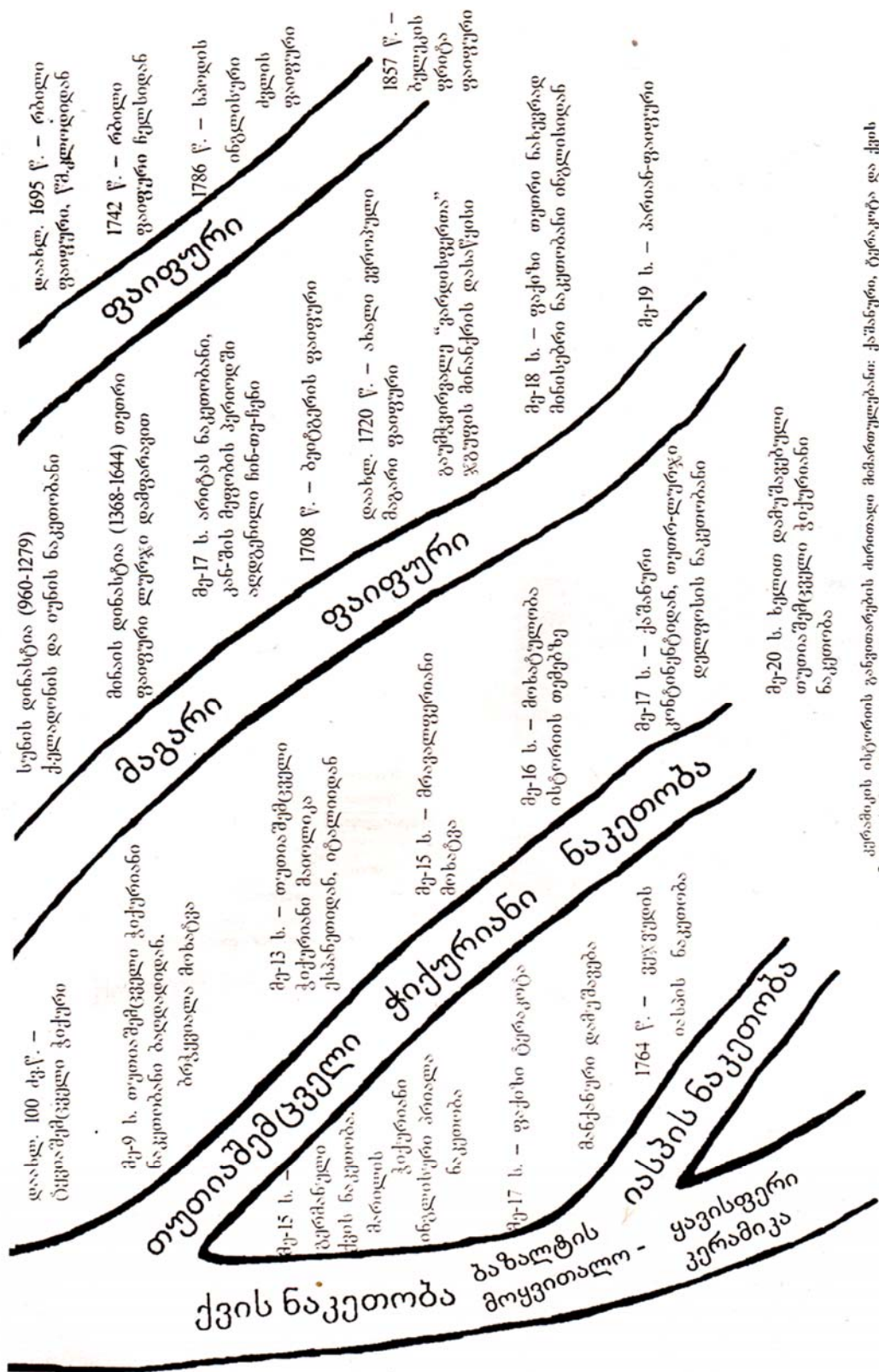
ტახის დინასტია (618-906) ფაიფურის  
ფართო მქსობრტი ნინჯიოდან

დაახლ. 700 ძვ.წ. -  
ბერძნული შავ-წითელი  
ნაკეთობანი

თიხის ნაკეთობა

ტერაკოტა





მწარმოების ისტორიის განვითარების ძირითადი მხარდობები: ქაშანური, ტერაკოტა და ქვის ნაკეთობანი. მოცულობითი მაგარი ფაიფური, კერძოდ შემცველი ნაკეთობანი, თუთიაშემცველი ჭიქურიანი ნაკეთობანი. მოცულობითი რთვი ხაინტრეხი ფორმის და ორნამენტული ტექნიკით შესრულებული კერამიკის ნაკეთობანი. პ. დ. კინგერის "კერამიკული მუდგენებიდან." (ცხრილი არასრული სახითაა წარმოდგენილი)

მე-20 ს. ქვის კერამიკის ხელით დამუშავება

## უაკ 591.2

### მართვადი ლოკალური „ქენსერთერმია“, როგორც ინოვაციური მეთოდი და ტექნოლოგია კიბოთი დაავადებული პაციენტების სამკურნალოდ

ზ. კოვზირიძე,<sup>1</sup> ს. ზამგარამეძე, ხ. შოთაძე, გ. მენტეშაშვილი<sup>2</sup>, პ. ხორავა<sup>3</sup>

<sup>1</sup>საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, ბიონანოკერამიკისა და ნანოკომპოზიტების ტექნოლოგიის ინსტიტუტი, საქართველო, 0175, თბილისი, კოსტავას 69

<sup>2</sup> შპს „საროველი“, საქართველო, 4600, ქუთაისი, 9 აპრილის 8

<sup>3</sup> კლინიკური ონკოლოგიის ინსტიტუტი, საქართველო, 1059, თბილისი, ლიუბლიანას 5

E-mail: kowsiri@gtu.ge

**რეზიუმე:** მიზანი. მართვადი ლოკალური „ქენსერთერმიის“ ინოვაციური ტექნოლოგიის შექმნა პაციენტების სამკურნალოდ.

საკვანძოები: „მართვადი ლოკალური „ქენსერთერმია“, როგორც ინოვაციური მეთოდი და ტექნოლოგია კიბოთი დაავადებული პაციენტების სამკურნალოდ“. დეპონირებულია:

2020 01 16. მოწმობა-7906

**მეთოდი.** ინოვაცია შემდეგშია: წინასწარი კვლევების შედეგად განსაზღვრული სიმსივნური დაავადების უბანზე დაფინება 44–45°C თბილ წყალში დასველებული თხელი გაწურული ნაჭერი. ნაჭერს დაედება საქართველოს ტექნიკურ უნივერსიტეტში ჩვენ მიერ შექმნილი LEZI-1 აპარატურის თერმოპადი, რომლის ტემპერატურა 45°C-ია, სამკურნალო თავაკის ზომაა 25x18 სმ (თერმოპადი შეიძლება ნებისმიერი ზომის დამზადდეს). ნაჭერი უნდა გამოშრეს (დრო ემპირიულია). ამით მიიღწევა პაციენტის კანის წინასწარი – პრეკურსორული სითბური დამუშავება, ფორების გახსნა-გაფართოება, რათა თერმოპადიდან გამოყოფილი სითბო უფრო ღრმად შევიდეს დაავადებულ ნაწილში და ეფექტურად იმოქმედოს კიბოს უჯრედებზე მათი დანეკროზებისათვის, მომზადდეს ორგანიზმი „ქენსერთერმიისათვის“. შემდეგ ტემპერატურა აპარატურაზე უნდა ჩამოიწიოს სამკურნალო ტემპერატურამდე (43°C) და სეანსი გაგრძელდეს დანიშნულების მიხედვით, დაახლოებით 40–120 წუთი, იმის მიხედვით, თუ როგორ რეაგირებს პაციენტი და თვით დაავადება „ქენსერთერმიაზე“. შედეგი ასეთი ტექნოლოგიით კლინიკაში პაციენტებზე დადგა 5–6 სეანსის შემდეგ, ნაცვლად 10–12 სეანსისა, რაც ხელს უწყობს პაციენტის როგორც ფსიქიკურ, ისე ფინანსურ მდგომარეობას, მკურნალობისათვის ნაკლები დროის გამო. სიმსივნის საწინააღმდეგო ეფექტი ფასდება სიმსივნური მასის შემცირებით, სიმსივნური ქსოვილის ნეკროზით, სიმსივნის სრული გაქრობით. დინამიკაში შესწავლილია სიმსივნური ქსოვილი მაგნიტურ-რეზონანსული ტომოგრაფიისა და მორფოლოგიური კვლევის მეთოდით, სიმსივნის ნეკროზით, სიმსივნური მასისა და ნეკროზული უბნების კორელაციით.

როზით, სიმსივნური მასისა და ნეკროზული უბნების კორელაციით.

**შედეგი.** ინოვაციური მეთოდი და მაღალი ანტიბლასტომური ტექნოლოგიური შედეგი დადასტურდა ქ. ქუთაისის ონკოლოგიურ ცენტრ „საროველი“ სადაც გამოიცადა ჩვენ მიერ შექმნილი სამკურნალო აპარატურა LEZI-1, მართვადი ლოკალური „ქენსერთერმიის“ მეთოდით. ამ ტექნოლოგიური ინოვაციური მეთოდით მკურნალობის პირველივე ეტაპზე კლინიკამ მიიღო საუკეთესო შედეგი კიბოთი დაავადებულ აბსოლუტურად ყველა პაციენტზე (28). პაციენტების მკურნალობა გრძელდება და შედეგები ყველა პაციენტისათვის დადებითია.

