

## გამოთვლითი ფიზიკის სამეცნიერო კვლევითი ინსტიტუტი

; სამეცნიერო ერთეულის (დეპარტამენტი, ინსტიტუტი, განყოფილება, ლაბორატორია) დასახელება, სადაც შესრულდა პროექტი: ზუსტ და საბუნებისმეტყველო მეცნიერებათა ფააკულტეტი, გამოთვლითი ფიზიკის სამეცნიერო კვლევითი ინსტიტუტი

\* სამეცნიერო ერთეულის ხელმძღვანელი: რევაზ ზარიძე

; სამეცნიერო ერთეულის პერსონალური შემადგენლობა.

- I. 1. საქართველოს სახელმწიფო ბიუჯეტის დაფინანსებით 2016 წლის გეგმით შესრულებული სამეცნიერო-კვლევითი პროექტები  
(ეხება სამეცნიერო-კვლევით ინსტიტუტებს)

№	შესრულებული პროექტის დასახელება მეცნიერების დარგისა და სამეცნიერო მიმართულების მიხედვით	პროექტის ხელმძღვანელი	პროექტის შემსრულებლები
1			
დასრულებული კვლევითი პროექტის ძირითადი თეორიული და პრაქტიკული შედეგების შესახებ ვრცელი ანოტაცია (ქართულ ენაზე)			

- I. 2.

№	შესრულებული პროექტის დასახელება მეცნიერების დარგისა და სამეცნიერო მიმართულების მიხედვით	პროექტის ხელმძღვანელი	პროექტის შემსრულებლები
1			
გარდამავალი (მრავალწლიანი) კვლევითი პროექტის ეტაპის ძირითადი თეორიული და პრაქტიკული შედეგების შესახებ ვრცელი ანოტაცია (ქართულ ენაზე)			

- I. 3. სახელმწიფო გრანტით (რუსთაველის ფონდი) დაფინანსებული სამეცნიერო-კვლევითი პროექტები (ეხება როგორც უმაღლეს საგანმანათლებლო, ისე სამეცნიერო-კვლევით დაწესებულებებს)

№	პროექტის დასახელება მეცნიერების დარგისა და სამეცნიერო მიმართულების მიხედვით	დამფინანსებელი ორგანიზაცია	პროექტის ხელმძღვანელი	პროექტის შემსრულებლები
1				
დასრულებული პროექტის ძირითადი თეორიული და პრაქტიკული შედეგების შესახებ ვრცელი ანოტაცია (ქართულ ენაზე)				

- I. 4.

<p>2</p>	<p>“EM დასხივების ზემოქმედების შესწავლა ადამიანზე მცირე და დიდმასშტაბიან სცენარებში” – (გარემოს ელექტრომაგნიტური დაბინძურება)გამოყენებითი ელექტროდინამიკა</p>	<p>შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდი</p>	<p>ვერიკო ჯგელაძე</p>	<p>ვ.ჯგელაძე, მ. წვერავა, თ.ნოზაძე</p>
<p>რუსთაველის ფონდისათვის შეთავაზებულ კვლევაში: „EM დასხივების ზემოქმედების შესწავლა ადამიანზე მცირე და დიდმასშტაბიან სცენარებში“ გამოიყენება ადამიანის არაერთგვაროვანი დისკრეტული მოდელები, რომელსაც ეწოდება <b>"Virtual Population"</b>, - შექმნილია შვეიცარიაში IT'IS ფონდის მიერ (<a href="http://www.itis.ethz.ch/virtual-population/virtual-population-cvip-vip/cvip3-and-vip1/">http://www.itis.ethz.ch/virtual-population/virtual-population-cvip-vip/cvip3-and-vip1/</a>).</p> <p>ეს მოდელები წარმოადგენს 3-განზომილებიან, სხვადასხვა სიზუსტის (1მმ, 2მმ, და 5მმ) ბადეზე დატანილ ქალისა და ბავშვის 70-ზე მეტ ქსოვილს. ქსოვილთა ყველა საჭირო ფიზიკური პარამეტრი (ელექტრომაგნიტური და თერმული) ცნობილია მრავალი გაზომვების შედეგად და აღებულია სპეციალურად შექმნილი მონაცემთა ბაზიდან, რომელიც განთავსებულია IT'IS ფონდის საიტზე: <a href="http://www.itis.ethz.ch/virtual-population/tissue-properties/database/database-summary/">http://www.itis.ethz.ch/virtual-population/tissue-properties/database/database-summary/</a></p> <p>რამდენადაც საკომუნიკაციო მოწყობილობები მოხმარებისას უშუალო სიახლოვესაა ადამიანთან, ამიტომ მნიშვნელოვანია უშუალოდ ადამიანის სიახლოვეს წარმოქმნილი ველების შესწავლა, მათი შესაძლო მავნე ზემოქმედების თავიდან აცილების მიზნით. დღეისათვის განსაკუთრებით აქტუალურია მობილური ტელეფონების და სხვა უკაბელო კავშირის საკომუნიკაციო მოწყობილობების მიერ გამოსხივებული ემ ველების და მათი ადამიანზე შესაძლო გავლენის ეფექტების გამოკვლევა და უსაფრთხოების ნორმების დადგენა. ურთიერთქმედება ემ ველისა და ბიოლოგიურ ობიექტს შორის დამოკიდებულია გამომსხივებლის მახასიათებლებზე: სიხშირეზე, მის მდებარეობასა და ორიენტაციაზე ობიექტის მიმართ; გამოსხივებული ტალღის ფორმასა და ემ ველის ამპლიტუდურ მნიშვნელობაზე, ისევე როგორც ენერჯის შთანთქმისა და შენახვის უნარზე ბიოლოგიური ორგანიზმის მიერ. ელექტრომაგნიტური ველის ენერჯის შთანთქმა განსაზღვრულია როგორც სიდიდე - შთანთქმის კუთრი კოეფიციენტი (ვტ/კგ) (SAR - Specific Absorption Rate), რომელიც გვიჩვენებს დროის ერთეულში, მასის ერთეულის მიერ შთანთქმულ ენერჯიას. იმის მიხედვით, თუ რა მასაზე და როგორ არის იგი დათვლილი, SAR შეიძლება იყოს წერტილოვანი და სხვადასხვა მასაზე გასაშუალოებული. მთელი სხეულისთვის SAR-ის მნიშვნელობა შეიძლება გასაშუალოვდეს ქსოვილის ყველა ტიპის მნიშვნელობის გათვალისწინებით, ან შეიძლება ლოკალიზებული მნიშვნელობების დათვლა თითოეული ორგანოს ან სხეულის ნაწილისათვის და სხვა.</p> <p>ემ გამოსხივების ზემოქმედების შესასწავლად ადამიანის მოდელებზე მცირე მანძილებისთვის გამოიყენეთ ადამიანის არაერთგვაროვანი მოდელები და ემ დასხივების მოდელირება ხდება FDTD მეთოდით</p> <p>ჩვენს მიერ გამოთვლებისათვის მომზადდა 1მმ-იანი სიზუსტის ადამიანის ორი არაერთგვაროვანი მოდელი: ქალის (ელა) და ბავშვის (თელონიუსი). გამოსხივების ენერჯის შთანთქმის შედეგად გამოწვეული ტემპერატურის მატების შეფასება (სისხლის მიმოქცევის გათვალისწინებით) მოხდა 900 MHz, 1900 MHz და 3700 MHz გამოსხივების სიხშირეებზე. სიხშირეები შეირჩა მათი ყოველდღიურ ცხოვრებაში გამოყენებიდან გამომდინარე. ამ მოდელების ფაილები .cells გაფართოებით იხსნება თსუ, გამოყენებითი ელექტროდინამიკისა და რადიოტექნიკის ლაბორატორიაში ადამიანზე ელექტრომაგნიტური (EM) ზემოქმედების კვლევისათვის შექმნილი FDTDLab პროგრამული პაკეტის დამხმარე პროგრამის - MyFDTD-ის მეშვეობით, სადაც</p>				

შესაძლებელია მათი დამუშავება, საკვლევი სეგმენტის (მაგ: თავის არე) ამოჭრა, სხვადასხვა ტიპის ანტენის დაყენება და სხვ.

ჩვენს მიერ შემოთავაზებული კვლევითი პროექტის „EM დასხივების ზემოქმედების შესწავლა ადამიანზე მცირე და დიდმასშტაბიან სცენარებში“ I პერიოდის ამოცანების მიზანს წარმოადგენდა მობილური ტელეფონის მიერ გამოსხივებული EM ველის ზემოქმედების შესწავლა ადამიანის, კერძოდ: ქალისა და ბავშვის მოდელეებზე ხელის გარეშე და ხელის სხვადასხვა პოზიციის შემთხვევაში, 900 MHz, 1900 MHz და 3700 MHz გამოსხივების სიხშირეებზე.

აღნიშნული ამოცანის გადასაჭრელად გრაფიკულ პროგრამა 3D MAX-ში მომზადდა მობილური ტელეფონისა და ხელის სხვადასხვა პოზიციის მოდელეები.

ქალის მოდელისთვის მომზადდა ხელის ორი პოზიცია:

**I** - როცა მობილური ტელეფონი დატყერილია მხოლოდ თითების მეშვეობით

**II** - როცა მობილური ტელეფონი დატყერილია მთლიანი ხელის მტევანით, ეხება ხელის გულს . FDTDLab პროგრამული პაკეტით EM დასხივების ზემოქმედების გამოსაკვლევად მოცემული გეომეტრიების შესაბამისად მომზადდა .cells გაფართოების მქონე დისკრეტული მოდელეები. კერძოდ, ტელეფონისა და ხელის მოდელი დატანილ იქნა 3-განზომილებიან ბადეზე ქალის უკვე არსებულ არაერთგვაროვან დისკრეტულ თავის მოდელთან. მობილური ტელეფონის მოდელში ჩაშენებულ იქნა ბრტყელ-ფირფიტოვანი, ე.წ. patch ანტენა.

ანალოგიური წესით, ბავშვის მოდელისთვის მომზადდა ხელის ერთი პოზიცია.

FDTDLab პროგრამული პაკეტით EM ზემოქმედების კვლევები ჩატარდა ქალისა და ბავშვის თავის არეზე, ყურიდან მობილური ტელეფონის (და შესაბამისად ხელის) სხვადასხვა დაშორების 1 მმ და 10 მმ-ის შემთხვევაში. გამოთვლილ იქნა 1გ და 10გ მასაზე გასაშუალოებული SAR-ის განაწილება, იგივე ადამიანის ქსოვილში შთანთქმული გამოსხივების ენერჯია და ამ ენერჯიის შთანთქმით გამოწვეული ტემპერატურის მატება ქსოვილში 900, 1900 და 3700 MHz სიხშირეებზე.

II. 1. პუბლიკაციები:

ა) საქართველოში

მონოგრაფიები

№	ავტორი/ავტორები	მონოგრაფიის სათაური	გამოცემის ადგილი, გამომცემლობა	გვერდების რაოდენობა
1				
ვრცელი ანოტაცია ქართულ ენაზე				

სახელმძღვანელოები

№	ავტორი/ავტორები	სახელმძღვანელოს სახელწოდება	გამოცემის ადგილი, გამომცემლობა	გვერდების რაოდენობა
1				
ვრცელი ანოტაცია ქართულ ენაზე				

კრებულები

INST-4

№	ავტორი/ავტორები	კრებული სახელწოდება	გამოცემის ადგილი, გამომცემლობა	გვერდების რაოდენობა
1				
ვრცელი ანოტაცია ქართულ ენაზე				

სტატიები

№	ავტორი/ ავტორები	სტატიის სათა- ური, ჟურნა- ლის/კრებულის დასახელება	ჟურნალის/ კრებულის ნომერი	გამოცემის ადგილი, გამომცემლობა	გვერდების რაოდენობა
1					
ვრცელი ანოტაცია ქართულ ენაზე					

II. 2. პუბლიკაციები:  
ბ) უცხოეთში

მონოგრაფიები

№	ავტორი/ავტორები	მონოგრაფიის სათაური	გამოცემის ადგილი, გამომცემლობა	გვერდების რაოდენობა
1	T. Nozadze, R. Zaridze, V. Jeladze, V. Tabatadze, I. Petoev, M. Prishvin	Human Exposure Study for Some Scenarios	Journal of Applied Electromagnetism (JAE). Athens, Greece. 2016. <u>Accepted for publication</u>	7

1. კვლევის მთავარი მიზანი იყო შეგვესწავლა ელექტრომაგნიტური ველის ზემოქმედება ერთგვაროვან ადამიანის მოდელზე (მუშია) სხვადასხვა სცენარებისათვის. შევისწავლეთ შემთხვევა, როდესაც ადამიანი იმყოფება მანქანაში და EM წყარო არის მანქანის შიგნით. ასევე - შემთხვევა, როცა EM წყარო მდებარეობს ა/მ-ის გარეთ (EM წყარო არის საბაზო სადგური). დასმული ამოცანის გადასაჭრელად გამოვიყენეთ დამხმარე გამომსხივებლების მეთოდი და ამ მეთოდზე დაფუძნებული პროგრამული პაკეტი. მთავარი დასკვნა, რომელიც შეგვიძლია გავაკეთოთ მიღებული შედეგების საფუძველზე არის შემდეგი:

ადგილი აქვს რეზონანსის მოვლენას. მანქანის შიგნით იქმნება მაღალი რეაქტიული ველი, რომელიც შეიძლება საშიში იყოს მანქანაში მყოფი ადამიანისათვის. ამიტომ რეკომენდაციის სახით შეგვიძლია ვთქვათ, რომ მომხმარებელმა უმჯობესია შეამციროს მანქანაში მობილურზე საუბრის ხანგრძლივობა, რათა საფრთხის ქვეშ არ დააყენოს საკუთარი ჯანმრთელობა.

შენიშვნა: კვლევა ჩატარებულია ერთი კონკრეტული მოდელის საფუძველზე, ამიტომ შედეგები შეიძლება შეიცვალოს მოდელიდან მოდელამდე. უფრო ზოგადი დასკვნებისათვის კი საჭიროა ჩატარდეს უფრო მეტი კვლევა აღნიშნულ საკითხზე.

სახელმძღვანელოები

INST-5

№	ავტორი/ავტორები	სახელმძღვანელოს სახელწოდება	გამოცემის ადგილი, გამომცემლობა	გვერდების რაოდენობა
1				
ვრცელი ანოტაცია ქართულ ენაზე				

კრებულები

№	ავტორი/ავტორები	კრებულის სახელწოდება	გამოცემის ადგილი, გამომცემლობა	გვერდების რაოდენობა
1				
ვრცელი ანოტაცია ქართულ ენაზე				

სტატიები

№	ავტორი/ავტორები	სტატიის სათაური, ჟურნალის/კრებულის დასახელება	ჟურნალის/კრებულის ნომერი	გამოცემის ადგილი, გამომცემლობა	გვერდების რაოდენობა
1					
ვრცელი ანოტაცია ქართულ ენაზე					

III. 1. სამეცნიერო ფორუმების მუშაობაში მონაწილეობა

ა) საქართველოში

№	მომხსენებელი/მომხსენებლები	მომხსენების სათაური	ფორუმის ჩატარების დრო და ადგილი
1	V. Jeladze, M. Tsverava, <u>T. Nozadze</u> , V. Tabatadze, M. Prishvin, R. Zaridze	EM Exposure Study on Inhomogeneous Human Model Considering Different Hand Positions	XXI-th International Seminar/Workshop on Direct and Inverse Problems of Electromagnetic and Acoustic Wave Theory DIPED 2016, Tbilisi, Georgia, September 26-29, 2016, pp. 9-12.
2	<u>T. Nozadze</u> , V. Jeladze, V. Tabatadze, M. Tsverava, I. Petoev, M. Prishvin, R. Zaridze	Human EM Exposure Modeling using FDTD and Method of Auxiliary Sources	Reports of enlarged sessions of the seminar of I. Vekua Institute of Applied Mathematics. Vol. 30, 2016. Tbilisi, Georgia. <u>Accepted for publication</u> .
3	G. Afridonidze, I. Petoev, V. Tabatadze, R. Zaridze	Application of the Method of Auxiliary Sources for the	XXI-th International Seminar/Workshop on Direct and Inverse Problems of

		Spherical and Ellipsoid Resonators	Electromagnetic and Acoustic Wave Theory DIPED 2016, Tbilisi, Georgia, September 26-29, 2016, pp. 38-41.
4.	T. Tchabukiani, R. Zaridze, V. Tabatadze, I. Petoev, D. Kakulia	The Optimal Size Directive Gain Antenna Creation	XXI-th International Seminar/Workshop on Direct and Inverse Problems of Electromagnetic and Acoustic Wave Theory DIPED 2016, Tbilisi, Georgia, September 26-29, 2016, pp. 83-87.
5.	N. Vadachkoria, V. Tabatadze, R. Zaridze, I. Petoev	Active Sources Localization by Measured Field	XXI-th International Seminar/Workshop on Direct and Inverse Problems of Electromagnetic and Acoustic Wave Theory DIPED 2016, Tbilisi, Georgia, September 26-29, 2016, pp. 133-137.

1. EM გამოსხივების ზემოქმედების შესასწავლად ადამიანის მოდელებზე (უფრო კონკრეტულად ქალის მოდელისათვის, რომლის სახელია 'ელლა') მცირე მანძილებისთვის გამოვიყენეთ ადამიანის არაერთგვაროვანი მოდელები და EM დასხივების მოდელირება ხდება FDTD მეთოდით.

გამოთვლები ჩატარდა მობილური ტელეფონით დასხივებისას, 900 MHz, 1900 MHz და 3700 MHz სიხშირეებზე, ხელის გარეშე და ხელის სხვადასხვა პოზიციის გათვალისწინებით. შესწავლილია თავის მოდელიდან ტელეფონის 1მმ და 10მმ მანძილით დაშორების შემთხვევები.

Hand pos1 - ხელის პოზიცია, როცა მობილური ტელეფონი გეიჭირავს მხოლოდ თითებით.

Hand pos2 - ხელის პოზიცია, როცა მობილური ტელეფონი გეიჭირავს მთლიანი ხელის მტკვანით, (ეხება ხელის გულს).

დავითვალეთ 1g SAR, 10g SAR და ტემპერატურის მატება ქალის თავის მოდელში. მიღებულმა შედეგებმა აჩვენა, რომ ტემპერატურის ნაზრდი ყველაზე დიდია 3700MHz სიხშირეზე, როცა წყარო დაცილებულია 1მმ-ით და არ ვითვალისწინებთ ხელს. ყველაზე დაბალი კი Hand pos2- სას , წყაროს 10მმ დაშორების დროს 3700MHz სიხშირეზე, რაც აიხსნება EM ველის მანძილზე უკუპროპორციული დამოკიდებულებით.

2. წარმოდგენილ კვლევაში განიხილება EM ზემოქმედების შესწავლა ადამიანზე სხვადასხვა დასხივების სცენარებში. კვლევა ჩატარდა ორი მიმართულებით:

1) EM ზემოქმედების შესასწავლად დასხივების მცირემასშტაბიან სცენარებში გამოიყენება ადამიანის რეალისტური არაერთგვაროვანი დისკრეტული მოდელები ("Virtual Population", IT'IS Foundation) და EM ზემოქმედების მოდელირება ხდება დროით არეში სასრული სხვაობების (FDTD) მეთოდით. კვლევის მიზანია მობილური ტელეფონით გამოსხივებული EM ველის ზემოქმედებით გამოწვეული სითბური ეფექტების შესწავლა

ადამიანის არაერთგვაროვან მოდელებზე. კერძოდ, ადამიანის ქსოვილში შთანთქმული EM ველის ენერჯისა (SAR) და ამ შთანთქმით გამოწვეული ტემპერატურის მატების შეფასება.

2) EM დასხივების დიდმასშტაბიან სცენარებში გათვალისწინებული (როგორცაა ოთახის კედლები, მანქანა და ა.შ.) ადამიანის გარშემო არსებული ობიექტები და EM ზემოქმედების მოდელირება ხდება ადამიანის ერთგვაროვან მოდელებზე (გასაშუალოებული პარამეტრებით) დამხმარე გამომსხივებლების მეთოდით (MAS), რომელიც ეფექტურ საშუალებას წარმოადგენს ერთგვაროვან და გლუვი გეომეტრიის მქონე ობიექტებზე დიფრაქციის ამოცანების ამოსახსნელად. ამ კვლევის მიზანია EM ზემოქმედების შესწავლა ოთახში მდებარე ადამიანის მოდელებზე და ოთახში ემ ველის მრავალჯერადი არეკვლის შედეგად წარმოქმნილი რეზონანსული ეფექტების გამოკვლევა.

რიცხვითი ექსპერიმენტების ჩასატარებლად შერჩეულია გამოსხივების სტანდარტული სიხშირეები: 300, 900, 1800, 1900, 3700 [MHz].

3. ნაშრომი ეხება რეზონანსული სისტემების და მოწყობილობების საკუთარი რეზონანსული სიხშირეების და ველების განსაზღვრას დამხმარე გამომსხივებლების მეთოდის გამოყენებით. რიცხვითი გამოთვლები განხორციელდა ზოგიერთი გლუვი გამტარი ზედაპირის მქონე 2D (ცილინდრული ზედაპირის მქონე რეზონატორი) და 3D ობიექტებზე (სფერული და ელიფსური ზედაპირის მქონე რეზონატორები).

ელექტრომაგნიტური რეზონატორების სპექტრული ამოცანის ამოსახსნელად იქნა შემოთავაზებული დგმ-ზე დაფუძნებული ალგორითმი, რაც ამცირებს არაერთგვაროვანი განტოლებათა სისტემის ამოსხნის პრობლემას. 2D და 3D რეზონატორების შესწავლამ და მიღებულმა შედეგებმა, რომელიც ჩატარდა შექმნილი პროგრამული პაკეტით, აჩვენეს შემოთავაზებული მეთოდის ეფექტურობა, რომელიც გვაძლევს შესაძლებლობას ვიპოვოთ საკუთარი მნიშვნელობები და საკუთარი ველები მაღალი სიზუსტით.

4. ანტენის შექმნა, რომელსაც ექნება სასურველი დიაგრამა მოცემული ამპლიტუდებით და ფაზური განაწილებით უსასრულოებაში, საზოგადოდ, პრობლემას წარმოადგენს და დღესაც აქტიური კვლევის საგანია. თანამედროვე საკომუნიკაციო საშუალებები აქტიურად გამოიყენებენ ინფორმაციის უკაბელოდ გადაცემის სხვადასხვა ხერხებს, რაც წარმოუდგენელია შესაბამისი მიმღები და გადამცემი ანტენების გარეშე. რამდენადაც დიდია საკომუნიკაციო საშუალებების რაოდენობა და სახეობა, იმდენად დიდია მოთხოვნა სხვადასხვა ტიპის ანტენებზე, რომლებსაც ექნებათ კარგი მახასიათებელი პარამეტრები, სხვადასხვა სიხშირულ არეში. ცნობილია, რომ ერთი და იგივე გამოსხივების დიაგრამა შეიძლება მოგვცეს სხვადასხვა ანტენამ ან ანტენათა სისტემამ, რომელთაც შეესაბამება განსხვავებული განაწილებული დენების აპლიტუდები, ფაზები და მდებარეობა სივრცეში, მაგრამ საინტერესოა, ვიპოვოთ ოპტიმალური ვარიანტი მათი განაწილებისა. ოპტიმალური ვარიანტი ნიშნავს, რომ გამომსხივებელს ექნება მინიმალური რეაქტიული ველი, სასურველი გამოსხივების მიმართულება. ამ ნაშრომში შემოთავაზებულია ანტენის სინთეზის ამოცანის გადაჭრის ახალი იდეა, რომლის თანახმადაც ელექტრომაგნიტური ველი ანალიზურია და არსებობს მისი ერთადერთი ანალიზური გაგრძელება ამ ველის სინგულარობებამდე. სწორედ ამ სინგულარობების (განსაკუთრებულობების) განაწილება განსაზღვრავს ოპტიმალურ ანტენას სასურველი დიაგრამის მისაღებად. აღნიშნული იდეის კვლევაში აქტიურადაა შესაძლებელი კომპიუტერული მოდელირების გამოყენება, რომელშიც გამოიყენება დამხმარე გამომსხივებლების მეთოდი (დგმ). ეს მეთოდი ითვალისწინებს ზემო აღნიშნულ იდეას ველის ანალიზურობის და მისი ანალიზური გაგრძელების შესახებ. დგმ მეთოდის გამოყენებით შესაძლებელია დაბალი რესურსების მქონე გამომთვლელი მანქანების საშუალებით ამოიხსნას დასმული ამოცანა.

5. ნაშრომში შემოთავაზებულია ახალი მეთოდი, რომლის საშუალებითაც შესაძლოა განისაზღვროს ელექტრომაგნიტური ველის აქტიური გამომსხივებლების ადგილმდებარეობა, თუ ეს ველი გაზომილია რაიმე ზედაპირზე. განხილული საკითხი წარმოადგენს ელექტროდინამიკის შებრუნებულ ამოცანას და მისი ამოხსნა ხდება დამხმარე გამომსხივებლების მეთოდის გამოყენებით. შინაარსობრივად შემოთავაზებული მიდგომა დაფუძნებულია ელექტრომაგნიტური ველის ფუნდამენტურ თვისებაზე - მის ანალიზურობაზე და მისი ანალიზური გავრძელების ერთადერთობაზე. ნაშრომში აღწერილია განხილული პრობლემის გადაჭრის ორი მიდგომა. ელექტრომაგნიტური ველის აქტიური წყაროების ადგილმდებარეობის განსაზღვრა ხდება განშლადი და შემკრები ველის წყაროების გამოყენებით. ორივე მიდგომის საფუძველზე შექმნილია კომპიუტერული პროგრამა და ჩატარებულია როგორც რიცხვითი, აგრეთვე რეალური ექსპერიმენტები. მიღებული შედეგები ადასტურებენ შემოთავაზებული მეთოდის ეფექტურობას.

ბ) უცხოეთში

№	მომხსენებელი/ მომხსენებლები	მომხსენების სათაური	ფორუმის ჩატარების დრო და ადგილი
1	<u>R. Zaridze</u> , V. Jeladze, V. Tabatadze, I. Petoev, M. Prishvin, T. Nozadze	Human Exposure Study for Large Scale Scenarios	2016 International Symposium on Electromagnetic Compatibility –( EMC EUROPE 2016), Wroclaw, Poland, September 5-9, 2016, pp. 474-479
2	R. Zaridze, V. Tabatadze, I. Petoev, D. Kakulia, T. Tchabukiani,	Emission Source Localization using the Method of Auxiliary Sources	2016 International Symposium on Electromagnetic Compatibility - EMC EUROPE 2016, Wroclaw, Poland, September 5-9, 2016, pp. 829-834.
3	<u>T. Nozadze</u> , R. Zaridze, V. Jeladze, V. Tabatadze, I. Petoev, M. Prishvin	Human Exposure Study for Some Scenarios	11-th International Conference on Communications, Electromagnetics and Medical Applications (CEMA'16), Athens, Greece, 13-15 October, 2016, pp. 21-23.

1. მოტივაცია აღნიშნული კვლევის იყო ის, რომ შეგვესწავლა ადამიანზე EM დასხივების ამოცანა. გამოგვეკვლია ხელის ზეგავლენა EM ველზე ახლო ზონაში.

ცნობილია, რომ ზოგიერთ სიხშირეებზე ოთახის კედლები (რომლებიც უმეტესად არიან რკინა ბეტონის) მოქმედებენ როგორც რეზონატორები და აძლიერებენ ველს. ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი პარამეტრი, რომელიც უნდა გავითვალისწინოთ რეზონანსური ეფექტების შესწავლისას, არის კედლების გამჭვირვალობის ცვალებადობა. შესწავლილ იქნა შემთხვევები: ადამიანი ტელეფონთან ერთად არის ოთახის შიგნით და გარეთ, ასევე შემთხვევა როცა EM წყარო არის საბაზო სადგური. დასმული ამოცანის გადაწყვეტა მოხდა დამხმარე გამომსხივებლების მეთოდზე (MAS) დაფუძნებული პროგრამული



პაკეტის გამოყენებით, რომელიც შეიქმნა ამ კონკრეტული კვლევისათვის. MAS - მეთოდოლოგია იქნა გამოყენებული სხვადასხვა გამჭვირვალობის ზედაპირის სიმულაციისათვის.

**2.** ნაშრომში ელექტრომაგნიტური ველის აქტიური გამომსხივებლების ადგილმდებარეობის განსაზღვრის ახალი მეთოდია განხილული (თუ ეს ველი გაზომილია რაიმე ზედაპირზე).

განხილული საკითხი ელექტროდინამიკის შებრუნებულ ამოცანას წარმოადგენს და მისი ამოხსნა დამხმარე გამომსხივებლების მეთოდის გამოყენებით ხდება. შემოთავაზებული მიდგომა დაფუძნებულია ელექტრომაგნიტური ველის ფუნდამენტურ თვისებაზე - მის ანალიზურობაზე და მისი ანალიზური გაგრძელების ერთადერთობაზე. ნაშრომში აღწერილია განხილული პრობლემის გადაჭრის ორი მიდგომა. ელექტრომაგნიტური ველის აქტიური წყაროების ადგილმდებარეობის განსაზღვრა ხდება განშლადი და შემკრები ველის წყაროების გამოყენებით. ორივე მიდგომის საფუძველზე შექმნილია კომპიუტერული პროგრამა და ჩატარებულია როგორც რიცხვითი, აგრეთვე რეალური ექსპერიმენტები. მიღებული შედეგები ადასტურებენ შემოთავაზებული მეთოდის ეფექტურობას.

**3.** ამ კვლევაში მთავარი მიზანი იყო გამოგვეკვლია EM დასხივების ზემოქმედება ადამიანზე, რომელიც იმყოფება მანქანაში და შეგვესწავლა შესაძლო რეზონანსური ველები. ეს ამოცანა ძალიან მნიშველოვანია, რადგან ზოგიერთ შემთხვევებში გამომსხივებელი წყარო საკმარისად ახლოსაა თავთან. შევისწავლეთ შემთხვევები, როცა ადამიანი ტელეფონთან ერთად არის მანქანის შიგნით და ასევე როცა წყარო არის მანქანის გარეთ (EM წყარო არის საბაზო სადგური). კვლევა ჩატარდა დამხმარე გამომსხივებლების მეთოდზე დაფუძნებული პროგრამული პაკეტის გამოყენებით. რიცხვითი ექსპერიმენტების ჩასატარებლად შერჩეულ იქნა გამოსხივების სიხშირეები: 300, 450 [MHz].

## ნივთიერებათა კვლევის სამეცნიერო-კვლევითი ინსტიტუტი

; სამეცნიერო ერთეულის (დეპარტამენტი, ინსტიტუტი, განყოფილება, ლაბორატორია) დასახელება, სადაც შესრულდა პროექტი;

*ზუსტ და საბუნებისმეტყველო მეცნიერებათა ფაკულტეტი: ნივთიერებათა კვლევის სამეცნიერო-კვლევითი ინსტიტუტი*

*ხელმძღვანელი: ნოდარ კეკელიძე*

1. ნივთიერებათა ფიზიკური თვისებების კვლევის განყოფილება;
2. მყარი სხეულების ქიმიური ტექნოლოგიის განყოფილება;
3. ატომურ-აბსორბციული სპექტრომეტრიის განყოფილება;
4. რადიაციული ფიზიკის განყოფილება;

\* სამეცნიერო ერთეულის ხელმძღვანელები;

- |                         |                     |
|-------------------------|---------------------|
| 1. თეიმურაზ ჯახუტაშვილი | განყოფილების გამგე; |
| 2. ლალი ახალბედაშვილი   | განყოფილების გამგე; |
| 3. ბელა კვიციანი        | განყოფილების გამგე; |
| 4. დავით კეკელიძე       | განყოფილების გამგე; |

; სამეცნიერო ერთეულის პერსონალური შემადგენლობა.

- |  |                              |
|--|------------------------------|
| 1. ნივთიერებათა ფიზიკური თვისებების კვლევის განყოფილება. |                              |
| ერემა თულაშვილი  | მთავარი მეცნიერ თანამშრომელი |
| ზაურ ბერიშვილი   | მთავარი მეცნიერ თანამშრომელი |
| მანანა ჩხაიძე  | უფროსი მეცნიერ თანამშრომელი  |
| ლელა მწარიაშვილი   | უფროსი მეცნიერ თანამშრომელი  |
| ნანა ხიხაძე  | მეცნიერ-თანამშრომელი         |
| ირინა ამბოკაძე   | მეცნიერ-თანამშრომელი,        |
| თამარ ქემაშვილი  | ტექნიკური მუშაკი             |

- |   |                               |
|---|-------------------------------|
| 2. მყარი სხეულების ქიმიური ტექნოლოგიის განყოფილება. |                               |
| იზა დავითულიანი                                     | მთავარი მეცნიერ თანამშრომელი  |
| მარინა ალაპიშვილი                                   | მთავარი მეცნიერ თანამშრომელი, |
| ციალა სარიშვილი                                     | მეცნიერ-თანამშრომელი          |
| ზურაბ ჩუბინიშვილი                                   | ტექნიკური მუშაკი              |

3. ატომურ-აბსორბციული სპექტრომეტრიის განყოფილება.

გულიკო ცოტაძე	უფროსი მეცნიერ თანამშრომელი
ნინო ბეკოშვილი	მეცნიერ-თანამშრომელი
ნანა მაჭარაძე	მეცნიერ-თანამშრომელი

- |                                   |                              |
|-----------------------------------|------------------------------|
| 4. რადიაციული ფიზიკის განყოფილება |                              |
| ელზა ხიციშვილი                    | მთავარი მეცნიერ თანამშრომელი |
| ზაურ კვინიკაძე                    | მთავარი მეცნიერ თანამშრომელი |
| ზაზა ტყემელაშვილი                 | უფროსი მეცნიერ თანამშრომელი  |
| ანზორ ვეფხვაძე                    | უფროსი მეცნიერ თანამშრომელი  |
| ზინაიდა დავითაია                  | უფროსი მეცნიერ თანამშრომელი  |
| ირინა ამბოკაძე                    | მეცნიერ თანამშრომელი         |

II. 1. საქართველოს სახელმწიფო ბიუჯეტის დაფინანსებით 2016 წლის გეგმით შესრულებული სამეცნიერო-კვლევითი პროექტები

(ეხება სამეცნიერო-კვლევით ინსტიტუტებს)

№	შესრულებული პროექტის დასახელება მეცნიერების დარგისა და სამეცნიერო მიმართულების მითითებით	პროექტის ხელმძღვანელი	პროექტის შემსრულებლები
1			
დასრულებული კვლევითი პროექტის ძირითადი თეორიული და პრაქტიკული შედეგების შესახებ ვრცელი ანოტაცია (ქართულ ენაზე)			

II. 2.

№	შესრულებული პროექტის დასახელება მეცნიერების დარგისა და სამეცნიერო მიმართულების მითითებით	პროექტის ხელმძღვანელი	პროექტის შემსრულებლები
1			
გარდამავალი (მრავალწლიანი) კვლევითი პროექტის ეტაპის ძირითადი თეორიული და პრაქტიკული შედეგების შესახებ ვრცელი ანოტაცია (ქართულ ენაზე)			

I. 3. სახელმწიფო გრანტით (რუსთაველის ფონდი) დაფინანსებული სამეცნიერო-კვლევითი პროექტები (ეხება როგორც უმაღლეს საგანმანათლებლო, ისე სამეცნიერო-კვლევით დაწესებულებებს)

№	პროექტის დასახელება მეცნიერების დარგისა და სამეცნიერო მიმართულების მითითებით	დამფინანსებელი ორგანიზაცია	პროექტის ხელმძღვანელი	პროექტის შემსრულებლები
1				
დასრულებული პროექტის ძირითადი თეორიული და პრაქტიკული შედეგების შესახებ ვრცელი ანოტაცია (ქართულ ენაზე)				

II. 4.

2	პროექტის დასახელება მეცნიერების დარგისა და სამეცნიერო მიმართულების მითითებით	დამფინანსებელი ორგანიზაცია	პროექტის ხელმძღვანელი	პროექტის შემსრულებლები
1	„საქართველოს ზოგიერთი რეგიონის სხვადასხვა ნიადაგ-გეოლოგიური სტრუქტურის ფონური ბუნებრივი და ტექნოგენური რადიოაქტივობა და მოსახლეობისათვის	შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდი	თ. ჯახუტაშვილი	ბ. თუთბერიძე ე. თულაშვილი მ. ჩხაიძე ლ. მწარიაშვილი

<p>რადიოლოგიური რისკის შეფასება“; სიცოცხლის შემსწავლელი მეცნიერებები, დედამიწის შემსწავლელი მეცნიერებები და გარემო; რადიობიოლოგია, გეოქიმია; რადიაციული უსაფრთხოება;</p> <p>2 “ქართულ წითელ ღვინოებში ანტიოქსიდანტების და მინერალური კომპონენტების კოპლექსური კვლევა ანალიზის თანამედროვე ფიზიკურ- ქიმიური მეთოდებით”. სიცოცხლის შემსწავლელი მეცნიერებები, დედამიწის შემსწავლელი მეცნიერებები და გარემო.</p>	<p>შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდი</p>	<p>თ. კეკელიძე</p>	<p>ლ. ახალბედაშვილი მ.მირცხულავა ბ.კვიციანი ზ.სამხარაძე გ. მაისურაძე</p>
<p>გარდამავალი (მრავალწლიანი) პროექტის ეტაპის ძირითადი თეორიული და პრაქტიკული შედეგების შესახებ ვრცელი ანოტაცია (ქართულ ენაზე)</p>			
<p>1. 2016 წლის განმავლობაში შესრულდა პროექტის მე-2 პერიოდის ძირითადად და მე-3 პერიოდის შემდეგი ძირითადი სამუშაოები:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ჩატარდა 2 საველე ექსპედიცია შიდა ქართლის რეგიონის ჩრდილოეთ ნაწილში და ქვემო ქართლის რეგიონის სამხრეთ ნაწილში (ნიმუშების აღების და სპეციალური კვლევების ჩატარების მიზნით, კერძოდ დოზიმეტრიული მონაცემების);</li> <li>• მე-2 და მე-3 საველე ექსპედიციების ფარგლებში (რომლებიც ჩატარდა მე-2 პერიოდში) შესრულდა აღებული ნიმუშების გამა სპექტრების მიღება;</li> <li>• მე-4 და მე-5 საველე ექსპედიციების ფარგლებში (რომლებიც ჩატარდა ამ მიმდინარე პერიოდის განმავლობაში) ჩატარდა აღებული ნიმუშების გამა სპექტრების მისაღებად და ანალიზისათვის საჭირო დამუშავება და მახასიათებელი მონაცემების დადგენა;</li> <li>• ლიტერატურული მონაცემების ანალიზის საფუძველზე დადგინდა აღებული ნიმუშების ქიმიური შედგენილობა (რომელიც საჭიროა გამა სპექტრების ანალიზისათვის), და ასევე მათი ლიტერატურული პარამეტრები;</li> <li>• ჩატარდა მიღებული გამა-სპექტრომეტრული მონაცემების პირველადი ანალიზი, რომელთა საფუძველზეც აღებულ ნიმუშებში დადგინდა რადიონუკლიდური შედგენილობა და მათი აქტივობის კონცენტრაცია;</li> <li>• ჩატარდა პირველადი ანალიზი და დადგინდა დოზიმეტრიული გაზომვების მონაცემები.</li> </ul> <p>სამუშაოების დაწყებიდან სხვადასხვა რეგიონში და გეოტექტონიკურ ზონაში სულ აღებულია 85 საკვლევი ნიმუში, მ.შ. ქანების 56 ნიმუში და ნიადაგის 29 ნიმუში (მესამე საანგარიშო პერიოდში აღებულია 35 ნიმუში, მ.შ. ქანების 22 ნიმუში და ნიადაგის 13 ნიმუში). აგრეთვე აღებული იყო ქანების 8 და ნიადაგის 4 საკონტროლო ნიმუში (ანალიტიკური დუბლიკატები).</p> <p>საკვლევი ნიმუშები იყო შემდეგი ტიპის:</p>			

*ქანები:*

- მაგმური (გრანიტები, დიორიტები, ანდეზიტები, ანდეზი ბაზალტები, დოლერიტები, დაციტები) - 14 ნიმუში;
- დანალექი (კირქვები, სილიციტები, ქვიშაქვები, თიხები, კარბონატები) – 34 ნიმუში;
- მეტამორფიზირებული (თიხა-ფიქლები, ფიქლები, ტუფები) - 8 ნიმუში;

*ნიადაგი:*

- ალუვიური - 6 ნიმუში;
- მთა-ტყე-მდელო - 3 ნიმუში;
- ყომრალი მუავე - 1 ნიმუში;
- ყავისფერი - 15 ნიმუში;
- ყვითელ-ყომრალი - 1 ნიმუში;
- რუხი-ყავისფერი მუქი - 3 ნიმუში.

აღების შემდეგ ყველა ნიმუში გადიოდა გაშრობას ლაბორატორიის პირობებში (ერთი თვის და მეტი განმავლობაში), შემდეგ ნაწვევრდებოდნენ (როგორც ხელით - ნიადაგის ნიმუშები, ასევე პროექტის ფარგლებში შექმნილი სპეციალური სამსხვრეველას გამოყენებით - ქანის ნიმუშები), რის შემდეგაც ისევ უტარდებოდათ გაშრობა (ლაბორატორიულ ღუმელში 105<sup>0</sup>ჩ - 110<sup>0</sup>ჩ ტემპერატურაზე დღე-ღამის განმავლობაში), რის შემდეგაც ისაზღვრებოდა მათი მასა და ე.წ. ყრილი სიმკვრივე. შემდეგ ნიმუშები იყრებოდა სპეციალურ ე.წ. მარინელის ჭურჭელში, სადაც ინახებოდა არანაკლებ 1 თვის განმავლობაში (თჰ-232, -238 და -235 რადიონუკლიდების ოჯახებში ე.წ. საუკუნოვანი წონასწორობის დადგენის მიზნით). ლაბორატორიული ანალიზის და ლიტერატურული მონაცემების საფუძველზე ისაზღვრებოდა მათი ქიმიური შედგენილობა, ლითოლოგია, კლასიფიკაცია, ასაკი და ა.შ.

შემუშავებული ლაბორატორიული მეთოდოლოგიის შესაბამისად ტარდებოდა გამა-სპექტრების მიღება (3 დღე-ღამის განმავლობაში). ასეთი რეჟიმი უზრუნველყოფდა 20-მდე რადიონუკლიდის იდენტიფიკაციას როგორც მაღალეფექტური გამა-გამოსხივებით, ასევე დაბალით. გაზომვის პროცესები ფაქტობრივად უწყვეტლივ სრულდებოდა და ერთი თვის განმავლობაში ტარდებოდა 7-8 ნიმუშის გაზომვა (საჭირო დამატებითი გაზომვების გათვალისწინებით - ფონური სპექტრების მიღება, განმეორებითი საკონტროლო გაზომვები და ა.შ.).

განვლილი პერიოდის განმავლობაში ჩატარდა 50 გამა-სპექტრის პირველადი ანალიზი, მათ შორის მიმდინარე პერიოდში 29 გამა-სპექტრის (იმ სპექტრების გაუთვალისწინებლად, რომლებიც მიღებულია ფონური გამოსხივების გამოსაკვლევად და ზოგიერთი მეთოდოლოგიური ასპექტრის, კერძოდ, რადიონუკლიდების აქტივობის მონაცემთა განუსაზღვრელობის დაზუსტების მიზნით). მიღებული შედეგებიდან დადგინდა, რომ ძირითადად დეტექტირდება 22-მდე რადიონუკლიდი:

- Th-232 ოჯახის - Ac-228, Th-228, Ra-224, Pb-212, Bi-212, Tl-208 (სულ 6 რადიონუკლიდი);
- U-238 ოჯახის – Th-234, Pa-234, Th-230, Ra-226, Pb-214, Bi-214, Pb-210 (სულ 7 რადიონუკლიდი);
- U-235 ოჯახის - U-235, Th-231, Th-227, Ra-223, Rn-219, Pb-211 (სულ 6 რადიონუკლიდი);
- სხვა ბუნებრივი რადიონუკლიდები - Be-7, K-40;
- ტექნოგენური რადიონუკლიდი - Cs-137.

მცხეთა-მთიანეთის რეგიონის ჩრდილო ნაწილში აღებული ქანების შესწავლილ ნიმუშებისთვის (იხ. მე-2 პერიოდის №1 და №2 გაზომვების ოქმები) Th-232, U-238 და U-235 ოჯახების რადიონუკლიდების და ცალკეული რადიონუკლიდების (Be-7, K-40 და Cs-137) აქტივობის კონცენტრაციისა (Bქ/კგ) და ასევე ეკვივალენტური აქტივობის (A<sub>eq</sub>) განზოგადებული შედეგები (P) - საშუალო (av), მინიმალური (mn) და მაქსიმალური მნიშვნელობები - მოყვანილია ცხრილში.

P	Th-232	U-238	U-235	Be-7	K-40	Cs-137	A <sub>eq</sub>
av	26.2	19.7	1.1	3.9	447	0.7	88.5
mn	0.4	1.5	0.1	3.9	3.9	0.2	.3
mx	51.5	36.3	.0	3.9	845	1.3	165.7

ანალოგიური მონაცემები ნიადაგის შესწავლილ ნიმუშებისთვის, და აგრეთვე ბ-210 და ალოქტონური ბ-210 (ბალ) აქტივობის, ბალ/ ი აქტივობების შეფარდებებისა და ეკვივალენტური აქტივობის - ექ და ექალ (ალოქტონური ბალ გათვალისწინების გარეშე და მასთან ერთად) გამოთვლილი მნიშვნელობები მოყვანილია ცხრილში.

P	Th-232	U-238	Pb-210	U-235	Be-7	K-40	Cs-137	Pb <sub>al</sub>	Pb <sub>al</sub> /Bi	A <sub>eq</sub>	A <sub>eq-al</sub>
Av	31.0	21.2	117.2	1.4	11.6	464	31.7	98.3	5.8	98.0	195
mn	17.5	13.0	37.6	0.7	5.0	281	0.3	12.0	0.5	62.1	1 6
mx	54.1	34.1	2 9. 4	2.2	23.1	784	53.3	204.0	13.2	166	270

ქანებისა და ნიადაგის ნიმუშებში ოჯახების რადიონუკლიდების აქტივობის მიღებული მონაცემების შედარებიდან შეიძლება აღინიშნოს შემდეგი ძირითადი თავისებურებები და კანონზომიერებები:

- ოჯახების რადიონუკლიდების და ასევე რადიონუკლიდის K-40 აქტივობის (ასევე ეკვივალენტური აქტივობის - ალოქტონური ბ-ის გათვალისწინების გარეშე) საშუალო და მაქსიმალური მნიშვნელობები საკმაოდ ახლოსაა ერთმანეთთან, თუმცა მათი მინიმალური მნიშვნელობები ქანებში საკმაოდ ნაკლებია - ერთი რიგით და უფრო მეტი Th-232 და U-238 ოჯახების რადიონუკლიდებისთვის და შედარებით ნაკლებად U-235 ოჯახისთვის - ვიდრე ნიადაგის ნიმუშებში;
- რადიონუკლიდი Be-7 გასაზომ რაოდენობით დაიმზირებოდა ქანის ერთ ნიმუშში, ხოლო ნიადაგში Be-7 დაიმზირებოდა ყველა ნიმუშში; თითქმის ასეთივე მდგომარეობას აქვს ადგილი ტექნოგენურ რადიონუკლიდთან Cs-137;
- ნიადაგის ნიმუშებში Pb-210-ის აქტივობის კონცენტრაციაში დამზერილი მახასიათებელი თავისებურება - მნიშვნელოვანი ზეწონასწორული კონცენტრაცია - არ აღინიშნება ქანების ნიმუშებში.

საკვლევ ნიმუშებში იდენტიფიცირებული ბუნებრივი წარმოშობის რადიონუკლიდების შედგენილობა და კონცენტრაცია ზოგადად შეესაბამება სხვადასხვა ქანებისთვის და ნიადაგისთვის დამზერილ მნიშვნელობებს. კონკრეტულად, აღნიშნულ რეგიონისთვის ასეთი ანალიზი პირველად ჩატარდა (არ არსებობს ანალოგიური მონაცემები ასევე საქართველოს სხვა რეგიონებისთვის). შემდგომ პერიოდებში საშუალო გეგმის შესაბამისად იგეგმება ნიმუშების ბაზის გაფართოება და მიღებული შედეგების უფრო დეტალური ანალიზის ჩატარება სხვადასხვა ფაქტორებზე (ნიმუშის ტიპი და ასაკი, მათი გენეზისი, ადების გეოტექტონიკური ზონა და ა.შ.) დამოკიდებული თავისებურებებისა და კანონზომიერებების დადგენის, და ასევე მოსახლეობის დასახივების რადიოლოგიური პარამეტრების დადგენის მიზნით.

2.