**დასკვნა.** შეიქმნა მაღალი ანტიბლასტომური ეფექტის მქონე პრინციპულად ახალი მეთოდოლოგია და ინოვაციური ტექნოლოგია. შესწავლილი იქნა სიმსივნის საწინააღმდეგო აქტივობები; დადგინდა და შემუშავდა ოპტიმალური რეჟიმი და სქემები. ექსპერიმენტულ მასალაზე დაყრდნობით პირველად საქართველოში წარმოვადგინეთ სიმსივნის საწინააღმდეგო მონოთერაპიული სამკურნალო ეფექტი და ადიუვანტური მოქმედება კიბოს პოლიქიმოთერაპიულ მკურნალობაში. ამ ტექნოლოგიურ ინოვაციურ მეთოდს „Cancerthermia“ ვუწოდეთ.

**საკვანძო სიტყვები:** მართვადი ლოკალური „ქენსერთერმია“; ანტიბლასტომა; ინოვაცია; ნეკროზი; კიბოს უჯრედი.

## 1. შესავალი

ჯანდაცვის მსოფლიო ორგანიზაციის მონაცემებით, ავთვისებიანი სიმსივნეებით განპირობებული ავადობისა და მისგან გამოწვეული სიკვდილიანობის მაჩვენებელი გამუდმებით იზრდება. ხშირ შემთხვევაში, კვალიფიციურად ჩატარებული ჩარევის მიუხედავად, დაავადება ლეტალური გამოსავალით მთავრდება. გარდა პოლიორგანული უკმარისობისა, ამის მიზეზია ქიმოთერაპიით გამოწვეული იმუნური სისტემის დათრგუნვა, მიელოდეპრესია, ლეიკოპენია, კარდიო, ნეფრო-, ჰეპატო- და ნეიროტოქსიკურობა, ინტერ-



კურენტული მიკრობული გართულებები და სხვა. ყოველივე ეს განაპირობებს ავთვისებიანი სიმსივნეების მკურნალობის ახალი გზების ძიების აუცილებლობას, რომლებიც მიმართული იქნება სიმსივნის საწინააღმდეგო სტრატეგიის გასაძლიერებლად [1-14]. ონკოლოგიაში ცნობილია ავთვისებიანი სიმსივნეების ძირითადი მეთოდები: ქირურგიული, სხივური თერაპია და ქიმიოთერაპია.

ქირურგიის შესაძლებლობები მკვეთრად იზღუდება სიმსივნური პროცესის გავრცელებისას. მისი ნაკლოვანი მხარეებია: სიმსივნეზე ადგილობრივი ზემოქმედება და, ხშირ შემთხვევაში, პაციენტის ინვალიდიზაცია.

სხივური თერაპია იწვევს სიმსივნური უჯრედების დესტრუქციას. ის ასევე აზიანებს ჯანმრთელ ქსოვილებს. ხშირ შემთხვევაში, სიმსივნის სრული დესტრუქცია შეუძლებელია ირგვლივ მდებარე ქსოვილების შეუქცევი დაზიანების გარეშე.

ქიმიოთერაპია ანუ ციტოსტატიკური მკურნალობა არის ორგანიზმზე სისტემური ზემოქმედება. ამ პრეპარატების ორგანიზმში შეყვანით ხდება როგორც ძირითადი სიმსივნის დაზიანება, ისე უკვე წარმოქმნილ მეტასტაზებზე ზემოქმედება. ამავდროულად ყველა ქიმიოპრეპარატი ხასიათდება სხვადასხვა სახით გამოხატული ტოქსიკური ეფექტით, რომელიც ძირითადად აზიანებს ადამიანის სისხლძარღვს. თერაპიული ინტერვალი ანუ ის შუალედი, როდესაც სიმსივნე ზიანდება, ხოლო ორგანიზმის სასიცოცხლო ფუნქციები არ ირღვევა, მეტად მცირეა [15-25].

კიბოს უჯრედები ჩვეულებრივ იღუპება დაახლოებით 42-45°C, რადგან ჟანგბადის მიწოდება სისხლძარღვებით არასაკმარისია, მაშინ როდესაც ნორმალური უჯრედები არ ზიანდება. გარდა ამისა, სიმსივნე უფრო ადვილად ხურდება, ვიდრე გარშემო მდებარე ნორმალური ქსოვილი, რადგან სისხლძარღვები და ნერვული სისტემები ნაკლებ განვითარებულია სიმსივნეში [1-3].

საქართველოში ოფიციალური სტატისტიკით 45000 კიბოთი დაავადებული ადამიანი რეგისტრირებული ანუ ყოველი 82-ე ადამიანი კიბოთია დაავადებული, საჭიროა გაიზარდოს დაავადებული ადამიანების მიმართვიანობა კლინიკაში, რათა მეტი ადამიანის მკურნალობა გახდეს შესაძლებელი. პირველ და მეორე სტადიაზე მიმართვიანობა 32%-ია, ხოლო მესამე და მეოთხე სტადიაზე – 60%.

## 2. ძირითადი ნაწილი

**ჩვენი პროექტის მიზანია** და ასევე პერსპექტიული ჩვენ მიერ შექმნილი მართვადი ლოკალური ინოვაციური ტექნოლოგიის – “ქენსერთერმის” გამოყენება პაციენტებზე კლინიკაში, რომელიც უზენაესია ორგანიზმისათვის, რის საშუალებასაც იძლე-

ვა სწორად დაგეგმილი და გამოყენებული მართვადი ლოკალური “ქენსერთერმის” მეთოდი და შესაბამისი ინჟინრული გადაწყვეტა.

### კონკრეტული ამოცანები

1. შეიქმნა მაღალი ანტიბლასტომური ეფექტის მქონე პრინციპულად ახალი მეთოდოლოგია და ტექნოლოგია;

2. შესწავლილ იქნა სიმსივნის საწინააღმდეგო აქტივობები; დადგინდა და შემუშავდა ოპტიმალური რეჟიმი და სქემები;

3. ექსპერიმენტულ მასალაზე დაყრდნობით პირველად საქართველოში წარმოდგენილ იქნა სიმსივნის საწინააღმდეგო მონოთერაპიული სამკურნალო ეფექტი და ადიუვანტური მოქმედება კიბოს პოლიქიმიოთერაპიულ მკურნალობაში [26-33]. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ბიონანოკურამიკისა და ნანოკომპოზიტების მასალათმცოდნეობის ცენტრში შეიქმნა LEZI-1 და LEZI კლინიკური აპარატურები პაციენტების სამკურნალოდ.

### კონცეფცია და მეთოდოლოგია

სამუშაოს შედეგების გამოყენების პოტენციალი ფართოა. მთავარი ამოცანა და მიზანია, რომ შეიქმნას ისეთი ქმედების და იმდენი აპარატურა, რომელიც უზრუნველყოფს, დროის ერთეულში დაავადებული ადამიანების რაოდენობასთან შედარებით, უფრო მეტი ადამიანის მორჩენას ან მათი სიცოცხლისუნარიანობის გაზრდას, რათა საქართველოში კიბოთი დაავადებული ადამიანების რაოდენობის შემცირებაში მნიშვნელოვანი წვლილი იქნეს შეტანილი. სწორედ ეს არის გათვალისწინებული სამუშაოში და ფიზიკოსებსა და კონსტრუქტორებთან შეთანხმებით დაგეგმილი გვაქვს კიდევ ორი უნიკალური, უზენაესი, კლინიკური აპარატურის კონსტრუირება. უნიკალურობა იმაშია, რომ ერთდროულად, ერთი და იგივე აპარატურით შესაძლებელი გახდეს 4 თერაპიული მართვადი ლოკალური „ქენსერთერმის“ მეთოდით მკურნალობა. მსოფლიოში ამის ანალოგი არ არსებობს. უნდა აღინიშნოს, რომ საქართველოში არსებულ დარგებში ასეთი აპარატურა არ იწარმოება და ამას ვაკეთებთ მხოლოდ საქართველოს ტექნიკურ უნივერსიტეტში. ამრიგად, სამუშაოს პოზიციონირება „იდეიდან აპლიკაციამდე“ პირველ ეტაპზე მიღწეულია და ეს გაგრძელდება. რაც შეეხება აქტივობებს, კვლევასა და ტექნოლოგიის დემონსტრირებისათვის, ჩვენ მიერ შემუშავებული ტექნოლოგია და შედეგები გამოქვეყნებულია 28 ნაშრომში. პრეზენტირებულია მსოფლიო კონგრესებსა და საერთაშორისო კონფერენციებზე, მათ შორის აშშ-ის იმპაქტ-ფაქტორის მქონე ჟურნალებში. პრეზენტაციები ჩატარდა: ბარსელონაში, ოსაკაში, სტოკჰოლმში, ჩიკაგოში, ბეი-