2016 წელს შესრულდა პროექტის მე-2 და მე-3 პერიოდის შემდეგი ძირითადი სამუშაოები:

- ექსპედიცია ყვარელში, ღვინის მწარმოებელ კომპანია "მელვინეობა ხარებაში";
- მინერალური კომპონენტების კვლევა ნიადაგსა, ფოთლის და ყურძნის მტევნის სხვადასხვა ნაწილების ნიმუშებში;
- ანტიოქსიდანტების იდენტიფიკაცია ქრომატოგრაფიული ანალიზით ღვინოებში, ფოთლის და ყურძნის მტევნის სხვადასხვა ნაწილების ნიმუშებში;

მინერალური და ანტიოქსიდანტური კომპონენტების შესასწავლად ქართულ წითელ ღვინოებში და პროექტის ფარგლებში დასახული ამოცანების განხორციელებისთვის ჩატარდა ექსპედიცია ყვარელში ღვინის მწარმოებელ კომპანია "მელვინეობა ხარებაში".

აღებული იქნა ნიადაგის, საფერავის ჯიშის ყურძნის და ქვევრის ღვინის სინჯები. ვენახებიდან ნიადაგის და ყურძნის სინჯების ასაღებად გამოყენებული იყო ნიადაგის და მცენარის სინჯის აღების ინსტრუქცია, რომელიც შემუშავებულია ნიადაგის ნიმუშის აღების ISO 10381-8: 2009. შოილ ქუალიტე. შამპლინგ (შოილ ქუალიტე. შელექციონ ოფ სამპლეს) საერთაშორისო სტანდარტის შესაბამისად.

ნიადაგის სინჯები აღებული იქნა სპეციალური ხელსაწყო ანდ აუგერ ექუიპმენტ ფორ სოილ რესეარჩვ გამოყენებით.

ნიადაგის და ყურძნის სინჯების წინასწარი მომზადებისთვის გამოყენებული იყო სტანდარტული ოპერაციული პროცედურა (შ ), "ნიადაგის და მცენარის სინჯების წინასწარი მომზადება ფიზიკურ- ქიმიური ანალიზისთვის" რომელიც შემუშავებულია ISO 11464: 2006 "შოილ ქუალიტე - რეტრეატმენტ ოფ სამპლეს ფორ პჰესიცო-ცჰემიკალ ანალისის") საერთაშორისო სტანდარტის შესაბამისად .

ნიადაგის სინჯები აღებული იქნა მუკუხანის (ფართობი 25 ჰა) და საბუეს (ფართობი 27 ჰა) ვენახებიდან, სხვადასხვა სიღრმიდან, კონვერტის წესით, შესაბამისი ინსტრუქციის თანახმად. სულ 20 წერტილოვანი სინჯი.

საფერავის ყურძნის ფოთლების და მტევნების სინჯები აღებული იყო ნიადაგის სინჯების აღების წერტილებში შემუშავებული ინსტრუქციის თანახმად. სულ 20 სინჯი.

მინერალური კომპონენტების საკვლევად, ნიადაგსა და ყურძნის მტევნის სხვადასხვა ნაწილების ნიმუშები დამუშავდა შემდეგნაირად: საანალიზო ნიმუშები: ყლორტები, ფოთლები, მარცვლის კანი და რბილობი. მათი ნაწილი გაირეცხა გამდინარე წყალში, გამოშრა ოთახის ტემპერატურაზე, შემდეგ დაქუცმაცდა და დაიწვა. კვლევის მოცემულ ეტაპზე მინერალური კომპონენტების საანალიზოთ გამოყენებული იქნა სპექტროფოტომეტრული და ტიტრიმეტრიული ანალიზის მეთოდები ISO и ГОСТ -ს შესაბამისად.

მიღებული მონაცემები ღვინოების, ნიადაგის და ყურძნის ნაწილების მინერალური შემადგენლობის შესახებ მოყვანილია ქვემოთ ცხრილებში 1 - 5.

**ცხრილი 1.** ვენახების ნიადაგის ანალიზი

*	SiO <sub>2</sub> , %	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , %	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , %	CaO, %	Mg O, %	K <sub>2</sub> O, %	Na <sub>2</sub> O, %	Cl, მგ/100გ (ექსტრაქტი)	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , მგ/100გ (ექსტრაქტი)	ჰუმუსი, %
1	51.47	11.67	0.15	10.79	0.75	1.0	1.6	2.66	3.0	1.84
2	56.33	13.21	0.13	6.97	1.79	1.0	1.5	2.31	2.8	2.01
3	55.76	16.65	0.26	3.55	0.38	1.9	2.0	3.37	3.0	2.83
4	57.11	13.12	0.25	3.16	3.38	1.8	2.0	2.67	2.4	2.74
5	57.69	17.01	0.22	3.06	0.56	1.4	1.6	2.67	3.0	3.42

\* - 1- მუკუზნის ვენახი, სიღრმე 5 სმ; 2 - მუკუზნის ვენახი, სიღრმე 25 სმ; 3 - საბუეს ვენახი, სიღრმე 5 სმ; 4 - საბუეს ვენახი, სიღრმე 25 სმ; 5 - ეკოლოგიურად სუფთა ადგილი

**ცხრილი 2.** ძირითადი ელემენტების შემცველობა მუკუზნის ვენახის ნიადაგში და ყურძნის მტვერის სხვადასხვა ნაწილში

	სინჯი	Si, მგ/კგ	Al, მგ/კგ ×10 <sup>4</sup>	Ca, მგ/კგ ×10 <sup>4</sup>	Mg, მგ/კგ, ×10 <sup>4</sup>	K, მგ/კგ, ×10 <sup>4</sup>	Na, მგ/კგ× 10 <sup>4</sup>	P, მგ/კგ, ×10 <sup>3</sup>	Cl, მგ/100გ (ექსტრ აქტი)	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , მგ/100გ (ექსტრ აქტი)
1	ნიადაგი, სიღრმე 5სმ	2.4 10 <sup>5</sup>	6.21	7.62	0.45	0.83	1.22	0.72	2.66	3.6
2	ნიადაგი, სიღრმე 25სმ	2.6 10 <sup>5</sup>	7.0	4.93	1.13	0.83	1.16	0.64	2.31	2.4
3	ფოთლებ ი	0.6 10 <sup>4</sup>	0.05	5.41	3.54	0.30	0.14	1.10	142.00	
4	კლერტი	0.83 10 <sup>3</sup>	0.03	0.44	0.07	2.02	0.82	0.66	410.47	
5	კანი	0.62 10 <sup>3</sup>	0.04	0.35	0.04	1.60	0.71	0.69		
6	რბილობ ი	0.16 10 <sup>3</sup>	0.07	0.06	0.01	0.79	0.38	0.34		
7	წიპწა	0.55 10 <sup>3</sup>	0.03	0.27	0.003	0.45	0.27	0.32		

**ცხრილი 3.** ძირითადი ელემენტების შემცველობა საბუეს ვენახის ნიადაგში და ყურძნის მტვერის სხვადასხვა ნაწილში

	სინჯი	Si, მგ/კგ	Al, მგ/კგ ×10 <sup>4</sup>	Ca, მგ/კგ ×10 <sup>4</sup>	Mg, მგ/კგ ×10 <sup>4</sup>	K, მგ/კგ ×10 <sup>4</sup>	Na, მგ/კგ ×10 <sup>4</sup>	P, მგ/კგ , ×10 <sup>3</sup>	Cl, მგ/100 გ (ექსტ რ აქტი)	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , მგ/100გ (ექსტ რაქტი)
1	ნიადაგი, სიღრმე 5სმ	2.5 10 <sup>5</sup>	8.82	2.50	0.23	1.62	1.56	1.12	2.66	3.0
2	ნიადაგი, სიღრმე 25სმ	2.6 10 <sup>5</sup>	6.93	2.20	2.00	1.53	1.54	1.15	2.31	2.8
3	ფოთლები	0.9 10 <sup>4</sup>	0.10	4.52	2.80	0.47	0.14	2.51	164.9	
4	კლერტი	0.70 10 <sup>3</sup>	0.03	0.59	0.01	1.42	0.06	1.21	386.23	
5	კანი	0.20 10 <sup>3</sup>	0.02	0.040	0.01	0.95	0.03	0.78		
6	რბილობი	0.15 10 <sup>3</sup>	0.01	0.12	0.01	0.95	0.05	0.52		
7	წიპწა	0.55 10 <sup>3</sup>	0.03	0.03	0.27	0.003	0.45	0.27	2.86	

**ცხრილი 4.** ქვევრის ღვინოს მინერალური ნაწილის ანალიზის შედეგები

	ღვინის სინჯი	Si, მგ/ლ	Al, მგ/ლ	Ca, მგ/ლ	Mg, მგ/ლ	K, მგ/ლ	Na, მგ/ლ	P, მგ/ლ	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , მგ/ლ
1	ქინძმარაული	24.84	6.36	49.83	88.36	726.25	60.12	62.09	206.6 7
2	საფერავი	17.48	4.77	68.48	43.24	830.00	60.12	44.12	266,6 2



**ცხრილი 5.** საფერავის ჯიშის ყურძნის მტევნის სხვადასხვა ნაწილის მინერალური შემდგენილობა

	ღვინის სინჯი	Si, მგ/კგ, , × 10 <sup>3</sup>	Al, მგ/კგ, გ × 10 <sup>3</sup>	P, მგ/კგ, × 10 <sup>3</sup>	Ca, მგ/კგ, × 10 <sup>3</sup>	Mg, მგ/კგ, × 10 <sup>3</sup>	K, მგ/კგ, × 10 <sup>3</sup>	Na, მგ/კგ, × 10 <sup>3</sup>	ash მგ/კგ, × 10 <sup>3</sup>
1	მუკუზანი, კლერტი	0.83	0.30	0.66	4.44	0.07	20.25	0.80	64.2
2	საბუე, კლერტი	0.70	0.32	1.21	5.96	0.08	14.42	0.60	54.3
3	მუკუზანი, კანი	0.62	0.46	0.69	3.55	0.04	16.00	0.71	50.7
4	საბუე, კანი	0.20	0.21	0.78	0.40	0.08	9.53	0.27	28.7
5	მუკუზანი, რბილობი	0.16	0.07	0.34	0.58	0.12	7.87	0.38	23.7
6	საბუე, რბილობი	0.15	0.14	0.52	1.18	0.06	9.50	0.55	28.6
7	წიპწა	0.55	0.30	0.32	2.70	0.03	4.51	0.27	28.6

საანგარიშო პერიოდში შესრულებული კვლევები იძლევა საშუალებას თვალი მივადევნოთ ნიადაგში არსებული ელემენტების მიგრაციას ბოლო პროდუქტამდე-ღვინომდე. ვენახებიდან აღებული ნიადაგის სინჯებმა გვიჩვენეს ყველა ძირითადი მინერალის შემცველობა. მიღებული შედეგების საფუძველზე ზოგიერთი მინერალების (კალიუმის, ნატრიუმის, და კალციუმის) შემცველობა ხასიათდება რაოდენობის შემცირებით კლერტიდან ღვინომდე. შედეგებმა ასევე აჩვენეს რომ ღვინის და ნიადაგის მინერალური შემდგენილობა ურთიერთდამოკიდებულებაშია. კერძოდ წითელ ღვინოებში მინერალური კომპონენტების უმეტესობა გადმოდის ყურძნის მყარი ნაწილებიდან ფერმენტაციის და დავარგების დროს. ქვევრის ღვინოები უფრო მეტად გამდიდრებულია ფენოლური ნაერთებით, ვიდრე ღვინოები, რომლებიც მიღებულია ფერმენტაციული დუღილის გარეშე. პირველადი შედეგები მიუთითებენ  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$  იონების არათანაბარ განაწილებაზე მთელ ჯაჭვში - ნიადაგი-მცენარე-ღვინო.

ანტიოქსიდანტების იდენტიფიკაციის მიზნით ჩატარდა ქრომატოგრაფიული ანალიზი წითელ ღვინოებში, საფერავსა და ქინძმარაულში. ასევე საფერავის ჯიშის ყურძნის მტევნის სხვადასხვა ნაწილებში. ანალიზისათვის გამოიყენება მაღალეფექტური თხევადი ქრომატოგრაფიის მეთოდი. ტესტირება ტარდება ვილენტი-ის ფირმის ვილენტი თეცჰნოლოგიის 1200 ხელსაწყოზე, რომელიც აღჭურვილია გრადიენტული სატუმბით, ულტრაიისფერი დეტექტორით, კომპიუტერული სისტემით მონაცემების დამუშავებისა და მართისთვის. მოძრავ ფაზად გამოყენებულ იქნა ნარევი აცეტონიტრილი (ზესუფთა), ძმარმჟავა, თანაფარდობით 90:8:2. მოძრავი ფაზის მოცულობითი სიჩქარე 0,7 მლ/წთ. საანალიზო სინჯის ხსნარის მოცულობა შეადგენდა 5 მკლ. სტაციონალური ფაზად გამოყენებული იყო ქრომატოგრაფიული სვეტი C18. დეტექტირება - 280 и 360 ნმ-ზე.

ქრომატოგრაფიული ანალიზის ნიმუშები მივიღეთ შემდეგნაირად: გამოწვლილვა ხდებოდა 100 მლ-დან, გამონაწვლილები შეგროვილ იქნა ერთად უწყლო ა2შ 4-იან ჭურჭელში, შემდეგ გაიფილტრა ქაღალდის ფილტრზე და შესრულდა გამოხდა როტაციულ ამორთქლებელზე, 300 C, შედეგად მივიღეთ მშრალი ნაშთი, რომელიც გაიხსნა 7 მლ მეთანოლის ხსნარში და გაიფილტრა მემბრანულ ფილტრზე (ფორების ზომა 0,45 მკმ).

მოცემულ ეტაპზე შევისწავლეთ ანტოციანების ნარევის თვისობრივი და რაოდენობრივი შემცველობა ღვინომასალებში საბუეს ვენახიდან, რომლებიც მშრალ

წითელ ღვინოში არსებობენ ანტოციანიდინების 3-გლიკოზიდების სახით. საწყისი ღვინომასალის და მისგან გამოყოფილი პრეპარატების აოა-ს ესაზღვრავდით სპექტროფოტომეტრული მეთოდით 2,2'-დიპირიდილ Fe(III) სისტემის გამოყენებით. დადგინდა, რომ ნიმუშიდან ანტიოქსიდანტის სელექტიურად გამოწვილვა დამოკიდებულია ნიმუშის pH-ზე. მაგალითად, ანტოციანები გამოვყავით ეთილაცეტატით pH=2.0, ხოლო კატეხინები და ფლავონოიდები pH=7.0. ე.ი. სხვადასხვა ფორმების წილის არსებობა ღვინოში დამოკიდებულია pH-ზე. ყურძნის წვენი და ასევე ღვინოს pH-ის გაზრდა მისი ბუნებრივი მნიშვნელოვანი (3.2 – 3.8) 7-მდე იწვევს ანტოციანების მთავარი ნივთიერების მალედი-3-გლიკოზიდის გადასვლას ქინოიდურ სტრუქტურის ფორმაში. მაგრამ თვითონ ანტოციანების აოა არ არის დამოკიდებული pH-ის მნიშვნელობაზე. გაანგარიშებულია, რომ ანტოციანების წილი აოა-ს საერთო მარცხენებელში მერყეობს 29-ან 34%-დე. ანტი ოქსიდანტური აქტივობა-ს (აოა) განსაზღვრისათვის საკვლევი ხსნარის (განზავებული ღვინომასალა ან ანტოციანების პრეპარატი) ალიქვოტს 0.2-0.5 მლ მოცულობით ვუმატებდით 1.0 მლ ხსნარს, რომელიც შეიცავდა 2,2'-დიპირიდილ და ე(III) მარილს და ვავსებდით გამოხდილი წყლით 100 მლ-მდე. რეაგენტების კონცენტრაცია სსაბოლოო განზავებისას უდრიდა 0.12 და 0.20 მმოლ/ლ შესაბამისად. 25<sup>0</sup>ჩ 60-წუთიანი ექსპოზიციის შემდეგ იზომებოდა მიღებული შეფერილი ხსნარის ოპტიკური სიმკრევე 490 ნმ. აოა-ს გაანგარიშება ხდებოდა საკალიბრო გრაფიკის მიხედვით, რომელიც აიგო სტანდარტის-ასკორბინის მუავას სხვადასხვა კონცენტრაციის ხსნარების მიხედვით.

იდენტიფიცირებული იყო შემდეგი ნაერთები: კაფტარიკ მუავა, გალის მუავა, ქლოროგენის მუავა, კატეჰინი, ვანილის მუავა, სირინჯის მუავა, ეპიკატეჰინი, პარაკუმარის მუავა, ვანილინი, სინაპის მუავა, ელაგის მუავა, კვერციტინ 3β-გლუკოზიდი, მირეციტინი, რესვერატროლი, რუტინი, პ-ჰიდრობენზოის მუავა და სხვა. სულ სამუშაოს ამ ეტაპზე იდენტიფიცირებულია 28 ფენოლური ნაერთი.

ყურძნის და ღვინოს ანტიოქსიდანტური თვისებები უმთავრესად დამოკიდებულია რესვერატროლის, მირეციტინის და კვერციტინის შემცველობაზე კლერტში და მტევანში. მათი შედარებითი შემცველობა ჩვენ ნიმუშებში შესაბამისად ტოლია 1.22, 12.33 და 10.58% მაგრამ საფერავში რესვერატროლის შემცველობა მცირედ მომატებულია - 1.37%, კვერციტინის კი ნაკლებია, ვიდრე კლერტში (6.90%). ჩვენს მიერ ჩატარებული ანალიზით კიდევ ერთხელ დავადასტურეთ, რომ ქვევრში ჭაჭაზე დაყებენული ღვინო (საბუეს და მუკუზანის საფერავი) გაცილებით მეტი რაოდენობით შეიცავს ფენოლურ ნაერთებს და მისი ანტიოქსიდანტური თვისებები მნიშვნელოვნადაა დამოკიდებული რესვერატროლის, მირეციტინისა და კვერციტინის მაღალ შემცველობაზე, ვიდრე შესაბამისი ქარხნული წესით დამზადებული ღვინოები.

შესწავლილი იყო კანის, კლერტისა და წიპწის ანტიოქსიდანტური უნარიანობა. დადგინდა რომ წიპწა და კლერტი არის უმთავრესი განმსაზღვრელი ანტიოქსიდანტური უნარიანობისა. მაგალითად, კანში კატეჰინის და პ-ჰიდროქსიბენზოის მუავის შემცველობა იყო შესაბამისად 0.029 და 0.058 მგ/გ, ვანილის, გალის და სირინჯის მუავები არსებობენ კვალის სახით. წიპწა შეიცავს 4-5-ჯერ მეტ გალის მუავას, ვიდრე კლერტი. ყავის მუავას რაოდენობა ასევე 4-5-ჯერ ნაკლებია კანში, ვიდრე კლერტში, მხოლოდ კანში არ იყო ნაპოვნი.

დადგინდა, რომ კანის ანტიოქსიდანტური უნარიანობა მცირდება 29%-ით, კლერტისა - 57%-ით, წიპწისა კი - 42%-ით. მართალია წიპწის ანტიოქსიდანტური უნარიანობა მაღალია კლერტისაზე, მაგრამ კლერტის უნარიანობის შემცირების მაღალი პროცენტი მეტყველებს მის უპირატეს აქტიურ როლზე ანტიოქსიდანტური უნარიანობის ჩამოყალიბებაში.

## II. 1. პუბლიკაციები:

ა) საქართველოში

მონოგრაფიები

№	ავტორი/ავტორები	მონოგრაფიის სათაური	გამოცემის ადგილი, გამომცემლობა	გვერდების რაოდენობა
1				
ვრცელი ანოტაცია ქართულ ენაზე				

სახელმძღვანელოები

№	ავტორი/ავტორები	სახელმძღვანელოს სახელწოდება	გამოცემის ადგილი, გამომცემლობა	გვერდების რაოდენობა
1				
ვრცელი ანოტაცია ქართულ ენაზე				

კრებულები

№	ავტორი/ავტორები	კრებულის სახელწოდება	გამოცემის ადგილი, გამომცემლობა	გვერდების რაოდენობა
1				
ვრცელი ანოტაცია ქართულ ენაზე				

სტატიები

№	ავტორი/ავტორები	სტატიის სათაური, ჟურნალის/კრებულის დასახელება	ჟურნალის/კრებულის ნომერი	გამოცემის ადგილი, გამომცემლობა	გვერდების რაოდენობა
1	ნ.კეკელიძე, თ.კეკელიძე, ლ.ახალბედაშვილი, მ.მირცხულავა, გ.მაისურაძე, ბ.კვიციანი, გ.ცოტაძე, ვ.ლიპარტელიანი	ქართული წითელი ღვინოების საფერავის და ქინძმარაულის მინერალური კომპონენტების და ზოგიერთი ანტიოქსიდანტების კომპლექსური კვლევა	იბეჭდება საქართველოს ქიმიურ ჟურნალში, ტ.16, No2. 2016 წ.	თბილისი	ნ.კეკელიძე, თ.კეკელიძე, ლ.ახალბედაშვილი, მ.მირცხულავა, გ.მაისურაძე, ბ.კვიციანი, გ.ცოტაძე, ვ.ლიპარტელიანი
ვრცელი ანოტაცია ქართულ ენაზე					
1.სამუშაოს მიზანია აღმოსავლეთი საქართველოს წითელი ღვინოების საფერავი და ქინძმარაულის ქიმიური შედგენილობის (კერძოდ, მინერალური კომპონენტების და ფენოლური ანტიოქსიდანტების) დადგენა. ISO-ს მეთოდების საფუძველზე შემუშავდა ნიმუშების აღების და დამუშავების, აგრეთვე ყურძნის ყველა ნაწილის (ფოთოლი, ღერო, რბილობილი, კანი და წიპწა) ქიმიური ანალიზის სტანდარტული ოპერაციული					

პროცედურები. კვლევა იძლევა საშუალებას თვალი ვადევნოთ ნიადაგში არსებული ან შეყვანილი ელემენტების მიგრაციას ბოლო პროდუქტამდე - ღვინომდე. ვენახებიდან აღებული ნიადაგის სინჯებმა გვიჩვენეს ყველა ძირითადი მინერალის შემცველობა. მიღებული შედეგების საფუძველზე ზოგიერთი მინერალების (კალიუმის, ნატრიუმის, და კალციუმის) შემცველობა ხასიათდება რაოდენობის შემცირებით კლერტიდან ღვინომდე. შედეგებმა ასევე აჩვენეს რომ ღვინის და ნიადაგის მინერალური შედეგნილობა ურთიერთდამოკიდებულებაშია. კერძოდ წითელ ღვინოებში მინერალური კომპონენტების უმეტესობა გადმოდის ყურძნის მყარი ნაწილებიდან ფერმენტაციის და დავარგების დროს. ქვევრის ღვინოები უფრო მეტად გამდიდრებულია ფენოლური ნაერთებით, ვიდრე ღვინოები, რომლებიც მიღებულია ფერმენტაციული დუდილის გარეშე. პირველადი შედეგები მიუთითებენ  $Na^+$ ,  $K^+$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $SO_4^{2-}$ ,  $Cl^-$  იონების არათანაბარ განაწილებაზე მთელ ჯაჭვში - ნიადაგი-მცენარე-ღვინო.

II. 2. პუბლიკაციები:  
ბ) უცხოეთში

მონოგრაფიები

№	ავტორი/ავტორები	მონოგრაფიის სათაური	გამოცემის ადგილი, გამომცემლობა	გვერდების რაოდენობა
1				
ვრცელი ანოტაცია ქართულ ენაზე				

სახელმძღვანელოები

№	ავტორი/ავტორები	სახელმძღვანელოს სახელწოდება	გამოცემის ადგილი, გამომცემლობა	გვერდების რაოდენობა
1				
ვრცელი ანოტაცია ქართულ ენაზე				

კრებულები

№	ავტორი/ავტორები	კრებულის სახელწოდება	გამოცემის ადგილი, გამომცემლობა	გვერდების რაოდენობა
1				
ვრცელი ანოტაცია ქართულ ენაზე				

სტატიები

№	ავტორი/ავტორები	სტატიის სათაური, ჟურნალის/კრებულის დასახელება	ჟურნალის/კრებულის ნომერი	გამოცემის ადგილი, გამომცემლობა	ვერდების რ-ბა
1	დ. მწარიაშვილი, ნ. კეკელიძე, ბ. თუთბერიძე,	რადონი ბუნებრივ წყლებში თბილისის არტეზიულ აუზში, საქართველო	Proc. of 16 <sup>th</sup> Int. Multidisciplinary Scientific Conference (SGEM	სოფია, ბულგარეთი	8

	ე. თულაშვილი, ი. ამბოკაძე		2016); 30 June – 6 July, 2016, Albena, Bulgaria; Book 3, Vol. 1, pp. 605-612.		
2	ლ. მწარიაშვილი, ნ. კეკელიძე, თ. ჯახუტაშვილი, ე. თულაშვილი, მ. ჩხაიძე	„შიდა“ რადონი და დოზური პარამეტრები საცხოვრებელ სახლებში ქალაქ თბილისში - საქართველოს მთავარ ქალაქში	Proc. of 16 <sup>th</sup> Int. Multidisciplinary Scientific GeoConference (SGEM 2016); 30 June – 6 July, 2016, Albena, Bulgaria; Book 4, Vol. 2, pp. 435-442.	სოფია, ბულგარეთი	8

ვრცელი ანოტაცია ქართულ ენაზე

- ნაშრომში შესწავლილია რადიოაქტიური აირის - რადონის Rn-222 შემცველობა სხვადასხვა ტიპის ზედაპირული წყლების (წყაროს, მდინარის, და ა.შ.) რიგ წყაროში, რომლებიც განლაგებულია ზოგიერთ დასახლებულ პუნქტში ქალაქ თბილისთან ახლოს ე.წ. თბილისის არტეზიული აუზის ტერიტორიაზე. კვლევები ჩატარდა ერთი წლის განმავლობაში (იანვარ-დეკემბერი), ზოგიერთ პუნქტში ნიმუშები აღებულ იქნა ყოველთვიურად. რადონის შემცველობის დასადგენად გამოყენებულ იქნა დეტექტორი RAD7. დადგებილია, რომ რადონის შემცველობა წყალში იცვლება როგორც წყაროს ადგილმდებარეობის მიხედვით, აგრეთვე წყლის ტიპის მიხედვით. ასე, მაგალითად, რადონის შემცველობა სხვადასხვა წყაროს წყალში იცვლება დიაპაზონში რამდენიმე ერთეულ Bq/L-დან 100 Bq/L-მდე და მეტი. რადონის შემცველობა წყლის სხვა ტიპებში მნიშვნელოვნად ნაკლებია. ჩატარდა წყაროების სისტემატიზაცია აქტივობის ჯგუფების მიხედვით (აქტივობის შიდა ჯგუფი, ძალიან დაბალიდან - 0.3 Bq/L-ზე ნაკლები - ზემადღამდე - 100 Bq/L-ზე მეტი). გაანალიზირებულია რადონის შემცველობაზე სხვადასხვა ფაქტორების შესაძლო გავლენა, მაგალითად, ნიადაგურ-გეოლოგიური სტრუქტურის თავისებურებები, წყლის შეკრების თავისებურებები, და ა.შ. ჩატარებულია შედარება ლიტერატურულ მონაცემებთან.
- ნაშრომში მოყვანილია საქართველოს დედაქალაქ თბილისში სხვადასხვა შენობებში (საცხოვრებელ, აგრეთვე სხვა შენობებში) „შიდა“ რადონის წლიური ეფექტური დოზის სიდიდის მონაცემები. მიღებული შედეგების და რეკომენდებული საკონტროლო დონეების გათვალისწინებით შეყვანილია დასხივების დოზის რამდენიმე პირობითი დიაპაზონი - დაბალი დონიდან ზემადღამდე დონემდე. ნაჩვენებია, რომ წლიური ეფექტური დოზის საშუალო მნიშვნელობები საცხოვრებელ სათავსებში იცვლება ფართო დიაპაზონში - 0.33 mSv-დან 2.30 mSv-მდე, და შეესაბამება, ძირითადად, შემდეგ ჯგუფებს - ტიპიურზე ნაკლები (<0.50 mSv), ტიპიური (0.50 – 1.00 mSv) და ტიპიურზე მაღალი (1.0 – 2.5 mSv); აღნიშნულია, რომ საშუალო წლიური შთანთქმული დოზის პოტენციალურად შესაძლო მნიშვნელობების გათვალისწინებით დოზის მაღალი (2.5 – 5.0 mSv) და საშიში (5.0 – 10. mSv) მნიშვნელობების მქონე ჯგუფებში შეიძლება მოხდეს 11 %-მდე სათავსეები. აღნიშნულია დოზების განაწილების ზოგიერთი თავისებურება სხვადასხვა სათავსეში; ნაჩვენებია, რომ საცხოვრებელ სათავსეებისთვის მიღებული მნიშვნელობები, ძირითადად, შეესაბამებიან მსოფლიოს საშუალო მონაცემებს.

III. 1. სამეცნიერო ფორუმების მუშაობაში მონაწილეობა

ა) საქართველოში

№	მომხსენებელი/ მომხსენებლები	მომხსენების სათაური	ფორუმის ჩატარების დრო და ადგილი
1	ლ. ახალბედაშვილი	“ანტიოქსიდანტების და მინერალური კომპონენტების კომპლექსური კვლევა ქართულ წითელ ღვინოებში”	სამეცნიერო კონფერენცია, ურეკი, 16-20 სექტემბერი, 2016 წ.
მომხსენებათა ანოტაციები ქართულ ენაზე			
<p>1. ანტიოქსიდანტების და მინერალური ნივთიერებების შემცველობა ღვინოებში დამოკიდებულია მრავალი ფაქტორის ერთობლიობაზე: ყურძნის ჯიშზე, ნიადაგის შემადგენლობაზე, კლიმატურ პირობებზე, ვენახის (ყურძნის გაშენების) ადგილის რელიეფზე, აგროტექნიკურ საშუალებებზე, ღვინის წარმოების მეთოდებზე და ა.შ.</p> <p>შესწავლილ საფერავის ჯიშის ყურძნის ყველა ნაწილში, ახლად დაწურულ წვენში და ღვინოებში მინერალური კომპონენტები წარმოდგენილია კათიონური და ანიონური ნაწილების <math>Na^+</math>, <math>K^+</math>, <math>Ca^{2+}</math>, <math>Mg^{2+}</math>, <math>SO_4^{2-}</math>, <math>CO_2</math>, უანგბადით და უმნიშვნელო რაოდენობით ბორით, ფტორით, ბრომით, იოდით. და აგრეთვე მიკროელემენტების, მათ შორის ზოგიერთი მძიმე მეტალების, სპილენძი, თუთიის, მანგანუმის, ნიკელის, კობალტის, ტყვიის და რკინის სახით.</p>			

ბ) უცხოეთში

№	მომხსენებელი/ მომხსენებლები	მომხსენების სათაური	ფორუმის ჩატარების დრო და ადგილი
1	ლ. მწარიაშვილი	რადონი ბუნებრივ წყლებში თბილისის არტეზიულ აუზში, საქართველო	30 June – 6 July, 2016, Albena, Bulgaria
2	ლ. მწარიაშვილი	„შიდა“ რადონი და დოზური პარამეტრები საცხოვრებელ სახლებში ქალაქ თბილისში - საქართველოს მთავარ ქალაქში	30 June – 6 July, 2016, Albena, Bulgaria
3			
მომხსენებათა ანოტაციები ქართულ ენაზე			
<p>1. ნაშრომში შესწავლილია რადიოაქტიური აირის - რადონის Rn-222 შემცველობა სხვადასხვა ტიპის ზედაპირული წყლების (წყაროს, მდინარის, და ა.შ.) რიგ წყაროში, რომლებიც განლაგებულია ზოგიერთ დასახლებულ პუნქტში ქალაქ თბილისთან ახლოს ე.წ. თბილისის არტეზიული აუზის ტერიტორიაზე. კვლევები ჩატარდა ერთი წლის განმავლობაში (იანვარ-დეკემბერი), ზოგიერთ პუნქტში ნიმუშები აღებულ იქნა ყოველთვიურად. რადონის შემცველობის დასადგენად გამოყენებულ იქნა დეტექტორი RAD7. დადგებილია, რომ რადონის შემცველობა წყალში იცვლება როგორც წყაროს ადგილმდებარეობის მიხედვით, აგრეთვე წყლის ტიპის მიხედვით. ასე, მაგალითად,</p>			

რადონის შემცველობა სხვადასხვა წყაროს წყალში იცვლება დიაპაზონში რამდენიმე ერთეულ Bq/L-დან 100 Bq/L-მდე და მეტი. რადონის შემცველობა წყლის სხვა ტიპებში მნიშვნელოვნად ნაკლებია. ჩატარდა წყაროების სისტემატიზაცია აქტივობის ჯგუფების მიხედვით (აქტივობის შიდა ჯგუფი, ძალიან დაბალიდან - 0.3 Bq/L-ზე ნაკლები - ზემალდამდე - 100 Bq/L-ზე მეტი). გაანალიზირებულია რადონის შემცველობაზე სხვადასხვა ფაქტორების შესაძლო გავლენა, მაგალითად, ნიადაგურ-გეოლოგიური სტრუქტურის თავისებურებები, წყლის შეკრების თავისებურებები, და ა.შ. ჩატარებულია შედარება ლიტერატურულ მონაცემებთან.

2. ნაშრომში მოყვანილია საქართველოს დედაქალაქ თბილისში სხვადასხვა შენობებში (საცხოვრებელ, აგრეთვე სხვა შენობებში) „შიდა“ რადონის წლიური ეფექტური დოზის სიდიდის მონაცემები. მიღებული შედეგების და რეკომენდებული საკონტროლო დონეების გათვალისწინებით შეყვანილია დასხივების დოზის რამდენიმე პირობითი დიაპაზონი - დაბალი დონიდან ზემალდამდე დონემდე. ნაჩვენებია, რომ წლიური ეფექტური დოზის საშუალო მნიშვნელობები საცხოვრებელ სათავსებში იცვლება ფართო დიაპაზონში - 0.33 mSv-დან 2.30 mSv-მდე, და შეესაბამება, ძირითადად, შემდეგ ჯგუფებს - ტიპურზე ნაკლები (<0.50 mSv), ტიპური (0.50 - 1.00 mSv) და ტიპურზე მაღალი (1.0 - 2.5 mSv); აღნიშნულია, რომ საშუალო წლიური შთანთქმული დოზის პოტენციალურად შესაძლო მნიშვნელობების გათვალისწინებით დოზის მაღალი (2.5 - 5.0 mSv) და საშიში (5.0 - 10. mSv) მნიშვნელობების მქონე ჯგუფებში შეიძლება მოხდეს 11 %-მდე სათავსებში. აღნიშნულია დოზების განაწილების ზოგიერთი თავისებურება სხვადასხვა სათავსში; ნაჩვენებია, რომ საცხოვრებელ სათავსებისთვის მიღებული მნიშვნელობები, ძირითადად, შეესაბამებიან მსოფლიოს საშუალო მონაცემებს.

III. 1. საქართველოს სახელმწიფო ბიუჯეტის დაფინანსებით 2016 წლის გეგმით შესრულებული სამეცნიერო-კვლევითი პროექტები

(ეხება სამეცნიერო-კვლევით ინსტიტუტებს)

პროექტი შესრულებულია საქართველოს თავდაცვის სამინისტროს, სახელმწიფო სამხედრო სამეცნიერო-ტექნიკურ ცენტრ “დელტას” და ივანე ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტს შორის არსებული მემორანდუმის (№1/05, 2012 წ) საფუძველზე.

№	შესრულებული პროექტის დასახელება მეცნიერების დარგისა და სამეცნიერო მიმართულების მითითებით	პროექტის ხელმძღვანელი	პროექტის შემსრულებლები
1	<b>შესრულებული პროექტის დასახელება:</b> III-V ნახევარგამტარული ნაერთების მყარი ხსნარების ფუძეზე რადიაციულად მდგრადი ოპტიკური, ელექტრული და თერმოელექტრული მასალების მიღება და გამოკვლევა <b>მეცნიერების დარგი და სამეცნიერო მიმართულება:</b> ნახევარგამტარული მასალათმცოდნეობა	პროფესორი ნოდარ კეკელიძე	დავით კეკელიძე ბელა კვიციანი ელზა ხუციშვილი

დასრულებული კვლევითი პროექტის ძირითადი თეორიული და პრაქტიკული შედეგების შესახებ ვრცელი ანოტაცია (ქართულ ენაზე)

სამუშაოს ძირითად ამოცანას წარმოადგენს რადიაციულად მდგრადი მასალის შექმნა, რაც დღეისათვის ფრიად აქტუალური პრობლემაა, რადგანაც ასეთი მასალების ბაზაზე რადიაციულად მდგრადი ხელსაწყოების შექმნას გააჩნია კომერციულიზაციის ძალიან მაღალი პოტენციალი. ისინი შეუცვლელი ელემენტებია კოსმოსისთვის არა მხოლოდ მიკრო და ოპტოელექტრონული ხელსაწყოების თვალსაზრისით, არამედ კოსმოსური აპარატების ელექტრომომარაგებისათვისაც. გარდა კოსმოსისა, ისინი აუცილებელია ელექტროსადგურებზე, ბირთვულ რეაქტორებზე, ამანქარებლებზე, მათ შორის დიდ ადრონულ კოლაიდერზე, წყალქვეშა ნავებზე, რაკეტებზე და ჩერნობილის და ფუკუშიმოს ტერიტორიებზე გამოყენებისათვის. ამასთანავე, აღნიშნული საკითხი განეკუთვნება ქვეყნის რადიაციული უსაფრთხოების პრობლემას, რაც ყველა ქვეყნის თავდაცვის უწყების ერთ-ერთი უპირველესი გამოწვევაა.

ავტორების მიერ ხისტად დასხივებულ მიკრო და ოპტოელექტრონიკისათვის აქტუალურ  $InP_xAs_{1-x}$  მყარ ხსნარებში აღმოჩენილ იქნა რადიაციული დონორების და აქცეპტორების მოვლენა, რის საფუძველზეც დამუშავდა ახალი თაობის რადიაციულად მდგრადი მასალების მიღების ინოვაციური ტექნოლოგია და შეიქმნა რადიაციულად მდგრადი ელექტრული, ოპტიკური და თერმოელექტრული მასალები.

აღნიშნული მასალები უძლებენ ხისტი დასხივების ძალიან მაღალ დოზებს  $=2 \cdot 10^{18}$  ნეიტრონი/სმ<sup>2</sup>;

იმავედროულად, იმავე შემადგენლობის მყარი ხსნარები ( $InP_{0,35}As_{0,65}$ ) უძლებენ დიდი ფლუენსის მქონე დაბალენერგეტიკული და მაღალენერგეტიკული ელექტრონების ზემოქმედებას;

განხორციელდა  $In_xGa_{1-x}As$  და  $InP_xAs_{1-x}$  ნახევარგამტარული ნაერთების მყარი ხსნარების მიღების ტექნოლოგიური და ფიზიკური პროცესების თეორიული განხილვა;

დამუშავდა  $In_xGa_{1-x}As$  ნახევარგამტარული ნაერთების მყარი ხსნარების კრისტალების მიღების ტექნოლოგია ჩოხრალსკის მეთოდით;

დაპროექტდა და აიწყო ჰომოგენური მყარი ხსნარების კრისტალების მისაღები ზონური დნობის დანადგარი;

განხორციელდა ჰომოგენური  $In_xGa_{1-x}As$  მყარი ხსნარების კრისტალების მიღება ზონური დნობის დანადგარით;

შესწავლილ იქნა მიღებული მყარი ხსნარების კრისტალების ელექტრული, ოპტიკური და თერმოელექტრული თვისებები დასხივებამდე და დასხივების შემდეგ; შექმნილ იქნა რადიაციულად მდგრადი ელექტრული მასალა რომელიც უძლებს ხისტი დასხივების მაღალ დოზებს  $=2 \cdot 10^{18}$  ნეიტრონი/სმ<sup>2</sup>.

შექმნილ იქნა რადიაციულად მდგრადი ოპტიკური მასალა რომელშიაც ნახევარ გამტარების ძირითადი ოპტიკური მახასიათებელი-ფუნდამენტური შთანთქმის კიდე არ იცვლება მასალის ხისტი დასხივების შედეგად. აღნიშნული საშუალებას მოგვცემს მათ ბაზაზე კონსტრუირებულ იქნან ლაზერები, ფოტოდიოდები, ფოტოელემენტები და ფოტომიმდებები.

შექმნილ იქნა რადიაციულად მდგრადი თერმოელექტრული მასალა რომელშიაც მასალის ძირითადი პარამეტრი-თერმოელექტრული ეფექტურობა, ხისტი დასხივების შედეგად კი არ მცირდება არამედ იზრდება. მიღებული შედეგი საშუალებას გვაძლევს კონსტრუირებულ იქნას თერმოელექტრული გენერატორები, რომლებიც წარმატებით განახორციელებენ სითბური ენერჯის ელექტრო ენერჯიად გარდაქმნას ატომურ ელექტროსადგურებზე, ბირთვულ რეაქტორებზე, რაკეტებზე და რადიაციული წყაროების შემცველ თერმოგენერატორებზე.

გეგმის წინსწრებით დამუშავებული იქნა ტექნოლოგია და აგებული იქნა დანადგარი  $InAs$  და  $GaAs$ -ის შედნობის მეთოდით  $In_xGa_{1-x}As$  მყარი ხსნარების მიღებისათვის;



გეგმის წინსწრებით შეიქმნა ეპიტაქსიური დანადგარი რადიაციულად მდგრადი მასალებისა და ხელსაწყოების მისაღებად; მიღებული შედეგები მნიშვნელოვანია საქართველოსთვის, იმითაც, რომ ისინი ქმნიან რეალურ საფუძველს, რათა საქართველოში განვითარდეს InAs და GaAs-ის შემცველი რადიაციულად მდგრადი მასალებისა და ახალი თაობის ხელსაწყოების წარმოება, რომელიც დაეფუძნება საქართველოში არსებული უნიკალური ხარისხის მქონე დარიშხანის მოპოვების პროცესის აღდგენას.

**III. 2.**

№	შესრულებული პროექტის დასახელება მეცნიერების დარგისა და სამეცნიერო მიმართულების მითითებით	პროექტის ხელმძღვანელი	პროექტის შემსრულებლები
1			
გარდამავალი (მრავალწლიანი) კვლევითი პროექტის ეტაპის ძირითადი თეორიული და პრაქტიკული შედეგების შესახებ ვრცელი ანოტაცია (ქართულ ენაზე)			

I. 3. სახელმწიფო გრანტით (რუსთაველის ფონდი) დაფინანსებული სამეცნიერო-კვლევითი პროექტები (ეხება როგორც უმაღლეს საგანმანათლებლო, ისე სამეცნიერო-კვლევით დაწესებულებებს)

№	პროექტის დასახელება მეცნიერების დარგისა და სამეცნიერო მიმართულების მითითებით	დამფინანსებელი ორგანიზაცია	პროექტის ხელმძღვანელი	პროექტის შემსრულებლები
1				
დასრულებული პროექტის ძირითადი თეორიული და პრაქტიკული შედეგების შესახებ ვრცელი ანოტაცია (ქართულ ენაზე)				

**III. 4.**

2	პროექტის დასახელება მეცნიერების დარგისა და სამეცნიერო მიმართულების მითითებით	დამფინანსებელი ორგანიზაცია	პროექტის ხელმძღვანელი	პროექტის შემსრულებლები
გარდამავალი (მრავალწლიანი) პროექტის ეტაპის ძირითადი თეორიული და პრაქტიკული შედეგების შესახებ ვრცელი ანოტაცია (ქართულ ენაზე)				

**კრებულები**

№	ავტორი/ავტორები	კრებულის სახელწოდება	გამოცემის ადგილი, გამომცემლობა	სტატიის სათაური, გვერდების რაოდენობა, წელი
1				
ვრცელი ანოტაცია ქართულ ენაზე				

**სტატიები**

№	ავტორი/ავტორები	სტატიის სათა-ური, ჟურნალის/კრებულის დასახელება	ჟურნალის/კრებულის ნომერი	გამოცემის ადგილი, გამომცემლობა	გვერდების რაოდენობა
1					
ვრცელი ანოტაცია ქართულ ენაზე					
№	ავტორი/ავტორები	სტატიის სათა-ური, ჟურნალის/კრებულის დასახელება	ჟურნალის/კრებულის ნომერი	გამოცემის ადგილი, გამომცემლობა	გვერდების რაოდენობა
№	ავტორი/ავტორები	სტატიის სათა-ური, ჟურნალის/კრებულის დასახელება	ჟურნალის/კრებულის ნომერი	გამოცემის ადგილი, გამომცემლობა	გვერდების რაოდენობა
3					
ვრცელი ანოტაცია ქართულ ენაზე					

II. 2. პუბლიკაციები:  
ბ) უცხოეთში

სტატიები

№	ავტორი/ავტორები	სტატიის სათა-ური, ჟურნალის/კრებულის დასახელება	ჟურნალის/კრებულის ნომერი	გამოცემის ადგილი, გამომცემლობა	გვერდების რაოდენობა
1	ნ.კეკელიძე, გ.თავაძე, ე.ხუციშვილი, ლ. გაბრიჩიძე, გ. მიქაბერიძე	MG-Si-ის ნადნობიდან ამოწეულ Si-ში მინარეგების ეფექტური განაწილების კოეფიციენტი. European chemical bulletin	#11, 2016	უნგრეთი	3
ვრცელი ანოტაცია ქართულ ენაზე					
<p>მოცემულ ნაშრომში 98 წონ% Si-ის გაწმენდისათვის გამოყენებულია პირდაპირი კრისტალიზაცია მეტალურგიული(n-MG-ში) Si-ის ნადნობიდან შუალედური ფაზის გარეშე. ჩვენ ვაჩვენებთ, რომ ნადნობიდან ამოწევის შემდეგ n-MG-ში გადადის p-ტიპის Si-ში მუხტის მატარებლის კონცენტრაციით (p)~10<sup>16</sup>სმ<sup>-3</sup>და Si პრაქტიკულად გაწმენდილი იქნა მინარეგების უმრავლესობისგან. ჩვენ გამოვიკვლიეთ Si კრისტალებში არსებული არასასურველი მინარეგების სეგრეგაციის ეფექტური კოეფიციენტები. გამოთვლილი და გაანალიზებულ იქნა Si-ში არსებული ძირითადი მინარეგების ეფექტური სეგრეგაციის კოეფიციენტი. სეგრეგაციის ეფექტური კოეფიციენტი საშუალებას გვაძლევს შევაფასოთ Si-ს შენადნობიდან კრისტალიზაციისას მინარეგებისგან გაწმენდის ეფექტურობა.</p>					

№	ავტორი/ავტორები	სტატიის სათაური, ჟურნალის/კრებულის დასახელება	ჟურნალის / კრებულის ნომერი	გამოცემის ადგილი, გამომცემლობა	გვერდების რაოდენობა
2	ნ.კეკელიძე ე.ხუციშვილი, დ. კეკელიძე ბ.კვიციანი ლ.ნადირაძე ქ.სადრაძე	შენადნობის “ გაბნევის თავისებურობა ნახევარგამტარულ მყარ ხსნარებში. European chemical bulletin	#11, 2016	უნგრეთი	3

ვრცელი ანოტაცია ქართულ ენაზე

გამოკვლევულ იქნა  $Si_xGe_{1-x}$  და  $InP_xAs_{1-x}$  ნახევარგამტარების ხსნარებში არსებული ნანოზომის მოუწესრიგებელი არეების გავლენა მუხტის მატარებლის ძვრადობაზე. გამოკვლევამ აჩვენა, რომ ძვრადობის შემადგენლობითი დამოკიდებულება არის შემდეგი კონკურენტული პროცესების შედეგი: მუხტის მატარებელთა გაბნევა ფონონებზე, იონიზირებულ მინარევებზე და „შენადნობის“ მოუწესრიგებლობებზე  $Si_xGe_{1-x}$  და  $P_xAs_{1-x}$  შენადნობებში. ჩვენ გამოვთვალეთ ამ გაბნევის პროცესების წვლილი საერთო გაბნევაში. „შენადნობის“ მოუწესრიგებლობების წილი საერთო ძვრადობაში განსხვავებულია  $Si_xGe_{1-x}$  და  $InP_xAs_{1-x}$  მყარი ხსნარებისთვის.  $Si_xGe_{1-x}$  შენადნობებისგან განსხვავებით, „შენადნობის“ მოუწესრიგებლობები  $InP_xAs_{1-x}$ -ში პრაქტიკულად არ ახდენს საგრძნობ გავლენას კრისტალურ მესერზე 4.2 – 300 ტემპერატურის ფარგლებში, რადგან  $InP$  და  $InAs$  - ის ქვე-მესერები ინარჩუნებენ გარკვეულ ინდივიდუალურობას  $InP_xAs_{1-x}$  ხსნარებში.