ჯინში, ტოლედოში, სინგაპურში, ბანგკონგში, ბუ-დაპეშტში, ლონდონში, ლისაბონში. ჩვენმა პრეზენტაციამ **The Receiving and Study of Hematite Nanoparticles for Hyperthermia** საერთაშორისო კონფერენციაზე 1st International Conference for Students and Young Scientists on Materials Processing Science (2010 წელი, 10-13 ოქტომბერი, თბილისი) გაიმარჯვა და პირველი ადგილი აიღო. **მსოფლიო კონგრესზე ICC 6 "International Congress on Ceramics" 2016 წელს (21-25 აგვისტო) დრეზდენში ჩვენი აპარატურის პრეზენტაციამ (მონაწილე ქვეყნების რაოდენობა 47) – "Apparatus for treatment of proctologic (rectum) and cervix uterus cancer diseases by the method of local controlled hyperthermia" გაიმარჯვა და პირველი ადგილი აიღო. ყველა ზემოჩამოთვლილმა ხელი შეუწყო ბაზრის პირველად რეპლიკაციას.**

**2020 წელს დაგეგმილია პრეზენტაციები რომსა (6-8 ივლისი 2020) „World Congress on Materials Science“ [34] და სეულში (23-27 აგვისტო, 2020), ICC 8, „International Congress on Ceramics“ [35].**

#### *მოსალოდნელი შედეგები*

**კვლევის სტრატეგია:** კლინიკაში პაციენტების მკურნალობა სტუ-ის ბიონანოკერამიკისა და ნანო-კომპოზიტების მასალათმცოდნეობის ცენტრში შექმნილი Cancerthermia-ს მეთოდით სამკურნალო კლინიკური აპარატურების: "LEZI-1" და "LEZI" საშუალებით. ინოვაცია, ტექნოლოგიის უნიკალურობა და უპირატესობა იმაში მდგომარეობს, რომ ჩვენ მიერ შექმნილი აპარატურებით მკურნალობას არ გააჩნია არავითარი გვერდითი მოვლენები, რაც დასტურდება თბილისის სახელმწიფო სამედიცინო უნივერსიტეტის ფარმაკოლოგიური და სამკურნალო საშუალებების კვლევის ცენტრში აპარატურებით ჩატარებული გამოცდის უზენებლობაზე. ამდენად, **ჩვენ მიერ კონსტრუირებული კლინიკური აპარატურების გამოყენება პაციენტებზე უდიდეს სოციალურ სარგებელს მოიტანს და მნიშვნელოვან წვლილს შეიტანს საქართველოში ამ მიმართებით არსებული უმძიმესი სოციალური გამოწვევების გადაჭრაში. შეაჩერებს არა მარტო ჩვენი მოსახლეობის საზღვარგარეთის კლინიკებში გადინებას, არამედ მნიშვნელოვან ეკონომიკურ ეფექტს მოიტანს. ცნობილია, რომ საქართველოდან გაედინება კიბოთი დაავადებული პაციენტების დიდი რაოდენობა და, შესაბამისად, დიდი ფინანსური მასა ამ პაციენტების საზღვარგარეთ მკურნალობისათვის. ზემოთქმულიდან გამომდინარე, მოსალოდნელი შედეგი - შემუშავებული მკურნალობის ინოვაციური მეთოდი საქართველოსათვის, სადაც ყოველი 82 ადამიანი ავთვისებიანი სიმსივნით არის დაავადებული, გლობალური მასშტაბის ინოვაციაა.**

#### *კვლევის სტრატეგიული მნიშვნელობა და კომერციული შედეგები*

ტექნოლოგიური ტრანსფერის პოტენციალი და პროექტის შედეგების კომერციალიზაცია რეალურია. ამის საუკეთესო მაგალითია ის, რომ ქუთაისის ონკოლოგიურმა ცენტრმა, პაციენტების მკურნალობის შედეგად მიღებული მაღალი შედეგების საფუძველზე, საბერძნეთისა და ინგლისის კონფერენციებზე **Euro – Global Summit on Cancer Therapy in Radiation Oncology UK 2019** (ლონდონი 2019 წ., 25-27 ივლისი) ჩატარებული წარმატებული პრეზენტაციების საფუძველზე მოითხოვა ჩვენ მიერ შექმნილი მეორე აპარატურა LEZI - სწორი ნაწლავისა და საშვილოსნოს ყელის კიბოს სამკურნალოდ. ბაზარი ასეთი აპარატურების წარმოებისათვის აბსოლუტურად ღიაა და აუთვისებელი, კონკურენტები არ არსებობს. ბაზრის ზომა პირველ ეტაპზე არის საქართველო და შემდგომ ამიერკავკასია. პროექტის განხორციელებისას მიღებული შედეგების საჭიროება ადგილობრივ და საერთაშორისო ბაზარზე და ამ შედეგების მნიშვნელობა საქართველოსათვის შეუფასებელია, ვინაიდან კიბოთი დაავადებული ადამიანების რაოდენობა მთელ მსოფლიოში განუხრელად იზრდება. „ქენსერთერმია“ ეფექტურად ჩაეწერება პაციენტების კომპლექსურ მკურნალობაში, ამასთან გაიზრდება კიბოთი დაავადებული ადამიანების მიმართვიანობა კლინიკებში, პაციენტთა მკურნალობის აბსოლუტური უზენებლობის გამო. ფარმაცევტულ კომპანიებს, ვფიქრობთ, არ გაუჭირდება მედიკამენტების გაზრდილი რაოდენობის ბაზარზე შემოტანის ორგანიზება.

ინოვაციის ბაზარზე გასატანად გატარებულია გარკვეული ზომები, როგორცაა მაგ., უზენებლობის დასკვნა აპარატურაზე, რომელიც მიღებულია თბილისის სახელმწიფო სამედიცინო უნივერსიტეტის ფარმაკოლოგიური და სამკურნალო საშუალებების კვლევის ცენტრიდან. ორივე აპარატურის დარეგისტრირება საქპატენტში (მოწმობა-დდმ, 6374 „მართვადი ლოკალური ჰიპერთერმიის მეთოდით კიბოს პროქტოლოგიური დაავადებების სამკურნალო აპარატი“, 09.10.2015, ზ. კოვზირიძე და მოწმობა 6193, „მართვადი ლოკალური ჰიპერთერმიის მეთოდით კანის და კანქვეშა სიმსივნური დაავადებების სამკურნალო აპარატი“, 18.02.2015, ზ. კოვზირიძე), ასევე მართვადი ლოკალური „ქენსერთერმიის“ მეთოდის დარეგისტრირება „საქპატენტში“. გამოქვეყნება ადგილობრივ და საერთაშორისო იმპაქტ-ფაქტორის მქონე და სხვა ჟურნალებში, რამაც პოპულარიზაცია გაუწია ჩვენს ინოვაციურ და მაღალტექნოლოგიურ სამუშაოებს. მოლაპარაკება ონკოლოგიურ კლინიკებთან, რამაც უკვე შედეგი გამოიღო და ჩვენი აპარატურა შეტანილია ბაზარში.



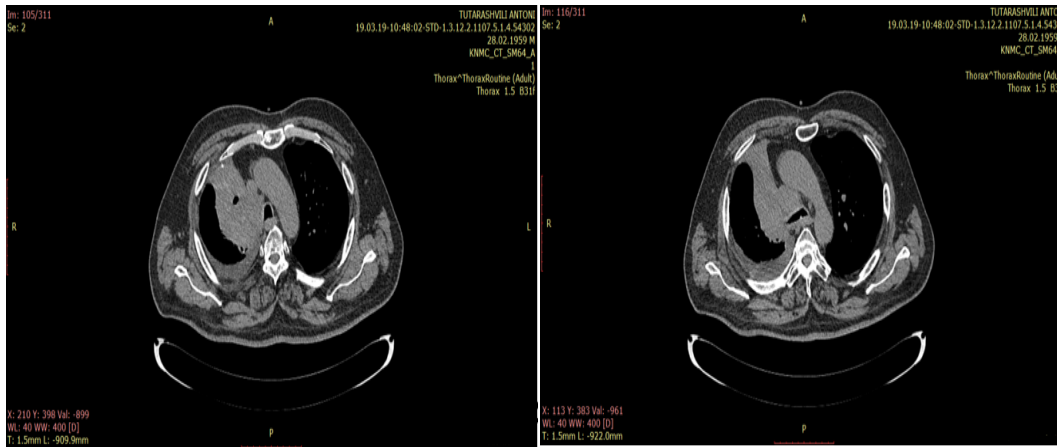


**სურ. 3**  
**ფილტვის ავთვისებიანი სიმსივნე; 34 - Euro – Global Summit on Cancer Therapy in Radiation Oncology UK 2019. 25-27 July**