~III. 1. სამეცნიერო ფორუმების მუშაობაში მონაწილეობა  
ა) საქართველოში

№	მომხსენებელი/ მომხსენებლები	მომხსენების სათაური	ფორუმის დასაქმება, ჩატარების დრო და ადგილი
1	ე. ხუციშვილი, რ. ჩიქოვანი, ბ. კვიციანი, დ. კეკელიძე, ლ. ნადირაძე, ქ. სადრაძე, ნ.კეკელიძე	ნანოზომის კლასტერების გავლენა ოპტიკურ შთანთქმაზე ფუნდამენტური კიდის მახლობლად ინდიუმის არსენიდის კრისტალებში	ფუნქციონალური და ნანოსტრუქტურული მასალების საერთაშორისო ვორკშოპი. 06-10 სექტემბერი. 2016. თბილისი

მომხსენებათა ანოტაცია ქართულ ენაზე

$InAs$ -ის კრისტალებში, ისევე როგორც ბევრ სხვა ნახევარგამტარში, გამოვლენილ იქნა სიხშირის ( $h$ ) ანომალური დამოკიდებულება ოპტიკური შთანთქმის კოეფიციენტზე ( $K$ )  $K=f(hv)$  ენერჯის დეფიციტის თანხლებით ფუნდამენტურ კიდესთან ახლოს გრძელტალღოვან რეგიონში. სიხშირის დამოკიდებულება შთანთქმის კოეფიციენტზე  $K=f(hv)$  აღწერილია ექსპონენციალური ფუნქციით. მთავარი მექანიზმი იყო ფორმულირებული ნ. კეკელიძის და გ. კეკელიძის ნაშრომში. მოცემულ სტატიაში ჩვენ წარმოვადგინეთ ექსპერიმენტულ და დამუშავებულ მონაცემებს ინდიუმის არსენიდის კრისტალებისთვის, სწრაფი ნეიტრონებისა და მაღალენერგეტიკული ელექტრონებით დასხივებამდე და დასხივების შემდეგ. აღმოჩნდა, რომ ნანოზომის

კლასტერებს, რომლებიც წამოიქმნება კრისტალებში სწრაფი ნეიტრონების დასხივებისას, უდიდესი გავლენა აქვთ ამ მოვლენაზე. შთანთქმის კოეფიციენტის სიხშირული დამოკიდებულება განიცდის რაოდენობრივ და ხარისხობრივ ცვლილებებს და არ აღიწერება მარტივი ექსპონენციალური ფუნქციის საშუალებით. ჩვენ გამოვავლინეთ  $K = f(hv)$  ემპირიული კანონი

№	მომხსენებელი/ მომხსენებლები	მოხსენების სათაური	ფორუმის დასაქება, ჩატარების დრო და ადგილი
2	ე. ხუციშვილი, რ. ჩიქოვანი, ბ. კვიციანი, დ. კეკელიძე, ლ. ნადირაძე, ქ. საღრაძე, ნ.კეკელიძე	მუხტის მატარებელთა გაბნევა ნანოზომის კლასტერებზე III – V ტიპის ნახევარგამტარულ მასალებში	ფუნქციონალური და ნანოსტრუქტურული მასალების საერთაშორისო ვორკშოპი. 06-10 სექტემბერი. 2016. თბილისი
<p style="text-align: center;">მოხსენებათა ანოტაცია ქართულ ენაზე</p> <p>გამოკვლეულია მუხტის მატარებელთა ძვრადობის <math>\mu(T)</math> ტემპერატურული დამოკიდებულება III -V ტიპის ნაერთებში და მათ ხსნარებში მაღალენერგეტიკული ელექტრონებითა და სწრაფი ნეიტრონებით <math>=2 \cdot 10^{18} / \text{სმ}^2</math> ნაკადით დასხივებამდე და დასხივების შემდეგ. ვაჩვენებთ რომ, <math>\mu(T)</math> დამოკიდებულება შეიძლება აღიწეროს რაოდენობრივად ფართო ტემპერატურულ დიაპაზონში მესრის ოპტიკურ რხევებზე, იონიზირებულ და ნეიტრალურ მინარევებსა და მოუწესრიგებელ არეებზე მუხტის მატარებლების გაბნევის თეორიდაყრდნობით. თუმცა, კრისტალების დიდი ნაკადით დასხივების შედეგად წარმოიქმნება ნანოზომის კლასტერები, რაც დრამატულად მოქმედებს ძვრადობის სიდიდეზე და და ცვლის <math>\mu(T)</math> დამოკიდებულებას. ამ დამოკიდებულების აღწერა აღარ არის შესაძლებელი წერტილოვანი ტიპის დეფექტებზე მუხტის მატარებლების გაბნევის თეორიაზე დაყრდნობით. გამოთვლები შესრულდა მუხტის მატარებლების ნანოზომის კლასტერებზე გაბნევის გათვალისწინებით. მიღწეულ იქნა თანხმობა ექსპერიმენტულ მონაცემებთან და დადგინდა ნანოზომის კლასტერების ზომა</p>			

№	მომხსენებელი/ მომხსენებლები	მოხსენების სათაური	ფორუმის დასაქება, ჩატარების დრო და ადგილი
3	ნოდარ კეკელიძე, რაფაელ ჩიქოვანი, ელზა ხუციშვილი, ბელა კვიციანი, ლალი ნადირაძე, ქეთევან საღრაძე, დავით კეკელიძე	ნანოზომის კლასტერების შემცველი, ფოტონიკისთვის ფუნქციონალური, ნახევარგამტარული შენაერთების ზოგიერთი ოპტიკური თვისების შესწავლა	ფუნქციონალური და ნანოსტრუქტურული მასალების საერთაშორისო ვორკშოპი. 06-10 სექტემბერი. 2016. თბილისი
<p style="text-align: center;">მოხსენებათა ანოტაცია ქართულ ენაზე</p> <p>ნახევარგამტარული მასალები -ინდიუმის ფოსფიდი და ინდიუმის არსენიდი ფოტონიკისთვის მნიშვნელოვანი მასალებია. მათ ბაზაზე შექმნილია ეფექტური ფოტო ელემენტები, ლაზერები, ფოტოდოდები, ფოტო მიმღებები. მოცემულ შრომაში განხილულია ამ მასალების ოპტიკური მახასიათებლები დასხივებამდე და დასხივების შემდეგ, როდესაც წარმოიქმნება ნანოზომის კლასტერები. თავისუფალი მუხტის მატარებლების ოპტიკური შთანთქმა და მესრის რხევები შესწავლილ იქნა ფუნდამენტური კიდის მახლობლად. ნაჩვენებია რომ, გადასვლის ზონები ნარჩუნდება</p>			

InP<sub>x</sub>As<sub>1-x</sub> მყარ ხსნარებში, როდესაც მათი შემადგენლობა იცვლება x =0 დან 1-მდე. ეს უკანასკნელი შესაძლებელს ხდის შეიქმნას მაღალი ხარისხის ლაზერი მუდმივად ცვლადი პარამეტრებით. ასევე გაზომილ იქნა პლაზმური არეკვლის სპექტრიც და გამოთვლილ იქნა ელექტრონების ეფექტური მასის მნიშვნელობა, რაც კარგ თანხმობაშია კვინის თეორიასთან. გამოვლენილ იქნა გამტარობის პარაბოლური ხასიათი და გამოვლენილი იქნა ზონური დისპერსიის კანონი

№	მომხსენებელი/ მომხსენებლები	მოხსენების სათაური	ფორუმის დასაქვება, ჩატარების დრო და ადგილი
4	ნ.კეკელიძე, გ.თავაძე, ე.ხუციშვილი, ლ. გაბრიჩიძე, გ. მიქაბერიძე.	MG-Si-ის ნადნობიდან ამოწეულ Si-ში მინარეგების ეფექტური განაწილების კოეფიციენტი.	მე4 საერთაშორისო კონფერენცია “ნანოტექნოლოგიები”. 24 – 27 ოქტომბერი, 2016, თბილისი, საქართველო

მოხსენებათა ანოტაცია ქართულ ენაზე

მოცემულ ნაშრომში 98 წონ% Si-ის გაწმენდისათვის გამოყენებულია პირდაპირი კრისტალიზაცია მეტალურგიული(n-MG-ში) Si-ის ნადნობიდან შუალედური ფაზის გარეშე. ჩვენ ვახვეთ, რომ ნადნობიდან ამოწევის შემდეგ n-MG-ში გადადის p-ტიპის Si-ში მუხტის მატარებლის კონცენტრაციით (p)~10<sup>16</sup>სმ<sup>-3</sup>და Si პრაქტიკულად გაწმენდილ იქნა მინარეგების უმრავლესობისგან. ჩვენ გამოვიკვლიეთ Si კრისტალებში არსებული არასასურველი მინარეგების სეგრეგაციის ეფექტური კოეფიციენტები. გამოთვლილი და გაანალიზებულ იქნა Si-ში არსებული ძირითადი მინარეგების ეფექტური სეგრეგაციის კოეფიციენტი. სეგრეგაციის ეფექტური კოეფიციენტი საშუალებას გვაძლევს შევაფასოთ Si-ს შენადნობიდან კრისტალიზაციისას მინარეგებისგან გაწმენდის ეფექტურობა.

№	მომხსენებელი/ მომხსენებლები	მოხსენების სათაური	ფორუმის დასაქვება, ჩატარების დრო და ადგილი
5	ნ.კეკელიძე, ე.ხუციშვილი, დ. კეკელიძე, ბ.კვიციანი ლ.ნადირაძე, ქ.სადრაძე	“შენადნობის “ გაბნევის თავისებურობა ნახევარგამტარულ მყარ ხსნარებში.	მე4 საერთაშორისო კონფერენცია “ნანოტექნოლოგიები”. 24 – 27 ოქტომბერი, 2016, თბილისი, საქართველო

მოხსენებათა ანოტაცია ქართულ ენაზე

გამოკვლევულ იქნა Si<sub>x</sub>Ge<sub>1-x</sub> და InP<sub>x</sub>As<sub>1-x</sub> ნახევარგამტარების ხსნარებში არსებული ნანოზომის

მოუწესრიგებელი არეების გავლენა მუხტის მატარებლის ძვრადობაზე. გამოკვლევამ აჩვენა, რომ ძვრადობის შემადგენლობითი დამოკიდებულება არის შემდეგი კონკურენტული პროცესების შედეგი: მუხტის მატარებელთა გაბნევა ფონონებზე, იონიზირებულ მინარეგებზე და „შენადნობის“ მოუწესრიგებლობებზე Si<sub>x</sub>Ge<sub>1-x</sub> და P<sub>x</sub>As<sub>1-x</sub> შენადნობებში. ჩვენ გამოვთვალეთ ამ გაბნევის პროცესების წვლილი საერთო გაბნევაში. „შენადნობის“ მოუწესრიგებლობების წილი საერთო ძვრადობაში განსხვავებულია Si<sub>x</sub>Ge<sub>1-x</sub> და InP<sub>x</sub>As<sub>1-x</sub> მყარი ხსნარებისთვის. Si<sub>x</sub>Ge<sub>1-x</sub> შენადნობებისგან განსხვავებით, „შენადნობის“ მოუწესრიგებლობები I6 ხ ს1-ხ-ში პრაქტიკულად არ ახდენს საგრძნობ გავლენას კრისტალურ მესერზე 4.2 – 300 ტემპერატურის

ფარგლებში, რადგან InP და InAs - ის ქვე-მესერები ინარჩუნებენ გარკვეულ ინდივიდუალურობას  $\text{InP}_x\text{As}_{1-x}$  სსნარებში.

№	მომხსენებელი/ მომხსენებლები	მოხსენების სათაური	ფორუმის დასაქვება, ჩატარების დრო და ადგილი
6	ნ.კეკელიძე, ე.ხუციშვილი, დ. კეკელიძე, ბ.კვიციანი, ლ.ნადირაძე, ქ.სადრაძე, გ.კეკელიძე	ნანოკლასტერების გავლენა III-V ტიპის ნახეარგამტარების ელექტრულ, ოპტიკურ და თერმოელექტრულ თვისებებზე	მე4 საერთაშორისო კონფერენცია “ნანოტექნოლოგიები”. 24 – 27 ოქტომბერი, 2016, თბილისი, საქართველო
<p style="text-align: center;">მოხსენებათა ანოტაცია ქართულ ენაზე</p> <p>შესწავლილია InAs, InP და მათი <math>\text{InP}_x\text{As}_{1-x}</math> შენადნობები (<math>x=0.1; 0.2; 0.3; 0.4; 0.5; 0.6; 0.7; 0.8; 0.9</math>), რომლებშიც ჩქარი ნეიტრონების (<math>\Phi=2 \cdot 10^{18} \text{ნ/სმ}^2</math>) და მაღალი ენერჯიის (<math>E=50 \text{მეე}, \Phi=6.0 \cdot 10^{17} \text{ელექტრონები/სმ}^2</math>) და 3 მეე და 7.5 მეე ელექტრონები ქმნიან კლასტერებს. დადგენილია დენის მატარებელთა და ფონონების განბნევის მექანიზმები კლასტერებზე</p>			

**არაორგანულ-ორგანული ჰიბრიდული ნაერთების და არატრადიციული მასალების სამეცნიერო-კვლევითი ინსტიტუტი**

სამეცნიერო ერთეულის (დეპარტამენტი, ინსტიტუტი, განყოფილება, ლაბორატორია) დასახელება: ივ. ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის ზუსტ და საბუნებისმეტყველო მეცნიერებათა ფაკულტეტი, ქიმიის დეპარტამენტი არაორგანულ-ორგანული ჰიბრიდული ნაერთების და არატრადიციული მასალების სამეცნიერო-კვლევითი ინსტიტუტი

სამეცნიერო ერთეულის ხელმძღვანელი: **ნოდარ ლეკიშვილი, პროფესორი, ქიმიის მეცნიერებათა დოქტორი, თსუ ემერიტუს პროფესორი**

სამეცნიერო ერთეულის პერსონალური შემადგენლობა:

- ხათუნა ბარბაქაძე, განყოფილების გამგე, ქიმიის აკადემიური დოქტორი
- რუსუდან გიგაური, განყოფილების გამგე, ქიმიის მეცნ. კანდიდატი
- მარინა გახუტიშვილი, უფროსი მეცნიერ თანამშრომელი, ქიმიის მეცნ. კანდიდატი
- ნინო ქოქიაშვილი, უფროსი მეცნიერ თანამშრომელი, ქიმიის მეცნ. კანდიდატი
- სოფიო კობაური, უფროსი მეცნიერ თანამშრომელი, ქიმიის მეცნ. კანდიდატი
- ელიზავეტა ცხაკაია, ქიმიის აკადემიური დოქტორი, მეცნიერ თანამშრომელი
- რუსუდან ხოსიტაშვილი, ქიმიის აკადემიური დოქტორი, მეცნიერ თანამშრომელი
- მარიამ კობიაშვილი, ქიმიის მაგისტრი, უფროსი ლაბორანტი

**IV. 1. საქართველოს სახელმწიფო ბიუჯეტის დაფინანსებით 2016 წლის გეგმით შესრულებული სამეცნიერო-კვლევითი პროექტები (ეხება სამეცნიერო-კვლევით ინსტიტუტებს)**

№	შესრულებული პროექტის დასახელება მეცნიერების დარგისა და სამეცნიერო მიმართულების მითითებით	პროექტის ხელმძღვანელი	პროექტის შემსრულებლები
1			
დასრულებული კვლევითი პროექტის ძირითადი თეორიული და პრაქტიკული შედეგების შესახებ ვრცელი ანოტაცია (ქართულ ენაზე)			

**IV. 2.**

№	შესრულებული პროექტის დასახელება მეცნიერების დარგისა და სამეცნიერო მიმართულების მითითებით	პროექტის ხელმძღვანელი	პროექტის შემსრულებლები
1			
გარდამავალი (მრავალწლიანი) კვლევითი პროექტის ეტაპის ძირითადი თეორიული და პრაქტიკული შედეგების შესახებ ვრცელი ანოტაცია (ქართულ ენაზე)			

I. 3. სახელმწიფო გრანტით (რუსთაველის ფონდი) დაფინანსებული სამეცნიერო-კვლევითი პროექტები (ეხება როგორც უმაღლეს საგანმანათლებლო, ისე სამეცნიერო-კვლევით დაწესებულებებს)

№	პროექტის დასახელება მეცნიერების დარგისა და სამეცნიერო მიმართულების მითითებით	დამფინანსებელი ორგანიზაცია	პროექტის ხელმძღვანელი	პროექტის შემსრულებლები
1	„ანტიმიკრობული ჰიბრიდული კომპოზიტები კულტურული მემკვიდრეობისა და გარემოს დასაცავად“	რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდი (ახალგაზრდა მეცნიერთა უცხოეთში ს/კ სახელმწიფო სამეცნიერო გრანტი)	ხათუნა ბარბაქაძე, ქიმიის აკადემიური დოქტორი	ხათუნა ბარბაქაძე, ქიმიის აკადემიური დოქტორი

პროექტის ძირითადი თეორიული და პრაქტიკული შედეგების შესახებ ვრცელი ანოტაცია (ქართულ ენაზე)

**ანტიმიკრობული ჰიბრიდული კომპოზიტები კულტურული მემკვიდრეობისა და გარემოს დასაცავად**

წარმოდგენილი კვლევის მიზანს შეადგენს სპეციფიკური თვისებების მქონე სხვადასხვა მოლეკულური სტრუქტურის მრავალმხრივი კომბინაციით და მათი ურთიერთ-შეთავსების გზით ახალი არაორგანულ-ორგანული ჰიბრიდული მასალების განვითარება და მათი გამოყენება სინთეზური და ხელოვნური მასალების, არქეოლოგიური ნიმუშებისა და სამუზეუმო ექსპონატების ხანმოკლე ან ხანგრძლივი დროის განმავლობაში დასაცავად [1-9].

ანტიმიკრობული დამცავი საფრებისთვის მნიშვნელოვანია შემდეგი თვისებების გაუმჯობესება:

ა) თერმოფიზიკური თვისებები, რაც დაკავშირებულია ფაზური გადასვლებისა და თერმოქანგვიით დაბერებისადმი მდგრადობის შესწავლასთან;

ბ) ტრიბოლოგიური მახასიათებლები, როგორცაა დინამიური ხახუნის, კაწვრადობისადმი მდგრადობა, ზედაპირის მორფოლოგია;

გ) საექსპლუატაციო მახასიათებლები – ანტიმიკრობული კომპოზიტების (დამცავი საფრების) მდგრადობა თერმო- და ფოტო-დაბერების, აგრეთვე ტენის, ჰაერის ჟანგბადის, ამონაზუნთქი ნახშირბადის დიოქსიდის და ხილული სინათლის კომპლექსური მოქმედებისადმი. ამავე დროს, როგორც წესი, დამცავმა საფრებმა გარემოზე ეკოლოგიურად მავნე ზემოქმედება არ უნდა მოახდინოს.

ანტიმიკრობული დამცავი საფრებისთვის ბიოაქტიურ კომპონენტად თეორიული და ექსპერიმენტული ბიოსკრინინგით შერჩეულ იქნა მოლეკულაში მეტალოცენური [ბის(η<sup>5</sup>-ციკლოპენტადიენილ)რკინა] და კარბოციკლური (ტრიციკლო[3.3.1.1<sup>3,7</sup>]დეკანი) [10] სტრუქტურების შემცველი ბიოაქტიური ნაერთები მათი ხელმისაწვდომობის, სტაბილურობისა და პოლიმერულ მატრიცასთან კოვალენტური, დიპოლ-დიპოლური ან წყალბადური ბმების წარმოქმნის უნარის გათვალისწინებით.



შერჩეული ნაერთების სავარაუდო ბიოლოგიური აქტიურობის შეფასების მიზნით ჩატარებულ იქნა ვირტუალური თეორიული ბიოსკრინინგი ინტერნეტ-სისტემის პროგრამით PASS C&T, რომელიც მაღალი სიზუსტით პროგნოზირებს ნაერთის შესაძლო ბიოლოგიურ აქტიურობას, კერძოდ, მოსალოდნელ ფარმაკოლოგიურ ეფექტებს, მუტაგენობას, კანცეროგენურობას, ემბრიოტოქსიკურობას და სხვ. პროგნოზი ხორციელდება ნაერთების სტრუქტურული ფორმულის საფუძველზე, ფრაგმენტაციის მეთოდის გამოყენებით და ეფუძნება ცნობილი ბიოაქტიური ნაერთების სტრუქტურისა და მათი ბიოაქტიურობის შესახებ არსებულ მონაცემთა ბაზას. ნაერთების აქტიურობის ალბათობის შეფასება ხორციელდება  $P_{a(აქტ)}$  და  $P_{i(არააქტ)}$  პარამეტრებით. როდესაც  $P_a > 0.5$ , შესაბამისი ნაერთი, სავარაუდოდ, ექსპერიმენტულადაც გამოავლენს აქტიურობას.

თეორიული ბიოსკრინინგით მიღებული შედეგების ანალიზიდან გამომდინარე, შერჩეულმა ნაერთებმა ექსპერიმენტულად მაღალი ალბათობით ( $P_a \sim 0.50-0.80$ ) შესაძლოა გამოავლინონ შემდეგი ტიპის ბიოაქტიურობა: *Antibacterial*, *Antiparasitic (Antiprotozoal, Antihelminthic)*, *Cytoprotectant*, *Antimycobacterial* და სხვ.

## მიღებული შედეგების განსჯა

### I. ანტიმიკრობული კომპოზიტებისთვის პოლიმერული მატრიცების მიღება

სამუშაოს ამ ნაწილის მიზანს შეადგენს ახალი ტენმედები და მექანიკურად მტკიცე ფთორშემცველი (თანა)პოლიმერების დასასინთეზებლად საწყის მონომერებად შედარებით ხელმისაწვდომი და მაღალი რეაქციისუნარიანობის მქონე პერფთორალკილმეთაკრილატების (F<sub>n</sub>MA) შერჩევა [10, 11], რომელთა თანაპოლიმერიზაციით ადჰეზიური ფუნქციური ჯგუფების შემცველ, უკვე სერიულად წარმოებულ ეპოქსიდურ ვინილურ მონომერთან, ალილგლიციდილის ეთერთან (AGE) შესაძლებელი გახდება პოლიპერფთორალკილმეთაკრილატების ფუნქციონალიზაცია მათ მაკროჯაჭვში ადვილად გამყარებადი ეპოქსი-ჯგუფების შეყვანით.

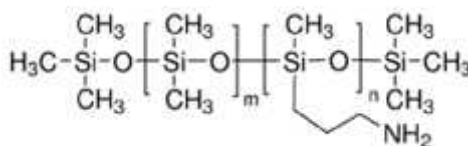
წინასწარ ჩატარებულ კვლევებზე დაყრდნობით, თანამონომერები ადებულ იქნა 1:1 და 7:3 მოლური შეფარდებით (სქემა 1). რეაქცია მიმდინარეობს სილიკონური (პოლიდიმეთილსილოქსანი - PMS-100) ზეთის აბაზანაზე, 1% ბენზოილის პეროქსიდის (BP) თანაობისას, 70-85°C-ზე მშრალი და ჟანგბადისგან გასუფთავებული არგონის არეში 4-5 საათის განმავლობაში ძლიერ ბლანტი, გამჭვირვალე მასის წარმოქმნამდე, რომელიც წარმოადგენს თანაპოლიმერების ხსნარს შესაბამის მონომერებში. ასეთი კომპოზიცია ხელსაყრელია ანტიმიკრობული დამცავი საფრების სუბსტრატად გამოსაყენებლად პოლიეპოქსიდების ეფექტური გამამყარებლით, - ჰექსამეთილენდიამინით (HMDA) ბიოაქტიურ ნაერთების შემცველი კომპოზიციების გამყარებამდე ადვილად გადარევის და ზედაპირზე დატანების გამო. თანაპოლიმერიზაციის რეაქცია შეიძლება შემდეგი ზოგადი სქემით წარმოვადგინოთ:



ადჰეზიური მახასიათებლების გამო ფართოდ გამოიყენება მაღალეფექტური ჰიბრიდული მასალების, მათ შორის, დამცავი საფრების, ადჰეზივების, არმირებული პლასტმასების, პოლიმერული კომპოზიტების მატრიცების მისაღებად. ბადისებრი სტრუქტურის სათანადოდ ფორმირების შემთხვევაში ორგანული პოლიეპოქსიდები საკმაოდ მტკიცედ არიან დაკავშირებული გარდიგარდმო ბმებით და შეიძლება გამოავლინონ დრეკადობის მოდულის დიდი მნიშვნელობა, კოროზიისა და გამხსნელებისადმი საუკეთესო მდგრადობა, კარგი ადჰეზია, დაბალი ცოცვადობა. თუმცა ასეთ ხელსაყრელ მახასიათებლებთან ერთად, ეპოქსიდურ სივრცე-ბადურ სტრუქტურებს გააჩნიათ მსხვერვადობისადმი დაბალი მდგრადობა და მოქნილობა, ბზარების გაჩენისადმი დამახასიათებელი ტენდენცია, ექსპლუატაციისას შეფერილობის გაუარესება, რაც ზღუდავს ჰიბრიდული მასალების პოლიმერულ მატრიცებად მათ გამოყენებას. პერსპექტიულია არსებული ფირმწარმოქმნელი ადჰეზიური პოლიმერული მატრიცების მოდიფიკაცია ზოგიერთი განსაკუთრებული მახასიათებლის (დაბალი ზედაპირული დაჭიმულობა, დაბალ ტემპერატურებზე მოქნილობის შენარჩუნება, თერმული ჟანგვისადმი მაღალი მდგრადობა, მომატებულ ტემპერატურებზე ეფექტურობის შენარჩუნება, არააქროლადობა, შუქმედეგობა, ჰიდროფობურობა) მქონე პოლი(ოლიგო)ორგანოსილოქსანებით, რაც ბიოაქტიურ კომპონენტთან ერთად, უზრუნველყოფს მიზნობრივ ჰიბრიდულ მასალაში ანტიბიოკოროზიული თვისებებისა და გარემო ფაქტორების ზემოქმედების მიმართ მდგრადობის მაღალეფექტურ კომბინაციას და ახალი ტიპის ანტიმიკრობული დამცავი საფრების განვითარებისთვის პრინციპულად ახალი ტექნოლოგიების შემუშავებას, რაც ამავდროულად მათი გამოყენების სფეროების გაფართოებისა და განვითარების საშუალებას იძლევა.

ხანგრძლივი მოქმედების მქონე (*“Long-time”* action) ანტიმიკრობული დამცავი საფრებისთვის საბაზო მატრიცულ კომპონენტად შერჩეულ იქნა სამრეწველო ორგანული ეპოქსიდი ED-20, რომელიც მიღებულ იქნა ბისფენოლ-A-ს ეპიქლორჰიდრინთან (ეპოქსი-ჯგუფების რიცხვი – 20, სიბლანტე – 5-15 Pa.s.) ურთიერთქმედებით (გამამყარებელი აგენტი – ჰექსამეთილენდიამინი).

შერჩეული ორგანული ეპოქსიდის მოდიფიკაციისთვის გამოყენებულ იქნა სილიციუმის ატომებთან ფუნქციური ამინოჯგუფის შემცველი ოლიგოორგანოსილოქსანი, კერძოდ, პოლი[დიმეთილსილოქსანი-co-(3-ამინოპროპილ)მეთილსილოქსანი]:



PDMAPMS

გამყარებული ორგანული ეპოქსიდი ED-20 დაბალი ელასტიურობით ხასიათდება და მის გამყარებას ეგზოთერმული ხასიათი აქვს. ფუნქციური ჯგუფების შემცველი სილიციუმორგანული ოლიგომერები აღნიშნული ეპოქსიდის ეფექტურ განმაზავებლებს წარმოადგენენ [13] და ამასთან, მოსალოდნელია, რომ მოდიფიკაციის შედეგად გააუმჯობესებენ მის თვისებებს (ელასტიურობა, თერმული მდგრადობა, ჰიდროფობურობა და ა.შ.), შეამცირებენ სითბოს გამოყოფის სიჩქარეს ED-20-ის გამყარებისას, გააადვილებენ

შესაბამისი კომპოზიციური მასალების გამოყენებას სხვადასხვა ნაკეთობის ზედაპირზე და ჰომოგენური ფირების წარმოქმნას მათზე [14].

მოდულიზირებული პოლიმერული მატრიცების ბაზაზე დამზადებულ იქნა მიზნობრივი, ხანგრძლივი (“*Long-time*” action) და ხანმოკლე (“*Short-time*” action) მოქმედების არაორგანულ-ორგანული ჰიბრიდული კომპოზიტები (ცხრილი 1, 2) ლაბორატორიული შემრევეებისა და პოლიმერულ მატრიცებში შერჩეული ბიოაქტიური ნაერთების დოპირების მეთოდით [15]. ამასთან, განსაზღვრულ იქნა პოლიფუნქციური პოლიმერების, მოდიფიკატორისა და ბიოაქტიური კომპონენტის სათანადო კონცენტრაციები.

**ცხრილი 1.** ფთორალკილის და ეპოქსიდური გვერდითი ჯგუფების შემცველი პოლიმერული კომპოზიტები და ანტიმიკრობული ჰიბრიდული მასალები

№	კომპოზიტი	№	კომპოზიტი
I	4FMA-AGE 1:1 / 5% HMDA	XX	8FMA-AGE 1:1 / 10% HMDA
II	4FMA-AGE 1:1 / 3% BC-1 / 5% HMDA	XXI	8FMA-AGE 1:1 / 3% BC-3 / 10% HMDA
III	4FMA-AGE 1:1 / 3% BC-2 / 5% HMDA	XXII	8FMA-AGE 7:3 / 7% HMDA
IV	4FMA-AGE 1:1 / 3% BC-3 / 5% HMDA	XXIII	8FMA-AGE 7:3 / 3% BC-1 / 7% HMDA
V	4FMA-AGE 1:1 / 3% BC-4 / 5% HMDA	XXIV	8FMA-AGE 7:3 / 3% BC-2 / 7% HMDA
VI	4FMA-AGE 1:1 / 7% HMDA	XXV	8FMA-AGE 7:3 / 3% BC-3 / 7% HMDA
VII	4FMA-AGE 1:1 / 3% BC-1 / 7% HMDA	XXVI	8FMA-AGE 7:3 / 3% BC-4 / 7% HMDA
VIII	4FMA-AGE 1:1 / 3% BC-3 / 7% HMDA	XXVII	8FMA-AGE 7:3 / 10% HMDA
IX	4FMA-AGE 1:1 / 10% HMDA	XXVII I	8FMA-AGE 7:3 / 3% BC-3 / 10% HMDA
X	4FMA-AGE 1:1 / 3% BC-3 / 10% HMDA	XXIX	12FMA-AGE 1:1 / 7% HMDA
XI	4FMA-AGE 7:3 / 7% HMDA	XXX	12FMA-AGE 1:1 / 3% BC-1 / 7% HMDA
XII	4FMA-AGE 7:3 / 3% BC-3 / 7% HMDA	XXXI	12FMA-AGE 1:1 / 3% BC-2 / 7% HMDA
XIII	4FMA-AGE 7:3 / 10% HMDA	XXXII	12FMA-AGE 1:1 / 3% BC-3 / 7% HMDA
XIV	4FMA-AGE 7:3 / 3% BC-3 / 10% HMDA	XXXIII	12FMA-AGE 1:1 / 3% BC-4 / 7% HMDA
XV	8FMA-AGE 1:1 / 7% HMDA	XXXIV	4FMA / 3% BC-5

XVI	8FMA-AGE 1:1 / 3% BC-1 / 7% HMDA	XXXV	AGE / DMHS / 3% BC-6
XVII	8FMA-AGE 1:1 / 3% BC-2 / 7% HMDA	XXXVI	12FMA
XVIII	8FMA-AGE 1:1 / 3% BC-3 / 7% HMDA	XXXVI I	12FMA / 3% BC-7
XIX	8FMA-AGE 1:1 / 3% BC-4 / 7% HMDA		

**ცხრილი 2. ჰიბრიდული მასალები სამრეწველო ორგანული პოლიეპოქსიდის ბაზაზე**

№	კომპოზიტი
XXXVIII	ორგანული ეპოქსიდი „ბისფენოლ A“-ს ბაზაზე
XXXIX	ორგანული ეპოქსიდი „ბისფენოლ A“-ს ბაზაზე / 5% PDMAPMS
XL	ორგანული ეპოქსიდი „ბისფენოლ A“-ს ბაზაზე / 7% PDMAPMS
XLI	ორგანული ეპოქსიდი „ბისფენოლ A“-ს ბაზაზე / 10% PDMAPMS
XLII	ორგანული ეპოქსიდი „ბისფენოლ A“-ს ბაზაზე / 5% PDMAPMS / 5% BC-8
XLIII	ორგანული ეპოქსიდი „ბისფენოლ A“-ს ბაზაზე / 7% PDMAPMS / 5% BC-8
XLIV	ორგანული ეპოქსიდი „ბისფენოლ A“-ს ბაზაზე / 10% PDMAPMS / 5% BC-8

შესწავლილ იქნა მიღებული პოლიმერული მატრიცებისა და მათ ბაზაზე დამზადებული არაორგანულ-ორგანული ჰიბრიდული მასალების ძირითადი ფიზიკურ-მექანიკური და საექსპლუატაციო მახასიათებლები, კერძოდ, თერმოფიზიკური (DSC, TGA ანალიზი) და ტრიბოლოგიური (კაწვრადობა, დინამიური ხახუნისა და ცვეთადობისადმი მდგრადობა) თვისებები [16], ასევე ზედაპირის მორფოლოგია და ჰიდროფობურობა.

**III. მიღებული ანტიმიკრობული კომპოზიტების თერმოფიზიკური, ტრიბოლოგიური, და საექსპლუატაციო მახასიათებლების შესწავლა**

შემუშავებული ნიმუშების ტესტირება ჩატარდა ჩვენს მიერ მიმდინარე წელს ჩრდილოეთ ტეხასის უნივერსიტეტის (დენტონი, აშშ) ავანგარდული პოლიმერების & ოპტიმიზირებული მასალების ლაბორატორიაში სამეცნიერო მივლინების დროს (რესფ).

**III.1. თერმოფიზიკური თვისებების შესწავლა:**

მიღებული თანაპოლიმერებისა და მათ ბაზაზე დამზადებული პოლიმერული ჰიბრიდული მასალების თერმოქანგვიითი მდგრადობა და ფაზური გადასვლების ტემპერატურები დადგენილ იქნა დიფერენციულ-მასკანირებელი კალორიმეტრის (დმკ) და თერმოგრაფიმეტრიული ანალიზის (თგა, დთა) მეშვეობით.

**დიფერენციულ-მასკანირებელი კალორიმეტრის (DSC) ანალიზი:** DSC კვლევის შედეგებიდან ჩანს, რომ საკვლევი მასალები ამორფულია (არ ჩანს კრისტალიზაციისთვის დამახასიათებელი ეგზოთერმული პიკი) და ღლობის გადასვლები უხილავია. მიღებულ მრუდებზე ენდოთერმული პიკები შეესაბამება ტესტირებული ნიმუშების გამინების ტემპერატურას ( $T_g$ ). ტესტირებული ჰიბრიდები ხასიათდება გამინების გადასვლის ზოლით 125-230°C ტემპერატურულ ინტერვალში. დიფერენციულ-მასკანირებელი კალორიმეტრიული კვლევებით დადგენილ იქნა ასევე გამინების მდგომარეობის ფაზური გადასვლები, ე.წ.  $\beta$  გადასვლები. კერძოდ, საშუალოდ -33°C-დან -43°C-მდე ტემპერატურულ ინტერვალში ნაჩვენებია  $\beta$  ფაზური გადასვლები ( $T_\beta$ ). ამასთან, ბიოაქტიური ნაერთების დამატება ზრდის დაბალი ტემპერატურის ამორფული ფაზის მდგრადობას.

**თერმოგრაფიმეტრიული ანალიზი (TGA):** სუფთა და მოდიფიცირებული ჰიბრიდების (ცხრ. 1, 2) თერმული მდგრადობისა და დესტრუქციის ქცევის შესაფასებლად ჩატარებულ იქნა თერმოგრაფიმეტრიული კვლევები Perkin Elmer TGA7 თერმოგრაფიმეტრზე (დენტონი, ჩრდილოეთ ტეხასის უნივერსიტეტის ავანგარდული პოლიმერების & ოპტიმიზირებული მასალების ლაბორატორია; ხელ-ლი პროფ. ვიტოლდ ბროსტოუ)

ტესტირებულ იქნა თითოეული მშრალი ნიმუშის 10-20 მგ. თერმული მდგრადობის პარამეტრები, - დესტრუქციის ტემპერატურა ( $T_{dec}$ , °C), მასის კლება (%) და დესტრუქციის მაქსიმალური ტემპერატურა ( $T_{max}$ , °C), რომლის შემდეგაც ცვლილებები აღარ შეინიშნება, მოცემულია ცხრილებში 3-6.

TGA მონაცემებიდან ჩანს, რომ 1,1,3-ტრიჰიდროტეტრაფთორპროპილმეტაკრილატის ალილგლიციდოლთან რადიკალური თანაპოლიმერიზაციით მიღებული ფთორალკილის და ეპოქსიდური გვერდითი ჯგუფების ერთდროულად შემცველი პოლიმერული მატრიცები და მათ ბაზაზე დამზადებული ჰიბრიდული კომპოზიტები მდგრადია 420 °C-მდე, ხოლო მასის კლება 420-455°C ტემპერატურულ ინტერვალში შეადგენს 25-37 %-ს (ცხრილი 3).

**ცხრილი 3.** 1,1,3-ტრიჰიდროტეტრაფთორპროპილმეტაკრილატის ალილგლიციდოლთან რადიკალური თანაპოლიმერიზაციით მიღებული ფთორალკილის და ეპოქსიდური გვერდითი ჯგუფების ერთდროულად შემცველი პოლიმერული მატრიცების და მათ ბაზაზე დამზადებული ჰიბრიდული კომპოზიტების TGA მონაცემები (ნიმუშების ნუმერაცია იხ. ცხრილში 1)

ჰიბრიდი	$T_{dec}$ , °C	მასის კლება, %	$T_{max}$ , °C
I	438.09	25.634	440
II	433.58	37.456	435
III	440.84	34.361	445
IV	440.81	24.869	445

V	428.89	37.428	430
VI	441.89	30.486	445
VIII	443.92	26.695	445
IX	453.03	28.682	455
X	453.60	33.770	455
XI	434.41	31.326	435
XIII	442.29	26.977	445
XIV	418.53	33.529	420

ფთორალკილის ჯაჭვის გაზრდით შესაბამისი ჰიბრიდების თერმული მდგრადობა იზრდება, კერძოდ, 1,1,5-ტრიჰიდროლოქტაფთორპროპილმეტაკრილატის ალილგლიციდოლთან რადიკალური თანაპოლიმერიზაციით მიღებული ფთორალკილის და ეპოქსიდური გვერდითი ჯგუფების ერთდროულად შემცველი პოლიმერული მატრიცები და მათ ბაზაზე დამზადებული ჰიბრიდული კომპოზიტები მდგრადია 440°C-მდე; მასის კლება კი 440-455°C ტემპერატურულ ინტერვალში შეადგენს 18-30 %-ს (ცხრილი 4). ხოლო 1,1,7-ტრიჰიდროდოდეკაფთორპროპილმეტაკრილატის ბაზაზე მიღებული ჰიბრიდების მასის კლება 432-437°C ტემპერატურულ ინტერვალში შეადგენს 29-37 %-ს (ცხრილი 5).

**ცხრილი 4.** 1,1,5-ტრიჰიდროლოქტაფთორპროპილმეტაკრილატის ალილგლიციდოლთან რადიკალური თანაპოლიმერიზაციით მიღებული ფთორალკილის და ეპოქსიდური გვერდითი ჯგუფების ერთდროულად შემცველი პოლიმერული მატრიცების და მათ ბაზაზე დამზადებული ჰიბრიდული კომპოზიტების TGA მონაცემები (ნიმუშების ნუმერაცია იხ. ცხრილში 1)

ჰიბრიდი	T, °C	მასის კლება, %	T <sub>max</sub> , °C
XV	439.12	28.095	440
XVIII	439.27	27.908	440
XX	446.82	27.082	450
XXI	441.34	17.792	445
XXII	435.54	30.507	440
XXIV	446.76	30.620	450
XXV	434.04	26.613	440
XXVII	453.17	26.869	455
XXVIII	436.68	26.835	440

**ცხრილი 5.** 1,1,7-ტრიჰიდროდოდეკაფთორპროპილმეტაკრილატის ალილგლიციდოლთან რადიკალური თანაპოლიმერიზაციით მიღებული ფთორალკილის და ეპოქსიდური გვერდითი ჯგუფების ერთდროულად შემცველი პოლიმერული მატრიცების და მათ ბაზაზე დამზადებული ჰიბრიდული კომპოზიტების TGA მონაცემები (ნიმუშების ნუმერაცია იხ. ცხრილში 1)

ჰიბრიდი	T, °C	მასის კლება, %	T <sub>max</sub> , °C
---------	-------	----------------	-----------------------

XXIX	432.11	37.14	435
XXXII	436.78	28.508	440
XXXIV	434.37	24.925	435
XXXV	250.34	94.93	420
	415.98	87.109	
XXXVI	366.65	45.817	370
XXXVII	437.19	31.785	440

არამოდიფიცირებული სამრეწველო ორგანული ეპოქსიდური მატრიცა მდგრადია 230°C-მდე, ხოლო მასის კლება შეადგენს 8 %-ს (ცხრილი 6; XXXVIII). სუფთა ეპოქსიდური მატრიცის ინტენსიური დესტრუქციის პროცესს ადგილი აქვს 440°C-ზე და მასის კლება შეადგენს 78 %-ს. პოლი-დიმეთილსილოქსანი-*co*-(3-ამინოპროპილ)მეთილსილოქსანით მოდიფიცირებით თერმული მდგრადობა იზრდება, კერძოდ, შესაბამისი ეპოქსიდური მატრიცები მდგრადია 470°C-მდე, ხოლო მასის კლება 460-466°C ტემპერატურულ ინტერვალში შეადგენს 45-50%-ს (ცხრილი 6; XXXIX-XLI). ამასთან, ბიოაქტიური კომპონენტის დამატებით მიღებული ჰიბრიდული კომპოზიტების თერმული დეგრადაცია ორ საფეხურად მიმდინარეობს, - მათი ინტენსიური დესტრუქციის პროცესი შეინიშნება 460-465°C ტემპერატურულ ინტერვალში (მასის კლება დაახლ. 45-50 %), შემდეგ კი მასის კლება მაღალი ტემპერატურებისკენ ინაცვლებს და თერმული დეგრადაციის მეორე პიკი აღინიშნება 613-685 °C ტემპერატურულ ინტერვალში, რომლის დროსაც მასის კლება შეადგენს 13-19 %-ს (ცხრილი 6; XLII-XLIV).

**ცხრილი 6.** სამრეწველო ორგანული პოლიეპოქსიდის და ფუნქციური ოლიგოორგანოსილოქსანის ბაზაზე დამზადებული პოლიმერული მატრიცების და ჰიბრიდული კომპოზიტების TGA მონაცემები (ნიმუშების ნუმერაცია იხ. ცხრილში 1)

ჰიბრიდი	T, °C	მასის კლება, %	T <sub>max</sub> , °C
XXXVIII	230.34	8.053	440
	440.02	78.095	
XXXIX	460.35	50.722	460
XL	465.72	44.787	470
XLI	460.12	50.490	460
	465.12	45.141	
XLII	613.00	18.52	615
	460.70	48.852	
XLIII	617.65	17.357	620
	464.78	47.166	
XLIV	684.64	12.994	685

აღსანიშნავია, რომ გამოყენებული ფუნქციურჯგუფებიანი სილიციუმორგანული დანამატების შემცველი ჰიბრიდების შედარებითი თერმული მდგრადობა ED-20-თან



შედარებით გამოწვეულია შუალედური გარდიგარდმო ბმული სტრუქტურების გარკვეული მასტაბილიზებული ეფექტით, რომელიც, როგორც ჩანს, უფრო მეტად ასტიმულირებს მოდიფიკატორით მატრიცის მაკროჯაჭვის სტრუქტურირების პროცესს.

### III.2. ტრიბოლოგიური თვისებების შესწავლა [17]

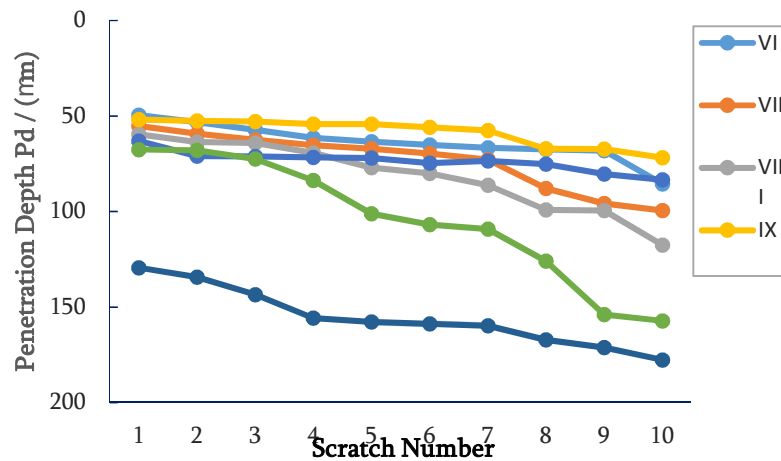
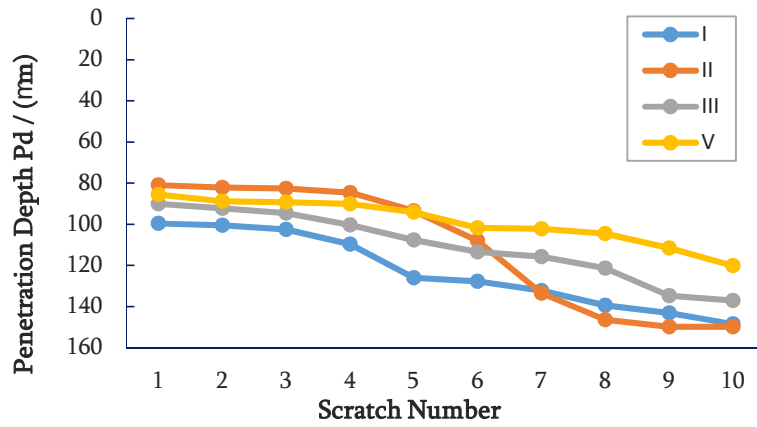
#### მცოცავი ცვეთადობის (კაწვრადობის) კვლევის შედეგები

ნიმუშების მცოცავი ცვეთადობა (SWD) განსაზღვრულ იქნა იმავე ჭრილის მრავალრიცხოვანი კაწვრადობის მეშვეობით მუდმივი ძალის გამოყენების პირობებში ხელსაწყოზე - Micro Scratch Tester (MST) [CSM, Neuchatel, შვეიცარია, პროგრამული უზრუნველყოფით CSEM Scratch Software Version 2.3].

ტესტირებისას მიიღება კაწვრადობის სიღრმის დიაგრამა, როგორც კაწვრადობის რიცხვის ფუნქცია. ტესტებში გამოყენებულ იქნა შემდეგი პარამეტრები: კაწვრადობის სიგრძე 5.0 მმ, დატვირთვა 5.0 N. აგრეთვე “კონუსისებრი ბრილიანტი” 200  $\mu\text{m}$  დიამეტრით და 120° კონუსის კუთხით. დეტალური ანალიზისთვის გამოყენებულ იქნა კაწვრადობის დიაპაზონის საშუალო წერტილი - 2.5 მმ. თითოეული ნიმუშისთვის განხორციელებულ იქნა კაწვრადობის 10 ტესტი; კაწვრადობის სიჩქარე - 10.0 მმ/წთ ოთახის ტემპერატურაზე.

მრავალრიცხოვანი კაწვრადობის ტესტებიდან მიღებულ იქნა შედეგადობის სიღრმის მაქსიმუმისა ( $R_p$ ) და ნაშთის სიღრმის ( $R_z$ ) დიაგრამები, როგორც განხორციელებულ ტესტთა რიცხვის ფუნქცია (ნახ. 1-8). საბაზისო პოლიმერული მატრიცების ბაზაზე დამზადებული კომპოზიტების ტრიბოლოგიური თვისებები შესწავლილ იქნა, როგორც დამოწმება მის ბაზაზე დამზადებული მოდიფიცირებული კომპოზიტების და არაორგანული ორგანული ჰიბრიდული მასალების ფიზიკურ-მექანიკური მახასიათებლების შესადარებლად.

როგორც შედეგადობის სიღრმის მაქსიმუმის მრუდებიდან ჩანს (ნახ. 1), მოდიფიკაციით უმჯობესდება კომპოზიტების მიკროკაწვრადობით მყისიერი დეფორმაციისადმი მდგრადობა. გამოყენებული დატვირთვის (5.0 N) დროს 1,1,3-ტრიჰიდროტეტრაფთორ-პროპილმეტაკრილატის ალილგლიციდოლთან (F4MA-AGE - 1:1) რადიკალური თანაპოლიმერიზაციით მიღებული ფთორალკილის და ეპოქსიდური გვერდითი ჯგუფების ერთდროულად შემცველი პოლიმერული მატრიცების ბაზაზე დამზადებული ჰიბრიდული კომპოზიტების (ნახ. 1; II, III, V) პირველადი შედეგადობის სიღრმის მაქსიმუმი საშუალოდ მერყეობს 98-110  $\mu\text{m}$ -ს შორის, მაშინ, როდესაც საბაზისო პოლიმერული მატრიცის  $R_p \approx 123 \mu\text{m}$ -ია. გამამყარებლის მასური წილის 5 მას. %-დან 7 მას. %- და 10 მას. %-მდე გაზრდა ასევე იწვევს საბაზისო პოლიმერული მატრიცის (ნახ. 1; I, VI, IX) შედეგადობის სიღრმის მაქსიმუმის შემცირებას საშუალოდ 123  $\mu\text{m}$ -დან 64  $\mu\text{m}$ -მდე და 59  $\mu\text{m}$ -მდე შესაბამისად.