**Clinical Case 1**

- Patient : 55 years old.
- Ds: NSCLC
- stage 3
- pT3N2M0

34 - Euro – Global Summit on Cancer Therapy in Radiation Oncology UK 2019



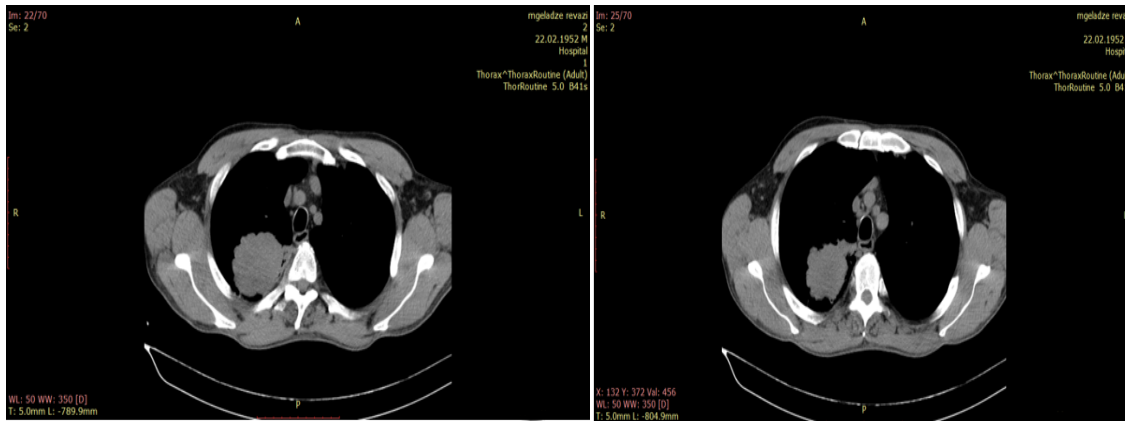
1. Before treatment

2. After treatment

**Clinical Case 2**

- Patient : I.L 28 years old
- DS: NSCLC
- Stage 4
- pT2N2M1

34 - Euro – Global Summit on Cancer Therapy in Radiation Oncology UK 2019



1. Before treatment

2. After treatment

მე-4 სურ-ზე მოცემულია საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ბიონანოკერამიკისა და ნანო-კომპოზიტების მასალათმცოდნეობის ცენტრში კონსტრუირებული მართვადი ლოკალური „ქენსერთერ-მის“ სამკურნალო აპარატი.



Clinical therapeutic device “Lezi 1” created at the Bionanoceramic and Nanocomposite Materials Science Center (manager Prof. Z. Kovziridze) of Georgian Technical University for Treatment of skin and subcutaneous cancer diseases by controlled local Cancerthermia.

### 3. დასკვნა

სამუშაოს საბოლოო მიზანია ინოვაციური მაღალი ტექნოლოგიის შექმნა მართვადი ლოკალური „ქენსერთერმის“ მეთოდის გამოყენებით კიბოს სიმსივნური დაავადებების სამკურნალოდ.

შემუშავდა ინოვაციური მაღალი ტექნოლოგია მართვადი ლოკალური „ქენსერთერმია“, როგორც სიმსივნის საწინააღმდეგო მონოთერაპიული და ადიუვანტური ზემოქმედება, LEZI და LEZI-1 აპარატურების საშუალებით, სიმსივნეთა პოლიქიმიოთერაპიულ მკურნალობაში.

კვლევის ჩასატარებლად გამოყენებულია თანამედროვე მეთოდები: MRT, ქიმიური, თერმული, რენტგენოსტრუქტურული, ელექტრონული და ბიოლოგიური მიკროსკოპიის და სხვა. ჩვენი სამუშაოს უპირატესობა და უნიკალობა მდგომარეობს იმაში, რომ მართვადი ლოკალური „ქენსერთერმული“ მკურნალობა უვნებელია ადამიანის ჯანმრთელობისათვის და არავითარი გვერდითი მოვლენებით არ ახასიათებს და დიდი უპირატესობა აქვს ქირურგიულ, ქიმიო- და სხივურ თერაპიასთან შედარებით. მოსალოდნელი კომერციული, მეცნიერული და სოციალური ეფექტი მაღალია, ვინაიდან საკითხი ეხება ქვეყნის მოსახლეობის ყოველი 82-ე დაავადებული ადამიანის ჯანმრთელობის გაუმჯობესებას და დაავადებული ადამიანების მიმართვიანობის გაზრდას კლინიკებში.

ზემოთ თქმულიდან გამომდინარე კვლევის მნიშვნელობა ქვეყნის როგორც სოციალური მდგომარეობისათვის, ისე ტექნოლოგიური განვითარებისათვის ფასდაუდებელია.

### ლიტერატურა

1. 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).
2. 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).
3. J. Overgaard, “Effect of Hyperthermia on Malignant Cells In Vivo. A Review and a Hypothesis,” *Cancer*, 39 2637–2646 (1977).
4. G. J. Ehrhardt and D. E. Day, “Therapeutic Use of 90Y Microspheres,” *J. Nucl. Med.*, 14 233–242 (1987).
5. 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).
6. 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).
7. I. Wollner, C. Knutsen, P. Smith, D. Prieskorn, C. Chrisp, J. Andrews, J. Juni, S. Warber, J. Klevering, J. Crudup, and W. Ensminger, “Effects of Hepatic Arterial Yttrium 90 Glass Microspheres in Dogs,” *Cancer*, 61 1336–1344 (1988).
8. S. Houle, T. K. Yip, F. A. Shepherd, L. E. Rotstein, K. W. Sniderman, E. Theis, R. H. Cawthorn and K. Richmond-Cox, “Hepatocellular Carcinoma: Pilot Trial of Treatment with Y-90 Microspheres,” *Radiology*, 172 857–860 (1989).

9. J. H. Anderson, J. A. Goldberg, R. G. Bessent, D. J. Kerr, J. H. McKillop, I. Stewart, T. G. Cooke, and C. S. McArdle, "Glass Yttrium-90 Microspheres for Patients with Colorectal Liver Metastases," *Radiol. Oncol.*, 25 137–139 (1992).
10. M. A. Burton, B. N. Gray, C. Jones, and A. Coletti, "Intraoperative Dosimetry of <sup>90</sup>Y in Liver Tissue," *J. Nucl. Med.*, 16 495–498 (1989).
11. F. A. Shepherd, L. E. Rotstein, S. Houle, T. C. Yip, K. Paul, and K. W. Sniderman, "A Phase I Dose Escalation Trial of Yttrium-90 Microspheres in the Treatment of Primary Hepatocellular Carcinoma," *Cancer*, 70 2250–2254 (1992).
12. J. C. Andrews, S. C. Walker, R. J. Ackermann, L. A. Cotton, W. D. Ensminger, and B. Shapiro, "Hepatic Radioembolization with Yttrium-90 Containing Glass Microspheres: Preliminary Results and Clinical Follow-Up," *J. Nucl. Med.*, 35 1637–1644 (1994).
13. J.H. Tian, B.X. Xu, J.M. Zhang, B.W. Dong, P. Liang, and X.D. Wang, "Ultrasound-Guided Internal Radiotherapy Using Yttrium-90-Glass Microspheres for Liver Malignancies," *J. Nucl. Med.*, 37 958–963 (1996).
14. X. Cao, N. He, J. Sun, J. Tan, C. Zhang, J. Yang, T. Lu, and J. Li, "Hepatic Radioembolization with Yttrium-90 Glass Microspheres for Treatment of Primary Liver Cancer," *Chin. Med. J.*, 112 430–432 (1999).
15. M. Kawashita, F. Miyaji, T. Kokubo, G. H. Takaoka, I. Yamada, Y. Suzuki, and K. Kajiyama, "Phosphorus-Implanted Glass for Radiotherapy: Effect of Implantation Energy," *J. Am. Ceram. Soc.*, 82 683–688 (1999).
16. M. Kawashita, R. Shineha, H.-M. Kim, T. Kokubo, Y. Inoue, N. Araki, Y. Nagata, M. Hiraoka, and Y. Sawada, "Preparation of Ceramic Microspheres for In Situ Radiotherapy of Deep-Seated Cancer," *Biomaterials*, 24 2955–2963 (2003).
17. M. Hiraoka and G. M. Hahn, "Comparison Between Tumor pH and Cell Sensitivity to Heat in RIF-1 Tumors," *Cancer Res.*, 49 3734–3736 (1989).
18. N. F. Borrelli, A. A. Luderer, and J. N. Panzarino, "Hysteresis Heating for the Treatment of Tumors," *Phys. Med. Biol.*, 29 487–494 (1984).
19. K. Ohura, M. Ikenaga, T. Nakamura, T. Yamamuro, Y. Ebisawa, T. Kokubo, Y. Kotoura, and M. Oka, "A Heat-Generating Bioactive Glass–Ceramic for Hyperthermia," *J. Appl. Biomater.*, 2 153–159 (1991).
20. T. Kokubo, Y. Ebisawa, Y. Sugimoto, M. Kiyama, K. Ohura, T. Yamamuro, M. Hiraoka, and M. Abe, "Preparation of Bioactive and Ferrimagnetic Glass–Ceramic for Hyperthermia," *Bioceramics*, Vol. 3. eds. J. E. Hulbert and S. F. Hulbert. Rose-Hulman Institute of Technology, Indiana, 213–223, 1992.
21. M. Ikenaga, K. Ohura, T. Yamamuro, Y. Kotoura, M. Oka, and T. J. Kokubo, *Orthop. Res.*, 11 849 (1993).
22. 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).
23. 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).
24. 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).
25. Masakazu Kawashita, *Ceramic Microspheres for Biomedical Applications Int. J. Appl. Ceram. Technol.*, 2 [3] 173–183 (2005).
26. 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.
27. 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. ICC 3 Proceedings, INNOVATIVE TECHNOLOGIES and FUTURE OUTLOOK for CERAMICS, The Ceramic Society of Japan. P.p.1536-1539.
28. 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.
29. Z. Kovziridze, P. Khorava, N. Mitskevich. Controlled Local Hyperthermia and Magnetic Hyperthermia of Surface (Skin) Cancer Diseases. *Journal of Cancer Therapy*, 2013, 4, # 7, p.p. 1262-1271. USA, Delaware.
30. Z. Kovziridze, E. Nikoleishvili, P. Khorava, A. Eliozashvili, G. Donadze. Controlled Local Hyperthermia for Therapy of Malignancies. 2nd International Conference for Students and Young Scientists on Materials Processing Science, Tbilisi, Georgia, 10-13 October 2012, Journal of Georgian Ceramists Association, 1(29) 2013. P.p. 140 146.
31. Z. Kovziridze, P. Khorava, I. Zerekidze, A. Eliozashvili, G. Donadze. Development of hyperthermal method for treatment of malignancies. Journal of Georgian Ceramists Association "Ceramics", 2012. # 1 (27), p.16-34.
32. 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", 2011. # 1 (24), p.37-46.
33. Z. Kovziridze. Certificate of Deposition "Controlled local hyperthermia for treatment of cancer diseases". Printed. National Intellectual Property Center of Georgia, "Georgian Patent", Certificate of deposition # 5054
34. CONTROLLED LOCAL CANCER THERMIA FOR THERAPY OF MALIGNANCIES Z. Kovziridze, G. Menteshashvili, S. Badzgaradze, P. Khorava, \*\* N. Nijaradze, N. Darakhvelidze, M. Balakhashvili, Z. Mestvirishvili. World Congress on Material Science-2020. July 6-8. 2020. Rome. Italy.
35. Local Controlled "Cancerthermia" for Treating Cancer Diseases. Z. Kovziridze, S. Badzgaradze, Kh. Shotadze, G. Menteshashvili, P. Khorava, N. Nijaradze, M. Balaxashvili, N. Darakhvelidze, International Ceramic Congress-ICC8. Seoul. Bexco. Busan Corea. 23-27 August. 2020.

---

UDC 591.2

## CONTROLLED LOCAL CANCER THERMIA AS AN INNOVATIVE METHOD AND TECHNOLOGY FOR TREATING PATIENTS WITH CANCER DISEASES

Z. Kovziridze<sup>1</sup>, S. Badzgaradze<sup>2</sup>, G. Menteshashvili<sup>3</sup>, P. Khorava<sup>3</sup>, Kh. Shotadze<sup>2</sup>.

<sup>1</sup>Institute of Bionanoceramic and Nanocomposite Technology. Georgian Technical University. Str. Costava 69. 0175 Tbilisi. Georgia

<sup>2</sup> Kutaisi Oncology Clinical Center "Saroveli", 4600 Kutaisi, Georgia, Str. 9 April 8

<sup>3</sup>Institute of Clinical Oncology, 1059 Tbilisi, Georgia, Str. Liubliana 5.

E-mail: kowsiri@gtu.ge

**Resume:** *Goal* Creation of innovative technology of local controlled "Cancerthermia" for treating patients. Georgian Patent "Saqpatenti" Certificate 7906. 2020.01.16 "CONTROLLED LOCAL CANCER THERMIA AS AN INNOVATIVE METHOD AND TECHNOLOGY FOR TREATING PATIENTS WITH CANCER DISEASES". *Method.* Innovation is in the following: thin piece of cloth impregnated in 42-45 °C warm water and then squeezed is placed over the cancerous site. A thermo-pad of 45°C temperature, of the size: 25x18 cm (thermo-pad can be made of any size) is applied on the material till the material is dried (time is empirical). This is done for preliminary-precursor treating of patient's skin, for opening pores, in order the heat that is emitted from thermo-pad penetrated deeper in the diseased section and acted efficiently on cancer cells for their necrosis, to prepare the organism for cancerthermia. Then the temperature on the apparatus should be reduced to 43 °C and the séance should be continued according to prescription, up to approximately 40-120 minutes; it depends on the reaction of the patient and the disease to cancerthermia. The result obtained by such technology becomes apparent after 5-6 séances, instead of 10-12. It will contribute to psychic as well as financial state of patients. Anti-cancer effect is estimated according to decrease of cancer mass, necrosis of tumor tissue, total disappearance of cancer. Besides, the cases were studied in dynamics by MRT and method of morphological study, cancer necrosis and correlation of tumor mass and necrotic sections. *Result.* Innovative method and high anti-blastoma technological result was proved at the Kutaisi Oncology Clinical Center "Saroveli", where therapeutic apparatus created by us for treating by the method of locally controlled cancerthermia was tested. The Clinic, by the use of this method of innovative technology, received high results after treating of absolutely all, 28 cancer patients. Treatment of patients is continued and the results are positive in all patients. *Conclusion.* Principally new methodology and technology of high anti-blastoma effect were. Anticancer activities will be investigated; optimal regime and schemes were developed. **Based on experimental material, for the first time in Georgia, therapeutic effect and adjuvant action of the anti-cancer monotherapy was presented in cancer polychemotherapy. We have called this technological innovative method - "Cancerthermia".**

**Key words:** local controlled "Cancerthermia; anti-blastoma; innovation; necrosis; cancer cell.



## უაკ 541.49

### აცეტონის იზონიკოტინოილჰიდრაზონთან კობალტისა(II) და ნიკელის(II) კოორდინაციული ნაერთების სინთეზი და შთანთქმის ინფრაწითელი სპექტრები

ნ. ფრანგიშვილი<sup>1</sup>, ნ. კილასონია<sup>1,2</sup>, ნ. გეგეშიძე<sup>1,2</sup>, მ. ცინცაძე<sup>1,2</sup>, მ. კერესელიძე<sup>2</sup>, ლ. სხირტლაძე<sup>2</sup>

<sup>1</sup>საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, ქიმიური და ბიოლოგიური ტექნოლოგიების დეპარტამენტი, საქართველო, 0175, თბილისი, კოსტავას 69

E-mail: m.tsintsadze@gtu.ge

**რეზიუმე:** მიზანი. კვლევის მიზანია ორგანულ ლიგანდთან ზოგიერთი 3d-ლითონის კოორდინაციული ნაერთების სინთეზი და მათი ფიზიკურ-ქიმიური თვისებების, აგრეთვე ბიოლოგიური აქტივობის კვლევა. როგორც ცნობილია, ჰიდრაზონები მაღალპერსპექტიული პოლიდენტატური ლიგანდებია, რომლებიც ძალიან საინტერესოა ლითონებთან კომპლექსწარმოქმნის თვალსაზრისით. გარდა ამისა, დიდ ინტერესს იწვევს ის გარემოებაც, რომ ჰიდრაზონები მაღალი ფიზიკოლოგიური აქტივობით ხასიათდება. ჰიდრაზონთა მოლეკულები შეიცავს მაღალაქტიურ აზომეთინურ ჯგუფს, ჰიდრაზიდულ ნაშთს და ზოგიერთი ჰეტეროციკლებსაც. სწორედ ეს განაპირობებს მათ პოლიდენტატურობას. ისინი ხასიათდება ტუბერკულოზის, სარკომის, სხვადასხვა ავთვისებიანი წარმონაქმნის საწინააღმდეგო აქტივობით, ამიტომ მნიშვნელოვანი და აქტუალურია მათი კომპლექს-ნაერთების სინთეზი ე.წ. „სიცოცხლის ლითონებთან“, როგორც კობალტი, ნიკელი, თუთია, სპილენძი და ა.შ. სწორედ ამიტომაც, რომ სამკურნალო პრეპარატებთან მიკროელემენტების ნაკლებად ტოქსიკური ახალი კოორდინაციული ნაერთების სინთეზს ძალიან დიდი მნიშვნელობა ენიჭება.

**მეთოდები.** კვანტურ-ქიმიური ნახევრად ემპირიული AM1 მეთოდი; შთანთქმის ინფრაწითელი სპექტროსკოპიის მეთოდი.

**შედეგები.** აცეტონის იზონიკოტინოილჰიდრაზონის მოლეკულის კვანტურ-ქიმიური გათვლების საფუძველზე, კვანტურ-ქიმიური ნახევრად ემპირიული AM1 მეთოდით, რომელიც ჩატარებულია სხვადასხვა გამხსნელისთვის (წყალი, ეთანოლი, მეთანოლი, დიმეთილფორმამიდი, დიმეთილსულფოქსიდი, აცეტონი, ჰექსანი), შერჩეულია ოპტიმალური პირობები კომპლექსური ნაერთების სინთეზისთვის, სინთეზირებულია აცეტონის იზონიკოტინოილჰიდრაზონი და მის საფუძველზე კოორდინაციული ნაერთები კობალტისა(II) და ნიკელის(II) ქლორიდებთან, სულფატებთან, ნიტრატებ-

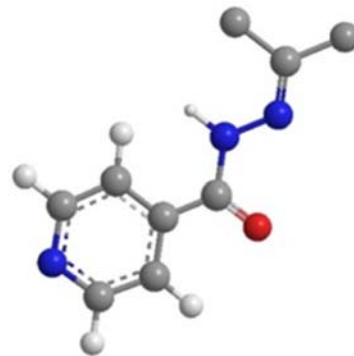
სა და თიოციანატებთან. შესწავლილია სინთეზირებული ნაერთების ზოგიერთი ფიზიკურ-ქიმიური თვისება და შთანთქმის ინფრაწითელი სპექტრები.