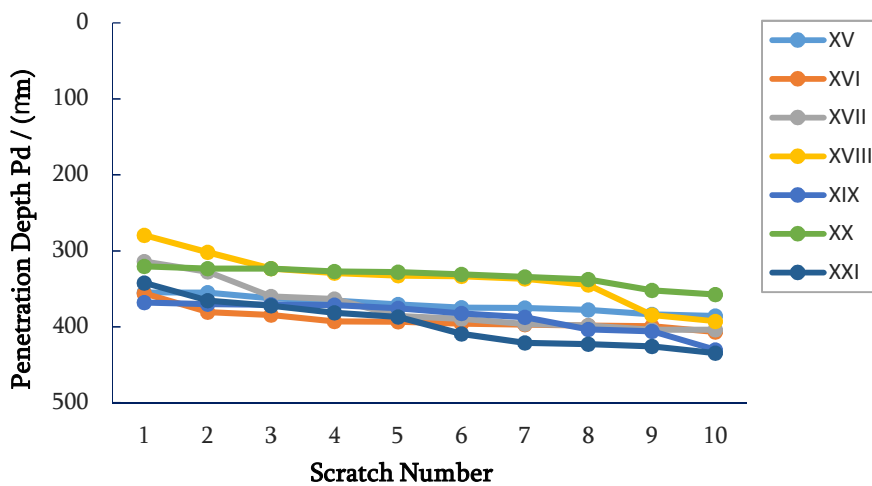
**ნახაზი 1.** 1,1,3-ტრიჰიდროტეტრაფთორპროპილმეტაკრილატის ალილგლიციდოლთან რადიკალური თანაპოლიმერიზაციით მიღებული ფთორალკილის და ეპოქსიდური გვერდითი ჯგუფების ერთდროულად შემცველი პოლიმერული მატრიცების და მათ ბაზაზე დამზადებული ჰიბრიდული კომპოზიტების შეღწევადობის სიღრმის მაქსიმუმი, როგორც კაწვრადობის რიცხვის ფუნქცია 5.0 N მუდმივი ძალის გამოყენებისას (ნიმუშების ნუმერაცია იხ. ცხრილში 1)

პოლიმერულ მატრიცებში 1,1,3-ტრიჰიდროტეტრაფთორპროპილმეტაკრილატის მოლური თანაფარდობის გაზრდა (F4MA-AGE - 7:3), როგორც მოსალოდნელი იყო, კონტრპროდუქტიულია შესაბამისი რეცეპტურით დამზადებულ პოლიმერულ მატრიცებთან (ნახ. 1; IX-X) შედარებით და ხასიათდება შეღწევადობის სიღრმის მაქსიმუმის შედარებით მაღალი მნიშვნელობით (ნახ. 1; XIII-XIV). თუმცა აღნიშნული და F4MA-AGE 1:1 / 5 მას. % HMDA რეცეპტურით დამზადებული პოლიმერული მატრიცების შედარებით ცხადია, რომ მიკროკაწვრადობით მყისიერი დეფორმაციისადმი უკეთესი მდგრადობით ხასიათდება F4MA-AGE 7:3 / 10 მას. % HMDA რეცეპტურით დამზადებული პოლიმერული მატრიცა (ნახ. 1; I, XIII).

აღსანიშნავია, რომ როგორც მოსალოდნელი იყო, მოდიფიცირებულ პოლიმერულ მატრიცებში ბიოაქტიური ნაერთების დოპირებით მიღებულ ჰიბრიდულ კომპოზიტებში ძირითადად შეინიშნება  $R_f$ -ს მნიშვნელობის უმნიშვნელოდ (საშუალოდ დაახლ. 20-25  $\mu\text{m}$ -ით) გაზრდა, რაც შეიძლება აიხსნას მათი სივრცითი სტრუქტურით (ნახ. 1; VII, VIII, X, XIV).

მიღებული შედეგების ანალიზიდან ნაჩვენებია, რომ ტესტირებულ მასალებს (I- XIV) შორის  $R_p$ -ის მნიშვნელობის მაქსიმალურ შემცირებას და შესაბამისად, მცოცავი ცვეთადობისადმი საუკეთესო მდგრადობას იძლევა F4MA-AGE 1:1 / 10 მას. % HMDA რეცეპტურით დამზადებული პოლიმერული მატრიცა და მის ბაზაზე მიღებული ჰიბრიდული კომპოზიტი (ნახ. 1; IX, X).

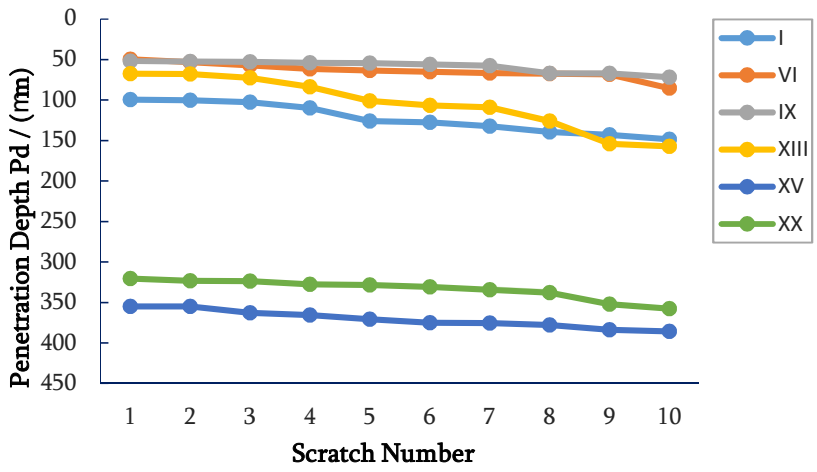
1,1,5-ტრიჰიდროქტაფთორპროპილმეტაკრილატის ალილგლიციდოლთან (F8MA-AGE - 1:1) რადიკალური თანაპოლიმერიზაციით მიღებული ფთორალკილის და ეპოქსიდური გვერდითი ჯგუფების ერთდროულად შემცველი პოლიმერული მატრიცების და მათ ბაზაზე დამზადებული ჰიბრიდული კომპოზიტების (ნახ. 2; XV-XXI) მცოცავი ცვეთადობის ტესტირებიდან ჩანს, რომ ამ შემთხვევაშიც გამამყარებლის მასური წილის 7 მას. %-დან 10 მას. %-მდე გაზრდით შეინიშნება კომპოზიტების მიკროკაწვრადობით მყისიერი დეფორმაციისადმი მდგრადობის გაუმჯობესება (ნახ. 2; XV, XX). მიღებულ ჰიბრიდულ კომპოზიტებში ბიოაქტიური ნაერთების დოპირებით შეინიშნება  $R_p$ -ს მნიშვნელობის უმნიშვნელოდ (საშუალოდ დაახლ. 10-25  $\mu\text{m}$ -ით) გაზრდა (ნახ. 2; XVI-XIX, XXI). ამასთან, ბიოაქტიური ნაერთებით მოდიფიცირებული მასალებიდან აღნიშნული ტესტირებისას საუკეთესო შედეგს იძლევა BC-3-ით მოდიფიკაცია (ნახ. 2; XVIII).



**ნახაზი 2.** 1,1,5-ტრიჰიდროქტაფთორპროპილმეტაკრილატის ალილგლიციდოლთან რადიკალური თანაპოლიმერიზაციით მიღებული ფთორალკილის და ეპოქსიდური გვერდითი ჯგუფების ერთდროულად შემცველი პოლიმერული მატრიცების და მათ ბაზაზე დამზადებული ჰიბრიდული კომპოზიტების შეღწევადობის სიღრმის მაქსიმუმი, როგორც კაწვრადობის რიცხვის ფუნქცია 5.0 N მუდმივი ძალის გამოყენებისას (ნიმუშების ნუმერაცია იხ. ცხრილში 1)

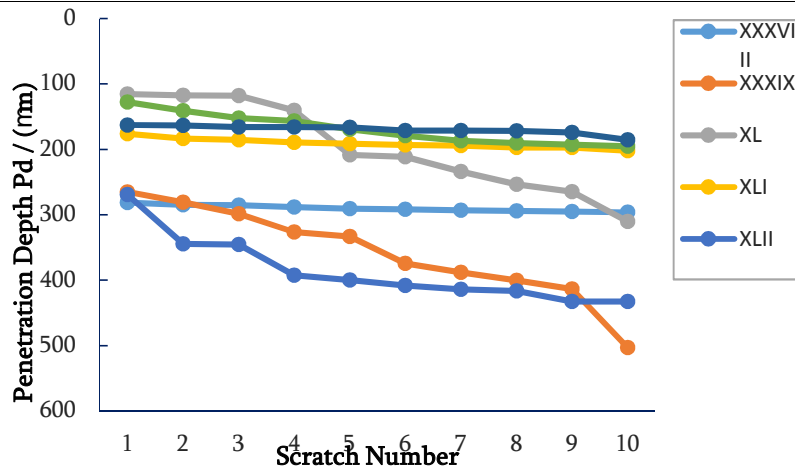
ნახაზზე 3 მოცემულია 1,3-ტრიჰიდროქტაფთორპროპილმეტაკრილატის და 1,1,5-ტრიჰიდროქტაფთორპროპილმეტაკრილატის ალილგლიციდოლთან რადიკალური თანაპოლიმერიზაციით მიღებული ფთორალკილის და ეპოქსიდური გვერდითი ჯგუფების ერთდროულად შემცველი პოლიმერული მატრიცების შეღწევადობის სიღრმის მაქსიმუმების მნიშვნელობათა შედარება. მიღებული შედეგების ანალიზიდან ნაჩვენებია, რომ საბაზისო პოლიმერულ მატრიცებს შორის  $R_p$ -ის მნიშვნელობის მაქსიმალური შემცირებით ხასიათდება F4MA-AGE 1:1 / 10 მას. % HMDA რეცეპტურით დამზადებული

პოლიმერული მატრიცა (ნახ. 3; IX). ამასთან, სხვადასხვა თანაპოლიმერის ბაზაზე მიღებული, მსგავსი რეცეპტურის მქონე მატრიცების ტესტირების შედეგების შედარებით ნაჩვენებია, რომ მცოცავი ცვეთადობისადმი მდგრადობა განისაზღვრება გამოყენებული პერფორაქცილმეტაკრილატების აგებულებით, კერძოდ, კაწვრადობისადმი უკეთესი მდგრადობით ხასიათდება ფთორაქცილის მცირე ჯაჭვის სიგრძის მქონე ფთორმეტაკრილატური თანაპოლიმერების ბაზაზე დამზადებული პოლიმერული მატრიცები (ნახ. 3; XI და XV; XIII და XX შესაბამისად).



**ნახაზი 3.** 1,1,3-ტრიჰიდროტეტრაფთორპროპილმეტაკრილატის და 1,1,5-ტრიჰიდროქტაფთორპროპილმეტაკრილატის ალილგლიციდოლთან რადიკალური თანაპოლიმერიზაციით მიღებული ფთორაქცილის და ეპოქსიდური გვერდითი ჯგუფების ერთდროულად შემცველი პოლიმერული მატრიცების შეღწევადობის სიღრმის მაქსიმუმი, როგორც კაწვრადობის რიცხვის ფუნქცია 5.0 N მუდმივი ძალის გამოყენებისას (ნიმუშების ნუმერაცია იხ. ცხრილში 1)

სამრეწველო ორგანული პოლიეპოქსიდის და ფუნქციური ამინო-ჯგუფის შემცველი ოლიგორგანოსილოქსანის ბაზაზე დამზადებული პოლიმერული მატრიცების და ჰიბრიდული კომპოზიტების შეღწევადობის სიღრმის მაქსიმუმის მრუდებიდან ჩანს (ნახ. 4), რომ მოდიფიკაციით ძირითადად უმჯობესდება კომპოზიტების მიკროკაწვრადობით მყისიერი დეფორმაციისადმი მდგრადობა. გამოყენებული 5.0 N დატვირთვის დროს 7 და 10 მას. % ფუნქციური ოლიგორგანოსილოქსანით მოდიფიცირებული პოლიმერული კომპოზიტების პირველადი შეღწევადობის სიღრმის მაქსიმუმი საშუალოდ მერყეობს ~190-197  $\mu\text{m}$  შორის, მაშინ, როდესაც არამოდიფიცირებული ორგანული ეპოქსიდის ბაზაზე დამზადებული პოლიმერული მატრიცის  $R_p \approx 290 \mu\text{m}$ -ია. ამასთან საუკეთესო შედეგს იძლევა 10 მას. % ოლიგორგანოსილოქსანით მოდიფიკაცია (ნახ. 4, XL, XLI). ამინო-ჯგუფის შემცველი ბიოაქტიური კომპონენტის შემდგომი დამატებით მიღებული კომპოზიტები აჩვენებენ  $R_p$ -ის მნიშვნელობის მაქსიმალურ შემცირებას (ნახ. 4, XLIII, XLIV). აღსანიშნავია, რომ 5 მას. % ოლიგორგანოსილოქსანის გამოყენება და შემდგომში მიღებული მატრიცის ბიოაქტიური კომპონენტით მოდიფიკაცია კონტროლდუქტიუელია და ხასიათდება შეღწევადობის სიღრმის მაქსიმუმის უფრო მაღალი მნიშვნელობით საბაზისო პოლიმერულ მატრიცასთან შედარებით (ნახ. 4; XXXIX, XLII).



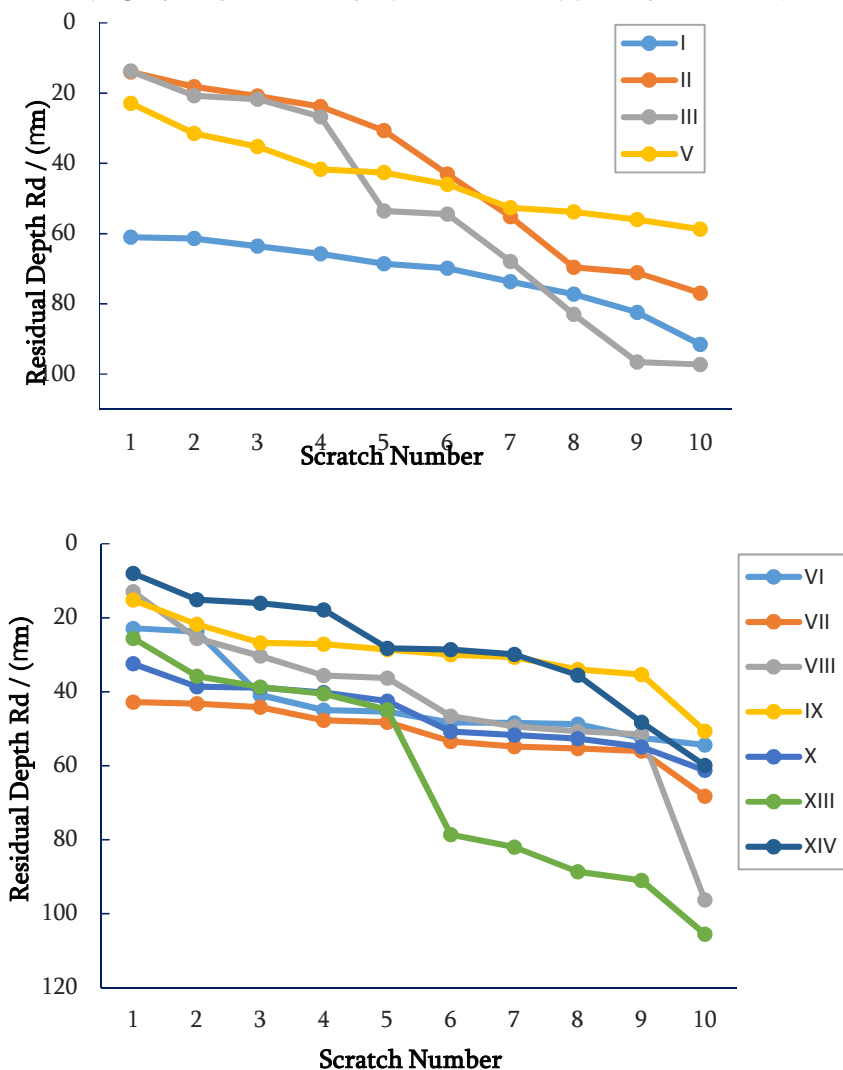
**ნახაზი 4.** სამრეწველო ორგანული პოლიეპოქსიდის და ფუნქციური ოლიგორგანოსილოქსანის ბაზაზე დამზადებული პოლიმერული მატრიცების და ჰიბრიდული კომპოზიტების შეღწევადობის სიღრმის მაქსიმუმი, როგორც კაწვრადობის რიცხვის ფუნქცია 5.0 N მუდმივი ძალის გამოყენებისას (ნიმუშების ნუმერაცია იხ. ცხრილში 1)

ამგვარად, მრავალრიცხოვანი კაწვრადობის ტესტებიდან ჩანს, რომ მიკროკაწვრადობით მყისიერი დეფორმაციისადმი მდგრადობას მნიშვნელოვნად განსაზღვრავს თანაპოლიმერების აგებულება და მიღებული მასალების რეცეპტურა.

ნახაზებზე 5-8 მოცემულია საკვლევი ჰიბრიდული კომპოზიტების ნაშთის სიღრმის დიაგრამები ( $R_h$ ; განსაზღვრული ზედაპირის დაზიანებული სტრუქტურის აღდგენის შემდეგ), როგორც განხორციელებულ ტესტთა რიცხვის ფუნქცია 5.0 N მუდმივი დატვირთვის დროს.

ნაშთის სიღრმის მრუდებიდან ჩანს (ნახ. 5), გამოყენებული დატვირთვის დროს 1,1,3-ტრიჰიდროტეტრაფთორპროპილმეტაკრილატის ალილგლიციდოლთან (F4MA-AGE - 1:1) რადიკალური თანაპოლიმერიზაციით მიღებული ფთორალკილის და ეპოქსიდური გვერდითი ჯგუფების ერთდროულად შემცველი პოლიმერული მატრიცების ბაზაზე დამზადებული ჰიბრიდული კომპოზიტების ნაშთის სიღრმის მნიშვნელობა ძირითადად მცირდება (ნახ. 5). ნაჩვენებია, რომ კაწვრადობის რიცხვის გაზრდასთან ერთად ნაშთის სიღრმის საწყისი მომატების შემდეგ, პოლიმერული მასალების ნაშთის სიღრმის მნიშვნელობა თითქმის უცვლელი რჩება და შემდეგი განარბენებით ტესტირების მიღებული შედეგები არ იცვლება. ნაშთის სიღრმის მნიშვნელობა ამ შემთხვევაშიც დამოკიდებულია თანაპოლიმერების აგებულებასა და ჰიბრიდული კომპოზიტების რეცეპტურაზე. კერძოდ, გამამყარებლის მასური წილის 5 მას. %-დან 7 და 10 მას. %-მდე გაზრდა იწვევს საბაზისო პოლიმერულ მატრიცებში (ნახ. 5; I, VI, IX) ნაშთის სიღრმის შემცირებას საშუალოდ 71  $\mu\text{m}$ -დან 43  $\mu\text{m}$ -მდე და 30  $\mu\text{m}$ -მდე შესაბამისად. 4FMA-AGE 1:1 / 5% HMDA რეცეპტურის მქონე მატრიცის ბიოაქტიური კომპონენტებით შემდგომი მოდიფიკაციით მცირდება მიღებული ჰიბრიდული მასალების ნაშთის სიღრმის მნიშვნელობა.  $R_h$ -ის მნიშვნელობა უმნიშვნელოდ, საშუალოდ 8-15  $\mu\text{m}$ -ით იზრდება 4FMA-AGE 1:1 შედგენილობის მქონე კომპოზიტებში ბიოაქტიური კომპონენტის შეყვანით (ნახ. 5; VII, VIII, X). ზედაპირის აღდგენის საუკეთესო მაჩვენებელს და შესაბამისად,  $R_h$ -ის მნიშვნელობის

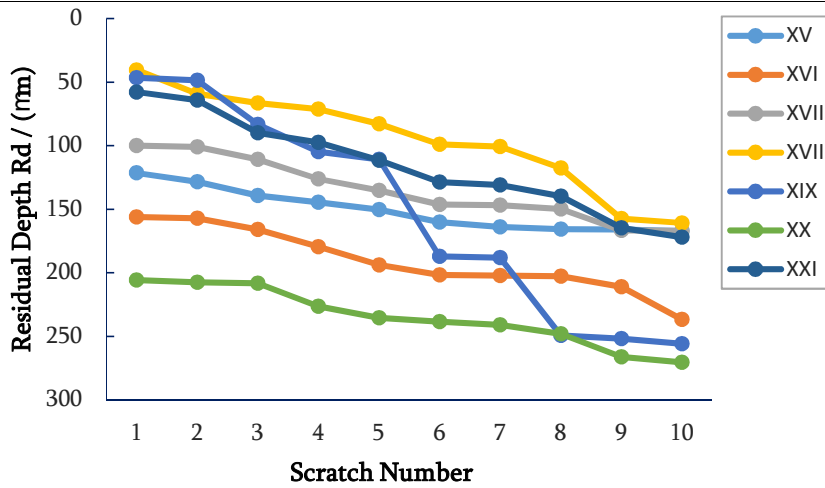
მაქსიმალურ შემცირებას აჩვენებს პოლიმერულ მატრიცაში 1,1,3-ტრიჰიდროტეტრაფთორპროპილმეტაკრილატის მოლური თანაფარდობის გაზრდით და მისი ბიოაქტიური ნაერთით შემდგომი მოდიფიცირებით მიღებული ჰიბრიდული კომპოზიტი (ნახ. 5; XIII).



**ნახაზი 5.** 1,1,3-ტრიჰიდროტეტრაფთორპროპილმეტაკრილატის ალილგლიციდოლთან რადიკალური თანაპოლიმერიზაციით მიღებული ფთორალკილის და ეპოქსიდური გვერდითი ჯგუფების ერთდროულად შემცველი პოლიმერული მატრიცების და მათ ბაზაზე დამზადებული ჰიბრიდული კომპოზიტების ნაშთის სიღრმე, როგორც კაწვრადობის რიცხვის ფუნქცია

5.0 N მუდმივი ძალის გამოყენებისას (ნიმუშების ნუმერაცია იხ. ცხრილში 1)

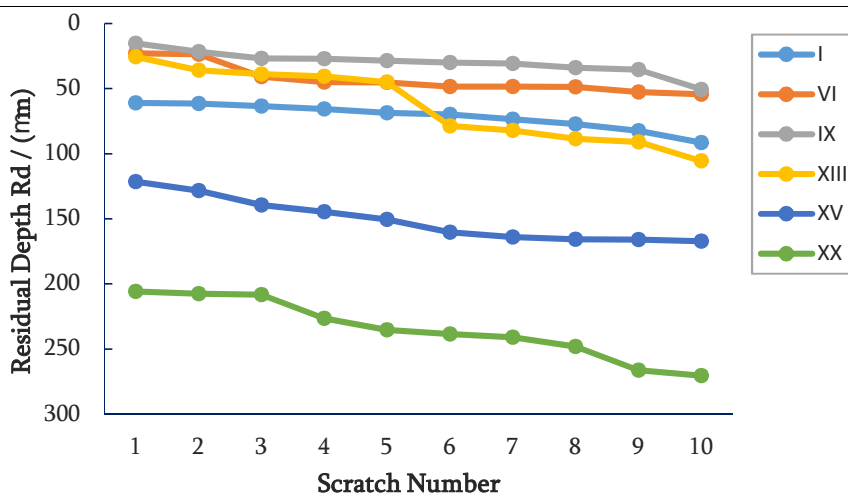
1,1,5-ტრიჰიდროქტაფთორპროპილმეტაკრილატის ალილგლიციდოლთან რადიკალური თანაპოლიმერიზაციით მიღებული ფთორალკილის და ეპოქსიდური გვერდითი ჯგუფების ერთდროულად შემცველი ჰიბრიდული მასალების ნაშთის სიღრმის დიაგრამებიდან ასევე ჩანს, რომ საბაზისო პოლიმერული მატრიცის ბიოაქტიური კომპონენტით მოდიფიკაციით ძირითადად მნიშვნელოვნად უმჯობესდება მიღებული ჰიბრიდული მასალების მეისიერი დეფორმაციისადმი მდგრადობა ანუ მცირდება ნაშთის სიღრმე, როგორც შესრულებული კაწვრადობის რიცხვთა ფუნქცია (ნახ. 6; XVII, XVIII, XXI).



**ნახაზი 6.** 1,1,5-ტრიჰიდროქტაფთორპროპილმეტაკრილატის ალილგლიციდოლთან რადიკალური თანაპოლიმერიზაციით მიღებული ფთორალკილის და ეპოქსიდური გვერდითი ჯგუფების ერთდროულად შემცველი პოლიმერული მატრიცების და მათ ბაზაზე დამზადებული ჰიბრიდული კომპოზიტების ნაშთის სიღრმე, როგორც კაწვრადობის რიცხვის ფუნქცია 5.0 N მუდმივი ძალის გამოყენებისას (ნიმუშების ნუმერაცია იხ. ცხრილში 1)

ნახაზზე 7 მოცემულია 1,3-ტრიჰიდროტეტრაფთორპროპილმეტაკრილატის და 1,1,5-ტრიჰიდროქტაფთორპროპილმეტაკრილატის ალილგლიციდოლთან რადიკალური თანაპოლიმერიზაციით მიღებული ფთორალკილის და ეპოქსიდური გვერდითი ჯგუფების ერთდროულად შემცველი პოლიმერული მატრიცების ნაშთის სიღრმის მნიშვნელობათა შედარება. მიღებული შედეგების ანალიზიდან ნაჩვენებია, ფთორალკილის ერთიანი ჯგუფის შემცველი მეტაკრილატების ბაზაზე მიღებულ პოლიმერულ მატრიცებში გამამყარებლის მასური წილის გაზრდით მნიშვნელოვნად მცირდება ნაშთის სიღრმე (ნახ. 7; I, VI, IX). ამასთან, სხვადასხვა თანაპოლიმერის ბაზაზე მიღებული, მსგავსი რეცეპტურის მქონე პოლიმერული მატრიცების მეტაკრილატურ თანაპოლიმერებში ფთორალკილის ჯაჭვის გაზრდით, როგორც მოსალოდნელი იყო, მნიშვნელოვნად იზრდება  $R_h$ -ის მნიშვნელობა (ნახ. 7; VI და XV, IX და XX შესაბამისად).

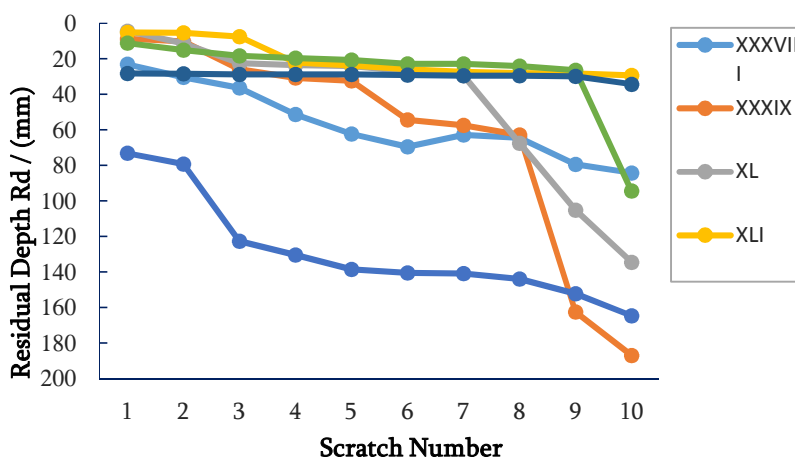
ტესტირებულ მატრიცებს შორის  $R_h$ -ის მინიმალური მნიშვნელობით ხასიათდება F4MA-AGE 1:1 / 10 მას. % HMDA რეცეპტურით დამზადებული პოლიმერული მატრიცა (ნახ. 7; IX). ამგვარად, მიკროკაწვრადობით ზედაპირის დაზიანება, როგორც განხორციელებულ ტესტთა რიცხვის ფუნქცია, განისაზღვრება გამოყენებული პერფორალკილმეტაკრილატების აგებულებით, თანაპოლიმერების მოლური თანაფარდობით და გამამყარებლის მასური წილით.



**ნახაზი 7.** 1,1,3-ტრიჰიდროტეტრაფთორპროპილმეტაკრილატის და 1,1,5-ტრიჰიდროტეტრაფთორპროპილმეტაკრილატის ალილგლიციდოლთან რადიკალური თანაპოლიმერიზაციით მიღებული ფთორალკილის და ეპოქსიდური გვერდითი ჯგუფების ერთდროულად შემცველი პოლიმერული მატრიცების ნაშთის სიღრმე, როგორც კაწვრადობის რიცხვის ფუნქცია

5.0 N მუდმივი ძალის გამოყენებისას (ნიმუშების ნუმერაცია იხ. ცხრილში 1)

სამრეწველო ორგანული პოლიეპოქსიდის ბაზაზე დამზადებული პოლიმერული მატრიცების და ჰიბრიდული კომპოზიტების ნაშთის სიღრმის დიაგრამებიდან ჩანს (ნახ. 8), რომ ფუნქციური ამინო-ჯგუფის შემცველი ოლიგორგანოსილოქსანით მოდიფიკაციით ნაშთის სიღრმე ძირითადად მცირდება და შემდგომში კვლავ გრძელდება შემცირების ტენდენცია პოლიმერულ მატრიცაში ბიოაქტიური კომპონენტის შეყვანით (ნახ. 8; XL, XLI, XLIII, XLIV).



**ნახაზი 8.** სამრეწველო ორგანული პოლიეპოქსიდის და ფუნქციური ოლიგორგანოსილოქსანის ბაზაზე დამზადებული პოლიმერული მატრიცების და ჰიბრიდული კომპოზიტების ნაშთის სიღრმე, როგორც კაწვრადობის რიცხვის ფუნქცია 5.0 N მუდმივი ძალის გამოყენებისას (ნიმუშების ნუმერაცია იხ. ცხრილში 1)

ამასთან,  $R_h$ -ის მნიშვნელობის მინიმალური შემცირებით ხასიათდება 10 მას. % ოლიგორგანოსილოქსანით მოდიფიცირებული პოლიმერული მატრიცა (ნახ. 8; XLI). ამ



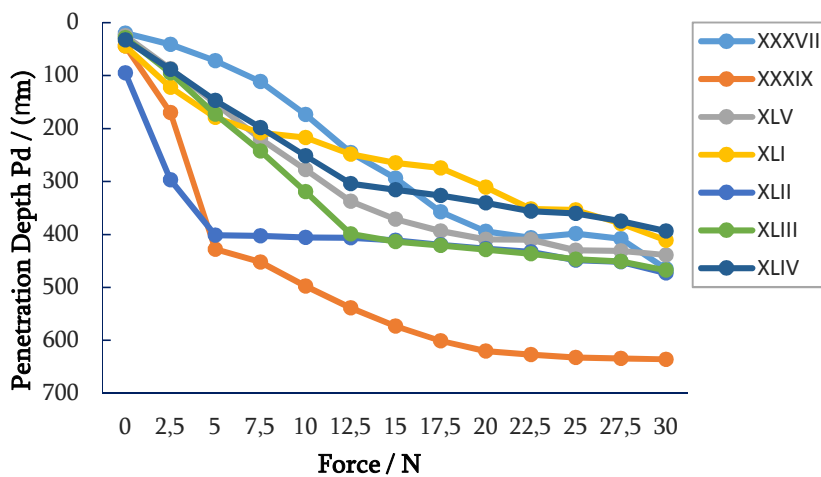
შემთხვევაშიც კონტროლურულ შედეგს აჩვენებს 5 მას. % ოლიგორგანოსილოქსანით და ბიოაქტიური კომპონენტით პოლიეპოქსიდის მოდიფიკაცია და შესაბამისად, ხასიათდება ნაშთის სიღრმის მნიშვნელობის გაზრდით საბაზისო პოლიმერულ მატრიცასთან შედარებით (ნახ. 8; XXXIX, XLII).

ამგვარად, მოდიფიკაციით მნიშვნელოვნად მცირდება ტესტირებული მასალების შეღწევადობის სიღრმის მაქსიმუმი და ნაშთის სიღრმე და იზრდება ბლანტდრეკადობის აღდგენა. შედეგების სამივე სერია შესაძლებელია აიხსნას ჰიბრიდული კომპოზიტების თანაპოლიმერებად გამოყენებული პერფორაქციონირებული კომპოზიტების აგებულებით და მოლური თანაფარდობით, გამამყარებლის მასური წილით, მოდიფიკატორის ბუნებით და აგრეთვე ექსპერიმენტის პირობებით.

**ერთჯერადი კაწვრადობის შედეგები**

კაწვრადობისადმი მდგრადობის შესწავლის მიზნით შესრულებულ იქნა აგრეთვე სამრეწველო ორგანული პოლიეპოქსიდის და ფუნქციური ოლიგორგანოსილოქსანის ბაზაზე დამზადებული ჰიბრიდული მასალების კაწვრადობის პროგრესული ტესტირება. ზედაპირებს შორის ცუდი ადჰეზიის შემთხვევაში განსაზღვრული კრიტიკული დატვირთვის დროს პოლიმერული საფარი ზიანდება. ტესტებში გამოყენებულ იქნა შემდეგი პარამეტრები: საწყისი დატვირთვა 1.0 N, საბოლოო დატვირთვა 30.0 N, დატვირთვის კოეფიციენტი 30.0 N/წთ, მასკანირებელი დატვირთვა 0.05 N, კაწვრადობის სიგრძე 8.0 მმ და სიჩქარე 5.9 მმ/წთ; აგრეთვე “კონუსისებრი ბრილიანტი” 200 µm დიამეტრით და 120° კონუსის კუთხით.

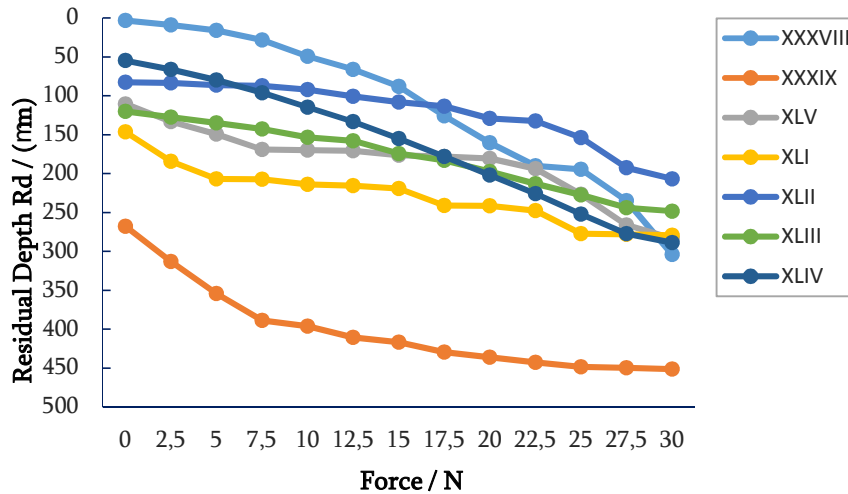
ნახაზებზე 9 და 10 ნაჩვენებია შეღწევადობის სიღრმის მაქსიმუმისა და ნაშთის სიღრმის საშუალო მნიშვნელობები, როგორც გამოყენებული ცვალებადი (ზრდადი) ძალის ფუნქცია.



**ნახაზი 9.** სამრეწველო ორგანული პოლიეპოქსიდის და ფუნქციური ოლიგორგანოსილოქსანის ბაზაზე დამზადებული პოლიმერული მატრიცების და ჰიბრიდული კომპოზიტების

ერთჯერადი კაწვრადობის შეღწევადობის სიღრმის მაქსიმუმი, როგორც გამოყენებული ცვალებადი (ზრდადი) ძალის ფუნქცია

საბაზისო ეპოქსიდურ პოლიმერულ მატრიცასთან მოდიფიცირებული ჰიბრიდული კომპოზიტების ერთჯერადი კაწვრადობის ტესტირების მონაცემების შედარებიდან ჩანს, რომ ერთჯერადი კაწვრადობის შეღწევადობის სიღრმის მნიშვნელობის მაქსიმალური გაზრდით ხასიათდება ყველაზე მოდიფიკატორის ყველაზე მცირე მასური წილის შემცველი ეპოქსიდური მატრიცა (ნახ. 9; XXXIX). ხოლო 10 მას. % ფუნქციური ოლიგორგანოსილოქსანით და მიღებული პოლიმერული მატრიცის ბიოაქტიური კომპონენტით მოდიფიცირებული ნიმუშები აჩვენებენ  $R_f$ -ის მნიშვნელობის მაქსიმალურ შემცირებას არამოდიფიცირებულ პოლიეპოქსიდთან შედარებით (ნახ. 13; XLI და XLIV).



**ნახაზი 10.** სამრეწველო ორგანული პოლიეპოქსიდის და ფუნქციური ოლიგორგანოსილოქსანის ბაზაზე დამზადებული პოლიმერული მატრიცების და ჰიბრიდული კომპოზიტების ერთჯერადი კაწვრადობის ნაშთის სიღრმე, როგორც გამოყენებული ცვალებადი (ზრდადი) ძალის ფუნქცია (ნიმუშების ნუმერაცია იხ. ცხრილში 1)

ერთჯერადი კაწვრადობის ნაშთის სიღრმის დიაგრამების ანალიზიდან გამომდინარე, არამოდიფიცირებულ ეპოქსიდთან შედარებით,  $R_f$ -ის ყველაზე ზედაპირული (წვრილი) მნიშვნელობით ხასიათდება 7 და 10 მას. % ფუნქციური ოლიგორგანოსილოქსანით მოდიფიცირებული ეპოქსიდური მატრიცები (ნახ. 10; XL და XLI). ამასთან, მიღებული პოლიმერული მატრიცის ბიოაქტიური კომპონენტით შემდგომი მოდიფიკაციით ნაშთის სიღრმის მნიშვნელობა მცირდება ყველა ჰიბრიდულ კომპოზიტში (ნახ. 10; XLII-XLIV).

ამგვარად, მოდიფიკატორის მასური წილისაგან დამოკიდებულებით, აგრეთვე ბიოაქტიური კომპონენტით შემდგომი მოდიფიკაციით მიღებული მასალების კაწვრადობისადმი მდგრადობა კრიტიკული დატვირთვის პირობებში უმჯობესდება.

**დინამიური ხახუნის შედეგები**

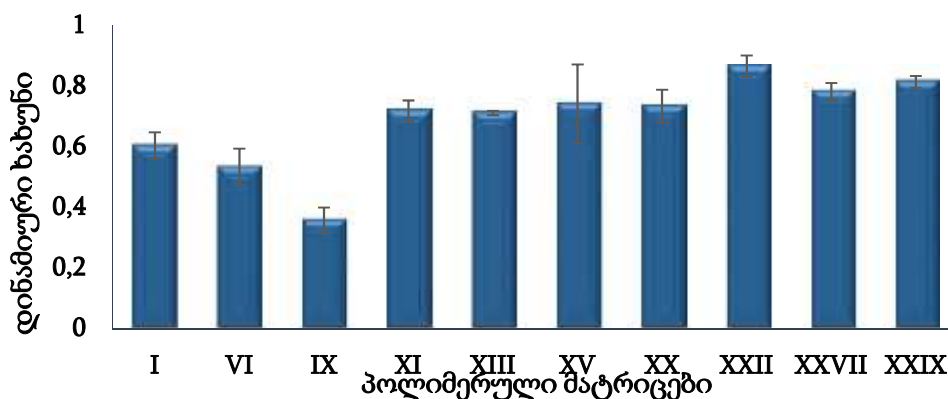
დინამიური ხახუნის კოეფიციენტი (f) განსაზღვრულ იქნა ტრიბომეტრის “Nanovea pin-on-disk” [440 ფოლადის ბურთულიანი Micro Photonics] გამოყენებით, რომელიც უზრუნველყოფს ხახუნისა და ცვეთადობის პროცესების მოდელირებას საკვლევ ნიმუშზე ბურთულიანი მოწყობილობის უწყვეტ მცოცავ პირობებში.

თითოეული ტესტისთვის გამოყენებულ იქნა ახალი ბურთულა დიამეტრით 3.2 მმ. ტესტები ჩატარებულ იქნა შემდეგ პირობებში: ტემპერატურა  $20 \pm 2$  °C, სიჩქარე - წუთში 100

ბრუნი, ბურთულის გადაადგილების (ცოცვის) მანძილი 40 მ, რადიუსი 2.0 მმ, დატვირთვა 5.0 N. გადატრიალების (ბრუნის) რიცხვი - 2000 (ფთორალკილის და ეპოქსიდური გვერდითი ჯგუფების ერთდროულად შემცველი ჰიბრიდული პოლიმერული კომპოზიციებისთვის) და 3000 (ფუნქციური ოლიგომერგანოსილოქსანით მოდიფიცირებული ეპოქსიდური კომპოზიციებისთვის), ტესტის ხანგრძლივობა – 20-30 წთ.

ტრიბომეტრით “Nanovea pin-on-disk” განსაზღვრულ იქნა ნიმუშების მოელი რიგი ციკლების საშუალო დინამიური ხახუნის (ნახ. 11-15).

ნახაზზე 11 ნაჩვენებია ფთორშემცველი მეტაკრილატების ალილგლიციდოლთან რადიკალური თანაპოლიმერიზაციით მიღებული ფთორალკილის და ეპოქსიდური გვერდითი ჯგუფების ერთდროულად შემცველი პოლიმერული მატრიცების საშუალო დინამიური ხახუნის კოეფიციენტის მნიშვნელობათა შედარება.

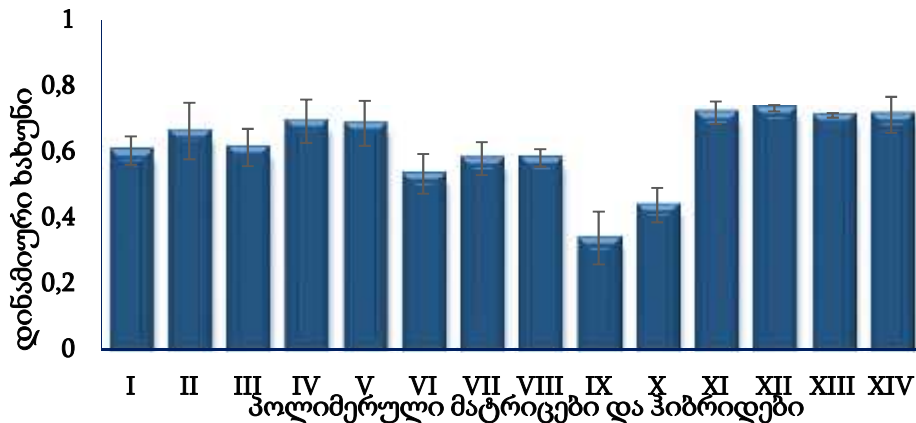


**ნახაზი 11.** ფთორშემცველი მეტაკრილატების ალილგლიციდოლთან რადიკალური თანაპოლიმერიზაციით მიღებული ფთორალკილის და ეპოქსიდური გვერდითი ჯგუფების ერთდროულად შემცველი პოლიმერული მატრიცების საშუალო დინამიური ხახუნის კოეფიციენტის მნიშვნელობათა შედარება (ნიმუშების ნუმერაცია იხ. ცხრილში 1)

დინამიური ხახუნის კოეფიციენტი, როგორც ტესტირებული კომპოზიციების შედგენილობის ფუნქცია, ძირითადად მცირდება მსგავსი რეცეპტურის მქონე პოლიმერულ მატრიცებში გამამყარებლის მასური წილის გაზრდით (ნახ. 11; I, VI და IX; XXII და XXVII შესაბამისად). დინამიური ხახუნის კოეფიციენტი მცირდება, თუმცა უმნიშვნელოდ XI / XIII და XV / XX კომპოზიციების შემთხვევაში. ამასთან, მსგავსი რეცეპტურის მქონე პოლიმერულ მატრიცებში მეტაკრილატური თანაპოლიმერების მოლური თანაფარდობის გაზრდით არსებითად იზრდება f-ის მნიშვნელობა (ნახ. 11; VI და XI; IX და XIII; XV და XXII; XX და XXVII; VI, XV და XXIX შესაბამისად). დინამიური ხახუნის ყველაზე მაღალი კოეფიციენტი ხასიათდება ფთორალკილის ყველაზე გრძელი ჯაჭვის შემცველი თანაპოლიმერის (F<sub>12</sub>MA) ბაზაზე მიღებული პოლიმერული მატრიცა. დინამიური ხახუნისადმი ყველაზე კარგი მდგრადობით ხასიათდება F<sub>4</sub>MA-AGE 1:1 / 10 მას. % HMDA რეცეპტურით დამზადებული პოლიმერული მატრიცა (ნახ. 11; IX).

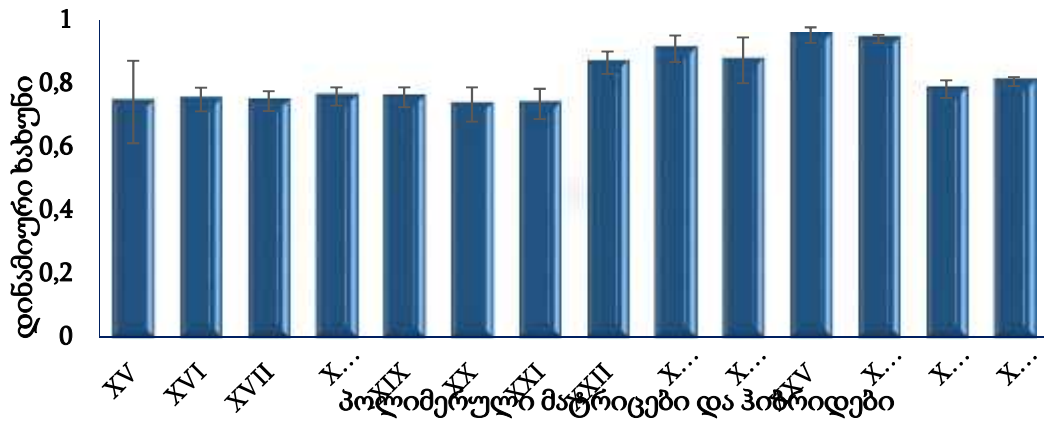
1,1,3-ტრიჰიდროტეტრაფთორპროპილმეტაკრილატის შემცველი ეპოქსიდური პოლიმერული მატრიცების ბაზაზე დამზადებული ჰიბრიდული კომპოზიციების საშუალო დინამიური ხახუნის კოეფიციენტის მნიშვნელობათა შედარებიდან ჩანს, რომ ბიოაქტიური

კომპონენტით შემდგომი მოდიფიცირება უმნიშვნელოდ ზრდის შესაბამისი მასალების f-ის მნიშვნელობებს (ნახ. 12; II-V; VII-VIII; XII, XIV), რაც შეიძლება აიხსნას მათი სივრცითი სტრუქტურით. ამასთან, ხახუნის კოეფიციენტის მნიშვნელობის ძალზედ უმნიშვნელო მომატებით (0.001-0.01-ით) ხასიათდება ფთორალკილის ჯაჭვის შემცველი თანაპოლიმერების მოლური თანაფარდობის გაზრდით (7:3) მიღებული ჰიბრიდები (ნახ. 12; XIV და XII შესაბამისად).