**დასკვნა.** სინთეზირებული კოორდინაციული ნაერთების შთანთქმის ინფრაწითელი სპექტრების შესწავლამ გაამართლა კვანტურ-ქიმიური მეთოდით მიღებული შედეგები. იწ სპექტრების ანალიზის შედეგად დადგენილია სინთეზირებული კოორდინაციული ნაერთების აღნაგობა: ლითონ-კომპლექს-წარმომქმნელთან ჰიდრაზონის მოლეკულის (ეს უკანასკნელი ყველა შემთხვევაში ბიდენტატურ ფუნქციას ასრულებს), წყლის მოლეკულებისა და აციდოლიგანდების (ქლორიდ-, ნიტრატ-, სულფატ- და თიოციანატ-იონები) კოორდინაციის წესი.

**საკვანძო სიტყვები:** ნახევრად ემპირიული კვანტურ-ქიმიური AM1 მეთოდი; ორგანული ლიგანდი; ჰიდრაზონი; პოლიდენტატური; მიკროელემენტები; შთანთქმის ინფრაწითელი სპექტრი; კომპლექსწარმოქმნა.

## 1. შესავალი

ჩვენ მიერ სინთეზირებულია ახალი ჰიდრაზონი - აცეტონის იზონიკოტინოილჰიდრაზონი (აცინ3). შესწავლილია მისი ზოგიერთი ფიზიკურ-ქიმიური თვისება.



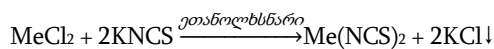
აცეტონის იზონიკოტინოილჰიდრაზონი

უშუალოდ სინთეზის ჩატარებამდე, ჰიდრაზონის მოლეკულის კომპლექსწარმოქმნის უნარის პროგნოზირებისა და დონორული ატომების გამოვლენისთვის ჩავატარეთ აღნიშნული ჰიდრაზონის მოლეკულის კვანტურ-ქიმიური კვლევა ნახევრად ემპირიული AM1 მეთოდით სხვადასხვა გამხსნელში. შედეგად დავადგინეთ სხვადასხვა გამხსნელის გავლენა მოლეკულის კომპლექსწარმოქმნის უნარსა და მის სხვადასხვა მახასიათებელზე. გამხსნელებად შევარჩიეთ წყალი, ეთანოლი, მეთანოლი, აცეტონი, დიმეთილფორმამიდი, დიმეთილსულფოქსიდი, ქლოროფორმი და ჰექსანი. გათვლის შედეგად გამოვლენილია დონორული ატომები, რომლებსაც შეუძლია ლითონ-კომპლექსწარმოქმნელთან კოორდინაციული ბმის წარმოქმნა. გათვლის მიზანია კომპლექსნაერთთა სინთეზისთვის ოპტიმალური პირობებისა და გამხსნელის შერჩევა. აცინ3-ის საფუძველზე კობალტისა(II) და ნიკელის(II) ქლორიდებთან, სულფატებთან, ნიტრატებსა და თიოციანატებთან სინთეზირებულია რვა ახალი კოორდინაციული ნაერთი. შესწავლილია მათი ზოგიერთი ფიზიკურ-ქიმიური თვისება და შთანთქმის ინფრაწითელი სპექტრები.

## 2. ძირითადი ნაწილი

**ექსპერიმენტული ნაწილი:** კომპლექსნაერთების სინთეზს ვატარებდით აცეტონისა და ეთანოლის ხსნარებში. სინთეზის ზოგადი მეთოდიკა ასეთია: ლითონის მარილის 0.001 მოლს გაცხელებით და მორევით ვხსნიდით ~5-8 მლ აცეტონში წყლის აბაზანაში. ასევე გაცხელებით და მორევით ~5 მლ აცეტონში ვხსნიდით ლიგანდს (თანაფარდობა - მარილი: ლიგანდი = 1:1). მიღებული ხსნარების მორევას ვაგრძელებდით დაახლოებით ნახევარი საათი. შემდეგ ლიგანდის ცხელ ხსნარში წვეთ-წვეთობით ვამატებდით მარილის ცხელ ხსნარს. შერევისთანავე შეიმჩნეოდა ნალექის გამოყოფა. სარეაქციო ნარევეს ვაყოვნებდით დაახლოებით ნახევარი საათი და შემდეგ გადაგვექონდა კრისტალოზატორში. რამდენიმე დღის შემდეგ ვფილტრავდით, ვრეცხავდით ცივი ეთანოლით და ვაშრობდით. ამ მეთოდით მიღებულია კომპლექსნაერთები:  $\text{CoCl}_2 \cdot \text{L}$ ;  $\text{NiCl}_2 \cdot \text{L}$ ;  $\text{CoSO}_4 \cdot \text{L}$ ;  $\text{NiSO}_4 \cdot \text{L}$ ;  $\text{Co}(\text{NO}_3)_2 \cdot \text{L}$ ;  $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 \cdot \text{L}$ .

თიოციანატური კომპლექსნაერთების სინთეზის დაწყებამდე, პირველ ეტაპზე ეთანოლხსნარებში მივიღეთ კობალტისა(II) და ნიკელის(II) თიოციანატები შემდეგი რეაქციით:



სადაც  $\text{Me} = \text{Co}(\text{II}), \text{Ni}(\text{II})$ ; L აცეტონის იზონიკოტინოილჰიდრაზონია.

$\text{Co}(\text{NCS})_2 \cdot \text{L}$  და  $\text{Ni}(\text{NCS})_2 \cdot \text{L}$  კომპლექსნაერთების სინთეზს ვატარებდით ზემოთ აღწერილი მეთოდიკის მიხედვით, იმ განსხვავებით, რომ ლიგანდაც ვხსნიდით ეთანოლში. ამ შემთხვევაშიც ნალექის გამოყოფა შეიმჩნეოდა მარილისა და ლიგანდის ხსნარების შერევისთანავე. რამდენიმე დღის შემდეგ ვფილტრავდით, ვრეცხავდით ცივი ეთანოლით და ვაშრობდით.

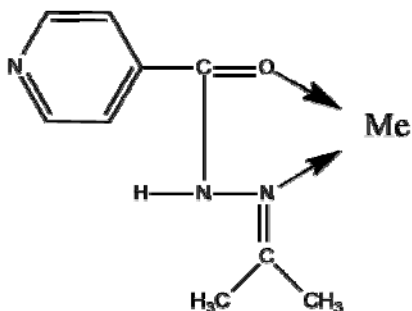
სინთეზირებული ნაერთები გამოიყოფა მყარი სახით, ჰაერზე მდგრადია. შესწავლილია მათი ზოგიერთი ფიზიკურ-ქიმიური თვისება და ხსნადობა ორგანულ და არაორგანულ გამხსნელებში.

საკვლევ კომპლექსნაერთებში ლითონებთან (ცენტრალურ ატომთან) ორგანული ლიგანდის კოორდინაციის წესისა და კომპლექსების მოლეკულური აღნაგობის დადგენის მიზნით კომპლექსნაერთები შევისწავლეთ შთანთქმის ინფრაწითელი სპექტროსკოპიის მეთოდით. შთანთქმის ინფრაწითელი სპექტრები ჩაწერილია FTIR ფურეე გარდაქმნის იწ სპექტრომეტრით „TENSOR II“ (დაპაზონი 400-4000  $\text{cm}^{-1}$ , გაზომვის სიზუსტე 0.5  $\text{cm}^{-1}$ ). ჩვეულებრივ, გამოიყენებოდა ვაზელინის ზეთში გასრესის მეთოდიკა. სპექტრების ჩაწერა ხდებოდა 400-4000  $\text{cm}^{-1}$ -ის უბანში.

**შედეგი:** კოორდინაციული ნაერთების შთანთქმის ინფრაწითელი სპექტრების განხილვა და შედარება აცეტონის იზონიკოტინოილჰიდრაზონის შთანთქმის იწ სპექტრთან მოწმობს, რომ ამ უკანასკნელის მოლეკულები ციკლურ-ბიდენტატურ ფუნქციას ასრულებს და ცენტრალურ ატომთან დაკავშირებულია კარბონილის ჯგუფის ჟანგბადის ატომისა და აზომეთილური ჯგუფის აზოტის ატომის მეშვეობით. ამ ფაქტს ადასტურებს სინთეზირებული კომპლექსნაერთების სპექტრებში  $\nu(\text{CO})$  სავალენტო რხევის სიხშირის ~10-15  $\text{cm}^{-1}$ -ით შემცირება. თავისუფალი (არაკოორდინაციული) ჰიდრაზონისთვის  $\nu(\text{CO})$  მოინახა 1668  $\text{cm}^{-1}$  უბანში, მაშინ როდესაც კომპლექსნაერთთა ინფრაწითელ სპექტრებში აღნიშნული რხევის სიხშირე 1652-1654  $\text{cm}^{-1}$  უბანში მდებარეობს. ეს მიუთითებს კარბონილის ჯგუფის ჟანგბად-ატომით კოორდინაციაზე.

რაც შეეხება  $\nu(\text{C}=\text{N})$  რხევის სიხშირეს, ის კომპლექსნაერთების სექტრებში თავისუფალ ლიგანდთან შედარებით გაზრდილია ~10-20  $\text{cm}^{-1}$ -ით.