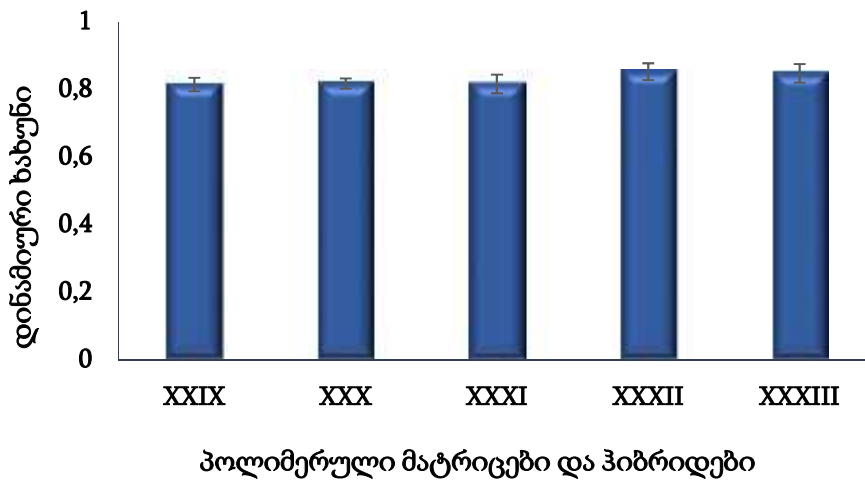
**ნახაზი 12.** 1,1,3-ტრიჰიდროტეტრაფთორპროპილმეტაკრილატის ალილგლიციდოლთან რადიკალური თანაპოლიმერიზაციით მიღებული ფთორალკილის და ეპოქსიდური გვერდითი ჯგუფების ერთდროულად შემცველი პოლიმერული მატრიცების და მათ ბაზაზე დამზადებული ჰიბრიდული კომპოზიტების საშუალო დინამიური ხახუნის კოეფიციენტის მნიშვნელობათა შედარება (ნიმუშების ნუმერაცია იხ. ცხრილში 1)

ასევე ძალზედ უმნიშვნელოა დინამიური ხახუნის კოეფიციენტის მნიშვნელობათა მომატება საბაზისო პოლიმერულ მატრიცებთან შედარებით 1,1,5-ტრიჰიდროტეტრაფთორპროპილმეტაკრილატის და ბიოაქტიური კომპონენტების ბაზაზე დამზადებული ეპოქსიდური ჰიბრიდული მასალების შემთხვევაშიც (ნახ. 13; XVI-XIX; XXI, XXIII-XXVI, XXVIII). ამასთან, მსგავსი რეცეპტურის მქონე პოლიმერულ კომპოზიტებში ფთორალკილის ჯაჭვის შემცველი თანაპოლიმერის (F<sub>8</sub>MA) მოლური თანაფარდობის გაზრდით შესაბამისი მასალების f-ის მნიშვნელობებიც იზრდება (ნახ. 13; XVI-XIX და XXIII-XXVI; XXI და XXVIII შესაბამისად). აღნიშნულ რიგში დინამიური ხახუნისადმი ყველაზე კარგი მდგრადობით ხასიათდება ექვიმოლური თანაფარდობით აღებული 1,1,5-ტრიჰიდროტეტრაფთორპროპილმეტაკრილატის და ალილგლიციდოლის რადიკალური თანაპოლიმერიზაციით მიღებული და ტესტირებულ ნიმუშებს შორის გამამყარებლის ყველაზე დიდი მასური წილის (10 მას. %) შემცველი პოლიმერული მატრიცა და მის ბაზაზე დამზადებული ჰიბრიდული კომპოზიტი (ნახ. 13; XX და XXI).



**ნახაზი 13.** 1,1,5-ტრიჰიდროქტაფთორპროპილმეტაკრილატის ალილგლიციდოლთან რადიკალური თანაპოლიმერიზაციით მიღებული ფთორალკილის და ეპოქსიდური გვერდითი ჯგუფების ერთდროულად შემცველი პოლიმერული მატრიცების და მათ ბაზაზე დამზადებული ჰიბრიდული კომპოზიტების საშუალო დინამიური ხახუნის კოეფიციენტის მნიშვნელობათა შედარება (ნიმუშების ნუმერაცია იხ. ცხრილში 1)

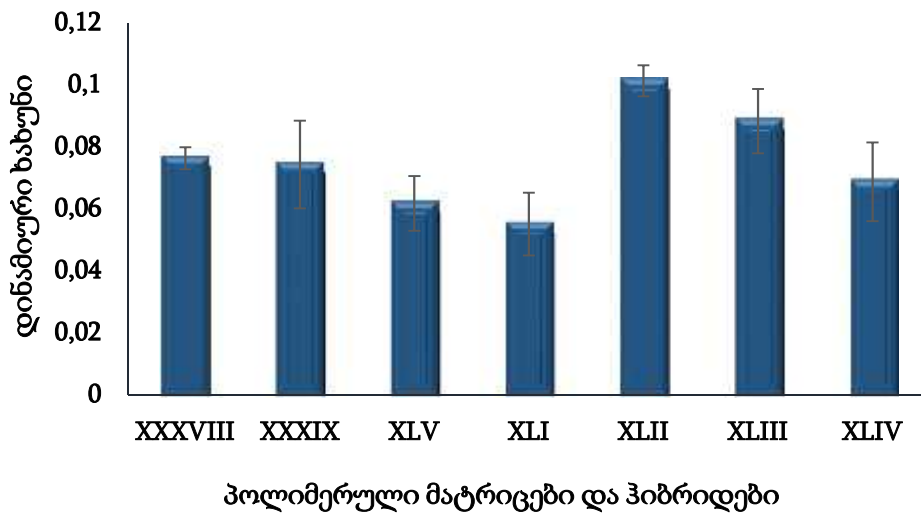
ტესტირებულ ჰიბრიდულ მასალებს შორის დინამიური ხახუნისადმი (ცვეთადობისადმი) ყველაზე დაბალი მდგრადობით ხასიათდება ფთორალკილის ყველაზე გრძელი ჯაჭვის შემცველი თანაპოლიმერების ბაზაზე მიღებული პოლიმერული მატრიცები (ნახ. 14). ამ შემთხვევაშიც, ბიოაქტიური კომპონენტით მოდიფიცირება უმნიშვნელოდ ზრდის f-ის მნიშვნელობას (ნახ. 14; XXX-XXXIII).



**ნახაზი 14.** 1,1,7-ტრიჰიდროდოდეკაფთორპროპილმეტაკრილატის ალილგლიციდოლთან რადიკალური თანაპოლიმერიზაციით მიღებული ფთორალკილის და ეპოქსიდური გვერდითი ჯგუფების ერთდროულად შემცველი პოლიმერული მატრიცების და მათ ბაზაზე დამზადებული ჰიბრიდული კომპოზიტების საშუალო დინამიური ხახუნის კოეფიციენტის მნიშვნელობათა შედარება (ნიმუშების ნუმერაცია იხ. ცხრილში 1)

ჩატარებული კვლევის შედეგად ნაჩვენებია, რომ შესწავლილ მასალებს შორის ყველაზე მცირე საშუალო დინამიური ხახუნით და შესაბამისად, ცვეთადობისადმი ყველაზე მაღალი მდგრადობით ხასიათდება ფთორალკილის ყველაზე მცირე ჯაჭვის შემცველი თანაპოლიმერის (F4MA) და ალილგლიციდოლის რადიკალური თანაპოლიმერიზაციით მიღებული, გამამყარებლის ყველაზე დიდი მასური წილის (10 მას. %) შემცველი პოლიმერული მატრიცა და მის ბაზაზე დამზადებული ჰიბრიდული კომპოზიტი (ნახ. 12; IX და X).

შესწავლილ იქნა ასევე ორგანული პოლიეპოქსიდის ბაზაზე დამზადებული ჰიბრიდული მასალების ცვეთადობისადმი მდგრადობა. ნაჩვენებია, რომ პოლი[დიმეთილ-სილოქსანი-*co*-(3-ამინოპროპილ)მეთილსილოქსანი]-ით მოდიფიკაცია ამცირებს შესაბამისი კომპოზიტების დინამიური ხახუნის კოეფიციენტს, ამასთან მოდიფიკატორის მასური წილის გაზრდით უმჯობესდება ცვეთადობისადმი მდგრადობა და შესაბამისად, საბაზისო ეპოქსიდურ მატრიცასთან შედარებით *f*-ის ყველაზე დაბალ მნიშვნელობას აჩვენებს 10 მას. % ოლიგორგანოსილოქსანით მოდიფიკაცია (ნახ. 15; XLI). ბიოაქტიური კომპონენტით შემდგომი მოდიფიკაცია გარკვეულწილად იწვევს საშუალო დინამიური ხახუნის მნიშვნელობათა გაზრდას (ნახ. 13; XLII და XLIII), რაც შეიძლება აიხსნას მათი სივრცითი სტრუქტურით. თუმცა არამოდიფიცირებულ ეპოქსიდურ მატრიცასთან შედარებით, ცვეთადობისადმი მდგრადობით ხასიათდება 10 მას. % ოლიგორგანოსილოქსანით და ბიოაქტიური კომპონენტით მოდიფიცირებული ჰიბრიდული კომპოზიტი (ნახ. 15; XLIV).



**ნახაზი 15.** სამრეწველო ორგანული პოლიეპოქსიდის და ფუნქციური ოლიგორგანოსილოქსანის ბაზაზე დამზადებული პოლიმერული მატრიცების და ჰიბრიდული კომპოზიტების საშუალო დინამიური ხახუნის კოეფიციენტის მნიშვნელობათა შედარება

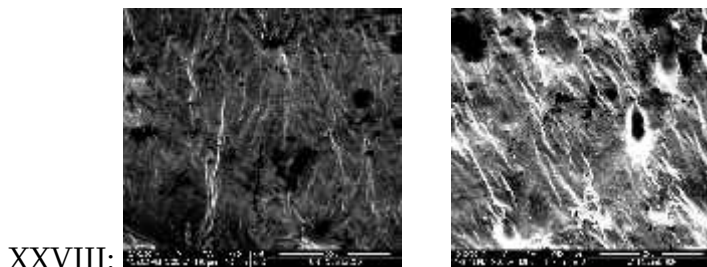
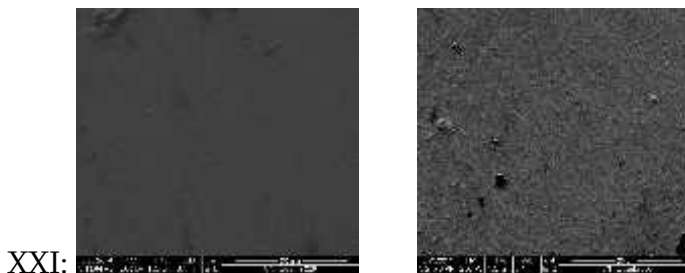
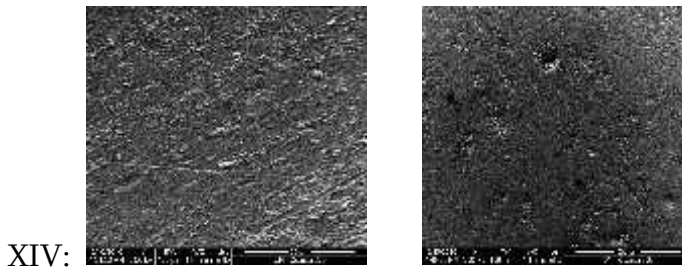
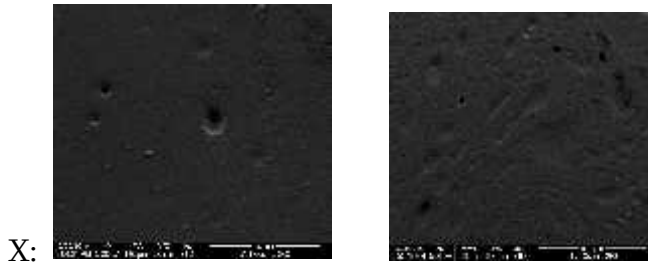
(ნიმუშების ნუმერაცია იხ. ცხრილში 1)

ამგვარად, მიღებული შედეგების ანალიზიდან ნაჩვენებია, რომ მოდიფიკაცია წარმატებით შეიძლება გამოყენებულ იქნას საბაზისო პოლიმერული მატრიცების ტრიბოლოგიური მახასიათებლების გასაუმჯობესებლად.

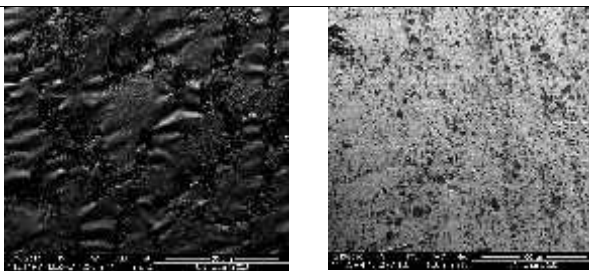
### III.3. ზედაპირის მორფოლოგიის შესწავლა

ტრიბოლოგიური ტესტირების შემდგომ პოლიმერული კომპოზიტების ზედაპირის მიკროსტრუქტურების გამოკვლევა (ნახ. 16) მიღებულ შედეგებთან თანხვედრაშია. ელექტრონული მასკანირებელი მიკროსკოპით Nikon Eclipse ME 600 (SEM) გადაღებული გამოსახულებებიდან ჩანს, რომ 1,1,3-ტრიჰიდროტეტრაფთორ- და 1,1,5-ტრიჰიდროქტაფთორპროპილმეტაკრილატის თანაპოლიმერების ალილგლიციდოლთან ექვიმოლური რადიკალური თანაპოლიმერიზაციით მიღებული პოლიმერული მატრიცების ბიოაქტიური კომპონენტით და 10 მას. % გამამყარებელი მოდიფიცირებული ჰიბრიდული კომპოზიტების მიკროსტრუქტურებში ცვეთადობის კვალი ძალიან უმნიშვნელოა (ნახ. 20; X და XXI). მსგავსი რეცეპტურის მქონე კომპოზიტებში ფთორალკილის ჯგუფების შემცველი თანაპოლიმერების მთლიანი თანაფარდობის გაზრდით ცვეთადობის კვალი უმნიშვნელოდ იზრდება თანაპოლიმერების ექვიმოლური თანაფარდობით მიღებულ მასალებთან შედარებით (ნახ. 16; X და XIV; XXI და XXVIII შესაბამისად). ამასთან, ტესტირებულ

ზედაპირზე ცვეთადობის კვალი კომპოზიტისთვის XXVIII ხასიათდება შრის (ფენის) მაგვარი ტალღებით; ხოლო ფთორალკილის ყველაზე გრძელი ჯაჭვის შემცველი თანაპოლიმერის (F<sub>12</sub>MA) ბაზაზე მიღებული პოლიმერული კომპოზიტის ზედაპირის ოპტიკურ გამოსახულებაში შეიმჩნევა ნაპრალები ცვეთადობის ნამსხვრევებით (ნახ. 16; XXXII). სხვადასხვა თანაპოლიმერის ბაზაზე მიღებული, მსგავსი რეცეპტურის მქონე კომპოზიტების მიკროსტრუქტურების შედარებით ნაჩვენებია, რომ კაწვრადობისა და ცვეთადობისადმი უკეთესი მდგრადობით ხასიათდება ფთორალკილის მცირე ჯაჭვის სიგრძის მქონე ფთორმეტაკრილატური თანაპოლიმერების ბაზაზე დამზადებული პოლიმერული მატრიცები. ამგვარად, ცვეთადობისადმი მდგრადობა განისაზღვრება გამოყენებული პერ-ფთორალკილმეთაკრილატების აგებულებით, თანაპოლიმერების მოლური თანაფარდობით ჰიბრიდული კომპოზიტების რეცეპტურით.



XXXII:



**ნახაზი 16.** ტრიბოლოგიური ტესტირების შემდგომ პოლიმერული ჰიბრიდული კომპოზიტების ზედაპირის მიკროსტრუქტურების გამოკვლევა (SEM მიკროსტრუქტურები 50 და 500  $\mu\text{m}$ -ზე)  
(ნახაზზე ნიმუშების ნომრები შეესაბამება ნიმუშების ნომრებს ცხრილში 1)

#### III.4. საექსპლუატაციო მახასიათებლების შესწავლა

დამცავი საფრების ჰიდროფობური თვისებები მნიშვნელოვან როლს ასრულებს სხვადასხვა ზედაპირზე მიკროორგანიზმების ადჰეზიის პროცესში. განსაზღვრულ იქნა მიღებული ანტიმიკრობული დამცავი საფრების წყალშთანქმისუნარიანობა ( $W_{H_2O}$ ) გრავიმეტრიული მეთოდით. ექსპერიმენტულად დადგენილ იქნა, მიღებული ჰიბრიდული მასალები ჰიდროფობურებია და 720 საათის განმავლობაში მათი  $W_{H_2O}$  არ აღემატება 0.002-0.01 მას. %-ს.

მიღებული მასალების საექსპლუატაციო მახასიათებლების გამოსაცდელად შესწავლილ იქნა აგრეთვე მათზე სხვადასხვა ფაქტორების მოქმედება. ფოტოქიმიური (უი და ხილული სინათლისადმი მდგრადობა) და შუქამინდისადმი (დღის სინათლისადმი,  $O_2$ ,  $CO_2$  და სინესტისა და ჰაერის ტენისადმი მდგრადობა) მდგრადობის შესწავლით დადგენილ იქნა, რომ ერთი თვის განმავლობაში ე.წ. “შუქამინდის” მოქმედებისას არ შემჩნეულა ფირების ერთგვაროვნების, იერსახის, ფერის, ოპტიკური გამჭვირვალობის და მექანიკური თვისებების (ზედაპირის ერთგვაროვნება ბზარების წარმოქმნის გარეშე, - ვიზუალურად და მახასიათებლების განსაზღვრით) ცვლილება.

#### ლიტერატურა:

1. A.Yu. Lugauskas, A.I. Mukulskene, D.Yu. Shlyaugene. Catalog micromycetes – biodestructores of the industrial articles. 1987, 340 p.
2. E.Z. Koval, L.P. Sidorenko. Mycodestructores of the industrial articles. Kiev, «Naukova dumka», 1989, 192 p.
3. H.A. Videla. Prevention and Control of Biocorrosion. *Int. Biodeterior.&Biodegr.*, 2002, 49, 259-270.
4. Advanced biologically active polyfunctional compounds and composites for health, cultural heritage and environmental protection. Eds: N. Lekishvili, G. Zaikov, B. Howell. Nova Science Publishers, Inc. New York. 2010.
5. P. Gomez-Romero, C. Sanchez. Functional Hybrid Materials. Wiley VCH, Weinheim, 2006, 434p.
6. European Commission. Preserving our heritage, improving our environment, Volume II - Cultural heritage research: FP5, FP6 and related projects, 2009, 248 p.
7. 41<sup>st</sup> IUPAC World Chemistry Congress. Chemistry Protection Health, Natural Environment and Cultural Heritage. Turin (Italy), 2007.
8. Y. Chujo. KONA, 2007, 25, 255-259.



9. N. Lekishvili, T. Beruashvili, W. Brostow, N. Kebuladze, Kh. Barbakadze *at all*. Protection of health, natural environment and archeological and museum exhibits. World Forum on Advanced Materials, Polychar-17, Rouen, France, 2009.

10. N. Lekishvili and Kh. Barbakadze. *Asian J. Chem.*, 2012, 24, 6, 2637-2642.

11. „Advances in Fluorine-Containing Polymers”. Edited by Dennis W. Smith, Jr., Scott T. Iacono, Dylan J. Boday, and Sharon C. Kettwick, 2013.

12. [Journal of Fluorine Chemistry](#), 2002, 114, 2, 28, 171-176; 13<sup>th</sup> European Symposium on Fluorine Chemistry (ESFC-13) – “New approaches to the synthesis of functionalized fluorine-containing polymers”;

13. D. Murachashvili, E. Markarashvili, Sh. Samakashvili, N. Chedia, N. Lekishvili and N. Tsomaia. Proceedings of the Academy of Sciences of Georgia. Chem. Ser., 2004, 30, 3-4, 235-240.

14. N. Lekishvili, Kh. Barbakadze, D. Zurabishvili, T. Lobzhanidze, Sh. Samakashvili, Z. Pachulia, Z. Lomtadze. Antibiocorrosive covers and conservants based on new carbofunctional oligosiloxanes and biologically active compounds. *Oxid. Commun. (Intern. J.)*, 2010, 33 (1), 104-124.

15. L.A. Markovs'ka, O.A. Savelyeva et al. Pat. 33837 Ukraine. Appl. 17.03.2003.

16. J. Khedkar, I. Negulescu, E. I. Meletis. *Wear.* 2002, 252, 361-369.

17. Kh. Barbakadze, W. Brostow, N. Hnatchuk, Z. Hoyt, N. Lekishvili. Tribology of Novel Antibio-corrosion Coatings. *Materials Research Innovations*, 2015, 19(3), 227-232. Yu.V.Savelyev

IV. 4.

2	პროექტის დასახელება მეცნიერების დარგისა და სამეცნიერო მიმართულების მითითებით	დამფინანსებელი ორგანიზაცია	პროექტის ხელმძღვანელი	პროექტის შემსრულებლები
გარდამავალი (მრავალწლიანი) პროექტის ეტაპის ძირითადი თეორიული და პრაქტიკული შედეგების შესახებ ვრცელი ანოტაცია (ქართულ ენაზე)				

II. 1. პუბლიკაციები:

ა) საქართველოში

მონოგრაფიები

№	ავტორი/ავტორები	მონოგრაფიის სათაური	გამოცემის ადგილი, გამომცემლობა	გვერდების რაოდენობა
1				
ვრცელი ანოტაცია ქართულ ენაზე				

სახელმძღვანელოები

№	ავტორი/ავტორები	სახელმძღვანელოს სახელწოდება	გამოცემის ადგილი, გამომცემლობა	გვერდების რაოდენობა
1	ნოდარ ლეკიშვილი, ხათუნა ბარბაქაძე	ელემენტ(მეტალ)-ორგანული ქიმიის საწყისები	მომზადებულია დასაბეჭდად	295

ვრცელი ანოტაცია ქართულ ენაზე

სახელმძღვანელოში განხილულია ელემენტ(მეტალ)ორგანული ქიმიის განვითარების სტრატეგია, ძირითადი ეტაპები და ტენდენციები; ელემენტ(მეტალ)ორგანული ნაერთების თანამედროვე კლასიფიკაციის და ნომენკლატურის ძირითადი პრინციპები; ქიმიური ბმის ტიპები ელემენტ(მეტალ)ორგანულ ნაერთებში; ელემენტ(მეტალ)ორგანული ნაერთების ძირითადი სტრუქტურები, ლიგანდის, ბმაში მონაწილე ელექტრონების შესაძლო რიცხვის ჩვენებით და η--ს მნიშვნელობით; ელემენტ(მეტალ)ორგანული ნაერთების მნიშვნელოვანი რეაქციები, მათი მექანიზმები და სტერეოქიმია; მათი სტრუქტურა და რეაქციისუნარიანობა; დამოკიდებულება „სტრუქტურა-თვისებები“. ორგანული ლიგანდის შემცველი კოორდინაციული ნაერთები, როგორც მეტალორგანული ნაერთები.

სახელმძღვანელოში განხილულია I-V ჯგუფების ელემენტების (მეტალების), აგრეთვე გარდამავალი მეტალების მეტალორგანული ნაერთების, -კომპლექსების, კარბონილური კომპლექსების და მეტალორგანული კლასტერების, მეტალოცენების და ციმანტრენის აღნაგობის სპეციფიკა, მიღების ძირითადი ლაბორატორიული და სამრეწველო მეთოდები, მნიშვნელოვანი ქიმიური თვისებები და შესაბამისი რეაქციების მექანიზმები, გამოყენება. სახელმძღვანელოში მოტანილია შესაბამისი საილუსტრაციო მასალა. მისი ყველა თავის ქვემოთ მოტანილია კითხვები შექმნილი ცოდნის თვითკონტროლისათვის.

სახელმძღვანელო განკუთვნილია უნივერსიტეტების საბუნებისმეტყველო ფაკულტეტის ბაკალავრიატის ქიმიის სპეციალობის სტუდენტებისთვის და შეესატყვისება საბაკალავრო პროგრამის მიხედვით ამ საგნის სწავლების პირველ დონეს (მეშვიდე სემესტრი). ის გარკვეულ დახმარებას გაუწევს აგრეთვე ამ დარგით დაინტერესებულ მაგისტრანტებს, ასხალგაზრდა მეცნიერებს და ლექტორებს.

**სახელმძღვანელოს შინაარსი**

შესავალი. ელემენტ(მეტალ)ორგანული ნაერთების ქიმიის განვითარების სტრატეგია, ძირითადი მიზნები და ამოცანები, განვითარების ეტაპები, ტენდენციები და მნიშვნელობა.....8

1. ელემენტ(მეტალ)ორგანული ნაერთები: ზოგადი მიდგომები და ფუნდამენტური პრინციპები.....20

1.1. ელემენტ(მეტალ)ორგანული ნაერთების ნომენკლატურა.....21

1.2. ორგანული ლიგანდების შემცველი კოორდინაციული ნაერთები, როგორც მეტალორგანული ნაერთები.....23

1.3. ქიმიური ბმის ტიპები ელემენტ(მეტალ)ორგანული ნაერთებში.....25 1.4. დამოკიდებულება „სტრუქტურა თვისება“ ელემენტ(მეტალ)ორგანულ ნაერთებში. ძირითადი პრინციპები.....43 2.

ელემენტ(მეტალ)ორგანული ნაერთების მნიშვნელოვანი რეაქციები. ზოგადი დახასიათება..... 3.

ელემენტ(მეტალ)ორგანული ნაერთების სტრუქტურა და რეაქციისუნარიანობა.....63

4. მნიშვნელოვანი ელემენტ(მეტალ)ორგანული ნაერთები.....75

4.1. I ჯგუფის მეტალების მეტალორგანული ნაერთები.....75

5.II ჯგუფის მეტალების მეტალორგანული ნაერთები.....95

6. II ჯგუფის მეტალების მეტალორგანული ნაერთები.....118

6.1. თუთიაორგანული ნაერთები.....118

6.2. კადმიუმორგანული ნაერთები.....123

6.3. ვერცხლისწყლის მეტალორგანული ნაერთები.....124

7. III ჯგუფის ელემენტების ელემენტ(მეტალ)ორგანული ნაერთები.....134

7.1. ბორორგანული ნაერთები.....134

7.2. ალუმინორგანული ნაერთები.....144

8. IV ჯგუფის ელემენტების ელემენტ(მეტალ)ორგანული ნაერთები.....157

8.1. სილიციუმორგანული ნაერთები.....157

8.2. გერმანიუმის ჯგუფის მეტალორგანული ნაერთებიორგანული.....189

8.2.1. გერმანიუმორგანული ნაერთები.....189

8.2.2. კალა- და ტყვიორგანულინაერთები.....193

9. V ჯგუფის ელემენტების ელემენტ(მეტალ)ორგანული ნაერთები. დარიშხანორგანული ნაერთები.....201

10. გარდამავალ მეტალთა - კომპლექსები.....216

11. გარდამავალ მეტალთა კარბონილური კომპლექსები და მეტალორგანული კლასტერები.....231

12. მეტალოცენები. ფეროცენი.....254

13. მანგანუმორგანული ნაერთები. ციმანტრენი.....271

ლიტერატურა.....279

დანართი 1.....291

დანართი 2.....291

კრებულები

№	ავტორი/ავტორები	კრებული სახელწოდება	გამოცემის ადგილი, გამომცემლობა	გვერდების რაოდენობა
1				
ვრცელი ანოტაცია ქართულ ენაზე				

სტატიები

№	ავტორი/ ავტორები	სტატიის სათაური, ჟურნალის/კრებულის დასახელება	ჟურნალის/ კრებულის ნომერი	გამოცემის ადგილი, გამომცემლობა	გვერდების რაოდენობა
1	Rus. Gigauri, N. Lekishvili, Kh. Barbakadze, V. Trapaidze, Sh. Japaridze, E. Tskhakaia, T. Marsagishvili	Georgian Natural and Secondary Resources in Service of Technical Progress საქართველოს მეცნიერებათა ეროვნული აკადემიის მაცნე, ქიმიის სერია	42(2)	თბილისი, საქ. მეცნიერებათა ეროვნული აკადემიის გამომცემლობა, 2016	5 გვ. (224-228)
2	N. Lekishvili, Kh. Barbakadze, M. Tatarishvili, N. Hnatchuk, I. Chen, W. Brostow	Obtaining and Characterization of Novel Antibacterial Hybrid Coatings საქართველოს მეცნიერებათა ეროვნული აკადემიის მაცნე, ქიმიის სერია	42(2)	თბილისი, საქ. მეცნიერებათა ეროვნული აკადემიის გამომცემლობა, 2016	4 გვ. (162-165)

ვრცელი ანოტაცია ქართულ ენაზე

1. რუს. გიგაური, ნ. ლეკიშვილი, ხ. ბარბაქაძე, ვ. ტრაპაიძე, შ. ჯაფარიძე,  
ე. ცხაკაია, თ. მარსაგიშვილი

საქართველოს ზოგიერთი ბუნებრივი და მეორადი ნედლეული  
ტექნიკური პროგრესის სამსახურში

საქართველოს მეცნიერებათა ეროვნული აკადემიის მაცნე, ქიმიის სერია  
2016, 42(2), 224-228.

საქართველოს რეგიონის ზოგიერთი ბუნებრივი რესურსიდან და მეორადი ნედლეულიდან შემუშავებულია დარიშხანის და მანგანუმის მიღების ლაბორატორიული ტექნოლოგიები. ასევე ღარიბი დაბალანსებული მადნებიდან, საწარმოო ნარჩენებიდან და შლამებიდან ბაქტერიული (მიკრობიოლოგიური) გამოტუტვის მეთოდი, რაც საწარმოთა შიგნით რეზერვების ხარჯზე მანგანუმის ნედლეულის, - მანგანუმის სულფატის და მეტალური მანგანუმის მიღების საშუალებას იძლევა. ზემოაღნიშნული მეთოდის დადებით მხარეს წარმოადგენს ეკოლოგიურად მისაღები უნარჩენო წარმოების შექმნა, რაც საბოლოო პროდუქტის ღირებულებას მნიშვნელოვნად ამცირებს.

ღარიბი მადნებიდან და წარმოების ნარჩენებიდან მანგანუმის აღდგენის პროცესის ხანგრძლივობის შემცირებისა და გაიაფების მიზნით გამოყენებულ იქნა ავტოტროფული თიობაქტერია – *Thiobacillus ferrooxidans*, ხოლო მის ენერგეტიკულ წყაროდ – პირიტული კონცენტრატი (მადნეულის ს.კ.გ. ნარჩენი:  $Fe^{2+}$  – 57.2%, S – 46.2%). პროცესი კომბინირებულია, – *Thiobacillus ferrooxidans* უანგავს პირიტს  $FeSO_4$ -ისა და  $H_2SO_4$ -ის წარმოქმნით (pH – 2.5). ამავე დროს გამოიყოფა ბაქტერიების მეტაბოლიზმის პროდუქტი – მუაუნმუავა, რომელიც მანგანუმის დიოქსიდის ძლიერ აღმდგენელს წარმოადგენს და შედეგად წარმოიქმნება მანგანუმ(II)-ის სულფატი (დისოცირებულ მდგომარეობაში). მიღებული

ნალექის გაფილტვრის შედეგად ხსნარში რჩება მანგანუმ(II)-ის სულფატი, რომლის ელექტროლიზით მიიღება მეტალური მანგანუმი.

პროცესზე გარემო პირობების გავლენის შესწავლით დადგინდა, რომ მანგანუმის აღდგენა ეფექტურად მიმდინარეობს ავზებში ჰაერის ნაკადის ინტენსიური მიწოდების პირობებში; მანდის მარცვლების სისქეა 0.15 მმ; pH – 2.5; მ/თ = 1:5; კულტურის ტიტრი – 108-109 უჯ/მლ. Fe<sup>2+</sup>-ის დაუანგვის პროცესი განსაკუთრებით აქტიურად მიმდინარეობს აერაციის პირობებში. დადგენილ იქნა, რომ *Thiobacillus ferrooxidans*-ის შტამები 348 და 341 ადვილად ადაპტირებადია 20-25 გ/ლ H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ხსნარში, ხოლო მათი ფიზიოლოგიური თვისებების შესწავლის პროცესში დადგინდა, რომ ისინი ხსნარში მუაუნმუავას წარმოქმნიან, რასაც დიდი მნიშვნელობა ენიჭება მანგანუმ(IV)-ის აღდგენის პროცესში.

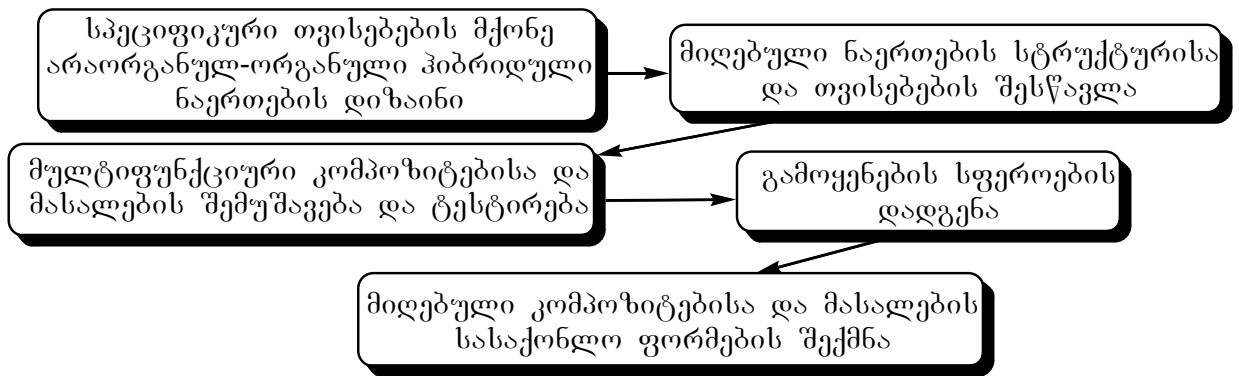
შემუშავებულია წყალბადის საწვავი ელემენტი შავი ზღვის წყალქვეშა (დრმა) გამოყოფილი გოგირდწყალბადის ბაზაზე. რაც დამატებით სტიმულს მისცემს არა მარტო რეგიონის ეკონომიკის განვითარებას, არამედ რეალური გახდება ენერჯის ახალი, ეკოლოგიურად სუფთა წყაროს შექმნა, რაც ტრადიციულ ბაზარზე გარკვეულწილად შეცვლის ნავთობის საწვავს.

ჩატარებულია კვლევები ადამიანის, გარემოსა და რეგიონში არსებული მდიდარი კულტურული მემკვიდრეობის (სამუზეუმო ექსპონატები, არქეოლოგიური ნიმუშები და სხვ.) დაცვის მიმართულებით. მიღებულ იქნა მოლეკულაში მეტალკომპლექსების, პოლიციკლური ასიმეტრიული ფრაგმენტებისა და წარმოების ნარჩენების ტრანსფორმაციით მიღებული დარიშხანის შემცველი, სპეციფიკური თვისებების მქონე ჰიბრიდული ნაერთები. აღნიშნულმა ნაერთებმა დიდი აღზობით უნდა გამოავლინოს სხვადასხვა აგრესიული მიკროორგანიზმის მოქმედების დათრგუნვის სრულიად ახალი, კომბინირებული სტრუქტურებისთვის დამახასიათებელი პოტენციალი. მუშავდება სტიბიუმის სუბ-მიკრო და ნანო-ნაწილაკების მიღების ლაბორატორიული ტექნოლოგია.

დარიშხანშემცველი ჰიბრიდული ნაერთების გამოყენებას რეალური პერსპექტივა გააჩნია რეგიონში დაგროვებული შესაბამისი წარმოების ნარჩენების გარდაქმნით მიღებული შესაბამისი საწყისი ნაერთების ხელმისაწვდომობის გამო.

ადგილობრივი მეორადი რესურსების გამოყენებით შექმნილია ახალი ხელმისაწვდომი ბიოაქტიური ნაერთები და მათ ბაზაზე შემუშავებულია კომპლექსურად მოქმედი ფაქტორების (ჰაერის უანგბადი, ტენი, ნახშირბადის დიოქსიდი, ხილული სინათლე) და თერმო- და ფოტოქიმიური დაბერების მიმართ მდგრადი ანტიმიკრობული/ფუნგიციდური დამცავი საფრები სამუზეუმო ექსპონატების და სინთეზური და ბუნებრივი პოლიმერული მასალების არაკონტროლირებადი ბიოდეგრადაციისაგან ხანგრძლივად დასაცავად.

შემუშავებულია ანტიმიკრობული დამცავი საფრების კვლევის სტრატეგია, რომლის განხორციელება ზოგადად შემდეგ ეტაპებს ეფუძნება:



ზემოაღნიშნული ტიპის დამცავი საფრები დაიცავს ადამიანსა და გარემოს აგრესიული მიკროორგანიზმების მოქმედებისგან, ამასთან ზრდის აღნიშნული მასალების გამძლეობას და ზოგავს საკმაოდ დიდ მატერიალურ რესურსებს.

**2. ნ. ლეკიშვილი, ხ. ბარბაქაძე, მ. თათარიშვილი, ნ. ჰნატჩუკი, ი. ჩენი, ვ. ბროსტოუ**  
**ახალი ანტიმიკრობული დამცავი საფრების მიღება და თვისებები**  
**საქართველოს მეცნიერებათა ეროვნული აკადემიის მაცნე, ქიმიის სერია**  
**2016, 42(2), 162-165**

მეცნიერებისა და ტექნიკის ინტენსიური განვითარების კვალდაკვალ მიკრობიოლოგიური უსაფრთხოებისადმი მოთხოვნის გაზრდა გლობალური მნიშვნელობის საკითხია. მრეწველობის და ტექნიკის ინტენსიურმა განვითარებამ დღეისათვის განსაკუთრებით აქტუალური გახადა სხვადასხვა დანიშნულების, მულტიფუნქციური, ანტიმიკრობული კომპოზიციური მასალების შექმნა და განვითარება.

ბიოგენური ელემენტების და კარბოციკლური ასიმეტრული ფრაგმენტისა და მეტალოცენის ერთდროულად შემცველი ბიოაქტიური ჰეტერომეტალური კოორდინაციული ნაერთების ბაზაზე შექმნილ იქნა ახალი არაორგანულ-ორგანული ანტიმიკრობული ჰიბრიდული დამცავი საფრები კულტურული მემკვიდრეობისა და სამუზეუმო ექსპონატების დასაცავად.

აღნიშნულმა ნაერთებმა მაღალი ალბათობით უნდა გამოავლინონ კომბინირებული სტრუქტურებისთვის დამახასიათებელი/ტიპიური, მოქმედების სრულიად ახალი პოტენციალი, - ხანგრძლივი დროის განმავლობაში ექსპლუატაციის პირობებში სხვადასხვა აგრესიული მიკროორგანიზმის მოქმედების დათრგუნვის უნარი. მატრიცებად შერჩეულ იქნა სხვადასხვა ჰეტერო- და კარბოჯაჭვური პოლიმერები – პოლიურეთანები, პოლი-ეპოქსი- და ფთორშემცველი თანაპოლიმერები. გვერდითი ფუნქციური ჯგუფების მქონე, სამრეწველო სილიციუმორგანული ოლიგომერები შერჩეულ იქნა მიღებული კომპოზიტების მოდიფიკატორებად. განსაზღვრულ იქნა პოლიმერების, მოდიფიკატორებისა და ბიოაქტიური კომპონენტების ოპტიმალური თანაფარდობები.

თერმოგრაფიმეტრიული (თგა) და დიფერენციულ-მასკანირებელი კალორიმეტრიული (დმკ) ანალიზების მეთოდით შესწავლილ იქნა მიღებული მასალების თერმოფიზიკური და საექსპლუატაციო მახასიათებლები. პოლიურეთანული მატრიცების და მათ ბაზაზე მიღებული ჰიბრიდების თგა ანალიზის შედეგებიდან ნაჩვენებია, რომ ისინი 200°C-მდე საკმაოდ მდგრადებია და მასის დანაკარგი არ აღემატება 5-6 მას.%-ს. ყველა ნიმუშისთვის ინტენსიური დაშლის პროცესს ადგილი აქვს 300-350°C-ზე უფრო მაღალ ტემპერატურაზე 45 მას.%-ზე მაღალი მასის დანაკარგით. პოლიურეთანულ მატრიცებთან შედარებით ფთორშემცველი კომპოზიტები უფრო თერმომდგრადებია, - მათი მასის კლება იწყება 230-240°C-ის ზემოთ, ხოლო ინტენსიური დაშლის პროცესი - 370-400°C-ზე უფრო მაღალ ტემპერატურაზე საერთო მასის დანაკარგით 30-35 მას.%.

კრისტალური ფაზის და გამინების ტემპერატურების ფაზური გადასვლების განსაზღვრის მიზნით გამოყენებულ იქნა დიფერენციულ-მასკანირებელი კალორიმეტრიული მეთოდი. დადგენილია, რომ მოდიფიცირებული ნიმუშები ამორფულია, რაც საყურადღებოა, ვინაიდან კრისტალიზაციამ შესაძლოა გამოიწვიოს მათი ოპტიკური თვისებების გაუარესება. დმკ მრუდების ანალიზიდან ნაჩვენებია, რომ ენდოთერმული პიკები შეესაბამება ტესტირებული ნიმუშების გამინების ტემპერატურას ( $T_g$ ). ტესტირებული საფრების გამინების ტემპერატურა აღემატება 45-50°C-ს. შერჩეული პოლიმერული მატრიცების სილიციუმორგანული ოლიგომერებით მოდიფიკაცია იწვევს გამი-

ნების ტემპერატურების პიკების გადაწვევას უფრო დაბალი ტემპერატურებისკენ არამოდიფიცირებულ პოლიმერულ მატრიცებთან შედარებით, ამასთან აუმჯობესებს მათ ელასტიურობას.

შესწავლილ იქნა შემუშავებული ჰიბრიდული დამცავი საფრების ზოგიერთი საექსპლუატაციო მახასიათებელი (ჰაერზე იზოთერმული დაბერება, წყალშთანქმისუნარიანობა, შექმედება). ნაჩვენებია, რომ მიღებული ჰიბრიდული მასალები ხასიათდება კარგი ადჰეზიით სხვადასხვა სინთეზური და ბუნებრივი მასალების ზედაპირზე, გამყარებისას არ არღვევენ ნიმუშის მთლიანობას, თითქმის არ იცვლიან ფერს ხანგრძლივი დროის განმავლობაში იზოთერმული დაბერებისას (40°C), არ წარმოქმნიან მომწამლავ აირებს, არიან შედარებით იაფი და ხელმისაწვდომი.

დადგენილია, რომ ანტიმიკრობული კომპოზიტებისა და მასალების საბაზო კომპონენტების სტრუქტურის, ბიოაქტიურობისა და თანაფარდობის სათანადო კომბინაციით უმჯობესდება მათი მექანიკური, თერმული და საექსპლუატაციო მახასიათებლები.

## II. 2. პუბლიკაციები:

### ბ) უცხოეთში

მონოგრაფიები

გამოქვეყნებულია დამოუკიდებელი თავი მონოგრაფიაში

№	ავტორი/ავტორები	მონოგრაფიის სათაური	გამოცემის ადგილი, გამომცემლობა	გვერდების რაოდენობა
1	N. Lekishvili, M. Rusia, L. Arabuli, Kh. Barbakadze, I. Didbaridze, M. Samkharadze, G. Jioshvili, K. Giorgadze, N. Sagaradze	Process Advancement in Chemistry and Chemical Engineering Research. Chapter 16: “Some Coordination Compounds of Arsenic and Stibium”	“Apple Academic Press” Taylor & Francis Group. 2016; New York, Toronto <a href="http://www.AppleAcademicPress.com">www.AppleAcademic Press.com</a> Ed.: Gennady E. Zaikov & Vladimir A. Babkin	63 გვ. ( 211-274)

ვრცელი ანოტაცია ქართულ ენაზე

**ნ. ლეკიშვილი, მ. რუსია, ლ. არაბული, ხ. ბარბაქაძე, ი. დიდბარიძე, მ. სამხარაძე,  
გ. ჯიოშვილი, ქ. გიორგაძე, ნ. საღარაძე  
დარიშხანისა და სტიბიუმის ზოგიერთი კოორდინაციული ნაერთები**

დარიშხანის წარმოების ნარჩენებისა და ბუნებრივი რესურსების ბაზაზე მიღებული დარიშხანის ნაერთების [დარიშხანის(III) ოქსიდი, დარიშხანის(III) ქლორიდი, ალკ-ოქსიდები, სტიბიუმის(III) ოქსიდი] საფუძველზე დასინთეზებულ და შესწავლილ იქნა ახალი კოორდინაციული ნაერთები, „თეთრი“ დარიშხანი, ზესუფთა მეტალური დარიშხანი და სპეციფიკური თვისებების მქონე სხვადასხვა მასალები.

არააქროლადი არაორგანულ-ორგანული კომპლექსების გამოყენებით შექმნილ და ტესტირებულ იქნა ახალი, ხელმისაწვდომი ანტიმიკრობული/ფუნგიციდური საშუალებები არქეოლოგიური ნიმუშების და სამუზეუმო ექსპონატების დასაცავად. კარბო-ფუნქციური სილიციუმორგანული ოლიგომერებით მოდიფიცირებული ორგანული ჰეტეროჯაჭვური პოლიმერების ბაზაზე შემუშავებულ იქნა ანტიბიოკოროზიული დამცავი საფრები ხის, პლასტმასების და ტყავის ნაწარმისთვის. განხილულ იქნა წყალ-ქვეშა ჰიდროფობური ბიოაქტიური საღებავ-კომპოზიტებისთვის სილოქსან-დარიშხანის ოლიგომერული დანამატების მიღების შესაძლებლობა. ნაჩვენებია ფარმაცევტული პრეპარატების, ანტიჰემინთების, ნახევარგამტარების, ოპტიკური მინის ბოჭკოს და ბიოსამედიცინო ნანოკომპოზიტების წარმოების პერსპექტივა საქართველოს რეგიონის დარიშხანის წარმოების ნარჩენებისა და ბუნებრივი რესურსების ბაზაზე.

სტატიაში, განხილულია ზოგიერთი მესამეული არსინების ვერცხლისწყლის(II) ჰალოგენიდებთან ახალი ბიოაქტიური ჰიბრიდული კოორდინაციული ნაერთები; ვერცხლისწყლის(II) ნიტრატების ტრიარილ- და დიარილალკილარსინოქსიდებთან კოორდინაციული ნაერთები; [(o-Pr)<sub>2</sub>(Et)<sub>4</sub>As<sub>2</sub>(Ph)][Co(NCS)<sub>4</sub>]-ის სინთეზი და კვლევა X-Ray დიფრაქციული და IR სპექტროსკოპული ანალიზის მეთოდებით; ზოგიერთი d-მეტალის ტეტრათიოარსენატების(V) პირიდინთან კოორდინაციული ნაერთები; სტიბიუმშემცველი ბიოაქტიური კოორდინაციული ნაერთები d-მეტალების და ზოგიერთი აზოტშემცველი ლიგანდების ბაზაზე; სინთეზი, სტრუქტურა და თვისებები; დარიშხანშემცველი ბორატების მიღება და კვლევა წარმოების ნარჩენების გარდაქმნის პროდუქტების ბაზაზე.

სახელმძღვანელოები

№	ავტორი/ავტორები	სახელმძღვანელოს სახელწოდება	გამოცემის ადგილი, გამომცემლობა	გვერდების რაოდენობა
1	-----	-----	-----	-----
ვრცელი ანოტაცია ქართულ ენაზე				

კრებულები

№	ავტორი/ავტორები	კრებულის სახელწოდება	გამოცემის ადგილი, გამომცემლობა	გვერდების რაოდენობა
1	-----	-----	-----	-----
ვრცელი ანოტაცია ქართულ ენაზე				



სტატიები

№	ავტორი/ავტორები	სტატიის სათაური, ჟურნალის/კრებულის დასახელება	ჟურნალის/კრებულის ნომერი	გამოცემის ადგილი, გამომცემლობა	გვერდების რაოდენობა
1	N. Lekishvili, Kh. Barbakadze, Rus. Gigauri, N. Kokiashvili	Advanced composites and materials based on natural and secondary resources of Caucasus region and novel hybrid bioactive compound. Oxidation Communications (იმუაქტ ფაქტორით)	Vol. 39, issue 2	სოფია, ბულგარეთი, საქართველოს ტრიბოლოგიური საზოგადოება 2016	12 გვ. (1417-1429)
2	Kh. Barbakadze, W. Brostow, T. Datashvili, N. Hnatchuk, N. Lekishvili	Wear (იმუაქტ ფაქტორით)	ბეჭდვის პროცესში	Elsevier აშშ	17 გვ.

ვრცელი ანოტაცია ქართულ ენაზე

**1. ნ. ლეკიშვილი, ხ. ბარბაქაძე, რუს. გიგაური, ნ. ქოქიაშვილი.**

**ავანგარდული (თანამედროვე) კომპოზიტები და მასალები კავკასიის რეგიონის ბუნებრივი და მეორადი რესურსების და ახალი ბიოაქტიური ნაერთების ბაზაზე**

კაცობრიობისთვის სამ გლობალურ საფრთხესთან (ენერგოკრიზისი, სასურსათო კრიზისი და ეკოლოგიური კატასტროფები) ერთად განსაკუთრებულ საშიშროებას წარმოადგენს გარემოსა და ადამიანზე აგრესიული მიკროორგანიზმების და ვირუსების მოქმედება. მრავალი ხელოვნური მასალა და პოლიმერი განიცდის გარემოში მიკროორგანიზმების მავნე ზემოქმედებას, რაც საბოლოოდ პროდუქტის დაზიანებას იწვევს. ამგვარად, თანამედროვე არაორგანულ-ორგანული ანტიმიკრობული ჰიბრიდული მასალების და დამცავი საფრების განვითარება მზარდ სამეცნიერო ინტერესს იწვევს. მათი შექმნისას მთავარ იდეას წარმოადგენს იერ-სახის ხანგრძლივი შენარჩუნების მიღწევა და ტრიბოლოგიური, მექანიკური და სხვა საექსპლუატაციო მახასიათებლების გაუმჯობესება.