ზემოთქმულიდან გამომდინარე, ჰიდრაზონის მოლეკულის კოორდინაცია შეიძლება წარმოვიდგინოთ შემდეგი სტრუქტურის შესაბამისად:



როგორც ვხედავთ, ლიგანდი ბიდენტატურციკლურია და განხორციელებულია ხუთწევრიანი ლითონციკლი. კომპლექსნაერთების სპექტრებში შეინიშნება მაღალი ინტენსიურობის ზოლები 3200–3500  $\text{cm}^{-1}$  უბანში, რაც კოორდინაციული წყლის მოლეკულების არსებობაზე მიუთითებს.

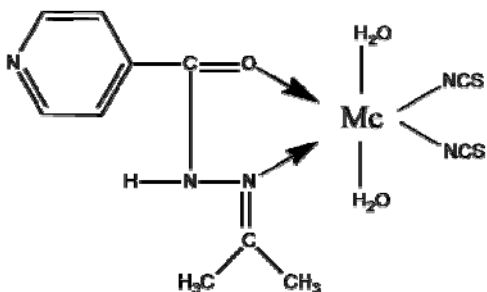
თიოციანატური კომპლექსების შთანთქმის იწ სპექტრების შესწავლამ აჩვენა, რომ NCS ჯგუფების შესაბამისი რხევის სიხშირეების მნიშვნელობები  $\sim 2104\text{--}2075 \text{ cm}^{-1}$  ფარგლებშია, ასევე ამ ჯგუფის დეფორმაციული რხევები  $\nu_3$  და  $\nu_4$ , შესაბამისად, 848, 664, 470  $\text{cm}^{-1}$  უბნებში შეცვლილია, რაც მიუთითებს, რომ იზოთიოციანატური სტრუქტურა  $M - NCS$ -ის ფარგლებშია და კოორდინაცია ხდება აზოტის ატომით.

ნიტრატული კომპლექსებისთვის ნიტრატ-იონების გარე სფეროში არსებობაზე მიუთითებს რხევის სიხშირეები  $\sim 1385 \text{ cm}^{-1}$ -ის უბანში; რაც შეეხება სულფატურ კომპლექსნაერთებს, აქ მოინახა სულტად გამოხატული  $\nu_1$  და  $\nu_2$  ზოლები  $\sim 996$  და  $461 \text{ cm}^{-1}$ -ის ფარგლებში, ხოლო  $\nu_3$  და  $\nu_4$  გადაიფარა რხევის სხვა სიხშირეებით, რაც საშუალებას გვაძლევს ვივარაუდოთ, რომ სულფატ-იონები შიგასფერულია და ჟანგბად-ატომით მონოდენტატურად კოორდინირებს ლითონთან.

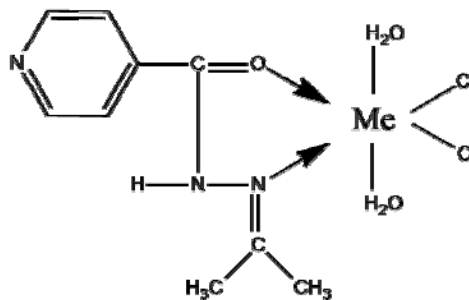
ქლორიდ-იონების შიგასფერულობაზე მიუთითებს  $\sim 468 \text{ cm}^{-1}$  -ის უბანში არსებული დაბალი ინტენსიურობის ზოლი.

ზემოთქმულიდან გამომდინარე, კომპლექსნაერთების აღნაგობა შეიძლება წარმოვიდგინოთ ასე:

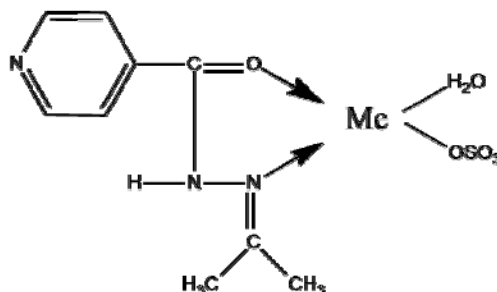
თიოციანატური კომპლექსებისთვის



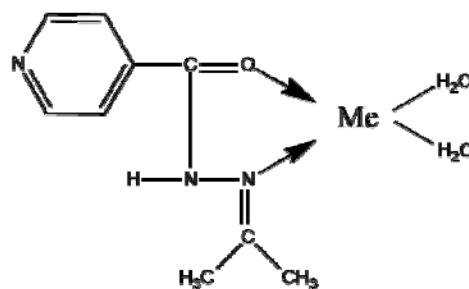
ქლორიდული კომპლექსებისთვის



სულფატური კომპლექსებისთვის



ნიტრატული კომპლექსებისთვის



სადაც  $Me = Co(II), Ni(II)$ .

### 3. დასკვნა

ჰიდრაზონების მოლეკულები, მაღალაქტიური აზომეთინური ჯგუფის, ჰიდრაზიდული ნაშთისა და არანაკლებ აქტიური ჰეტეროციკლების არსებობის გამო, მაღალპერსპექტიულებია, როგორც პოლიდენტატური ლიგანდები. ამ მოლეკულებში შემავალი დონორული ატომების ხარჯზე ხორციელდება სხვადასხვა ტიპის კოორდინაცია ლითონ-კომპლექსწარმომქმნელთან.

ჰიდრაზონებთან ბიოლითონების ე.წ. „სიცოცხლის ლითონების“ კომპლექსნაერთები დიდი ბიოლოგიური აქტივობით ხასიათდება, სინთეზირებულია აცეტონის იზონიკტინოიდჰიდრაზონი. მიღებული ნივთიერება გამოყოფილია წვრილკრისტალური ყავისფერი ფხვნილის სახით, ჰაერზე

მდგრადია. დადგენილია ჰიდრაზონის მოლეკულის კომპლექსწარმოქმნის უნარი, ჩატარებულია მისი მოლეკულის კვანტურ-ქიმიური კვლევა ნახევრადემპირიული AM1 მეთოდით სხვადასხვა გამხსნელში. შედეგად დადგენილია სხვადასხვა გამხსნელის გავლენა მოლეკულის კომპლექსწარმოქმნის უნარსა და მის სხვადასხვა მახასიათებელზე. ჰიდრაზონის მოლეკულას შეუძლია კომპლექსწარმოქმნელთან კოორდინაცია ჰეტეროციკლის აზოტის ატომით; ასევე ხუთწევრიანი მეტალოციკლების წარმოქმნა მეტალ-კომპლექსწარმოქმნელთან ჰიდრაზონის კეტონური ან ენოლური ფორმით. ამ უკანასკნელში წყალბადის ჩანაცვლება ხდება მეტალით – კომპლექსწარმოქმნელით. სინთეზირებულია 8 ახალი კოორდინაციული ნაერთი და შთანთქმის ინფრაწითელი სპექტრების საფუძველზე დადგენილია მათი აღნაგობა, მიღებული მონაცემები თანხვედრაშია კვანტურ-ქიმიური გათვლების შედეგებთან.

### ლიტერატურა

1. Цинцадзе М.Г. Координационные соединения металлов с азот- и кислородосодержащими лигандами – производными алифатического, ароматического и гетероциклического ряда. Национальная Академия Наук Грузии. Тбилиси 2008. 247 с.
2. Инфракрасные спектры неорганических и органических соединений, К. Накамото. М.: Мир. 1985. 411 с.
3. M.Tsintsadze, N.Kilasonia, N.Tabuashvili, N. Gegeshidze - Synthesis and IR absorption spectra of mixed-ligand coordination compounds of copper(II),

manganese(II), cobalt(II) and nickel(II) with ortho-amino-4-methylpyridine and para-dimethylamino-benzaldehyde isonicotinoilhidrazone. 3-rd International Conference of young Scientists. 2013. Abstracts. p.103

4. ნ.თაბუაშვილი, მ.ცინცაძე, ნ.გეგეშიძე, ნ.კილასონია, თ.გიორგაძე. მანგანუმის, კობალტის და ნიკელის სხვადასხვალიგანდიანი (ორთო-ამინომეთილპირიდინი, ჰიდრაზონი, ქლორიდი) კოორდინაციული ნაერთების სინთეზი და შთანთქმის იწ სპექტრები. საქართველოს ქიმიური ჟურნალი, ტ.12, N1. გვ. 24-27.
5. ვ.სკოპენკო, გ.ცინცაძე, ლ.სავრანსკი, მ.ცინცაძე. კოორდინაციული ქიმია. საქართველოს მეცნიერებათა ეროვნული აკადემიის სარედაქციო-საგამომცემლო საბჭო, თბილისი, 2012. 450 გვ.
6. თ.ცინცაძე, ნ.თაბუაშვილი, მ.ცინცაძე, დ.ლოჩოშვილი, ნ.კილასონია, ნ.გეგეშიძე. პარადიმეთილამინობენზალდეჰიდის, იზონიკოტინოილჰიდრაზონის ელექტრონული სტრუქტურის და კომპლექსწარმოქმნის უნარის კვანტურ-ქიმიური კვლევა. საქართველოს მეცნი. აკადემიის მაცნე, ქიმიის სერია, ტ. 37, N1-2. გვ.104-110. 2011.
7. ნ.თაბუაშვილი, თ.ცინცაძე, მ.ცინცაძე, დ.ლოჩოშვილი, ნ.კილასონია, ნ.გეგეშიძე. ორთოამინობირიდინის მეთილწარმოებულების ლითონებთან კომპლექსწარმოქმნის უნარზე გამხსნელის გავლენის კვანტურ-ქიმიური გამოკვლევა. საქართველოს ქიმიური ჟურნალი, ტ.11, N2. გვ. 261-269. 2011.