საქართველოში სამრეწველო ნარჩენებიდან დარიშხანისა და სტიბიუმის მათი სხვადასხვა ფორმით გამოყოფის საყურადღებო რეზერვები არსებობს. მათგან ძალზე პერსპექტიულია მესამეული ალკილ(არილ)არსინების ბაზაზე მიღებული კოორდინაციული ნაერთები. სტიბიუმის(III) ოქსიდი გამოიყენება თანამედროვე ცეცხლგამძლე

სადებაგების და მინანქრების, ახალი ფუნქციური მასალების და კომპოზიტების დასამზადებლად.

უკანასკნელი ათწლეულების განმავლობაში, სხვადასხვა გრესიული მიკროორგანიზმის მოქმედების დათრგუნვის უნარის მქონე ბიოაქტიური ნაერთების მრავალფეროვანი კლასებიდან პერსპექტიული აღმოჩნდა მეტალთა კომპლექსებმა ფეროცენისა და ტრიციკლო[3.3.1.1<sup>3,7</sup>]დეკანის ბაზაზე, როგორც პოტენციურმა ბაქტერიციდულმა და ფუნგიციდურმა აგენტებმა. ფეროცენი და ადამანტანი, მათი უნიკალური თვისებების გათვალისწინებით, როგორცაა თერმული და კინეტიკური მდგრადობა, სტრუქტურული და სტერეოქიმიური მრავალფეროვნება, მაღალი ლიპოფილობა, ჰიდროფობურობა, იმუნოტროპულობა და მემბრანოტროპულობა, საინტერესო საკვლევი ობიექტებს წარმოადგენენ გაუმჯობესებული ბიოაქტიურობის ფართო სპექტრის მქონე ახალი ნაერთების და - არაორგანულ-ორგანული ჰიბრიდული ფრაგმენტების შემცველი სისტემების დიზაინისთვის.

მიღებულ და შესწავლილ იქნა ახალი, მდგრადი არაორგანულ-ორგანული ჰიბრიდული კომპოზიტები და ანტიმიკრობული დამცავი მასალები პოლიფუნქციური სილოქსანებით მოდიფიცირებული ეპოქსიდური და ჰეტეროჯაჭვური პოლიმერებისა და სტიბიუმისა და გარდამავალი მეტალების კოორდინაციული ნაერთების ბაზაზე. თერმოფიზიკური თვისებების კვლევის შედეგად დადგინდა იქნა მათი სამუშაო ტემპერატურული ინტერვალები, თერმული მდგრადობა და დაშლის თერმული ქცევა. თერმოგრავიმეტრიული (თგა) ანალიზის მეთოდით შესწავლილ იქნა მათი თერმო-ჟანგვითი მდგრადობა. ნაჩვენებია, რომ სუფთა პოლიმერული მატრიცები და მოდიფიცირებული ჰიბრიდები მათ ბაზაზე 280-290°C-მდე მდგრადებია. სუფთა მატრიცის ინტენსიური დაშლის პროცესს ადგილი აქვს 280-460°C ტემპერატურულ ინტერვალში მასის დიდი დანაკარგით – 81.3 %, ხოლო სრული თერმოდესტრუქცია მიმდინარეობს 460-570°C-ზე. მოდიფიცირებული საკვლევი ნიმუშების თერმული მდგრადობის პარამეტრები, მათ შორის საწყისი დაშლის ტემპერატურა (IDT) და დაშლის მაქსიმალური სიჩქარის ტემპერატურა (T<sub>max</sub>), სუფთა მატრიცის იმავე მახასიათებლებთან შედარებით, იზრდება. ამგვარად, მოდიფიკაციით შესაბამისი ჰიბრიდების თერმული მდგრადობა უმჯობესდება, მათი მასის კლება წანაცვლებულია უფრო მაღალი ტემპერატურებისკენ და შემდგომ კიდევ უფრო უმჯობესდება ბიოაქტიური კომპონენტის დამატებით. მოდიფიცირებული ჰიბრიდული კომპოზიტების სრული თერმული დაშლა შეინიშნება 590-700°C-ზე.

კრისტალური ფაზის, გამინების ტემპერატურებისა და ფაზური გადასვლების განსაზღვრის მიზნით გამოყენებულ იქნა დიფერენციულ-მასკანირებელი კალორიმეტრული (დმკ) მეთოდი. დმკ მრუდებზე პიკების დაცემის შუალედური წერტილი (ენდოთერმული პიკები) შეესაბამება გამინების ტემპერატურას (T<sub>g</sub>). ტესტირებული ჰიბრიდების T<sub>g</sub> მდებარეობს +45-60°C ტემპერატურულ ინტერვალში. ამასთან, მოდიფიცირებული ნიმუშები ამორფულია, რაც საყურადღებოა, ვინაიდან კრისტალიზაციამ შესაძლოა გამოიწვიოს მათი ოპტიკური თვისებების გაუარესება. აღნიშნული კი უზრუნველყოფს მათ ოპტიკურ გამჭვირვალობას ოთახისა და უფრო მაღალ ტემპერატურულ ინტერვალში, რაც აუცილებელია ზემოაღნიშნული მასალების სამუხეუმო ექსპონატების დასაცავად გამოყენების თვალსაზრისით.

თითქმის ყველა ნიმუში ხასიათდება გამინების მდგომარეობის ფაზური გადასვლებით, ე. წ. β გადასვლებით -26°C-დან -57°C-ის ინტერვალში. PUS და PUB-მატრიცებზე 3 მას. % სილოქსანური მოდიფიკატორის დამატება იწვევს β გადასვლის ტემპერატურის (T ) დაწევას შესაბამისად -51.6°C-დან - 53.9°C-მდე და -51.5°C-დან -57.0°C-მდე. მეორეს მხრივ, მოდიფიცირებულ კომპოზიტში ბიოაქტიური დანამატის შეყვანა კიდევ უფრო ამცირებს β გადასვლის ტემპერატურას, - შესაბამისი ნიმუშების T<sub>β</sub> მდებარეობს -33.7°C-დან -43.6°C-მდე ტემპერატურულ ინტერვალში. გარდა ამისა, ჰიბრიდული კომპოზიტების

საბოლოო მახასიათებლების განსაზღვრისას მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს შერჩეული მოდიფიკატორების თვისებები და ტექნოლოგიური პარამეტრები. როგორც ჩანს, უფრო მაღალ (მომატებულ) ტემპერატურებზე დამუშავება მოდიფიკატორსა და მატრიცას შორის თავისებური მეორადი ბმის წარმოქმნას იწვევს, რაც თავის მხრივ, მათ თერმულ თვისებებს აუმჯობესებს.

**2. ხ. ბარბაქაძე, ვ. ბროსტოუ, თ. დათაშვილი, ნ. ჰნატჩუკი, ნ. ლეკიშვილი  
დაბალი ხახუნისა და კაწვრადობისადმი მაღალმდგრადი ანტიბიოკოროზიული  
ეპოქსიდური საფრები**

კვლევის მიზანია სპეციფიკური თვისებების მქონე სხვადასხვა მოლეკულური სტრუქტურის მრავალმხრივი კომბინაციით შერწყმითა და მათი ურთიერთშეთანხმების კონტროლის გზით ახალი არაორგანულ-ორგანული ჰიბრიდული მასალების განვითარება მათი ტრიბოლოგიური, მექანიკური, თერმული და ბიოკოროზიისადმი მდგრადობის გაუმჯობესების მიზნით.

შესწავლილია არაორგანულ-ორგანული ჰიბრიდული კომპოზიტები და ანტიბიოკოროზიული დამცავი საფრები სილიციუმორგანული დიეპოქსიდით, ოლიგომერებითა და ბიოაქტიური კოორდინაციული ნაერთებით მოდიფიცირებული სამრეწველო ორგანული ეპოქსიდის ბაზაზე.

მიღებული ჰიბრიდული კომპოზიტების თერმოფიზიკური თვისებების შესწავლის მიზნით გამოყენებულ იქნა დიფერენციულ-მასკანირებელი კალორიმეტრიის (დმკ), დიფერენციულ-თერმული (დთა) და თერმოგრაფიმეტრიული (თგა) ანალიზის მეთოდები.

დიფერენციულ-მასკანირებელი კალორიმეტრიული კვლევის შედეგებიდან ჩანს, რომ საკვლევი მასალები ამორფულია, ამასთან თითქმის ყველა ჰიბრიდი ხასიათდება გამინების გადასვლის ზოლით 49.2-58.0°C ტემპერატურულ ინტერვალში. ამგვარად, ისინი ოპტიკურად გამჭვირვალეა, ამასთან ოპტიკური გამჭვირვალობა მიღწევადია ოთახის ტემპერატურაზე ან ტემპერატურის უფრო მაღალ დიაპაზონში. DSC კვლევებიდან დადგინდა იქნა აგრეთვე გამინების მდგომარეობის ფაზური, ე.წ. β გადასვლები. კერძოდ, სუფთა ეპოქსიდის 3 მას. % სილოქსანით მოდიფიკაცია იწვევს β გადასვლის ტემპერატურის დაწევას (T<sub>β</sub>) -45.7.5°C-დან -62.3°C-მდე. აშკარაა, დაბალ ტემპერატურაზე სუფთა ეპოქსიდის შინაგანი კოჰეზია გამოწვეულია სოლოქსანის თანაობით. მეორეს მხრივ, მეტალშემცველი კოორდინაციული ნაერთების დამატება ზრდის დაბალი ტემპერატურის ამორფული ფაზის მდგრადობას.

მოდიფიცირებული ეპოქსიდური ჰიბრიდების თერმული მდგრადობის პარამეტრები, - საწყისი დესტრუქციის ტემპერატურა (IDT) და დესტრუქციის მაქსიმალური ტემპის ტემპერატურა T<sub>ma</sub> იზრდება არამოდიფიცირებულ ეპოქსიდთან მიმართებაში. ამასთან, მოდიფიკატორის მასური წილის ზრდასთან ერთად ჰიბრიდების თერმული დესტრუქციისადმი მდგრადობა იზრდება, მასის კლება მაღალი ტემპერატურებისკენ ინაცვლებს და შემდგომ კვლავ უმჯობესდება ბიოაქტიური კომპონენტის დამატებით. ფუნქციურჯგუფებიანი სილიციუმორგანული დანამატების შემცველი ჰიბრიდების შედარებითი თერმული მდგრადობა ED-20-თან შედარებით გამოწვეულია შუალედური გარდიგარდმო ბმული სტრუქტურების გარკვეული მასტაბილიზებული ეფექტით, რომელიც, როგორც ჩანს, უფრო მეტად ასტიმულირებს მოდიფიკატორით მატრიცის მაკროჯაჭვის სტრუქტურირების პროცესს.

ჰიბრიდების ტრიბოლოგიური ქცევა დაკავშირებულია მათ შედგენილობაზე. კაწვრადობისადმი მდგრადობა განსაზღვრულ იქნა ხახონად ზრდადი დატვირთვის პირობებში. შედწევადობის სიღრმის მაქსიმუმის სიდიდე მნიშვნელოვნად დაბალია მოდიფიცირებული პოლიმერული მატრიცების შემთხვევაში არამოდიფიცირებულ ეპოქსიდთან

შედარებით. მოდიფიკაციით უმჯობესდება აგრეთვე კომპოზიტების მიკროკაწვრადობით მყისიერი დეფორმაციისადმი მდგრადობა და კაწვრადობის რიცხვის გაზრდის მიუხედავად ნაშთის სიღრმის მნიშვნელობა ძირითადად მცირდება, ხოლო ბლანტდრეკადობის აღდგენა მერყეობს 64-95% დიაპაზონში. სილიციუმორგანული ოლიგომერებით მოდიფიცირებული ჰიბრიდული კომპოზიტები ხასიათდება ნაშთის სიღრმის, როგორც გამოყენებული ცვალებადი (ზრდადი) ძალის ფუნქციის, ყველაზე ზედაპირული (წვრილი) მნიშვნელობით არამოდიფიცირებულ ეპოქსიდთან შედარებით.

მიღებული ჰიბრიდული მასალების ცვეთადობისადმი მდგრადობის კვლევით დადგენილია, რომ 40მ მანძილის გავლის შემდეგ ყველა საკვლევი მასალის დინამიური ხახუნის კოეფიციენტი (f) იცვლება  $0.1 < f < 0.25$  დიაპაზონში. ნახვენებია, რომ ეპოქსიდის სილიციუმორგანული ოლიგომერებით მოდიფიკაცია სხვა კომპოზიტებთან შედარებით ხახუნის კოეფიციენტის ყველაზე არსებით შემცირებას იწვევს. ამასთან, საბაზო ეპოქსიდში მოდიფიკატორის მასური წილის გაზრდა ძირითადად იწვევს დინამიური ხახუნის კოეფიციენტისა და მცოცავი ცვეთადობის ეტაპობრივ შემცირებას, ხოლო კაწვრადობისადმი მდგრადობა იზრდება.

მიღებული დამცავი საფრების ზედაპირის მიკროსტრუქტურების გამოკვლევა მიღებულ შედეგებთან თანხვედრაშია. მოდიფიკატორის შემცველობის გაზრდა იწვევს საკვლევი კომპოზიტების უფრო მოქნილ ქცევას, არ შეიმჩნევა ნაპრალები და ცვეთადობის კვალი ძალიან უმნიშვნელოა. ამგვარად, მოდიფიკაციით ცვეთამედგობა და კაწვრადობისადმი მდგრადობა იზრდება.

შესწავლილია მიღებული ჰიბრიდული მასალების ჟანგვითი, თერმოჟანგვითი, ფოტოქიმიური, თერმოდაბერებისადმი და „შუქამინდის“ მოქმედების მიმართ მდგრადობა. საკვლევი პოლიმერული კომპოზიტები ოპტიკურად გამჭვირვალე, გლუვი, ვიზუალურად ჰომოგენურებია და ხასიათდება სხვადასხვა ზედაპირზე კარგი ადჰეზიის უნარით. გრაფიმეტრიული მეთოდით დამცავი საფრების წყალშთანთქმისუნარიანობის ( $W_{H2O}$ ) შესწავლით დადგენილ იქნა მათი ჰიდროფობური ბუნება. ამასთან, წყალშთანთქმისუნარიანობისადმი მდგრადობა მატულობს მოდიფიკატორის კონცენტრაციის ზრდასთან ერთად.

კვლევების შედეგად დადგენილ იქნა, რომ ანალოგიური ტიპის მოდიფიკაცია წარმატებით შეიძლება გამოყენებულ იქნას შესაბამისი არაორგანულ-ორგანული დამცავი საფრების მექანიკური, ტრიბოლოგიური და საექსპლუატაციო თვისებების გასაუმჯობესებლად.

III. 1. სამეცნიერო ფორუმების მუშაობაში მონაწილეობა

ა) საქართველოში

№	მომხსენებელი/ მომხსენებლები	მოხსენების სათაური	ფორუმის ჩატარების დრო და ადგილი
1	N. Lekishvili, Kh. Barbakadze, T. Machaladze, M. Tatarishvili, N. Hnatchuk, I. Chen, W. Brostow.	„Obtaining and Characterization of Novel Antibacterial Hybrid Coatings“ Modern Researches and Prospects of Their Use in Chemistry, Chemical Engineering and Related Fields, p. 190  „Advanced Compounds and Materials Based on Natural and	Ureki, Georgia, 21-26 September, 2016

2	N. Lekishvili, R. Gigauri, Kh. Barbakadze, V. Trapaidze, Sh. Japaridze, E. Tskhakaia, T. Marsagishvili.	Secondary Resources of Georgian Region“ Modern Researches and Prospects of Their Use in Chemistry, Chemical Engineering and Related Fields, p. 93	Ureki, Georgia, 21-26 September, 2016
---	---	--	---------------------------------------

მოსხენების ანოტაცია ქართულ ენაზე

**1. ნ. ლეკიშვილი, ხ. ბარბაქაძე, თ. მაჩალაძე, მ. თათარიშვილი,  
ნ. ჰნატჩუკი, ა. ჩენი, ვ. ბროსტოუ**

**ახალი ანტიბაქტერიული ჰიბრიდული დამცავი საფრების მიღება და დახასიათება**

კაცობრიობისთვის სამ გლობალურ საფრთხესთან (ენერგოკრიზისი, სასურსათო კრიზისი და ეკოლოგიური კატასტროფები) ერთად განსაკუთრებულ საშიშროებას წარმოადგენს გარემოსა და ადამიანზე აგრესიული მიკროორგანიზმების და ვირუსების მოქმედება.

მიღებულ იქნა ახალი არაორგანულ-ორგანული ჰიბრიდები სპეციფიკური თვისებების მქონე არატრადიციული ფუნქციური მასალების შემუშავების მიზნით კულტურული მემკვიდრეობისა და სამუზეუმო ექსპონატების დასაცავად. ბიოკოროზიისადმი სტაბილურობა მიღწეულ იქნა სხვადასხვა მოლეკულური სტრუქტურის სხვადასხვა თანაფარდობით მრავალმხრივი კომბინაციითა და მათი ურთიერთშეთანხმების კონტროლის გზით.

ბიოაქტიურ კომპონენტად გამოყენებულ იქნა ზოგიერთი ბიოგენური ელემენტის ჰეტერომეტალური კოორდინაციული ნაერთები და მეტალოცენისა [ბის(η<sup>5</sup>-ციკლოპენტა-დიენილ)რკინა] და პოლიციკლური ასიმეტრიული ფრაგმენტების ერთდროულად შემცველი ლიგანდები. მოდიფიკატორებად შერჩეულ იქნა გვერდითი ფუნქციური ჯგუფების მქონე სამრეწველო სილიციუმორგანული ოლიგომერები. ისინი ხასიათდება სხვადასხვა ჰეტერო- და კარბოჯაჭვურ პოლიმერულ მატრიცებთან (პოლიურეთანები, პოლიეპოქსიდები, ფთორშემცველი თანაპოლიმერები და სხვ.) კარგი თავსებადობით, რაც პრინციპულად ახალი თაობის, კარგი თერმული მდგრადობის, ჰიდროფობური და მექანიკური მახასიათებლების მქონე მულტიფუნქციური ანტიბაქტერიული დამცავი საფრების განვითარების საშუალებას გვაძლევს.

მიღებული კომპოზიტების სამუშაო ტემპერატურული ინტერვალი დადგენილ იქნა მათი თერმოფიზიკური თვისებების კვლევით. მიღებული კომპოზიტების თერმული მდგრადობა შესწავლილ იქნა თერმოგრაფიკული ანალიზით (TGA). TGA შედეგებიდან გამომდინარე, პოლიურეთანული მატრიცები და მათ ბაზაზე მიღებული ჰიბრიდები 200°C-მდე საკმაოდ მდგრადებია და მასის კლება არ აღემატება 5-6 მას. %-ს. ნიმუშების ინტენსიურ დესტრუქციის პროცესს ადგილი აქვს 300-350°C-ზე ზემოთ 45 მას. %-ზე მაღალი საერთო მასის კლებით. ფთორშემცველი თანაპოლიმერების ბაზაზე მიღებული ჰიბრიდები უფრო მეტად თერმომდგრადებია, ვიდრე პოლიეპოქსიდების ან პოლიურეთანების ბაზაზე მიღებული მატრიცები: მათი მასის კლება იწყება 230-240°C-ზე მაღლა და ინტენსიურ დესტრუქციის პროცესს ადგილი აქვს 370-400°C-ზე ზემოთ 30-35 მას. % საერთო მასის კლებით. ტესტირებული კომპოზიტების სრული თერმული დეგრადაცია მიმდინარეობს 600°C-ზე ზემოთ.

დიფერენციულ-მასკანირებელი კალორიმეტრიის (დმკ) მეთოდი გამოყენებულ იქნა ფაზური გადასვლებისა და გამინების ტემპერატურები. დიფერენციულ-მასკანირებელი კალორიმეტრიული მრუდების ანალიზიდან ჩანს, რომ ენდოთერმული პიკები შეესაბამება ტესტირებული ნიმუშების გამინების ტემპერატურას (T<sub>g</sub>). მიღებული დამცავი საფრების გამინების ტემპერატურა მდებარეობს +50°C-ზე მაღალ ტემპერატურულ ინტერვალში.

შერჩეული პოლიმერული მატრიცების სილიციუმორგანული ოლიგომერებით მოდიფიკაცია იწვევს გამინების ტემპერატურის პიკების უფრო დაბალი ტემპერატურებისკენ გადაწევას არამოდიფიცირებულ პოლიმერულ მატრიცებთან შედარებით. შემუშავებული კომპოზიტები ოთახის ტემპერატურაზე (ანტიბაქტერიული საფრების სამუხეუმო ექსპონატების დამცავ მასალებად გამოყენების სამუშაო ტემპერატურა) ამორფული მასალებია, რაც ძალზე მნიშვნელოვანია, რამდენადაც კრისტალიზაციამ შესაძლოა გააუარესოს მათი ოპტიკური თვისებები.

მიღებული შედეგების თანახმად, შემუშავებული არაორგანულ-ორგანული ჰიბრიდული დამცავი საფრები ხასიათდება სხვადასხვა სინთეზურ და ბუნებრივ მასალათა ზედაპირებზე კარგი ადჰეზიით, მაღალი სიმტკიცით, ელასტიურობითა და სტაბილური მექანიკური მახასიათებლებით, ჰიდროფობურობით და ფოტო- და თერმული დაბერებისადმი მედეგობით. აღნიშნული მასალები ექსპლუატაციისას არ წარმოქმნის მაგნეტიკურ აირებს, არის შედარებით იაფი და ხელმისაწვდომი.

*ავტორები მადლობას უხდებიან საქართველოს შოთა რუსთაველის ეროვნულ სამეცნიერო ფონდს (RNSF) კვლევების ერთ-ერთი მონაწილის (დოქტ. ხ. ბარბაქაძე) ფინანსური მხარდაჭერისთვის.*

**2. რუს.გიგაური, ნ. ლეკიშვილი, ხ. ბარბაქაძე, ვ. ტრაპაიძე, შ. ჯაფარიძე,  
ე. ცხაკაია, თ. მარსაგიშვილი  
ავანგარდული ნაერთები და მასალები საქართველოს რეგიონის  
ბუნებრივი და მეორადი რესურსების ბაზაზე**

საქართველო მდიდარია მნიშვნელოვანი მინერალური ნედლეულით – ბარიტი, ბენტონიტური თიხა, ნავთობი, ბუნებრივი აირი, მანგანუმი, სპილენძი, დარიშხანი, ოქრო, სამკურნალო მინერალური წყლები, შავ ზღვაში არსებული გოგირდწყალბადის დიდი მარაგი და სხვ.

მიუხედავად ამისა, საზოგადოების განვითარების თანამედროვე ეტაპზე, ჩვენს პლანეტაზე ძირითადი სტრატეგიული ნედლეულის (მეტალები, ქვანახშირი, ბუნებრივი აირი, ნავთობი) მუდმივად მზარდი დეფიციტის პირობებში, სულ უფრო აქტუალური ხდება მეორადი ნედლეულის და დაგროვებული წარმოების ნარჩენების მიზნობრივი გამოყენების გზების ძიება და იაფი სანედლეულო ბაზის შექმნა. ეს ნებისმიერი განვითარებადი ქვეყნისთვის არამარტო დამატებითი ტექნიკურ-ეკონომიკური რეზერვია, არამედ ხელს შეუწყობს მთელი რიგი ეკოლოგიური პრობლემების გადაწყვეტას.

ჩვენ მიერ ჩატარებული კვლევების მიმართულებით გამოკვეთილია ორი ტენდენცია:

- ბუნებრივი რესურსების და მეორადი ნედლეულის გამოყენება სპეციფიკური თვისებების მქონე სხვადასხვა ნაერთების და მასალების მისაღებად;
- აღნიშნული რესურსების ბაზაზე ეკონომიკურად გამართლებული ავანგარდული ტექნოლოგიების შემუშავება.

ჩვენმა სამეცნიერო ჯგუფებმა სხვადასხვა სასაქონლო ფორმა შექმნეს:

- ღარიბი მადნებიდან და საწარმოო ნარჩენებიდან სუფთა მანგანუმის გამოყოფა ბიომეტალურგიული მეთოდით (ბაქტერიული გამოტუტვა) *thiobacillus ferrooxidans*-ის შტამის და პირიტის თანაობისას. საბოლოო პროდუქტი – ელექტროლიტური მეტალური მანგანუმი მიიღება 99.83% სისუფთავითა და 14% გამოსავლიანობით, რაც დადასტურებულია სპექტრული ანალიზის მეთოდით;
- სპეციფიკური თვისებების მქონე ნაერთების მიღება წარმოების ნარჩენებიდან გამოყოფილი დარიშხანის საფუძველზე და მათი გამოყენება ეკოლოგიურად უსაფრთხო ანტიმიკრობული ჰიბრიდული მოლიმერული მასალების დასამზადებლად;

• შავი ზღვის წყალქვეშა (ღრმა) ფენებიდან გოგირდწყალბადის გამოყოფა და წყალბადის პროგრესული საწვავი ელემენტის შექმნა (პროფ. თ. მარსაგიშვილი, ქიმ. დოქტ. ე. ცხაკაია), რომელიც მომავალში ნავთობის საწვავს შეცვლის.

ჩატარებული კვლევები მნიშვნელოვანია ინოვაციის, მეცნიერების, ტექნოლოგიის, ასევე ეკონომიკის, ეკოლოგიის და სოციალური თვალსაზრისით. ბუნებრივი და მეორადი ნედლეულისადმი ასეთი დამოკიდებულების ტენდენცია ხელმისაწვდომი, მცირე მასალატეკვადი და მაღალეფექტური ტექნოლოგიების განვითარების რეალურ პერსპექტივას სახავს, რაც ამასთანავე მნიშვნელოვნად შეუწყობს ხელს ეკონომიკურ პროგრესს საქართველოს რეგიონში და ასევე ხელს შეუწყობს რიგი ეკოლოგიური პრობლემების გადაჭრას.

ბ) უცხოეთში

№	მომხსენებელი/ მომხსენებლები	მოხსენების სათაური	ფორუმის ჩატარების დრო და ადგილი
1	Kh. Barbakadze, W. Brostow, T. Datashvili, N. Lekishvili	„Novel Antimicrobial Hybrid Materials“ Annual World Forum on Advanced Materials (POLYCHAR 24)	Poznan, Poland 9-13 May, 2016

მოხსენებათა ანოტაციები ქართულ ენაზე

**ხ. ბარბაქაძე, ვ. ბროსტოუ, თ. დათაშვილი, ნ. ლეკიშვილი  
ახალი ანტიმიკრობული ჰიბრიდული მასალები**

თანამედროვე ეპოქაში გაზრდილია მოთხოვნილება სხვადასხვა აგრესიული მიკროორგანიზმის მოქმედების მიმართ მდგრადი მასალების განვითარების მიმართულებით – კულტურული მემკვიდრეობის დასაცავად, ბიოსამედიცინო მრეწველობაში და სხვა სფეროებში მათი გამოყენების თვალსაზრისით.

ჩვენ მიერ შექმნილია ახალი თერმულად მდგრადი, ჰიდროფობური, მექანიკურად მტკიცე არაორგანულ-ორგანული ჰიბრიდული კომპოზიტები და დამცავი საფრები სამრეწველო ეპოქსიდის ბაზაზე მისი სილიციუმშემცველი ეპოქსიდებით, სილიციუმორგანული ოლიგომერებით და ბიოაქტიური კოორდინაციული ნაერთებით მოდიფიკაციის მეშვეობით. განსაზღვრულ იქნა პოლიმერების, მოდიფიკატორებისა და ბიოაქტიური კომპონენტების ოპტიმალური თანაფარდობები. დიფერენციულ-მასკანირებელი კალორიმეტრიული მრუდებიდან ჩანს, რომ თითქმის ყველა ჰიბრიდისთვის გამინების გადასვლები მდებარეობს +49-58°C ტემპერატურულ ინტერვალში. სუფთა ეპოქსიდის სილიციუმორგანული ოლიგომერებით მოდიფიკაცია იწვევს β გადასვლის ტემპერატურის (T<sub>β</sub>) დაწევას შესაბამისად -46°C-დან - 62°C-მდე. მოდიფიცირებული ეპოქსიდური ჰიბრიდების თერმული მდგრადობის პარამეტრები, მათ შორის საწყისი დაშლის ტემპერატურა (IDT) და დაშლის მაქსიმალური სიჩქარის ტემპერატურა (T<sub>max</sub>) სუფთა მატრიცის იმავე მახასიათებლებთან შედარებით, იზრდება. ამგვარად, თერმული დეგრადაციისადმი

მდგრადობა ძლიერდება და მასის კლება წანაცვლებულია უფრო მაღალი ტემპერატურებისკენ მოდიფიკატორის მასური წილის გაზრდასთან ერთად და შემდგომ კიდევ უფრო უმჯობესდება ბიოაქტიური კომპონენტის დამატებით.

ტესტირებული ნიმუშების მცოცავი ცვეთადობა (SWD) განსაზღვრულ იქნა იმავე ჭრილის მრავალრიცხოვანი კაწვრადობის მეშვეობით მუდმივი ძალის გამოყენების პირობებში ხელსაწყოზე - Micro Scratch Tester. შეღწევადობის სიღრმის მაქსიმუმისა ( $R_p$ ) და ნაშთის სიღრმის ( $R_z$ ) დიაგრამებიდან, როგორც განხორციელებულ ტესტთა რიცხვის ფუნქციიდან მუდმივი 5.0 N დატვირთვისას ჩანს, რომ მოდიფიკაციით უმჯობესდება მიღებული კომპოზიტების კაწვრადობისადმი მდგრადობა. მცოცავი ცვეთადობის განსაზღვრისას ასევე შეინიშნება მყისიერი დეფორმაციისადმი მდგრადობა. ბლანტდრეკადობის აღდგენის მნიშვნელობები მერყეობს დიაპაზონში 64-95 %.

დინამიური ხახუნის კოეფიციენტის (f) ცვლილება საკვლევ ნიმუშზე ბურთულიანი მოწყობილობის გადაადგილების (ცოცვის) მანძილთან მიმართებაში განსაზღვრულ იქნა ტრიბომეტრის "Nanovea pin-on-disk" გამოყენებით, რომელიც უზრუნველყოფს ხახუნისა და ცვეთადობის პროცესების მოდელირებას. 40 მ მანძილის გავლის შემდეგ ყველა საკვლევი მასალის დინამიური ხახუნის კოეფიციენტი იცვლება  $0.1 < f < 0.25$  დიაპაზონში. არამოდიფიცირებული ეპოქსიდისთვის დინამიური ხახუნის კოეფიციენტი ტესტირების საწყის ეტაპზე იზრდება უცვლელი სტადიის მიღწევამდე. მოდიფიცირებული ეპოქსიდური კომპოზიტების დინამიური ხახუნის კოეფიციენტი ტესტირების განმავლობაში უცვლელ სიდიდეს წარმოადგენს. არამოდიფიცირებულ ეპოქსიდთან მიმართებაში სილიციუმორგანული ოლიგომერებით მოდიფიკაცია სხვა კომპოზიტებთან შედარებით ხახუნის კოეფიციენტის ყველაზე არსებით შემცირებას იწვევს. კაწვრადობისა და დინამიური ხახუნის ტესტირების შემდეგ პოლიმერული კომპოზიტების ზედაპირის მიკროსტრუქტურების გამოკვლევით ნაჩვენებია, რომ მოდიფიკაციის შედეგად მიღებული ჰიბრიდების ცვეთამდებობა და კაწვრადობისადმი მდგრადობა იზრდება.

რამდენადაც ჰიდროფობური თვისებები მნიშვნელოვან როლს ასრულებს სხვადასხვა ზედაპირზე მიკროორგანიზმების ადჰეზიის პროცესში, განსაზღვრულ იქნა მიღებული მასალების წყალშთანთქმისუნარიანობა ( $W_{H_2O}$ , wt-%) გრავიმეტრიული მეთოდით. 720 საათის განმავლობაში ყველა ჰიბრიდისთვის  $W_{H_2O}$  არ აღემატება 0.001-0.01 მას. %-ს. ამგვარად, მიღებული ჰიბრიდების პოტენციური გამოყენების სფეროები ასევე მოიცავს კულტურული მემკვიდრეობისა და სამუზეუმო ექსპონატების ანტიმიკრობულ დაცვას. *ავტორები მადლობას უხდებიან საქართველოს შოთა რუსთაველის ეროვნულ სამეცნიერო ფონდს (RNSF) კვლევების ფინანსური მხარდაჭერისთვის.*

საანგარიშო პერიოდში აგრეთვე დაწვებულია საინიციატივო ს/კ სამუშაო:

1. „ახალი ციკლენ-ჰეპტიდი და დოჰა-ჰეპტიდი კონიუგაციების სინთეზი და ციტოტოქსიურობის შესწავლა“

თემის ხელმძღვანელი: ლილი არაბული, ქიმიის მეცნიერებათა კანდიდატი,  
ინსტიტუტის განყოფილების ხელ-ლი

გარდამავალი პერიოდის ანოტაციური ანგარიში

ლიტერატურის მიმოხილვა

მაკროციკლურ პოლიამინებს ფართო ბიოლოგიური და სამედიცინო გამოყენება აქვთ. მათი შერჩევითი ფუნქციონალიზაციისთვის ახალი მეთოდოლოგიების ძიება მაღალი



ინტერესის საგანია მათი მნიშვნელობიდან გამომდინარე სხვადასხვა სახის დიაგნოსტიკური თუ თერაპევტული ფარმაცევტული პრეპარატების [1, 2] და ახალი მაგნიტურ-რეზონანსული გამოსახულების კონტრასტული აგენტების შექმნისათვის [3]. ბოლო დროს ციკლენის ბაზაზე ბიფუნქციურმა ხელატორებმა დიდი ყურადღება მიიქცია სიმსივნის თერაპიაში [4]. მეორეს მხრივ, L-DOPA (დიჰიდროქსიფენილალანინი) წარმოებულებს აქვთ გადამწყვეტი როლი პარკინსონის დაავადების თერაპიაში, რამდენადაც ისინი ზრდიან სისხლი-ტვინი ბარიერის შეღწევადობის უნარს დიჰიდროქსიფენილალანინში. მიღებულ იქნა დოპა ამინომჟავებთან დაკავშირებული პეპტიდომიმეტიკები და შესწავლილ იქნა მათი ანტიოქსიდანტური აქტივობა [5].

ჩვენი კვლევის მიზანი იყო მაკროციკლური პოლიამინის რეცეპტორი მოლეკულების და დოპას მოდიფიკაცია დამატებითი ლიგანდებით (მკლავებით), რათა გაგვეზარდა ბიომოლეკულებთან ურთიერთქმედება უფრო ეფექტური, „მრავალმხრივი“ გამოცნობისთვის და ბმის ადგილების გაზრდისთვის. ამ მიზნით დასინთეზებულ იქნა ახალი, მცირე პეპტიდებით ფუნქციონირებული ციკლენი და დოპას წარმოებულები - cyclen-HisHis, cyclen-AspHis, cyclen-GluHis, DOPA-HisHis; დახასიათებულ და შესწავლილ იქნა საწყის ეტაპზე მათი ციტოტოქსიურობა ძუძუმწოვრების უჯრედებზე.

### მასალები და მეთოდები

ყველა ქიმიური რეაგენტი კომერციულად იქნა შესყიდული; სინთეზის შემდეგ პროდუქტები გასუფთავდა RP-HPLC ქრომატოგრაფზე 100 წთ (3 მლ/წთ) გრადიენტით 0-დან 100%, აცეტონიტრილი. დასინთეზებული ნაერთების იდენტიფიკაცია განხორციელებულ იქნა MALDI-TOF-MS სპექტრომეტრის გამოყენებით.

### RTCA DP ინსტრუმენტით უჯრედის ზრდაზე მონიტორინგი

ექსპერიმენტები ჩატარდა xCELLigence RTCA DP ინსტრუმენტით, რომელიც მოთავსებულ იქნა ინკუბატორში (37°C და 5% CO<sub>2</sub>). 10<sup>5</sup> Hep G2 cells/ml და 10<sup>6</sup> HEK-293T cells/ml ციტოტოქსიურობის ექსპერიმენტებისთვის 100 μL უჯრედის სუსპენზია დათესილ იქნა ბუდეში. უჯრედის დათესვიდან 24 სთ-ის შემდეგ დამატებულ იქნა საკვლევი ნივთიერებები წყალხსნარის სახით 50 μგ/მლ კონცენტრაციით. CI (cell index) დაკვირვება ხორციელდებოდა ყოველ 60 წთ-ში 72 სთ-ის განმავლობაში ექსპერიმენტის მიმდინარეობისას. ციტოტოქსიურობის ანალიზმა აჩვენა, რომ ჰიბრიდული ნაერთები - ციკლენ- და დოპა-დიპეპტიდი არ არიან ტოქსიკური უჯრედების - Hep G2 - ATCC® HB-8065™ (გამოყოფილი ადამიანის ღვიძლიდან) და HEK-293T - ATCC®CRL-11268™ (ეპითელიარული უჯრედები, გამოყოფილი თირკმელიდან და ჩანასახიდან) მიმართ და ხელს უწყობენ მათ ზრდას საექსპერიმენტო დროის განმავლობაში.

### ლიტერატურა:

1. Aoki S. and E. Kimura, Zinc-nucleic acid interaction, Chem. Rev., 104, 769-787.
2. Bradshaw J.S., K. E. Krakowiak and R. M. Izatt, The chemistry of heterocyclic compounds, Wilay & Sons, Inc., New York, 1993, p. 16-21, 83-85, 157-165.
3. Caravan P., J. J. Ellison, T. J. McMurray and R. B. Lauffer, Chem. Rev., 1999, 99, 2293-2352.
4. Liu S., and D. S. Edwards, Bioconj. Chem., 2001, 12, 7-34.
5. B. Mattia Bazzarri, C. Pieri, G. Botta, L. Arabuli, P. Mosesso, S. Cinelli, A. Schinoppi, R. Saladino, *RSC Advances*, 2015, 5(74), 60354-60364.

**2. მარინა გახუტიშვილი, ქიმიის მეცნიერებათა კანდიდატი, ინსტიტუტის უფროსი მეცნიერ-თანამშრომელი**

2016 წლის სამეცნიერო საქმიანობის ანოტაციური ანგარიში

**1. სამეცნიერო პროექტი:**

სამეცნიერო კვლევები შესრულდა 2016 წლის მაისი-ივლისში, „ERASMUS MUNDUS EMBER“ პროექტის ფარგლებში პოლონეთში, ლოდის უნივერსიტეტში ქიმიის ფაკულტეტზე, მასალათა ტექნოლოგიების მიმართულების დეკანის, პროფესორი იარისლავ გრობელნის თანახელმძღვანელობით.

**ჩატარებული სამუშაო:**

**„დარიშხან-ოქრო, დარიშხან-ვერცხლის ნანონაწილაკები“**

**ანოტაცია:**

ვერცხლისდაოქროსნანონაწილაკებისკოლოიდები დამზადდა ლოდის უნივერსიტეტის მასალათა ტექნოლოგიების და ქიმიის დეპარტამენტის ლაბორატორიაში. კოლოიდები მოდიფიცირებული ქნადარიშხანისნანონაწილაკებით. მიღებული დარიშხან-ოქროს დარიშხან-ვერცხლისნანონაწილაკებისსისტემებისსტაბილურობა და თვისებები შევისწავლეთ იწ სპექტროსკოპით, ელექტრონულიმიკროსკოპით და სხვა მეთოდების გამოყენებით.

**გადაცემულია გამოსაქვეყნებლად ერთი სტატია:**

ვ. ბროსტოვი, ს. ბრამბლი, მ. გახუტიშვილი, ნ. ჰნატჩუკი. Macromolecular Symposia (მაკრომოლეკულური სიმპოზია), 2016 (ბეჭდვაში).

## ნახევარგამტართა ფიზიკის სამეცნიერო კვლევითი ინსტიტუტი

ინსტიტუტის დირექტორი  
დირექტორის მოადგილე

- შოთა მირიანაშვილი  
- თენგიზ ქამუშაძე

### ნახევარგამტართა მასალათმცოდნეობის განყოფილება

- |                        |                           |
|------------------------|---------------------------|
| 1. თენგიზ ქამუშაძე     | - განყოფილების გამგე      |
| 2. ანზორ ბერძენიშვილი  | - უფრ. მეცნ. თანამშრომელი |
| 3. ზურაბ რაზმაძე       | - უფრ. მეცნ. თანამშრომელი |
| 4. მედეა ჯოჯუა         | - უფრ. მეცნ. თანამშრომელი |
| 5. ქეთევან ედიდაშვილი  | - მეცნ. თანამშრომელი      |
| 6. რუსუდან შალამბერიძე | - მეცნ. თანამშრომელი      |

### მომავალის მასალათა მიღების და კვლევის განყოფილება

- |                    |                              |
|--------------------|------------------------------|
| 1. მაია შერვაშიძე  | - განყოფილების გამგე         |
| 2. თამაზ ბუთხუზი   | - მთავარი მეცნ. თანამშრომელი |
| 3. ნოდარ გაფიშვილი | - უფრ. მეცნ. თანამშრომელი    |
| 4. ეკა კეკელიძე    | - უფრ. მეცნ. თანამშრომელი    |
| 5. ლია ტრაპაიძე    | - უფრ. მეცნ. თანამშრომელი    |

### A<sup>IV</sup> - B<sup>VI</sup> ნახევარგამტართა კვლევის განყოფილება

- |                     |                           |
|---------------------|---------------------------|
| 1. ომარ დავარაშვილი | - განყოფილების უფროსი     |
| 2. მეგი ენუქიშვილი  | - უფრ. მეცნ. თანამშრომელი |
| 3. ლარისა ბიჩკოვა   | - უფრ. მეცნ. თანამშრომელი |

### ზემადალი სიხშირის მიკროელექტრონიკის განყოფილება

- |                        |                           |
|------------------------|---------------------------|
| 1. ბადრი ხვიტია        | - განყოფილების გამგე      |
| 2. სოლომონ მაჭავარიანი | - უფრ. მეცნ. თანამშრომელი |
| 3. ჰანრი ჭაჭუა         | - მეცნ. თანამშრომელი      |

### ფოტონერგეტიკის განყოფილება

- |                         |                           |
|-------------------------|---------------------------|
| 1. ვასილ შველიძე        | - განყოფილების გამგე      |
| 2. ჯანო ბურჯანაძე       | - უფრ. მეცნ. თანამშრომელი |
| 3. მიხეილ ელიზბარაშვილი | - უფრ. მეცნ. თანამშრომელი |
| 4. გურამ ტოგონიძე       | - მეცნ. თანამშრომელი      |

### საქართველოს სახელმწიფო ბიუჯეტის და გრანტების გარეშე შესრულებული სამეცნიერო-კვლევითი სამუშაოები

№	გეგმით გათვალისწინებული და შესრულებული სამუშაოს დასახელება მეცნიერების დარგისა და სამეცნიერო მიმართულების მითითებით	სამუშაოს ხელმძღვანელი	სამუშაოს შემსრულებელი
1.	Jn <sub>x</sub> Ca <sub>1-x</sub> As-ის რადიაციულად შედე-გი ეპიტაქსი ფენების მიღების ტექნოლოგიის	თენგიზ ქამუშაძე	1. ა. ბერძენიშვილი 2. ზ. რაზმაძე 3. მ. ჯოჯუა 4. რ. შალამბერიძე

	დამუშავება და დანადგარის შექმნა		5. ქ. ედილაშვილი
<b>ანოტაცია</b>			
<p>რადიაციულად მდგრადი მასალების მიღება და მათ ბაზაზე ხელსაწყოების შექმნა არა მარტო მეცნიერებისა და ტექნიკის აქტუალური ამოცანაა, არამედ გააჩნია დიდი კომერციული პოტენციალიც, რადგანაც ეს ხელსაწყოები ინტენსიურად გამოიყენება კოსმოსში, ამაჩქარებლებზე, ატომურ ელექტროსადგურებზე, ბირთვულ რეაქტორებზე და რადიაციულად დაბინძურებულ ტერიტორიებზე, რომელთა შორის განსაკუთრებით საყურადღებოა ფუკუშიმოს და ჩერნობილის დაკონსერვებული უბნები. ეს საკითხი მნიშვნელოვანია აგრეთვე საქართველოს რადიაციული უსაფრთხოების კუთხითაც.</p> <p>პროფ. ნ. კეკელიძის მიერ InP-InAs-ის მყარ ხსნარებში კრისტალური მესერის ე.წ. ორმოდიანი რხევის მოვლენის აღმოჩენამ, რომელიც დიდი სიზუსტით დადასტურდა ოქსფორდის კლარედონის ლაბორატორიაში და სკალეს ბირთვული კვლევების ცენტრში, დასაბამი მისცა რადიაციულად მედეგი ნახევარგამტარული მასალების მიღების ახალი ტექნოლოგიური პროცესების შემუშავებას. დადგინდა, რომ GaP-InP და GaAs-InAs მყარი ხსნარების რადიაციული დასხივებისას ადგილი აქვს გენერირებული რადიაციული დონორებისა და აქცეპტორების ურთიერთკომპენსაციის მოვლენას. ამის გამო, კომპონენტთა თანაფარდობების წარმატებით შერჩევის პირობებში შესაძლებელია რადიაციულად მდგრადი ნახევარგამტარული მასალის მიღება.</p> <p>ზემოთთქმულიდან გამომდინარე ჩვენი სამუშაოს მიზანი იყო რადიაციულად მდგრადი ნახევარგამტარული მასალების მისაღებად საჭირო დანადგარის შექმნა და შესაბამისი ტექნოლოგიის დამუშავება.</p> <p>In<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>As-ის მონოკრისტალური ფენების მისაღებად ჩვენ შევარჩიეთ თხიერფაზური ეპიტაქსიის მეთოდი. ტექნოლოგიური პროცესის ჩასატარებლად მოვახდინეთ თხიერფაზური ეპიტაქსიური დანადგარის C- 2637 – ის მოდერნიზება და მომზადება ჩვენს მიერ დასახული ამოცანების გადასატრელად. მიღებული დანადგარის ერთიანი სახე გამოსახულია სურ. 1 – ზე. იგი შედგება შემდეგი კვანძებისგან:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>ა) ღუმელთა აგრეგატი;</li> <li>ბ) კვარცის რეაქტორი;</li> <li>გ) კარადა ტემპერატურის მარეგულირებლებით</li> </ol> <p><b>აირმომწოდებელისისტემა</b></p>			



სურ. 1

დუმელთა აგრეგატი შედგება სტელაჟისგან, რომელშიც დამონტაჟებულია ორი ერთნაირი დუმელი. დუმელთა გამახურებელი კამერების შიდა დიამეტრია მმ. გამახურებელი დაყოფილია სამ სექციად. ტემპერატურის რეგულირება თითოეულში ხორციელდება შესაბამისი ტემპერატურის მარეგულირებლების საშუალებით, რომლებიც დადებითი გალვანური უკუკავშირებით არიან დაკავშირებული სექციებში განთავსებულ პლატინა-ირიდიუმის თერმოწყვილებთან ( $-30/6$ ).

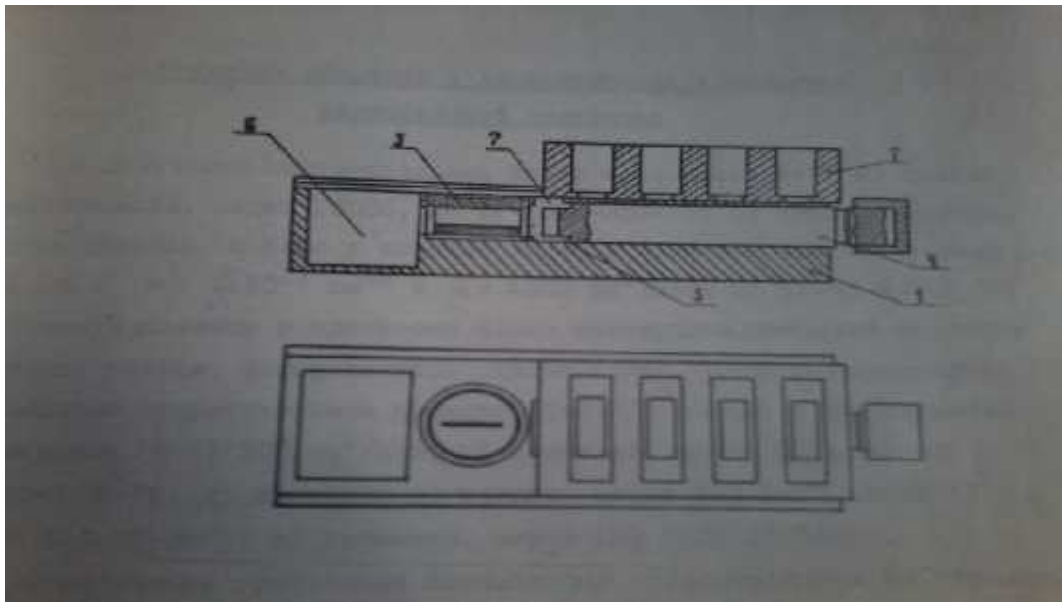
თხიერფაზური ეპიტაქსის დროს უდიდესი მნიშვნელობა აქვს იზოტემპერატურული პლატოს არსებობას გამახურებელ კამერაში. ასეთი პლატოს ჩამოყალიბებისა და შენარჩუნებისათვის გამოიყენება ცენტრალური და განაპირა სექციების დიფერენცირებული ჩართვის ეფექტი, შესაბამისი თერმოწყვილების ჩვენებისმიხედვით. დუმელის სექციებში ტემპერატურის მრავალჯერადი ცვლილებებისა და რეჟიმების დახვეწის შემდეგ დუმელში მიღწეულია 110 მილიმეტრიანი იზოტემპერატურული პლატო, სადაც დაცულია ტემპერატურული ერთგვაროვნება 10-ის ინტერვალში.

რეაქტორი წარმოადგენს ამჟულის ტიპის ცალმხრივად დახშულ კვარცის მილს, რომლის დიამეტრია 70 მმ. და სიგრძე 800 მმ. მილის გახსნილი ბოლო პროცესის დაწყებამდე იხურება ფტოროპლასტის რგოლისა და ამავე ნივთიერებისგან დამზადებული მრგვალი სახურავი ფირფიტის საშუალებით, რომელშიც

მონტირებულია ვაკუუმური რეზინის საფენი. უნდა აღინიშნოს, რომ სახურავიდან სპეციალური საფენების გავლით, რეაქტორში შეყვანილია მოლიბდენის დეროები, რომელთა საშუალებით ფიქსირდება რეაქტორში კონტეინერის მდებარეობა და სრულდება მისი სხვადასხვა ნაწილების გადაადგილება.

თხიერფაზური ეპიტაქსის ჩასატარებლად ჩვენს მიერ კონსტრუირებული და დამზადებული იქნა სპეციალური კონტეინერები. მასალად გამოვიყენეთ ოპტიკურად სუფთა გრაფიტი კონტეინერები გამოსახულია სურათ 2-ზე, ხოლო მათი სქემატური ნახაზი მოცემულია ნახ. 1-ზე. კონტეინერის მუშაობის პრინციპი ეყრდნობა საფენ ფირფიტებს შორის არსებულ ღრეოში ნადნობის შეტუმბვის მეთოდს.

კონტეინერი შედგება კორპუსის - 1, ნადნობისთვის ავზის - 2, საფენ-ფირფიტების დამჭერის - 3 და შესატუმბი დეროსგან - 4. კონტეინერის კორპუსს გააჩნია არხი - 5, რომელშიც მოძრაობს ეს დერო და ნარჩენი ნადნობის შემავროვებელი ავზი - 6.



სურ. 2

## 2.1. პუბლიკაციები

№	ავტორი/ ავტორები	სტატიის სათაური, ჟურნალის/კრებულის დასახელება	ჟურნალის/ კრებულის ნომერი	გამოცემის ადგილი, გამომცემლობა	გვერდების რაოდენობა
1	<ul style="list-style-type: none"> <li>• თ. ქამუშაძე;</li> <li>• შ. მირიანაშვილი;</li> <li>• ნ. კეკელიძე;</li> <li>• ზ. ჩუბინაშვილი;</li> <li>• ლ. გაბრიჭიძე</li> </ul>	<p>„ქრომით და ტელურით ლეგირების თავისებურებანი ნახევრადიზოლირებულ CaAs-ის ზრდის პროცესში“</p> <p>საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის მაცნე, ქიმიის სერია</p>	I ტ. 42, 2016 წ.	თბილისი	გვ. 2
2	<ul style="list-style-type: none"> <li>• თ. ქამუშაძე;</li> <li>• შ. მირიანაშვილი,</li> <li>• ზ. ჩუბინაშვილი,</li> <li>• ზ. რაზმაძე,</li> <li>• ნ. როველიშვილი,</li> <li>• ა. ბერძენიშვილი,</li> <li>• დ. მაჭავარიანი,</li> <li>• რ. შალამბერიძე,</li> <li>• დ. ქამუშაძე.</li> </ul>	<p>„<math>PI_{1-x}Sn_xTe</math> ეპიტაქსიური ფენების სტრუქტურული სრულყოფილების გამოკვლევა“,</p> <p>საქართველოს ქიმიური ჟურნალი,</p>	№1, 2016 წ.	თბილისი	გვ. 2
3	<ul style="list-style-type: none"> <li>• თ. ქამუშაძე,</li> <li>• შ. მირიანაშვილი,</li> <li>• ა. ბერძენიშვილი,</li> <li>• ნ. როველიშვილი,</li> <li>• ზ. ჩუბინაშვილი,</li> <li>• ნ. კეკელიძე,</li> <li>• ე. თუმანიშვილი,</li> <li>• დ. ქამუშაძე</li> </ul>	<p><math>PI_{1-x}Sn_xTe</math>-ის საფენზე პლაზმური ანოდირების მეთოდით <math>Al_2O_3</math> ფენების მიღება და მათი გამოკვლევა“,</p> <p>საქართველოს ქიმიური ჟურნალი</p>	№1, 2016 წ.	თბილისი	გვ. 3
4	<ul style="list-style-type: none"> <li>• T. Qamushadze,</li> <li>• Sh. Mirianashvili,</li> <li>• N. Kekelidze,</li> <li>• N. Rtvelishvili,</li> <li>• D. Qamushadze,</li> <li>• Z. Chubinishvili,</li> </ul>	<p>The possibility of the Creation of Multifunctional Optoelectronic Memory Matrix.</p> <p>Proceedings of the Conference on Functional and Nanostructured Materials,</p>	06-10 September, 2016	Tbilisi, Georgia.	p. 2

## 3.1. სამეცნიერო ფორუმებში მონაწილეობა

№	მომხსენებელი/ მომხსენებლები	მომხსენების სათაური	ფორუმის ჩატარების დრო და ადგილი
1	<ul style="list-style-type: none"> <li>• T. Qamushadze,</li> <li>• Sh. Mirianashvili,</li> <li>• N. Kekelidze,</li> <li>• N. Rtvelishvili,</li> <li>• D. Qamushadze,</li> <li>• Z. Chubinishvili.</li> </ul>	The possibility of the Creation of Multifunctional Optoelectronic Memory Matrix. The Conference on Functional and Nanostructured Materials,	06-10 September, 2016, Tbilisi, Georgia.
<b>ანოტაცია</b>			
<p>მომხსენებულ იქნა მრავალფუნქციური დამახსოვრების მატრიცის შექმნის შესაძლებლობების შესახებ. განხილულ იქნა p-n-n<sup>+</sup> სტრუქტურის ვოლტამპერული მახასიათებლის S-მაგვარობის გენეზისი მაჩვენებია, რომ ასეთი სტრუქტურის ჩიპებს შეუძლიათ დაიმახსოვრონ როგორც ოპტიკური, ასევე ელექტრული არხებით მიწოდებული ინფორმაცია და მოახდინონ მათი ოპტიკური ინდიკაცია.</p>			

## პატენტები

საქართველოს ინტელექტუალური საკუთრების ეროვნული ცენტრი. პატენტი „მარტენსიტული როტორული თბური ძრავა“. საიდენტიფიკაციო ნომერი - 12754/01; განაცხადის №AP-2012012754 (განხილვაშია). ი. მარგველაშვილი, მ. ზვიადაძე, ა. ბერძენიშვილი.

**Ф И З И К А   А Т О М Н О Г О   Я Д Р А  
И   Э Л Е М Е Н Т А Р Н Ы Х   Ч И С Т И Ц**

**М.И.**

**ДЖИБЛАДЗЕ**

*Доктор физ.-мат. наук., профессор,  
Член Американского физического общества*

*E-mail: [merabjib@mail.ru](mailto:merabjib@mail.ru)*

*Тбилисский государственный университет  
Тбилиси, Грузия*

**А. А. Рухадзе**

*Доктор физ.-мат. наук., профессор,  
Главный научный сотрудник*

*Институт общей физики им. А. М. Прохорова РАН  
Москва, Российская Федерация*

**Г. Н. Дгебуадзе**

*Доктор техн. Наук, ведущий научный сотрудник  
Сухумский Физико-Технический Институт*

*Им. В. Векуа*

**З. Г. Размадзе**

*Канд. техн. Наук старший научный сотрудник  
Тбилисский государственный университет*

*Тбилиси, Грузия*

**ТЕМПЕРАТУРНАЯ  
ЗАВИСИМОСТЬ СКОРОСТИ  
ЯДЕРНОЙ РЕАКЦИИ НА СМЕСИ  
ЛИТИРИЙ – БОР - КАДМИЙ**



*В работе рассмотрен процесс холодного ядерного синтеза на смеси ядер лития, бора и кадмия (Li-B-Cd). Показано, что в этой смеси последовательно происходит как ядерная реакция синтеза, так и распада. Экспериментально измерена скорость ядерных реакции ее зависимость от температуры.*

*Ключевые слова: ядерный синтез, скорость распада ядер.*

**M. I. JIBLADZE**

*Doctor of Phis.-Math. Sciences, Professor*

*E-mail: [merabljb@mail.ru](mailto:merabljb@mail.ru)*

*Tbilisi State University*

*Tbilisi, Georgia*

**A.A. RUKHADZE**

*Doctor of Phis.-Math. Sciences, Professor*

*Principle Researcher*

*Prokhorov's General Physics Institute of RAS*

*Moscow, Russian Federation*

**G.N. DGEBUADZE**

*Doctor of Techn. Sciences, Leading Researcher*

*Vekua's Sukhumi Institute of Physics and Technology*

*Tbilisi, Georgia*

**Z.A. RAZMADZE**

*Cand. Of Techn. Sciences, Senior Researcher*

*Tbilisi State University*

*Tbilisi, Georgia*

**TEMPERATURE DEPENDENCE OF THE NUCLEAR REACTION SPEED FOR THE MIXTURE OF LITHIUM – BOR - KADMIUM**

*In this work the process of cold nuclear synthesis for the mixture of kernels of lithium, bor and cadmium (Li-B-Cd) is considered. It is shown that in this mixture consequently occurs as the nuclear reaction of a synthesis, so of decay. The speed of nuclear reactions and its dependence of the temperature is experimentally measured*

Keywords: nuclear fusion, the rate of nuclear decay.

**ИНЖИНЕРНАЯ ФИЗИКА №3, 2016**

**საქართველოს სახელმწიფო ბიუჯეტის დაფინანსების გარეშე 2016 წლის გეგმით შესრულებული სამეცნიერო-კვლევითი პროექტები (ეხება სამეცნიერო-კვლევით ინსტიტუტებს)**

№	შესრულებული პროექტის დასახელება მეცნიერების დარგისა და სამეცნიერო მიმართულების მითითებით	პროექტის ხელმძღვანელი	პროექტის შემსრულებელი
1.	მზის ბატარეების მაღალეფექტური მასალის მიღება ZnMnTe-ის ბაზაზე	მაია შარვაშიძე	1. თამაზ ბუთხუზი 2. ნოდარ გაფიშვილი 3. ეკა კეკელიძე 4. ლია ტრაპაიძე
<p style="text-align: center;"><b>ანოტაცია</b></p> <p>რსკე მეთოდის გამოყენებით ZnMnTe-ის ნიმუშებზე ZnMnTeO-ს ფენების მისაღებად ჩავატარეთ ექსპერიმენტები.</p> <p>ტესტირებული ZnMnTe-ის ნიმუში მოთავსებულ იქნა რსკე ტექნოლოგიური დანადგარში და ჩატარდა რსკე არაწონასწორული თერმოდამუშავება ახალმშენებარე</p>			

ფენათა წარმოქმნით. ამრიგად, რსკე მეთოდის გამოყენებით ZnMnTe-ის ბაზაზე მივიღეთ ZnMnTeO-ს ფენები.

რსკე მეთოდის პარამეტრები: T= 300-400°C; t=3 სთ-4სთ.

რსკე-ს მიმდინარეობისას ხდება კომპონენტთა ფარდობითი კონცენტრაციის თანაბარი გადანაწილება. რსკე თერმოდამუშავებისას p-ტიპის ZnMnTe და n-ტიპის ZnMnTeO ფენებს შორის წარმოიქმნება იზოლატორული ფენა.

გამოკვლეულიქნა რსკე მეთოდით მიღებული ZnMnTeO ფენები. გაზომილიქნა ფოტოგამტარობა მზის გამოსხივების სიმულატორის (ქსენონის ნათურით 150W) გამოყენებით.

გაზომვები წარმოებდა ოთახის ტემპერატურაზე (T=300K).

ნიმუშის ნომერი	ZnMnTeO ნიმ შია ზომა (სმ)	დისტანცია (სმ)	ძაბვა (ვოლტი)	ფოტოლენი დასხივებამდე (მკა)	ფოტოლენი დასხივების შემდეგ (მკა)
1.	0,5X0,5	20	5	50	65
2.	0,5X0,5	20	5	20	30
3.	0,5X0,5	20	5	5	20
4.	0,5X0,5	20	5	15	35

რსკე მეთოდით მიღებული ZnMnTe /ZnMnTeO (ნიმუში 4) I-V დამოკიდებულება იქნა გამოყენებული.



გაზომვები (ნიმუში მივიღეთ T=350°C 4 სთ. რსკე თერმოდამუშავებით) წარმოებდა ოთახის ტემპერატურაზე (T=300K). ელექტრული კვლევების შედეგები არის მუდმივი 3 წლის მანძილზე.

№	შესრულებული პროექტის დასახელება მეცნიერების დარგისა და სამეცნიერო მიმართულების მითითებით	პროექტის ხელმძღვანელი	პროექტის შემსრულებელი
1.	p-i-n გადასასვლელის მიღება ZnO/ZnO მასალის ბაზაზე	თამაზ ბუთხუზი	1. მაია შარვაშიძე 2. ნოდარ გაფიშვილი

3. ეკა კეკელიძე  
4. ლია ტრაპაიძე

**ანოტაცია**

ZnO-ში მინარეული p-ტიპის გამტარობის მისაღებად ჩვენს მიერ ჩატარდა შემდეგი ექსპერიმენტი: n-ტიპის ZnO (წარმოებული Cermet, Inc.) implantirebul iqna F<sup>+</sup> იონებით კონცენტრაციით 10<sup>20</sup> სმ<sup>-3</sup>, ენერგიებით E=110 კევ. და დოზებით D=10<sup>16</sup> სმ<sup>-2</sup>, იმპლანტირებულ ZnO კრისტალში წარმოქმნილი დეფექტების გამოწვევა მიმდინარეობდა რსკე მეთოდით. რსკე თერმოდამუშავების ხანგრძლივობა იყო 3, 4 და 6 საათი.

შედეგად ჩვენ მივიღეთ ZnO:F ახალი კვაზიეპიტაქსიური ფენები. ჰოლის გამოკვლევების მიხედვით (ვან დე პაუს მეთოდით) ZnO:F ეპიტაქსიური ფენები მიღებული 4 და 6 საათიანი დამუშავებით არიან p-ტიპის. გაზომვები ჩატარებულ იქნა ოთახის

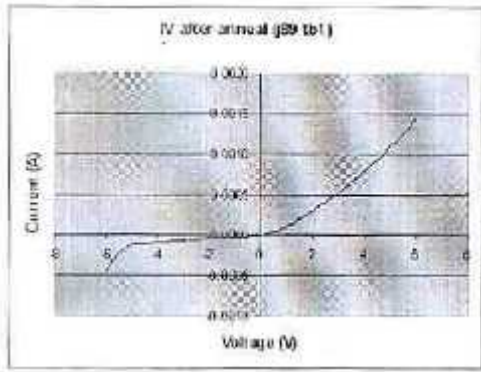
მიღებულ ფენების ტიპი	რსკე-ში დამუშავების ტემპერატურა T(°C)	რსკე დამუშავების ხანგრძლივობა t(h)	თავისუფალი გადამტანების ძვრადობა μ(cm <sup>2</sup> /Vs)	თავისუფალი გადამტანების კონცენტრაცია N (cm <sup>-3</sup> )	კუთრი წინაღობა P (Ω cm)
1. n	400	3	1500	1,5X10 <sup>19</sup>	2,7X10 <sup>-4</sup>
2. p	400	4	220	1,6X10 <sup>18</sup>	1,8X10 <sup>-2</sup>
3. p	400	6	270	1,0X10 <sup>19</sup>	2,3X <sup>-3</sup>
4. p	400	6	250	7,7X10 <sup>18</sup>	1,8X10 <sup>-3</sup>

**ტემპერატურაზე.**

პირველ შემთხვევაში 3 საათიანი დამუშავებისას ნიმუში (№1) იმპლანტაცია რადიაციულ დეფექტთა წარმოქმნის გამო იმპლანტირებულ ფენებში იწვევს დიფუზიის სტიმულირებას. ბაზური კრისტალიდან ახალ მშენებარე ფენებში ექტრაგირებული თუთიის კონცენტრაცია ძალიან მაღალია. როგორც ჩანს, 3 საათი არასაკმარისია რადიაციულ დეფექტთა მკურნალობისთვის. შესაბამისად, დიფუზია აქტიურია. შედეგად მიღებულ ფენებში თუთიის კონცენტრაცია სჭარბობს ჟანგბადის კონცენტრაციას. ეს იწვევს n-ტიპის ZnO-ს ფენების წარმოქმნას 400°C-ზე რსკე-ში თერმოდამუშავებისას (3 საათის განმავლობაში).

ცხრილში განხილულ II, III და IV შემთხვევა მივიღეთ ZnO-ს ახალი ფენები რსკე თერმოდამუშავების ტემპერატურა იყო 400°C და დრო შეადგენდა 4, 6 და 6 საათს შესაბამისად. 4 საათიანი თერმოდამუშავებისას ხდება იმპლანტაციისას წარმოქმნილ რადიაციულ დეფექტთა მკურნალობა, რის გამოც ბაზურ კრისტალში დიფუზიური პროცესები შენელებდა. ეს იწვევს ახალ მშენებარე კვაზიეპიტაქსიულ ფენებში თუთიის კონცენტრაციის შემცირებას. ამრიგად, ახალ მშენებარე ფენებში დომინირებადია (V<sub>Zn</sub>-F<sub>O</sub>) ასოციატი, რომელიც წარმოიქმნა (V<sub>Zn</sub>-V<sub>O</sub>) დეფექტიდან ფტორის ჩანაცვლებით ჟანგბადთან.

ამრიგად, კვაზიეპიტაქსიურ ZnO ფენებში, რომელიც მიიღება ZnO:F ბაზაზე დომინირებადი დეფექტია (V<sub>Zn</sub>-F<sub>O</sub>) ასოციატი. ეს არის პრინციპული მიზეზი, რამაც შესაძლებელი გახადა p-ტიპის ZnO-ს მიღება და, რაც წინასწარ გათვლილი იქნა პირველადი პრინციპის ზონური სტრუქტურების მეთოდით [31].



ბნელი I-V მახასიათებლები რსკე მეთოდით მიღებულ p-i-n ZnO/ZnO სტრუქტურაზე (გაზომილია Cermet Inc.0-ში).

აღნიშნული შედეგები ადასტურებს რსკე-ს მიმდინარეობისას დეფექტთა წარმოქმნის წარმოდგენილ მექანიზმს.

ეს შედეგები აჩვენებს, რომ რსკე-ს მეთოდი ეფექტურად აკონტროლებს ZnO ნახევრადგამტარი სელექტრო-ოპტიკურ თვისებებს, რაც მნიშვნელოვანია ოპტოელექტრული სისტემების მისაღებად..

რსკე-ს მეთოდის დემონსტრირებული შესაძლებლობები ქმნის ბაზას p-n გადასასვლელის, ულტრაიისფერი შუქმნატი დიოდისა და ულტრაიისფერი ლაზერის შესაქმნელად. ეს ZnO-ს მომავლის მასალიდან ოპტოელექტრული სტრუქტურების შესაქმნელად აქტიურად გამოყენებად მასალად აქცევს.

რსკე-ს მეთოდს აქვს შემდეგი მნიშვნელოვანი განსაკუთრებულობა. ფიქსირებული ჟანგბადის კონცენტრაციისას, შესაძლებელია ვარეგულიროთ ბაზური კრისტალიდან თუთიის მიწოდება ტემპერატურის ვარირების მეშვეობით. რსკე მეთოდი აკონტროლებს სტექიომეტრულ შემადგენლობას როგორც მიღებულ ფენებში, ასევე ბაზურ კრისტალში, რაც შესაძლებელს ხდის პრაქტიკულად გამოყენებადი შედეგის მიღწევას.

დიფრაქტოგრაფიისა და ოპტიკური კვლევა აჩვენებს, რომ რსკე-ს მეთოდის გამოყენებით ZnO-ს მონოკრისტალური ფენები იქნა მიღებული ZnS-Au ბაზაზურ კრისტალზე [28].

რსკე მეთოდით Au-ZnO-ZnS-In სისტემაზე ცისფერი შუქმნატი დიოდი იქნა მიღებული [21, 22]. რსკე მეთოდით ZnO-ს ბაზაზე ულტრამონოკრისტალური და ულტრამაღალი ხარისხის ZnO-ს.

აღნიშნული ფენების ფოტოლუმინისცენციის სპექტრში დამზერილი A, B და C თავისუფალი ექსიტონური გამოსხივება, რომელთა გამოსხივებაც გამოწვეულია კრისტალში პოლარიტონის არსებობასთან [19, 26].

ამრიგად, პროექტის განხორციელება შანს გვაძლევს გადავჭრათ ოპტოელექტრონიკის მთავარი ამოცანა: ფართო დიაპაზონში ვმართოთ II-VI ფართოზონიანი ნახევარგამტარების ელექტროოპტიკური თვისებები და მივიღოთ მკვეთრი p-n გადასასვლელი, ტრანზისტორი, ულტრაიისფერი შუქმნატი დიოდი.

**საქართველოს სახელმწიფო ბიუჯეტისა და გრანტების გარეშე შესრულებული  
სამეცნიერო კვლევითი სამუშაოები**

№	გეგმით გათვალისწინებული და შესრულებული სამუშაოს დასახელება და სამეცნიერო მიმართულების მითითება	სამუშაოს ხელმძღვანელი	სამუშაოს შემსრულებელი
1.	A <sup>IV</sup> – B <sup>VI</sup> ნახევარგამტართა მყარი ხსნარების დაძაბული ფენების მიღება და კვლევა	ომარ დავარაშვილი	1. მ. ენუქაშვილი 2. ლ. ბიჩკოვა
<p>მიმდინარე საანგარიშო წელს გრძელდებოდა სამეცნიერო-კვლევითი სამუშაოები A<sup>IV</sup>-B<sup>VI</sup> ნახევარგამტართა ბინარული შენაერთების მყარი ხსნარების ბაზაზე თხელი ფენების (მათ შორის ნანოფენების) მიღების ტექნოლოგიური პროცესების შემდგომი სრულყოფა და დაძაბული თხელი ფენების ფოტოელექტრული და ოპტიკურ თვისებათა კვლევის მიმართულებით.</p> <p>კვლევის შედეგად მიღებულია ახალი შედეგები, რომელთა პრაქტიკული რეალიზაცია მნიშვნელოვნად გააფართოებს ვიწროზონიან ნახევარგამტართა გამოყენებას მიკროელექტრონიკის სხვადასხვა სფეროში.</p> <p>ჩვენს მიერ შემოთავაზებულია თხელი ფენების ჩასახვისა და ზრდის ახალი გზა, ამ პროცესში დისლოკაციის მონაწილეობით.</p> <p>ფენათა სისქის ზრდასთან ერთად ნარჩენ დეფორმაციათა დონე ეცემა - ე.ი. ჩასახვის ელემენტების გაერთიანების შემდეგ ნარჩენ დეფორმაციათა დაცემის პროცესი მთლიანად განისაზღვრება ფენათა ზრდის მეორე ეტაპით (второй этап послонново роста слоев).</p> <p>ოპტიკური თვისებების შესწავლის პროცესში პირველად იქნა აგებული გარდატეხის მაჩვენებლის დისპერსიული დამოკიდებულების მრუდები სხვადასხვა შემადგენლობის და დენის მატარებელთა კონცენტრაციის ფენებისთვის.</p> <p>ნაჩვენები იქნა, რომ <math>N^2 = f(\lambda^2)</math> დამოკიდებულება ვიწროზონიან P1Se-თვის გადის უფრო ქვემოთ, ვიდრე ფართოზონიან მყარი ხსნარებისთვის - P1SSe - დენის მატარებელთა კონცენტრაცია P1Se-ში უფრო მაღალია, ვიდრე P1SSe.</p> <p>ასევე პირველად, გარდატეხის მაჩვენებლის ენერგიით და ენერგიის დეფორმაციით წარმოებულთა დამოკიდებულების შეფასებით, განისაზღვრა გარდატეხის მაჩვენებლის დამოკიდებულება დეფორმაციაზე.</p> <p>გამოვლენილი დამატებითი შთანთქმა, რომელიც მდებარეობს ძირითადი შთანთქმის კიდის და დენის თავისუფალ მატარებელთა შთანთქმის არეთა შორის ხასიათდება თავისებურებით, რომელიც მკვეთრად არის დამოკიდებული ფენათა სისქეზე: 100 და უფრო მეტი ნმ სისქის ფენებისთვის ის წარმოადგენს შედარებით ფართე ზოლს; 100 ნმ ნაკლები სისქის ფენებისთვის ის გაცილებით ვიწრო ზოლია (ხაზი) და გამტარებლობის ზონაში ახალი დონის გაჩენას ადასტურებს, რომელიც დეფორმაციის გაზრდის შედეგად ჩნდება.</p> <p>ჩვენს მიერ მიღებული ნანოფენები, იმ ახალი თვისებებით, რომლებითაც ისინი ხასიათდებიან, წარმატებით შეიძლება გამოყენებულ იქნან სპექტრის ინფრაწითელ არეში მომუშავე ფოტომიმდებებში, ლაზერებში (გამშვები დენის მკვეთრი შემცირება, მუშა ტემპერატურის ამალღება), მოდულატორებში, სენსორებში და სხვა ოპტოელექტრულ ხელსაწყოებში.</p>			

3.1. პუბლიკაციები უცხოეთში

№	ავტორი/ ავტორები	სტატიის სათაური, ჟურნალის/კრებულის დასახელება	ჟურნალის/ კრებულის ნომერი	გამოცემის ადგილი, გამომცემლობა	გვერდების რაოდენობა
1	<p>ა. პაშაევი ო. დავარაშვილი მ. ენუკაშვილი ზ. ახვლედიანი ლ. ბიჩკოვა ვ. ზლომონოვი</p> <p>A.M. Pashaev, O.I. Davarashvili, M. I. Erukashvili,</p>	<p>PLS<sub>1-y</sub>-Se<sub>y</sub> ეპიტაქსიური ფენების ოპტიკური მახასიათებლების შესწავლა</p> <p>„საინჟინრო მეცნიერებების გლობალური ჟურნალი“</p> <p>STUDY OF THE OPTICAL CHARACTERISTICS OF EPITAXIAL PbS<sub>1-y</sub>Se<sub>y</sub> LAYERS, Global Journal of Engineering Science and Research Management</p>	<p><b>3(6): June, 2016</b> ISSN 2349-4506</p>	<p>დელი ინდურ-ამერიკული საერთაშორისო გამომცემლობა</p> <p>online international research journal</p>	<p>9</p>
2	<p>ა. პაშაევი ო. დავარაშვილი მ. ენუკაშვილი ზ. ახვლედიანი ლ. ბიჩკოვა ვ. ზლომონოვი</p> <p>A. M. Pashncv, O. I. Davarashvil, P, M. Erukashvili, Z. AkItvlediani, L. P. Bychkova, M. A. Dzaganidze and V. P. Zlomanov</p>	<p>ტყვია-სელენიდის დაძაბული ნანოფენების გამოკვლევა შესწავლა.</p> <p>„საინჟინრო მეცნიერებების გლობალური ჟურნალი“</p> <p>INVESTIGATION OF STRAINED LEAD SELENIDE NANOLAYERS</p> <p>Global Journal of Engineering Science and Research Management</p>	<p><b>3(6): June, 2016</b> ISSN 2349-4506</p>	<p>დელი ინდურ-ამერიკული საერთაშორისო გამომცემლობა</p> <p>online international research journal</p>	<p>8</p>

ანოტაცია

1. პირველად არის განხილული ტყვია-სელენის კონკრეტული შემადგენლობის მყარი ხსნარების ოპტიკური მახასიათებლების შესწავლა დენის თავისუფალმატარებელთა კონცენტრაციის მოცემული დიაპაზონისათვის, რომელიც  $<10^{18}$  სმ<sup>-3</sup> შესწავლილია გარდატეხის კოეფიციენტის დისპერსია და დადგენილია, რომ მიუხედავად აკრძალული ზონის უფრო ფართო სიგანისა, აღნიშნული დამოკიდებულება დეზულობს უფრო მაღალ მნიშვნელობებს, ვიდრე ვიწროზონიან ტყვია-სელენიდში, როცა დენისმატარებელთა კონცენტრაცია -  $10^{19}$  სმ<sup>-3</sup>.

2. ჩვენი შრომების საფუძველზე ცნობილია, რომ დაძაბული ნანოფენების მიღება IV VI ნახევარგამტართა საფუძველზე მაღალი ანიზოტროპული დეფორმაციის

პირობებში, ბევრი პრაქტიკულად მნიშვნელოვანი ამოცანის გადაწყვეტის საშუალებას იძლევა.

შრომაში წარმოდგენილია პირობები, როდესაც შესაძლებელი ხდება მაღალი დეფორმაციების მიღება უფრო სქელ ფენებში. ამისათვის კი საჭიროა ფენათაზრდის დაბალი სინქარეები ჩვენს მიერ შემუშავებული მოდელის პირობებში. დისლოკაციათა ბირთვებში არასტეკიომეტრული დეფექტების ანივილაცია მათი დამუხრუჭების მიზნით.

ოპტიკური თვისებების შესწავლისას შემუშავებულია მეთოდი გარდატეხის კოეფიციენტის ვარიაციის დასადგენად დეფორმაციის შედეგად. განსაზღვრულია, რომ მგრძობიერთა დენის გამტართა კონცენტრაციის მიმართ დაბალი კონცენტრაციის პირობებში აკრძალულია ზონის სიგანე განისაზღვრება უფრო მაღალი სიზუსტით.

[Pashaev et al., 3(6): June, 2016]  
4506

ISSN 2349-

Impact Factor: 2.545

### Global Journal of Engineering Science and Research Management

#### INVESTIGATION OF STRAINED LEAD SELENIDE NANOLAYERS

A. M. Pashnev<sup>1</sup>, O. I. Davarashvili<sup>2</sup>, M. I. Erukashvili<sup>2</sup>, Z. G. AkItvlediani<sup>2,3</sup>, L. P. Bychkova<sup>2</sup>, M. A. Dzaganiidze<sup>2,4</sup> and V. P. Zlomanov<sup>5</sup>

<sup>1</sup>National Aviation Academy, Baku A2-1045, Azerbaijan

Iv. Javakhishvili. Tbilisi State University, Tbilisi 0128, Georgia

E. Andronikashvili Institute of Physics, Tbilisi 0186, Georgia

P. Melikishvili Institute of Physical and Organic Chemistry, Tbilisi 0186, Georgia

M. Lomonosov Moscow State University, Moscow 119899, Russia

DOI: 10.528 lizenodo.55962

KEYWORDS: defect annihilation model, low growth rates, refractive index, deformation, additional absorption limit, layer color, classification of layers.

#### ABSTRACT

For a number of practical applications. it is necessary to fabricate strained nanolayers of IV-VI semiconductors with a high anisotropic deformation. There are presented the technological conditions for achieving the high deformations with thicker layers. Low layer growth rates were realized in accordance with the model or nonstoichiometric defect annihilation in dislocation nuclei causing their inhibition. When studying the optical properties, new approaches to the analysis of the refractive index variation with deformation and the determination of the absorption by free carriers. Additional absorption is sensitive to the concentration of free carriers in layers, and it is relatively low at the concentration of  $5 \cdot 10^{18} \text{cm}^{-3}$ . In this case the forbidden gap width is determined more precisely with straightening of squared absorption coefficients.

[Pashaev., 3(2): February, 2016]

ISSN 2349-

4506

Impact Factor: 2.265

### Global Journal of Engineering Science and Research Management

#### STUDY OF THE OPTICAL CHARACTERISTICS OF EPITAXIAL $\text{PbS}_{1-y}\text{Se}_y$ LAYERS

<sup>1</sup> Intl): [www.gjesrm.com](http://www.gjesrm.com)

A.M. Pashaev 1, O.I. Davaashvili<sup>2</sup>, M. i. Erukashvili<sup>2</sup>, Z. G.A khv 'edit] n i2,3, L.P.13ychkova<sup>2</sup>, V.P. Zlomanov<sup>4</sup>

<sup>2</sup>National Aviation Academy, Baku A2-1045, Azerbaijan.

<sup>2</sup>Iv. Javakhishvili Tbilisi State University, Tbilisi 0128, Georgia.

<sup>3</sup>E.Andronikashvili Institute of Physics, Tbilisi 0186, Georgia.

<sup>4</sup>M.Lomonosov Moscow State University, Moscow 119899, Russia.

KEYWORDS: absorption spectra, solid solutions characteristics, nondegenerate semiconductors. dispersion of the index of refraction, low additional absorption.

**ABSTRACT**

For designing new high-performance IR optoelectronic devices based on the strained layers of semiconductors PbSt.,Se<sub>y</sub>, the methods of determination of the optical characteristics of particular compositions at the concentration of current carriers <math>10^{19}</math> were improved. When studying the dispersion of the refractive index in the layers more than 4 pm in thickness, it was found that, under these conditions, the refractive index in a wider-band layer was higher than in a narrow-band layer at the concentration current carriers —  $10^{19} \text{cm}^{-4}$ . The deviation from linearity at long wavelengths associated with plasma absorption. In the long-wave region, the additional absorption in the layers of this type is revealed at a lower level than in thinner ones and can be explained by the absorption at the layer-substrate interface reduced to the entire thickness or by transitions between different branches of the allowed band in a particular case at a low concentration current carriers in these layers.

საქართველოს სახელმწიფო ბიუჯეტის დაფინანსების გარეშე 2016 წლის გეგმით შესრულებული სამეცნიერო-კვლევითი პროექტები

№	შესრულებული პროექტის დასახელება მეცნიერების დარგისა და სამეცნიერო მიმართულების დასახელებით	პროექტის ხელმძღვანელი	პროექტის შემსრულებელი
1.	მაღალეფექტური ოზონგენერატორების შემუშავება და ახალი მოდელების შექმნა	ვასილ შველიძე	1. ჯ. ბურჯანაძე 2. მ. ელიზბარაშვილი 3. გ. ტოგონიძე
<p>ოზონი სულ უფრო ფართოდ გამოიყენება ადამიანთა საქმიანობის მრავალ სფეროში და პირველ რიგში მედიცინაში, როგორც დაბალტემპერატურული დეზინფექციის და სტერილიზაციის საშუალება.</p> <p>მაღალი ეფექტურობა, ეკოლოგიური ბუნება, ეკონომიურობა, დეზინფექციის პროცესის სიმარტივე და უნივერსალურობა (ოზონი უპრობლემოდ შეიძლება იქნას გამოყენებული, ყველგან, სადაც აუცილებელია ადამიანის ჯანმრთელობისთვის მავნე ბაქტერიების, ვირუსების და სხვა მავნე წარმონაქმნების სრული ნეიტრალიზაცია) ოზონი მკვეთრად სჯობს ამ მიზნით დღემდე გამოყენებულ უკლებლივ ყველა ცნობილ ყველა საშუალებას.</p> <p>ოზონი წარმოადგენს უანგბადის ალოტროპიულ სახეობას (O<sup>3</sup>). ჩვეულებრივ ტემპერატურაზე ოზონი არის მოლურჯო-მოცისფრო დამახასიათებელი სუნი, აირი, რომლის შეგრძნობაც შესაძლებელია, თუ მისი შემცველობა ჰაერში აჭარბებს 0,015 მგ/მ<sup>3</sup>.</p>			

<sup>2</sup><http://www.gjesrm.com> Global Journal of Engineering Science and Research Management [46]



ოზონს ახასიათებს მაღალი ჟანგვითი უნარი, არამდგრადია და სწრაფად იშლება მოლეკულურ და ატომურ ჟანგბადად. მისი მიღება შესაძლებელია სხვადასხვა მეთოდებით.

სამრეწველო მიზნებისთვის ოზონი მიიღება ელექტროსინთეზის გზით, რომელიც ეფუძნება ჰაერის გვირგვინოსანი განმუხტვის პროცესს.

ოზონის ფენა, რომელიც გარს არტყავს ჩვენ პლანეტას და უზრუნველყოფს სიცოცხლის არსებობას დედამიწაზე (მზის ულტრაფიოლეტური გამოსხივების უმეტეს ნაწილს ოზონის ფენა შთანთქმავს) განთავსებულია 2500 კმ. სიმაღლეზე.

მადენზიფიცირებელ საშუალებად ოზონის ფართო გამოყენებას ჩვენს ქვეყანაში აფერხებდა ადგილობრივი წარმოების საიმედო და ტექნოლოგიურად სრულყოფილი ოზონგენერატორების არ არსებობა.

ამ მიმართულებით ინსტიტუტში შექმნილი იქნა ჯგუფი, რომელიც წლების მანძილზე ეწეოდა ინტენსიურ სამეცნიერო-ტექნიკურ და საკონსტრუქტორო სამუშაოებს მაღალეფექტური ოზონგენერატორების შექმნის და მათი სახალხო მეურნეობაში გამოყენების მიზნით.

ინსტიტუტის ბაზაზე კონსტრუირებული იქნა სხვადასხვა მოდიფიკაციის და დანიშნულების 10-ზე მეტი, მაღალი საქსპლუატაციო პარამეტრების მქონე, და მართვის თვალსაზრისით მარტივი, ოზონგენერატორის მოდელი, რომლებიც თავის უცხოურ ანალოგებთან შედარებით გაცილებით ეკონომიურია (-3-ჯერ) და საიმედოც (კონსტრუქციული სიახლეები, რომლებიც რეალიზებულია ჩვენს მოდელეებში, დაცულია შესაბამისი პატენტებით).

ამჟამად, ჩვენს მიერ შექმნილი ოზონგენერატორები დადგენილია საქართველოს 18 სამრეწველო ობიექტზე და მათ შორის: მინერალური წყლის ჩამომსხმელი საწარმო „ლიკანი“; ნატახტარის ხორცკომბინატი; თბილისის №4 პურის საცხობი ქარხანა; ორხევის საკვები პროდუქტების გადამამუშავებელი კომბინატი.

აღნიშნული სამუშაოების გარდა, მიმდინარე საანგარიშო წელს ინსტიტუტში შემუშავებულ და კონსტრუირებულ იქნა ოზონგენერატორის კიდევ ორი მოდელი, რომლებშიც მნიშვნელოვანი კონსტრუქციული სიახლეები არის რეალიზებული, რომელთა შედეგადაც არის გაზრდილი ოზონის გენერაცია იმავე ენერგოხარჯვის პირობებში (წარდგენილია განაცხადი გამოგონებაზე, საიდენტიფიკაციო №11477/01).

გამოყენების სფერო: შენობათა შიდა სივრცეების, ასევე ყველა სახის ტრანსპორტის სრული სტერილიზაცია.

მისი ექსპლუატაცია შესაძლებელია, როგორც ელექტრო ქსელიდან, ასევე აკუმულატორიდან, ასევე მზის ენერჯის ხარჯზე.

ოზონის წარმადობა, არანაკლებ - 150 მგ/სთ. გენერატორს შეუძლია მუშაობა უწყვეტ რეჟიმში (ენერჯის ხარჯი - 5 ვატი/სთ.

კომპაქტური კონსტრუქციული გადაწყვეტა (გაბარიტები - (10X15X20) სმ., წონა - 500 გრ.). მის ფართო ინდივიდუალურ გამოყენების შესაძლებლობასაც იძლევა (სურ. 1; 2).

დასრულების ფაზაშია, ასევე კომპაქტური მოწყობილობა (მცირე ზომის ოზონგენერატორი, ავტონომიური კვებით), რომელიც საშუალებას მოგვცემს სტანდარტულ აირწინაღებში, აქტივიზირებული ნახშირის და სხვა ძვირადღირებულ მასალათა სანაცვლოდ, უფრო ეფექტურ ზონას გამოვიყენებთ.



ანგარიში შეიცავს, ასევე მონაცემებს ოზონის მდენზიფიცირებელ საშუალებად გამოყენების უპირატესობის თაობაზე შაქრის, რძის და მეფრინველეობის მრეწველობაში (გათვლები თან ერთვის).

იხილეთ საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის „კვების მრეწველობის საწარმოთა მოწყობილობების“ კათედრის დაარსების 70 წლისთავისადმი მიძღვნილი საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენციის „კვების პროდუქტების ხარისხის გაუმჯობესების პრობლემები“ შრომათა კრებული. თბილისი, 26.11.2016 წ.

**3.1. საერთაშორისო ფორუმების მუშაობაში მონაწილეობა**

№	მომხსენებლები	მოსხენების სათაური	ფორუმის ჩატარების დრო და ადგილი
1.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ვ. შველიძე.</li> <li>• ლ. ტაბატაძე,</li> <li>• ჯ. ბურჯანაძე,</li> <li>• მ. ელიზბარაშვილი.</li> <li>• რ. გახოკიძე</li> </ul>	ოზონის გამოყენება შაქრის წარმოების ტექნოლოგიაში	26.11.2016 წ. თბილისი, საქართველო JSBN №978-9941-0-9284-8
2.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ვ. შველიძე.</li> <li>• ლ. ტაბატაძე,</li> <li>• ჯ. ბურჯანაძე,</li> <li>• გ. ბურჯანაძე,</li> <li>• მ. ელიზბარაშვილი.</li> <li>• რ. გახოკიძე</li> </ul>	ოზონგენერატორი (სამანი-1) და ულტრაიისფერი სინათლის წყაროს გამოყენება მეფრინველეობაში	26.11.2016 წ. თბილისი, საქართველო JSBN №978-9941-0-9284-8
3.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ვ. შველიძე.</li> <li>• ლ. ტაბატაძე,</li> <li>• ჯ. ბურჯანაძე,</li> <li>• გ. ბურჯანაძე,</li> <li>• გ. წივწივაძე</li> </ul>	ოზონგენერატორის გამოყენება რძის მრეწველობაში წარმოების და შენახვის ტექნოლოგია	26.11.2016 წ. თბილისი, საქართველო JSBN №978-9941-0-9284-8

### მოსხენებათა ანოტაციები

ოზონგენერატორის „სამანი-4“-ის მიერ გამომუშავებულ იქნა მაღალი ბაქტერიციდული თვისებების მქონე ოზონი, რომელიც გამოყენებულ იქნა შაქრის წარმოების სხვადასხვა ეტაპზე.

საკვანძო სიტყვები: ოზონგენერატორი, შაქარი, კვებითი ინფექციები, დეზინფექცია, სამანი-4.

ოსუ-ს და კომპანია „ველიმისიონის“ სამეცნიერო ჯგუფის მიერ სხვადასხვა მომხმარებლის ხასიათიდან და სპეციფიკიდან გამომდინარე, შემუშავებულ იქნა სხვადასხვა მოდიფიკაციის და სიმძლავრის ოზონგენერატორების ვარიანტები, რომელთა საშუალებით შესაძლებელი გახდა ცალკეული სპეციფიკური სახეობის ობიექტების დეზინფიცირება [1].

ოზონგენერატორი „სამანი-ს“-ის მიერ გამომუშავებული ოზონი შესაძლებელია გამოყენებულ იქნას შაქრის წარმოების სხვადასხვა სტადიაზე შემდეგი მიზნებისთვის“

1. საქაროზის აღურიცხავი დანაკარგების (10-30%) შემცირება შაქრის ჭარხლის რეხვის სტადიაზე;
2. აღურიცხავი დანაკარგების ლიკვიდაცია და დიფუზიური წვენის ხარისხის მახასიათებლების სტადიაზე.

ამ ამოცანების გადაწყვეტა მიიღწევა მაღალი ბაქტერიოციდული ეფექტის მქონე ოზონის გამოყენებით, რომელიც ქლორზე ბევრად უფრო მძლავრად მოქმედია. ოზონის შეყრა ტექნოლოგიური ციკლში შაქრის წარმოების სხვადასხვა სტადიაზე (შაქრის ჭარხლის რეცხვა, საქაროზის ექსტრაქცია) ზრდის ყველა შემდგომი ტექნოლოგიური სტადიების ეფექტურობას დიფუზიური წვენის გადამუშავებისას აუმჯობესებს მის კეთილხარისხოვნებას, ფილტრაციის უნარს, ამცირებს კირის და მფილტრავი მასალების ხარჯს. ოზონი ჰაერის გამოყენების ეფექტურობა რეცხვაზე, დიფუზიაზე იწვევს ყველა სახის მიკროორგანიზმების (თერმოფილები და მეზოფილები, აეროზები და ანაერობები) ინაქტივაციას. წვენის ოზონირებით ბურბუშელას მასაში მცირდება:

ა. ნახშირორჟანგის, მეთანის და წყალბადის გამოყოფა (ამის შემდეგ ქაფის შემცირება), რაც დადებითად მოქმედებს დიფუზიური აპარატის მუშაობაზე;

ბ. დიფუზიური წვენის გაჯერება მაღალმოლეკულური პოლისაქარიდებით (დექსტინები, პექტინები), რომლებიც ახორციელებენ დიფუზიური წვენის გაფილტვრას და მის გაწმენდას;

გ. საპონინების რაოდენობა, რაც არ ითხოვს ქაფჩამხშობების გამოყენებას;

დ. აუმჯობესებს გადამამუშავებელი ბურბუშელის (ნაწნეხის) ხარისხს.

საქაროზის ექსტრაციის პროცესში უშაქრო ბურბუშელა იძენს თეთრ ფერს, მისი სტრუქტურა არ იშლება, იგი რჩება დრეკადი, კარგავს სუნს. ასე მნიშვნელოვნად მცირდება ენერჯის დანახარჯები ნაწნეხის შრობაზე. მშრალი ნივთიერებების შემცველობა წნეხში იზრდება 12-14%-მდე 10%-ის ნაცვლად. სამრეცხაო განყოფილების ტექნოლოგიური მაჩვენებლები:

1. საერთო მიკრობული რიცხვი წყლის ოზონით დამუშავებამდე 1/მლ. - დაახლოებით 150000;
2. საერთო მიკრობული რიცხვი წყლის ოზონით დამუშავების შემდეგ 1/მლ. - დაახლოებით 5000;
3. წყლის ოზონით დამუშავების ხანგრძლივობა 10-12 წთ.;
4. ჭარხალი - ოზონირებული წყლის კონტაქტის ხანგრძლივობა 1,5-3 წთ.;
5. ოზონის შემცველობა წყალში 2-3/მგ/ლ.;

წყლის მომზადების უბნის ტექნოლოგიური მაჩვენებლები:

1. საერთო მიკრობული რიცხვი (სმრ) წყლის ოზონით დამუშავებამდე 1/მლ. 2500-3000;
2. სმრ წყლის ოზონით დამუშავების შემდეგ - მნიშვნელოვნად შემცირებულია;
3. ოზონის კონცენტრაცია ჰაერი-ოზონის ნარევეზე 2-12 მგ/ლ.;
4. მკვებავი წყლის დამუშავების ხანგრძლივობა 5-10 წთ.;
5. ოზონის შემცველობა მკვებავ წყალში 2-3 მგ/ლ.

**.დიფუზიური წველის ხარისხის მაჩვენებლები**

№	ხარისხის მაჩვენებლები	ოზონით დამუშავებამდე	ოზონით დამუშავების შემდეგ	უპირატესობანი
1.	შეფერილობა ვიზუალურად (გარეგანი სახე)	მუქი, ნაცრისფერი, მღვრიე, შეიცავს ქაფს	მოთეთრო, რძისფერი, ქაფი არ არის	იზრდება ფილტრაციის უნარი, არ მოითხოვს ქაფხანშობას
2.	ფილტრაციის უნარი მლ/წთ.	100 მლ 28-30 წთ	100 მლ. 8-10 წთ.	იზრდება 2-4-ჯერ
3.	მშრალი ნივთიერებები (%)	14,4-16,9	14,1-16,2	მცირდება 0,3-0,7%-ით
4.	კეთილხარისხოვნება (%) შაქრის მშრალ ნივთიერებებზე	74,5-80,5	82,0-89,4	კეთილხარისხოვნების ზრდა 7,5-8,9%-ით
5.	pH	7,1-7,8	5,5-6,2	
6.	შაქარი %	11,6-12,6	12,6-13,3	იზრდება 0,7-1%-ით
7.	ქაფხანშობის გამოყენება	გამოყენება	რა	იხსნება მოთხოვნილება ქაფხანსნილობაზე
8.	ფორმალინის გამოყოფა	გამოყენება	რა	იხსნება მოთხოვნილება ქაფხანსნილობაზე
9.	აირების გამოყოფა	არის	არ არის	უმჯობესდება სათავსოს მიკროფლორა
10.	სმრ 1/მლ	13000-16000	190-220 არ მუავდება 10 დღის განმავლობაში	მცირდება 98-99%-ით
11.	ანტიმიკრობული სტაბილურობა	მუავდება ოთახის ტემპერატურაზე I დღე-ღამის განმავლობაში სმრ 70000-80000 1/მლ.	არ არის	
12.	საპონინების არ არსებობა	არის		

**ნაწნეხის მაჩვენებლები:**

გარეგანი სახე ოზონით დამუშავების გარეშე არის ნაცრისფერი, სტრუქტურა დარღვეული აქვს, ცუდად იწნეება. ოზონის გამოყენების შემდეგ დიფუზიის სტადიაზე ნაწნეხი არის რძისფერი, ადვილად იწნეება, პრაქტიკულად არ მუქდება ჰაერზე შრობისას. პექტინის შემცველობა იზრდება 35-40%,-ით ქარხნული ტექნოლოგიით მიღებულ ნაწნეხთან შედარებით [2].