UDC 541.49

## SYNTHESIS AND INFRARED SPECTRA OF COBALT (II) AND NICKEL (II) COORDINATION COMPOUNDS WITH ACETONE ISONICOTINOYLHYDRAZONE N. Prangishvili<sup>1</sup>, N. Kilasonia<sup>1,2</sup>, N. Gegeshidze<sup>1,2</sup>, M. Tsintsadze<sup>1,2</sup>, M. Kereselidze<sup>2</sup>, L. Skhirtladze<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Georgian Technical University, Department of Chemical and Biological Technologies, Str Costava 69. 0175 Tbilisi. Georgia

<sup>2</sup>R.Agladze institute of inorganic Chemistry and Electrochemistry Georgia, 0175 Tbilisi, Mindeli str.11  
E-mail: m.tsintsadze@gtu.ge

**Resume: Goal.** The goal of our research is synthesis and physico-chemical properties also biological activity research of some metals coordination compounds with organic ligands. As known, hydrazones are highly prospective polydentate ligands, which are very interesting in terms of complex producing with metals. Also of great interest to

them is the fact that hydrazones are characterized by high physiological activity. Hydrazone molecules contain a high-activity azomethine group, hydrazide remainder and some heterocycles. This is what makes them polydentate. They are characterized by activity against TB, sarcoma, various malignancies, because, the synthesis of their complexes is so important and actually, with the Metals of Life, Such as cobalt, nickel, zinc, copper, etc. That is why the synthesis of less toxic new coordination compounds with the medicinal products is of great importance.

**Methods.** Quantum-Chemical Semi-Empirical AM1 Method; Infrared absorption spectroscopy method.

**Results.** Based on the quantum-chemical calculations of the acetone isonicotinoylhydrazone molecule by the quantum-chemical semi-empirical AM1 method, that conducted for various solvents (water, ethanol, methanol, dimethylformamide, dimethylsulfoxide, acetone, hexane) The optimal conditions for the synthesis of complex compounds are selected, acetone isonicotinoylhydrazone and its coordinating compounds with cobalt(II) and nickel(II) chlorides, sulfates, nitrates and thiocyanates. Some physicochemical properties and infrared absorption spectra of the synthesized compounds are studied.

**Conclusion.** The study of the absorption spectra of the synthesized coordination compounds infrared justified the results obtained by quantum-chemical method. The analysis of the spectra shows the structure of the synthesized coordinates: Procedure for coordinating the hydrazone molecule (The latter performs a bidirectional function in all cases), water molecules and azidoligands (Chloride-, nitrate-, sulfate- and thiocyanate-ions), with the metal complexes.

**Key words:** semi-empirical quantum-chemical AM1 method; organic ligand; hydrazone; polydentate; microelements; infrared absorption spectrum; complex producing.

---

# შ ი ნ ა ა რ ს ი

ქალბატონი ელმირა (დოდო) ჩხიკვაძე - სახელოვანი იუბილარი .....	3
ნ. გაბრიაძე, თ. ჭეიშვილი. მანგანუმშემცველი მტვრისა და კოქსის წვრილმანის შემცველი კაზმის შემკვრელის – თხევადი მინის ოპტიმალური მახასიათებლების დადგენა .....	6
ზ. გელიაშვილი, ი. ლაგვილავა. ზოგიერთი 24-წევრიანი მაკროციკლური პოლიაზომეთინით ბიოპოლიმერის მარკირება .....	10
მ. დონაძე, ნ. მახალდიანი. ნანომაგნეტიტის ელექტროსინთეზი და გამოყენება ფენოლით დაბინძურებული წყლის გასაწმენდად .....	15
ნ. მახალდიანი, მ. დონაძე. Ag@MnOx ჰიბრიდული ნანოკომპოზიტის სინთეზი და გამოყენება ბაქტერიებითა (E.coli) და მძიმე ლითონებით დაბინძურებული წყლის გასაწმენდად .....	23
ზ. კოვზირიძე. კერამიკის ისტორიის შესახებ .....	37
ზ. კოვზირიძე, ს. ბაძგარაძე, ხ. შოთაძე, გ. მენტეშაშვილი, პ. ხორავა. მართვადი ლოკალური „ქენსერთერმია“, როგორც ინოვაციური მეთოდი და ტექნოლოგია კიბოთი დაავადებული პაციენტების სამკურნალოდ .....	40
ნ. ფრანგიშვილი, ნ. კილასონია, ნ. გეგეშიძე, მ. ცინცაძე, მ. კერესელიძე, ლ. სხირტლაძე. აცეტონის იზონიკოტინოილჰიდრაზონთან კობალტისა(II) და ნიკელის(II) კოორდინაციული ნაერთების სინთეზი და შთანთქმის ინფრაწითელი სპექტრები .....	49

# CONTENTS

CONGRATULATIONS TO MRS. ELMIRA (DODO) CHXIKVADZE TO HER ANNIVERSARY .....	3
<b>N. Gabriadze, T. Cheishvili.</b> ESTABLISHMENT OF OPTIMUM CHARACTERISTICS OF LIQUID GLASS – BINDER OF MIX CONTAINING MANGANESE-CONTAINING DUST AND COKE FINES .....	6
<b>Z. Geliashvili, I. Lagvilava.</b> BIOPOLYMER MARKING WITH SOME 24 MEMBERED MACROCYCLIC POLYAZOMETHANE .....	10
<b>M. Donadze, N. Makhaldiani.</b> ELECTROSYNTHESIS AND APPLICATION OF NANOMAGNETITE FOR PURIFICATION OF WATER PREVIOUSLY CONTAMINATED BY PHENOL .....	15
<b>N. Makhaldiani, M. Donadze.</b> SYNTHESIS AND APPLICATION OF THE HYBRID NANOCOMPOSITE - Ag@MnO <sub>x</sub> FOR PURIFICATION WITH BACTERIA (E.coli) AND HEAVY METALS CONTAMINATED WATER .....	23
<b>Z. Kovziridze.</b> THE HISTORY OF CERAMICS .....	37
<b>Z. Kovziridze, S. Badzgaradze, Kh. Shotadze, G. Menteshashvili, P. Khorava.</b> CONTROLLED LOCAL CANCERTHERMIA AS AN INNOVATIVE METHOD AND TECHNOLOGY FOR TREATING PATIENTS WITH CANCER DISEASES .....	40
<b>N. Prangishvili, N. Kilasonia, N. Gegeshidze, M. Tsintsadze, M. Kereselidze,</b> <b>L. Skhirtladze.</b> SYNTHESIS AND INFRARED SPECTRA OF COBALT (II) AND NICKEL (II) COORDINATION COMPOUNDS WITH ACETONE ISONICOTINOYLHYDRAZONE .....	49

კომპიუტერული უზრუნველყოფა ს. უზიაძის  
რედაქტორი მ. კალანდიაძე

## საქართველოს კერამიკოსთა ასოციაცია 2007 წლიდან ბაჭყალიანდა კერამიკოსთა მსოფლიო ფედერაციაში

## საქართველოს კერამიკოსთა ასოციაცია 2002 წლიდან ევროპის კერამიკოსთა ასოციაციის წევრია

საქართველოს კერამიკოსთა ასოციაცია დაარსდა 1998 წელს  
ქურონალი დაარსდა 1998 წელს

ქურონალში სტატიები იბეჭდება ქართულ, ინგლისურ, გერმანულ და რუსულ ენებზე

*გამოქვეყნებული მასალის ავტორები პასუხისმგებელი არიან მოყვანილი ფაქტების, ციტატების და სხვა მონაცემების შერჩევასა და სიზუსტეზე, ასევე ღია პუბლიკაციაში კანონით აკრძალული მონაცემის განმარტებაზე.*

*რედაქციას შეუძლია გამოაქვეყნოს მასალები ისე, რომ არ იზიარებდეს ავტორის შეხედულებებს.*

*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.*

თბილისი, „კერამიკა და მონაცემი ტექნოლოგიები“, Vol. 22. 1(43). 2020

მასალის გადაბეჭდვისას ქურონალის მითითება აუცილებელია

ТБИЛИСИ, „КЕРАМИКА И ПЕРЕДОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ“, Vol. 22. 1(43). 2020

При перепечатке ссылка на журнал обязательна

ТБИЛИСИ, „CERAMICS AND ADVANCED TECHNOLOGIES“, Vol. 22. 1(43). 2020

Reference of magazine is obligatory on reprinting

პირობითი ნაბეჭდი თაბახი 2. ტირაჟი 50 ეგზ., ფასი სახელშეკრულებო.

საქართველოს კერამიკოსთა ასოციაცია, თბილისი, კოსტავას 69, ტელ: 233-53-48, შიდა 62-39,

E-mail: kowsiri@gtu.ge, ზ. კოვზირიძე

<http://www.ceramics.gtu.ge>

---

---