სპეციფიკური სუნი გააჩნია ოზონით დამუშავებულ ნაწნეხს. ოზონით დამუშავებისა შემდეგ სუნი არ გააჩნია.

ამგვარად, ბურბუშელას დამუშავებას სტერილური ოზონირებული მკვებავი წყლით და ოზონ-ჰაერის ნარევით ერთი მხრივ და მიკროფლორის მოხსნას შაქრის

ჭარხლის ზედაპირიდან რეცხვის სტადიაზე, მეორეს მხრივ მიყვავართ დიფუზიური წვენი ხარისხის მაჩვენებლების მნიშვნელოვან გაუმჯობესებასთან.

შემოთავაზებული მეთოდის საორიენტაციო-ეკონომიური ეფექტურობა:

1. შაქრის გამოსავლიანობის ზრდა აღურიცხავი დანაკარგების ლიკვიდაციის შედეგად დიფუზიის სტადიაზე 1 ტ. წარმოებულ პროდუქციაზე 7,5 კგ;
2. შაქრის გამოსავლიანობის ზრდა დიფუზიურ წვენში მისი კონცენტრაციის ზრდის შედეგად დიფუზიის სტადიაზე 1 ტ. წარმოებულ პროდუქციაზე 5,5 კგ;
3. შაქრის გამოსავლიანობის ზრდა მისი მელასაში შემცველობის შემცირების ხარჯზე 1 ტ. წარმოებულ პროდუქციაზე 0,75 კგ;
4. შაქრის გამოსავლიანობის ზრდა წვენის გაწმენდის ეფექტის ხარჯზე 1 ტ. წარმოებულ პროდუქციაზე 0,25 კგ;
5. ეკონომია ქაფხახშობის და ფორმალინის გამოყენების გამორიცხვის შედეგად;
6. ეკონომია ენერგეტიკული დანახარჯების შემცირების შედეგად;
7. ეკონომია ფილტრაციის ეფექტურობის გაზრდის შედეგად.

ჩვენი კონსტრუქციის ოზონოგენერატორის გამოყენების შედეგად მოხმარებული ელექტროენერჯის ხარჯი მცირდება დაახლოებით 3,5-4-ჯერ.

**2.** თსუ-ს სამეცნიერო ჯგუფის „ველიმისიონის“ მიერ შემუშავებული ოზონგენერატორის „სამანი-1“-ის მიერ გამოიმუშავებულ იქნა მაღალი ბაქტერიციდული თვისებების მქონე ოზონი, რომელიც ფართოდ გამოიყენება მეფრინველეობაში სადიზინფექციოდ.

საკვანძო სიტყვები: ოზონგენერატორი, მეფრინველეობა, კვებითი ინფექციები, დეზინფექცია, სამანი-1.

ოზონი -  $O^3$  აირი, რომელიც განსაზღვრავს დედამიწის ატმოსფეროში მზის რადიაციაში შთანთქმის ხასიათს. ოზონს ატმოსფერო მცირე რაოდენობით შეიცავს. მისი ძირითადი მასა ატმოსფეროში განლაგებულია ოზონსფეროში - ფენა, რომელიც განლაგებულია 25050 კმ. სიმაღლეზე [1]. ცნობილმა ინლიგლისელმა ბიოფიზიკოსმა სიდნი ჩეპმენმა (1888-1970) შექმნა ოზონის წარმოქმნის და დაშლის ხარჯვის მექანიზმები. მოლეკულური ჟანგბადის ოზონის წარმოქმნის რეაქცია:



ატომური ჟანგბადის ურთიერთქმედებით მოლეკულურ ჟანგბადთან წარმოიქმნება ოზონი:



- ოზონი სულ უფრო ფართოდ გამოიყენება ადამიანის მოღვაწეობის ნებისმიერ სფეროში და განსაკუთრებით მედიცინაში, როგორც მშრალი, დაბალი ტემპერატურული დეზინფექციის და სტერილიზაციის უეხარი საშუალება. აქედან გამომდინარე, თანამედროვე, სრულყოფილ ოზონგენერატორებზე მოთხოვნა მსოფლიო ბუშის დონეზეა ასული. თსუ-ს და კომპანია „ველიმისიონის“ სამეცნიერო კვლევითი ტექნოლოგიური ჯგუფის მიერ სპეციალურად ამ მიზნით შემუშავებულია ამ მოწყობილობის რამდენიმე მოდიფიკაციის - ოზონგენერატორების ვარიანტები [2], რომელთა საშუალებით შესაძლებელია მომხმარებლის ხასიათის მოთხოვნილების სრულად დაკმაყოფილება, ცალკეული სახეობის ობიექტების დეზინფიცირება. ოზონგენერატორი „სამანი-1“ ფართოდ გამოიყენება მეფრინველეობაში სხვადასხვა მიზნებისთვის;

- ვეტერინალურჰიგიენური ღონისძიებების ჩატარებისას ობიექტის დეზინფექციისთვის;

- ტექნოლოგიური გადამუშავების, მეფრინველეობაში გამოყენებული პროდუქტების შესანახად, სანიტარული დამუშავებისთვის, ასევე ფრინველის ხორცის და კვერცხის კონსერვაციისთვის;
- ქათმის საკვების წარმოება - გადამუშავების სანიტარულ-ჰიგიენური დამუშავებისთვის და კონსერვაციისთვის;
- ქათმის კვერცხის ინკუბაციისას ემბრიონის განვითარების სტიმულაციის მიზნით;
- ჰაერის სადიზინფექციოდ ინკუბატორებში და საწყობებში;
- ტარას, აღჭურვილობის, ინსტრუმენტების და მომუშავე პერსონალის სპეციალური ტანსაცმლის სადიზინფექციოდ.

**მეფრინველეობის ფაბრიკაში „ოზონგენერატორი - 1“ სამუშაო გრაფიკი და მიღების დიაპაზონი**

„ოზონგენერატორი -1“ მიღების ხერხი	დამუშავების ხანგრძლივობა	გაგრძელებების შეწყვეტა	ოზონირების პერიოდულობა	ოზონირების ადგილი
კვერცხის პროფილაქტიკური დეზინფექცია	60	15	ერთხელ ინკუბატორში მოთავსებამდე	სადიზინფექციო კამერა
ფრინველის დეზინფექცია ინკუბაციის პერიოდში	30	7	კვირაში ერთხელ	ინკუბატორი
საინკუბაციო კვერცხის შენახვის დროის გაზრდა	120-180	20	კვირაში ერთხელ	კვერცხის საწყობი
ემბრიონული განვითარების სტიმულაცია	20	5	ყოველდღე, დღე-ღამეში ერთხელ	ინკუბატორი
ჰაერის დეზინფექცია	5-10	-	2-ჯერ დღეში	მეფრინველეობა ფრინ. თანაობი.
საკვების დეზინფექცია	6-8 საათი	60	ერთხელ ინკუბატორში მოთავსების შემდეგ	საკვების შემნახველი საწყობი
მეფრინველეობის პროდუქტის დამუშავება	10-15	-	ყოველდღე 2-3-ჯერ დღე-ღამეში	მაცივარი

სამეცნიერო-კვლევითი და პრაქტიკული სამუშაოები ძირითადად შესრულებული იქნა ჩვენს მიერ შექმნილი ახალი ტიპის (ჰიბრიდული) ოზონგენერატორის „სამანი-1“-ის ბაზაზე დარგში არსებული შესაბამისი მეთოდების გამოყენებით [2]. შედეგი ელექტროენერჯის ეკონომიაა, მოწყობილობის სამუშაო რესურსის მნიშვნელოვანი გაზრდა.

ოზონირება ამცირებს მწვანე მასის შრობის ხანგრძლივობას. ამავდროულად მცირდება ელექტროენერჯის ხარჯი აორთქლებაზე 1 კგ. ტენის 5-1%-ით. ამ დროს მიღებულ მშრალ მასას აქვს შედარებით მაღალი ხარისხი, რაც უზურნველყოფს თივის კარგად შენახვას.

**3.** შემუშავებულ იქნა სხვადასხვა მოდიფიკაციის და მნიშვნელობის ოზონგენერატორი „სამანი-1“, რომელიც მასიურად გამოიყენება რძის საწარმოში, როგორც იაფი სადიზინფექციო საშუალება.

საკვანძო სიტყვები: ოზონგენერატორი, რძის პროდუქტები, კვებითი ინფექციები, დეზინფექცია, სამანი-1.

ოზონი სულ უფრო ფართოდ გამოიყენება სახალხო მეურნეობის სხვადასხვა დარგში და მედიცინაში როგორც მშრალი, ასევე სველი, დაბალ ტემპერატურული დეზინფექციის და სტერილიზაციის საშუალება. მისი მაღალ ეფექტურობა, ეკოლოგიური სისუფთავე და ეკონომიურობა საიმედოდ უზურნველყოფს სანიტარულ-ჰიგიენური რძის საწარმოების დაცვას ბაქტერიებისგან, ვირუსებისგან და სხვა მავნე წარმონაქმნებისგან.

რძის პროდუქტებს მნიშვნელოვანი ადგილი უჭირავთ ადამიანის კვების რაციონში. ამავდროულად რძე წარმოადგენს მალფუჭებად პროდუქტს და ხელსაყრელ გარემოს ქმნის როგორც კვებითი ინფექციების, ისე მიკროორგანიზმების განვითარებისთვის. რძის მიკრობული დასნებოვნება იწვევს მზა პროდუქტის გაფუჭებას. დაბინძურების უფრო მეტი საშიშროება იქმნება საკვები პროდუქტების ნედლეულის სამრეწველო გადამუშავების და მზა პროდუქტებში ტოქსიკური მიკროორგანიზმების მოხვედრის დროს. პათოგენური მიკროორგანიზმები ერთგვებიან რა სხვადასხვა თვისებების მქონე მიკროფლორაში - შედარებით უვნებლიდან შეიძლება გამოიწვიოს სიცოცხლისთვის საშიში ინფექციების (მუცლის ტიფი, დიზენტერია და სხვა) დაავადებები. ამიტომ წარმოებული პროდუქციის და ტექნოლოგიური აღჭურვილობის დეზინფექციის ხარისხი, რომელიც წარმოადგენს პათოგენური მიკროფლორით ნედლეულის დაბინძურების წყაროს, არსებით გავლენას ახდენს რძის და რძის პროდუქტების გადამუშავებისას მიკრობიოლოგიურ მაჩვენებლებზე.

დღეისთვის რძის წარმოებაში ტექნოლოგიური აღჭურვილობის ბაქტერიციდული დამუშავებისას გამოიყენება ტრადიციულად უპირატესი დეზინფექციის მეთოდები: სითბური (ორთქლის მიწოდება წნევით) და ქიმიური (ქლორიანი მათეთრებელი, ნატრიუმის პიპოქლორიდი) ან მათი კომბინაცია [1]. ამ მეთოდების ნაკლს წარმოადგენს ბიოლოგიურად სუფთა წყლის მნიშვნელოვანი ხარჯი, საგრძნობლად დახარჯული ენერჯია, ასევე პროდუქციის ღირებულება, ტრანსპორტირება და ქიმიური სადიზინფექციო საშუალებების შენახვა.

აღნიშნულ ნაკლოვანებებს მოკლებულია ანტიმიკრობული დამუშავების ელექტროფიზიკური მეთოდი, რომლის დროსაც ხდება ოზონის გენერირება და ატომური ჟანგბადის გამოყოფა. ოზონი წარმოადგენს ჟანგბადის ალოტროპულ სახესხვაობას. ჩვეულებრივ ტემპერატურაზე ოზონი არის მოლურჯო-მოცისფრო დამახასიათებელი სუნის აირი, რომელიც შეიგრძნობა მაშინ, როდესაც ჰაერში მისი კონცენტრაცია არის 0,015 მგ/მ<sup>3</sup> ან მეტია. ოზონს ახასიათებს მაღალი ჟანგვითი უნარი, არამდგრადია, სწრაფად იშლება მოლეკულურ და ატომურ ჟანგბადად. ის წარმოიქმნება ჟანგბადიდან ან ჰაერიდან. მისი გენერირება ხორციელდება სხვადასხვა მეთოდებით. დღესდღეობით ოზონის მიღების სამრეწველო ხერხს წარმოადგენს ელექტროსინთეზი, რომელიც ეფუძნება ელექტრული განმუხტვის დროს გამოყოფილი ენერჯიის ხარჯზე ოზონის მოლეკულის მიღებას. ოზონირებამ შეიძლება ფართოდ გამოიყენება ჰპოვოს როგორც ეფექტურმა მეთოდმა კვების მრეწველობის შენობა-ნაგებობების და ტექნოლოგიური

მოწყობილობების მშრალი დაბალ ტემპერატურული დეზინფექციისთვის. მოლდავეთის მეცნიერებათა აკადემიის კვლევით ინსტიტუტში (1985 წ.) გამოყენებითი ფიზიკის მიმართულებით კვების მრეწველობის ტექნოლოგიური მოწყობილობების შიდა ზედაპირის სტელიზაციისთვის გამოკვლეულ იქნა ოზონის გამოყენება. შემუშავებულ იქნა მეთოდები, კონტროლის საშუალებები და ოზონირების პროცესის ტექნოლოგიური სქემა, ასევე რძის და ლუდის წარმოებაში გამოყენებული დეზინფექციის რეჟიმი. დადგინდა იქნა, რომ ოზონით ობიექტის დამუშავებისას, უმნიშვნელო რაოდენობაც საკმარისია, ამიტომ პროცესი მარტივია, ეკონომიური და უხიფათო.

ეპიდემიოლოგიის და მიკრობიოლოგიის ცნობილი ინსტიტუტების მონაცემებით E. Coli, st. albus, Ps. Fluorescent კულტურის, ასევე სხვადასხვა ზედაპირის მიკროფლორის დამუშავებისას, 106-124 მგ/მ<sup>3</sup> ოზონის კონცენტრაციის 30 წუთის განმავლობაში მიიღება დეზინფექციის მაღალი მაჩვენებლები.

ჩვენს ქვეყანაში ოზონის ფართო გამოყენებას აფერხებდა პრაქტიკული გამოყენებისთვის საჭირო კონცენტრაციის ოზონის მისაღები საიმედო და სრულყოფილი გენერატორის არ არსებობა. თსუ-ს და კომპანია „ველიმისონის“ სამეცნიერო ჯგუფის მიერ შემუშავებულ იქნა სხვადასხვა მოდიფიკაციის და დანიშნულების ოზონგენერატორების ვარიანტები, რომელთა საშუალებით შესაძლებელია ცაკლეული სახეობის ობიექტების შედარებით იაფად და მასიური მომხმარებლისთვის ხელმისაწვდომ ფასებში დეზინფიცირება. ელექტროენერჯის ხარჯი თავისი მსოფლიო ანალოგებისგან განსხვავებით სულ რაღაც 5 ვატ-საათს შეადგენს (3,5-ჯერ იაფი - ანალოგებთან შედარებით). შემუშავებულია და მიმდინარეობს ახალი ოზონგენერატორების ჰიბრიდული ვარიანტის გამოცდა. მოწყობილობების მიმზიდველი ტექნიკურ-ეკონომიკური მახასიათებლების გამო სხვადასხვა სფეროში ბევრი მომხმარებელი ჰყავს და წარმატებით გამოიყენება ჩვენს ქვეყანაში სხვადასხვა საწარმოში: მინერალური წყლის „ლიკანის“ ჩამოსახმელ საწარმოებში; ნატახტარის ხორცკომბინატში; თბილისის პურის საცხოვ 4 ქარხანაში; ორხვეის საკვების გადამამუშავებელ კომბინატში და სხვ. სულ საქართველოში დაახლოებით 18 კვების ობიექტზე.

„სანტე“-ს რძის კომბინატში ტექნოლოგიური მოწყობილობების ზედაპირული სტერილიზაციისთვის და ჰაერის გასაწმენდად ჩატარებულ იქნა ოზონგენერატორის „სამანი-1“ გამოცდა. 9 დამამუშავებელი დანადგარის ნარეცხიდან 8-ში აღმოჩენილ იქნა ნაწლავური ჩხირის ბაქტერიები. ოზონირების შემდეგ 20 წუთის განმავლობაში საწარმოში აღნიშნულ დანადგარებზე ნაწლავური ჩხირის ბაქტერიები არ აღინიშნებოდა. რძის კომბინატში ოზონირება უნდა ჩატარდეს შენობის და დანადგარების სველი დამუშავების შემდეგ პერსონალის გარეშე. ოზონატორი აუცილებელია დამონტაჟდეს შენობაში იატაკიდან 1,5 მეტრის სიმაღლეზე. შენობის მოცულობიდან გამომდინარე შეირჩევა დამუშავების დრო.

ჭერის სიმაღლე შეადგენს 3 მეტრს. ჩატარებული კვლევის შედეგები გვიჩვენებს, რომ ოზონგენერატორი „სამანი-1“ შესაძლებელია წარმატებით იქნას გამოყენებული რძის წარმოების სხვადასხვა მოცულობის ტექნოლოგიური დანადგარების დამუშავებისას. აღნიშნული - ახალი თაობის ჰიბრიდული ვარიანტია. მის მიმართ განსაკუთრებით დიდ ინტერესს იჩენენ სამხრეთის მზიანი ქვეყნები, როგორებიცაა: არაბთა გაერთიანებული ემირატები, ყატარი. საქმიანი კონტაქტები დამყარებული გვაქვს და მიმდინარეობს მოლაპარაკებები ერთობლივი პროექტების შესასრულებლად.

**ადგილის დამუშავების დროს**

ფართობი კვ/მ	ოთახის მოცულობა კუბ/მ	დამუშავების დრო, წთ.	მომსახურე პერსონალის
--------------	-----------------------	----------------------	----------------------



## INST-97

			მაცდის დრო, წთ.
20	60	20	15
40	120	30	20
60	180	50	30
100	300	70	50

**ბიოფიზიკისა და ბიონანომეცნიერებების საფაკულტეტო სამეცნიერო-კვლევითი ინსტიტუტი**

- \* სამეცნიერო ერთეულის (დეპარტამენტი, ინსტიტუტი, განყოფილება, ლაბორატორია) დასახელება:  
**ბიოფიზიკისა და ბიონანომეცნიერებების საფაკულტეტო სამეცნიერო-კვლევითი ინსტიტუტი** (ფიზიკის განყოფილება, ზუსტ და საბუნებისმეტყველო მეცნიერებათა ფაკულტეტი, თსუ)
- \* სამეცნიერო ერთეულის ხელმძღვანელი:  
**დიმიტრი ე. ხოშტარია**, ფიზ. ქიმ. მეცნ. დოქტ. თსუ ბიოფიზიკის ლაბორატორიის გამგე, თსუ მოწვეული პროფესორი
- \* სამეცნიერო ერთეულის პერსონალური შემადგენლობა:  
**ნინო შენგელია**, თსუ პედაგოგი, ბიოლ. აკად. დოქტ.  
**თამარ ფარცხალაძე**, თსუ ლაბორატორიის ყოფილი ინჟინერი, ფიზ. აკად. დოქტ. (ინსტიტუტის შტატგარეშე თანამშრომელი 2015 წლიდან (აშშ რეზიდენტი)  
**ტატიანა ტრეტიაკოვა**, თსუ დოქტორანტურის კურსდამთავრებული (დისერტაცია წარდგენილია თსუ ფიზ. დეპარტ. დაცვების საბჭოზე).

ინსტიტუტის შტატგარეშე თანამშრომლები თანამონაწილე ორგანიზაციიდან (ბიოფიზიკის განყოფილება, ი. ბერიტაშვილის ექსპერიმენტული ბიომედიცინის ცენტრი):

- თინათინ დოლიძე**, ქიმ. მეცნ. დოქტ.
- მაია მახარაძე**, ბიოლ. აკად. დოქტ.
- მიხეილ შუშანიანი**, ფიზ. აკად. დოქტ.
- სოფიო უჩანეიშვილი**, ბიოლ. აკად. დოქტ.

**I. სამეცნიერო-კვლევითი პროექტები**

**I. 4. საქართველოს სახელმწიფო ბიუჯეტისა და გრანტების გარეშე შესრულებული სამეცნიერო-კვლევითი პროექტები**

№	შესრულებული პროექტის დასახელება მეცნიერების დარგისა და სამეცნიერო მიმართულების მითითებით	პროექტის ხელმძღვანელები	პროექტის შემსრულებლები	დაფინანსების წყარო, წლები (უცხოური გრანტი)
1.	Fast-scan cyclic voltammetric and time-resolved photo-physical studies of redox-active proteins and their mimics functionalized at self-assembled monolayer and composite films (2014-2016). ბიოფიზიკა და ბიონანომეცნიერება (ფიზიკა, ქიმია, ბიოლოგია)	საქართველოს მხრიდან: D. Khoshtariya (დ. ხოშტარია) გერმანიის მხრიდან: I. Ivanovi - Burmazovi ; D.M. Guldi	დ. ხოშტარია თ. დოლიძე მ. შუშანიანი	Alexander von Humboldt Foundation, (Germany) ალექსანდერ ფონ ჰუმბოლდტის ფონდი (გერმანია) 2014-2016 წწ.
დასრულებული (მრავალწლიანი) კვლევითი პროექტის ძირითადი თეორიული და პრაქტიკული შედეგები (ქართულ ენაზე)				

1. თვითაწყოზად მონოშრეებში და კომპოზიტურ ფირებში ფუნქციურად გააქტივებული ცილების და ბიომიმეტიკური სისტემების შესწავლა სწრაფი სკანირების ვოლტამპერომეტრული და დროის მაღალი მაგარჩევის მქონე ფოტოფიზიკური მეთოდებით.

**(ა) ელექტრონული გადასვლები თავისუფლად დიფუნდირებადი და ხისტად იმობილიზებული მიოგლობინის მონაწილეობით.** ქ. ერლანგენის (გერმანია) უნივერსიტეტთან ერთობლივად, ციკლური ვოლტამპერომეტრიის მეთოდით შესწავლილი იყო Au-ელექტროდზე დატანილ ალკათიოლის ფირებზე იმობილიზებული, ან თავისუფალი დიფუზიის რეჟიმში მყოფი მიოგლობინის (Mb) ელექტროდთან ელექტრონების მიმოცვლის ფიზიკური მექანიზმები. გარემოს ტემპერატურის და წნევის ვარირების პირობებში ჩატარებული სისტემატური კვლევების ხარჯზე დადგინდა, რომ ელექტროდებზე დატანილ ალკანთიოლურ ფირებთან Mb-ის ურთიერთქმედების სიძლიერე, ანუ Mb-ის მაკრომოლეკულის კონფორმაციული ძვრადობის (დინამიკის) ხარისხი არსებითად განაპირობებს Mb-ის ბიომოლეკულის მონაწილეობით მიმდინარე ელექტრონების მიმოცვლის პროცესების ფიზიკურ ბუნებას: ხისტად იმობილიზებული Mb-ის შემთხვევაში ბიომოლეკულის კონფორმაციული ძვრადობის შეზღუდულობა ასევე ზღუდავს ელექტრონის გადასვლებთან შეუდლებული ლიგანდის (ამ შემთხვევაში, წყლის მოლეკულის) გადაადგილებებს. შესაბამისად, ელექტრონის გადასვლა ხდება ადვილად და სწრაფად. ხოლო, იმ შემთხვევაში, როდესაც Mb „თავისუფალია“, ე.წ. კოორდინირებული წყლის მოლეკულა აქტიურად მონაწილეობს პროცესში და, შესაბამისად, „ამუხრუჭებს“ ელექტრონების მიმოცვლის სიჩქარეს.

**(ბ) ელექტრონული გადასვლები ოქროზე დატანილ თვითაწყოზად ბიომიმეტიკურ ფირებში „ჩაჭერილი“ სპილენძის იონების მონაწილეობით.** შესწავლილი იყო ბიომიმეტიკური ობიექტის - Au-ელექტროდებზე დატანილ თვითაწყოზად ფირებში იმობილიზებული („ჩაჭერილი“) სპილენძის იონების მონაწილეობით ელექტროდთან ელექტრონული მიმოცვლის პროცესები, გარემოს ტემპერატურის და წნევის ვარირების პირობებში. კვლევებმა გამოავლინა ელექტრონის მიმოცვლის პროცესზე „მინისებური“ გარემოს ძლიერი არაერგოტიკული და არაწრფივი გავლენისთვის დამახასიათებელი ეფექტები.

**(გ) ტემპერატურის და მაღალი წნევის გავლენა L-ციტეინის მონოშრეების გამჭოლად ელექტრონების მიმოცვლაზე.** შესწავლილი იყო ტემპერატურის და მაღალი წნევის გავლენა ელექტრონების მიმოცვლაზე L-ციტეინისგან დამზადებულ თვითაწყოზად ფირების გავლით, ფირების მზიდ Au-ელექტროდებსა და ხსნარებში თავისუფლად დიფუნდირებადი მოდელური რედოქს-აქტიური კომპლექსნაერთების ( $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-/4-}$  და  $[\text{Ru}(\text{NH}_3)_6]^{3+/2+}$ ) მონაწილეობით. სხვადასხვა იონუტი ძალის მქონე ხსნარებში, ნორმალურ ატმოსფერულიდან 1500 ატმოსფერომდე წნევის პირობებში ჩატარებულმა ექსპერიმენტებმა ნათლად აჩვენეს ელექტრონის მიმოცვლის სიჩქარის კონსტანტის საკმარისად თანაბარი და სწრაფი ზრდა 1 დან დაახლოებით 200-400 ატმოსფერომდე წნევის პირობებში (ხსნარის იონური ძალის ზრდის მიხედვით), რის შემდეგაც, დაახლოებით 500-600 ატმოსფეროდან დაწყებული 1500 ატმოსფერომდე წნევის პირობებში ელექტრონის მიმოცვლის სიჩქარის კონსტანტა აღარ იყო დამოკიდებული სისტემის წნევაზე. წნევაზე დამოკიდებულება დიდწილად იყო შექცევადი ბუნების, ანუ ნორმალური წნევის აღდგენით სიჩქარის კონსტანტა პრაქტიკულად უბრუნდებოდა პირვანდელ მნიშვნელობას. მიღებული შედეგები, არსებულ ლიტერატურულ მონაცემებთან ერთობლივად შესაძლებელი აიხსნას L-ციტეინისგან დამზადებულ თვითაწყოზადი ფირების ორი განსხვავებული კონფიგურაციული მდგომარეობით; კერძოდ, ნორმალურ პირობებში, სავარაუდოდ, L-ციტეინის კომპონენტები განლაგებული არიან „ვერტიკალურ“ მდგომარეობაში, სადაც, მათ ძალუძთ ადვილად „ჩაიჭირონ“ ასევე სპილენძის იონები, იხ. ზევით ნაწილი (ბ), ხოლო მაღალი წნევის პირობებში, სავარაუდოდ, ხდება მათი „დაწვენა“ (ჰორიზონტალური განლაგება)

ელექტროდის მიმართ, რაც იწვევს  $[Fe(CN)_6]^{3-/4-}$  და  $[Ru(NH_3)_6]^{3+/2+}$  რედოქს-მარკერების ელექტროდთან უფრო დაახლოებას, მაშასადამე ელექტრონის მიმოცვლის გაადვილებას და შესაბამისი სიჩქარის კონსტანტის გაზრდას.

**(დ) დიმეთილსუილფოქსიდის (DMSO) და შარდოვანას (Urea) გავლენა ხარის შრატის ალბუმინის (BSA) თერმულ დანატურაციაზე.** დიფერენციული მასკანირებელი კალორიმეტრიის (DSC) მეთოდის გამოყენებით შესწავლილი იყო DMSO-ს და შარდოვანას სხვადასხვა კონცენტრაციის (1, 2, 3, 4, 4.5, 5 და 6 M) დანამატების გავლენა BSA-ს თერმულ დენატურაციაზე გარემოს pH-ის სხვადასხვა (pH 4, 6 და 8, ფოსფატის ბუფერში) მნიშვნელობებისას. კვლევებმა გამოავლინა მოცემული გლობულური ცილის სხვადასხვა ფაქტორებით გამოწვეული კონფორმაციული გადასვლების მრავალფეროვანი, ხშირად მოულოდნელი თავისებურებანი. კერძოდ, (1) pH-ის 4 და 6 მნიშვნელობებისას, შესაბამისად, DMSO-ს და შარდოვანას 4.5 და 6.0 M დანამატების გამოყენებისას ადგილი ჰქონდა ცილის მნიშვნელოვან დესტაბილიზაციას თერმული ღლობის მრუდის პიკის ადგილმდებარეობის მიხედვით. ამავე დროს, ღლობის ენტალპიები DMSO-ს დანამატების შემთხვევაში სამჯერ აღემატებოდა შესაბამის ღლობის ენტალპიებს შარდოვანას დანამატებისას. ეს მიუთითებს ენტალპიური და ენტროპიული მდგენელების მნიშვნელოვან გადანაწილებაზე ცილის თერმული დენატურაციული გადასვლებისას სხვადასხვა დანამატების თანაობისას. (2) pH 8 მნიშვნელობისას, 4.5 M DMSO-ს დამატებისას, დაიმზირებოდა თერმული ღლობის პიკის მნიშვნელოვანი შევიწროება, რაც მიუთითებს კონფორმაციული გადასვლის კოოპერატიულობის ხარისხის ზრდაზე, რაც თან ახლავს ცილის დესტაბილიზაციას. ეს ფაქტი ეწინააღმდეგება ლოგიკურ ვარაუდს სტაბილობასა და კოოპერატიულობას შორის დადებითი კორელაციის არსებობის შესახებ. (3) pH 8 მნიშვნელობისას, დანამატების არარსებობის პირობებში (pH-ის 4 და 6 შემთხვევებისგან განსხვავებით) თერმული ღლობის მრუდი შეიცავს ორ მდგენელ პიკს, რომელიც DMSO-ს და შარდოვანას 4.5 M დანამატების გამოყენებისას გარდაიქმნება თითო-მდგენელიან (ერთპიკიან) ღლობის მრუდებში, რაც მიანიშნებს ცილის ორი ძირითადი დომენის ნაკლებად კოოპერატიული ღლობის შესახებ (თითოეული დომენის კოოპერატიულობის გარკვეულწილად შენარჩუნების პირობებში). 4.5 M დანამატების გამოყენებისას, სავარაუდოდ, ერთ-ერთი დომენი ადრევე განიცდის დენატურაციას (განხვევას), ხოლო მეორე დომენი მნიშვნელოვანწილად დესტაბილიზებულია. შემდგომმა კვლევებმა, სავარაუდოდ, მეტი სიცხადე უნდა შეიტანენ ზემოაღწერილ სურათში.

II. 2. პუბლიკაციები:

ბ) უცხოეთში

კრებულები

№	ავტორი/ავტორები	კრებულის სახელწოდება	გამოცემის ადგილი, გამომცემლობა	თავი, გვერდების რაოდენობა, თავის სათაური
1.	თ. დოლიძე, რ. ვან ელდიკი (Rudi van Eldik), დ. ვალდეკი (David H. waldeck), დ. ხოშტარია	Systemic, Cellular and Molecular Mechanisms of Physiological Functions and Their Disorders (Editor: N.P. Mitagvaria)	Nova Science Publishers, New York, USA, 2016	Chapter 4, p.31-52 (21 pp). Biomolecular charge transfer mechanisms at gold electrodes modified by self assembled monolayer films

2.	მ. მახარაძე, ს. უჩანეისვილი, მ. შუშანიანი, ტ. ტრეტიაკოვა, დ. ხომტარია	Systemic, Cellular and Molecular Mechanisms of Physiological Functions and Their Disorders (Editor: N.P. Mitagvaria)	Nova Science Publishers, New York, USA, 2016	Chapter 14, p.137-159 (22 pp). Impact of different additives on the thermal stability of model globular protein, $\alpha$ -chymotrypsin
----	---	--	--	---

### ვრცელი ანოტაცია ქართულ ენაზე

1. ბიომოლეკულური მუხტის გადატანის მექანიზმები თვითაწყობადი მონოშრეებით მოდიფიცირებულ ელექტროდებზე.

ნანომეტრის ზომის ელექტროქიმიური მოწყობილობები, რომლებიც შედგება თვითაწყობადი ორგანული მონოშრეებით (SAM) დაფარული უ-ელექტროდისა და სხვადასხვა ტიპის რედოქს-აქტიური ბიომოლეკულებისგან (BM), როგორც ცნობილია, წარმოადგენენ იდეალურ სისტემას მუხტის გადატანის შინაგანი მექანიზმების და ამ მექანიზმებს შორის ურთიერთგარდასახვის შესასწავლად. მოცემულ სამუშაოში განხილულია ჩვენს მიერ ახალაზნა შესწავლილი Au/SAM/BM-ტიპის ნანსკოპული სისტემების გამოყენებით მიღებული მონაცემები, სადაც რედოქს წყვილს ერთ შემთხვევაში წამოადგენდა სხნარში თავისუფლად მოძრავი ციტოქრომი C (CytC), ხოლო მეორე შემთხვევაში - SAM ზედაპირზე იმობილიზირებული კუპრედოქსინი - აზურინი (Az). თვითაწყობადი მონოშრეების შემადგენლობა შესაბამისად იყო [-S-(CH<sub>2</sub>)<sub>n</sub>-OH], სადაც n = 2,3,4,6,11 და [-S-(CH<sub>2</sub>)<sub>n</sub>-CH<sub>3</sub>], n = 4,10,15. თანამედროვე ელექტროქიმიური ტექნოლოგიები - სწრაფი სკანირების ციკლური ვოლტამეტრია და მონაცემთა დამუშავების კომპიუტერული ალგორითმი იქნა გამოყენებული სხვადასხვა ბლანტი დანამატების, ასევე ტემპერატურის და წნევის პირობებში განსხვავებულ მანძილებზე ელექტრონის გადატანის სიჩქარის კონსტანტის მნიშვნელობების განსაზღვრისათვის, რამაც, თავის მხრივ, მოგვცა საშუალება გამოგვევლინა მუხტის გადატანის შინაგანი მექანიზმებს შორის განსხვავება. კერძოდ, მიღებული მონაცემების საფუძველზე გამოვლინდა, რომ ახლო მანძილებზე (როდესაც n = 2,3 Au/SAM/CytC-ის შემთხვევაში, და n = 4 Au/SAM/Az-ის შემთხვევაში) ოპერირებს მუხტის გადატანის ადიაბატური მექანიზმი, რომელიც განისაზღვრება რედოქს-აქტიური ცილის ინტერიერის, ასევე მისი გარემოს სიბლანტის ხარისხით. შორ მანძილებზე (Au/SAM/CytC-ის შემთხვევაში როდესაც

n = 6-11 და Au/SAM/Az-ის შემთხვევაში, როდესაც n = 15) მუხტის გადატანა ხდება არაადიაბატურ რეჟიმში, და, შესაბამისად, მუხტის გადატანის სიჩქარე ექსპონენციალურად ეცემა მუხტის გადატანის მანძილის (ანუ, n-ის) ზრდასთან ერთად. ხოლო საშუალო მანძილებზე (Au/SAM/CytC-ის შემთხვევაში, როდესაც n = 4,5 და Au/SAM/Az-ის შემთხვევაში, როდესაც n = 10), ოპერირებს მუხტის გადატანის შუალედური (ანუ პარალელური) მექანიზმი. ამრიგად, ლიტერატურაში არსებულ მონაცემებთან ერთობლივად, ჩვენს მიერ მიღებული მონაცემები ნათლად მიუთითებენ ელექტრონის გადასვლის ორი ფუნდამენტური მექანიზმის არსებობის და მათ შორის ურთიერთგარდასახვის შესახებ, რაც თავის მხრივ, სრულ შესაბამისობაშია მუხტის გადატანის განზოგადებული თეორიის ფუნდამენტური ხასიათის დასკვნებთან.

2. სხვადასხვა დანამატების გავლენა მოდელური ცილის,  $\alpha$ -ქიმოტრიპსინის თერმულ სტაბილობაზე.

ცილების სტაბილობის საკითხის ახლებური გააზრება მოითხოვს ამ ობიექტების სტრუქტურის დახვევის და განხვევის თავისებურებათა სისტემატურ კვლევას, კერძოდ, მათზე მასტაბილიზებელი და მადესტაბილიზებელი დანამატების მოქმედების პირობებში. წარმოდგენილ ნასრომში მოცემულია მაღალი მგრძობელობის დიფერენციული მასკანირებელი კალორიმეტრიის (DSC) მეთოდის გამოყენებით ჩვენს მიერ მოდელური ცილა-ფერმენტის,  $\alpha$ -ქიმოტრიპსინის ( $\alpha$ -CT) თერმულ სტაბილობაზე სხვადასხვა დანამატების გავლენის შესწავლის მიზნით ჩატარებული კვლევების მიმოხილვა. კერძოდ: (ა) ზომიერი დენატურანტის, შარდოვანას გავლენა ამ დანამატის 0-7 M კონცენტრაციის თანაობისას; (ბ) ორმხრივი მოქმედების ორგანული დანამატის, დიმეთილსულფოქსიდის (DMSO) გავლენა 0-10.5 M კონცენტრაციის თანაობისას, და (გ) პროტონული იონური მასტაბილბელი დანამატის, ქოლინ დიჰიდროგენ-ფოსფატის, [ch][dhp], გავლენა 0-3 M კონცენტრაციის თანაობისას. დადგენილია, რომ: (1) შარდოვანას კონცენტრაციის გაზრდით თერმული ღლობის ენტალპია და გადასვლის ტემპერატურა თანდათან მცირდება. 6-7 M შარდოვანას პირობებში კალორიმეტრული მრუდი ფართოვდება და მთლიანად ქრება. ამგვარი ქცევა ხასიათდება ე.წ. მოლტენ გლობულის მდგომარეობით. (2) დმსო-ს შემთხვევაში, pH 8.1 პირობებში, დაიმზირებოდა როგორც სტაბილიზაცია (0-დან 3 -მდე კონცენტრაციის ფარგლებში), ისე დესტაბილიზაცია (3-დან 10.5 M-მდე კონცენტრაციის ფარგლებში). მიღებული ანალიზის საფუძველზე ახსნილია დმსო-ს ორმაგი (როგორც მასტაბილბელი, ისე მადესტაბილბელი) ბუნება, რაც განპირობებული უნდა იყოს, ცილის დახვეულ და განხვეულ მდგომარეობებში, შესაბამისად, უარყოფითი და დადებითი პრეფერენციული სოლვატაციის განსხვავებული როლით. (3) [ch][dhp]-ის თანაობისას ჩატარებულ კვლევებში, პირველად ერთდროულად იქნა განსაზღვრული კალორიმეტრული ღლობის ენტალპია და გადასვლის ენტროპია. თავდაპირველად (0-დან 1 M-მდე ფარგლებში), ამ პარამეტრების მაჩვენებლები მნიშვნელოვნად შემცირდა, რაც სავარაუდოდ განპირობებულია [ch][dhp] კომპონენტებისა და  $\alpha$ -CT-ის დამუხტულ ჯგუფებს შორის სპეციფიკური პირდაპირი ურთიერთქმედებებით. შემდგომ ეტაპზე კი, (1-დან 3 M-მდე) გამოვლინდა ენტალპიური და ენტროპიული კომპონენტების მცირედი მატება. ეს ცვლილებები სავარაუდოდ დაკავშირებულია [dhp]-ს ანიონებსა და  $\alpha$ -CT-ის დადებითად დამუხტულ ანიონებს შორის არსებულ შემდგომ კულონურ ურთიერთქმედებასთან.

III. 1. სამეცნიერო ფორუმების მუშაობაში მონაწილეობა  
ა) საქართველოში

№	მომხსენებელი/ მომხსენებლები	მომხსენების სათაური	ფორუმის სახელწოდება, ჩატარების დრო და ადგილი
1.	სექციაზე ზეპირი მომხსენებელი: დ. ხოშტარია თეზისის თანაავტორები: მ. მახარაძე, თ. დოლიძე, მ. შუშანიანი, ს. უჩანეიშვილი, ტ. ტრეტიაკოვა, ნ. შენგელია, ჯ. უეი (Jianjun Wei), დ. ვალდეკი	გლობულური ცილების სტაბილობისა და ფუნქციის კონტროლი უახლესი ტიპის კომპლექსურ გარემოში – თვითაწყობად ფირებში და მინისებრ იონურ ღლობილებში.	კონფერენცია: ens-2016, 25- 29 იანვარი, 2016 წ., ფიზიკის სექცია, თსუ-II კორპუსი, ფდა, ბიოფიზიკის ქვესექცია (27.01.16).

(David H. Waldeck),  
რ. ვან ელდიკი  
(Rudi van Eldik)

მოსხენებათა ანოტაციები ქართულ ენაზე

1. გლობულური ცილების სტაბილობისა და ფუნქციის კონტროლი უახლესი ტიპის კომპლექსურ გარემოში – თვითაწყობად ფირებში და მინისებრ იონურ ღღობილებში.

გლობულური ცილების, ზოგადად, ბიომოლეკულების თერმოდინამიკური სტაბილობა, კონფორმაციული ფლექსიბილობა და გადასვლები (იერარქიული სტრუქტურული ცვლილებები), ასევე ფუნქციური პროცესები (სპეციფიკური ბიოლოგიური აქტივობა) გამოირჩევა მეტად დიდი მრავალფეროვნებით. შესაბამისი ფიზიკური მექანიზმების ჩაღრმავებულ შესწავლას ატომ-მოლეკულურ დონეზე კაცობრიობისთვის უდიდესი მნიშვნელობა აქვს. ჩვენი სისტემატური, ინტერდისციპლინური სამეცნიერო აქტივობა ძირითადად მოიცავს თერმოდინამიკურ და კინეტიკურ ექსპერიმენტულ კვლევებს, ხოლო მიღებულ მონაცემების ანალიზი ხორციელდება თანამედროვე თეორიული წარმოდგენების საფუძველზე. კვლევებისთვის საჭირო მატერიალურ-ტექნიკური საშუალებები განლაგებულია თსუ ფიზიკის დეპარტამენტის ბიოფიზიკისა და ბიონანომეცნიერებების ინსტიტუტის და ი. ბერიტაშვილის ექსპერიმენტული ბიომედიცინის ცენტრის ბიოფიზიკის განყოფილების ბაზაზე. ჩვენ ასევე სისტემატურად ვთანამშრომლობთ აშშ და გერმანიის სამეცნიერო ცენტრებთან. კერძოდ, 2015 წელს დასრულებული კვლევების შედეგებს შორის უნდა აღინიშნოს: [1] ბიომიმეტიკური ობიექტის – Au-ელექტროდზე დატანილ თვითაწყობად ფირში იმობილიზებული („ჩაჭერილი“) სპილენძის იონების მონაწილეობით ელექტროდთან ელექტრონული მიმოცვლის პროცესის კვლევა გარემოს ტემპერატურის და წნევის ვარირების პირობებში. კვლევებმა გამოავლინა ელექტრონის მიმოცვლის პროცესზე „მინისებური“ გარემოს ძლიერი არაერგოდიული და არაწრფივი მოვლენებისთვის დამახასიათებელი ეფექტები; [2] მინისებრი გრაფიტის (GC) ელექტროდებზე დატანილ, თავის მხრივ, პოლიმერების საშუალებით გააქტივებულ ნახშირბადის ნანომილაკებზე (CNT) იმობილიზებული ცილა-ფერმენტის, გლუკოზ ოქსიდაზის (GOx) GC ელექტროდებთან ელექტრონული მიმოცვლის შესწავლა. GOx-ის აქტიური კო-ფაქტორი ფლავინ ადენინ დინუკლეოტიდი (FAD) მონაწილეობს ელექტროდთან ერთდროულად ორი პროტონის გადასვლებთან შეუღლებულ ორი ელექტრონის მიმოცვლის პროცესში. ჩვენმა კვლევებმა აჩვენა, რომ ხდება გააქტივებული CNT-ბოლოების (ფაქტობრივად, ნანოელექტროდების) შეღწევა GOx-ის აქტიურ ცენტში და FAD-ის კო-ფაქტორთან უშუალო დაახლოება (Direct “Wiring”), რის შემდგომაც ხორციელდება ზემოაღნიშნული შეუღლებული პროცესი, და [3] შესწავლილი იყო Au-ელექტროდზე დატანილ ალკანთიოლის ფირებზე იმობილიზებული, ან თავისუფალი დიფუზიის რეჟიმში მყოფი მიოგლობინის (Mb) ელექტროდთან ელექტრონების მიმოცვლის ფიზიკური მექანიზმები. გარემოს ტემპერატურის და წნევის ვარირების პირობებში ჩატარებული კვლევების შედეგად დადგინდა იქნა, რომ ელექტროდებზე დატანილ ალკანთიოლურ ფირებთან Mb-ის ურთიერთქმედების სიძლიერე, ანუ Mb-ის მაკრომოლეკულის კონფორმაციული ძვრადობის (დინამიკის) ხარისხი არსებითად განაპირობებს Mb-ის ბიომოლეკულის მონაწილეობით მიმდინარე ელექტრონების მიმოცვლის პროცესების ფიზიკურ ბუნებას.

პუბლიკაციები:

[1] D.E. Khoshtariya, T.D. Dolidze, T. Tretyakova, R. van Eldik, *J. Phys. D: Appl. Phys.*, 2015, v.48, Article No. 513699, (11 p.); [2] Y. Liu, T.D. Dolidze, S. Singhal, D.E. Khoshtariya, J. Wei, *J. Phys. Chem. C* 2015, v.119, p.14900-14910; [3] T.D. Dolidze, M. Shushanyan, D.E. Khoshtariya, *J. Coord. Chem.*, 2015, v.68, p.3164-3180.

ბ) უცხოეთში

№	მომხსენებელი/ მომხსენებლები	მომხსენების სათაური	ფორუმის სახელწოდება, ჩატარების დრო და ადგილი
1.	სექციაზე ზეპირი მომხსენებელი: <b>დ. ხოშტარია</b> (მეცნიერთა ჯგუფის სახელით)	Combined studies of conformational and mechanistic issues for redox-active proteins through the extended method of interfacial voltammetry.	საერთაშორისო კონფერენცია: Advances in biophysical methods for protein Characterization (პროგრესი ცილათა მახასიათებლების კვლევის ბიოფიზიკურ მეთოდებში), 4-6 ოქტომბერი, 2016 წ., პალერმო, იტალია

მომხსენებათა ანოტაციები ქართულ ენაზე

1. რედოქს-აქტიური პროტეინების კონფორმაციული და მექანიზმური ასპექტების კომპლექსური კვლევები ინტერფაზური ვოლტამეტრიის გაფართოებული მეთოდის გამოყენებით.

რედოქს-აქტიური პროტეინები (ცილები) შესაძლოა ადვილად იყვნენ გააქტიურებული მრავალგვარად მოდიფიცირებულ ელექტროდებზე (ელექტროდებზე), ალკანთიოლური თვითაწყობადი მონოშრეების (ფირების), ან სხვა ნახშირბარდოვანი ნანოსტრუქტურების (მაგ., გრაფენის, ნანომილაკების და სხვა) გამოყენებით. ამასთან, ტემპერატურული და მაღალი წნევის მაკონტროლირებელი ბლოკებით აღჭურვილი თანამედროვე ვოლტამპერული ტექნიკის გამოყენება, ნანოსტრუქტურების სისქისა და შემადგენლობის თანაბარი ვარიაციების პირობებში საშუალებას იძლევა დავადგინოთ არა მარტო ელექტრონების მიმოცვლის ფიზიკური მექანიზმები, არამედ გამოვიკვლიოთ ინტერფაზურ ზედაპირებზე მათი იმობილიზაციისა და სხვადასხვა ორგანული დანამატების გარემოში არსებობის როლი მათ კონფორმაციულ სტაბილიზაციაში თუ დესტაბილიზაციაში [1-5]. ჩვენს მიერ შესწავლილი იყო ცილების გარემო-პირობების არსებითი გავლენის სხვადასხვა შემთხვევები, კერძოდ: (ა) ერთ-ერთი მოდეული ცილის, აზურინის, ნანოსტრუქტურებში იმობილიზაციისა და მისი გარემოცვის შემდგომი მინისებრ მდგომარეობაში გადასვლის მექანიზმური გავლენა ორგანული მარილის ქოლინ დიჰიდროგენ ფოსფატის, ზემოაღნიშნული კონცენტრაციების გამოყენების პირობებში. ჩვენ პირველბა გამოვაკვლიეთ ელექტრონის მიმოცვლის პროცესზე მინისებული გარემოს პირდაპირი დინამიკური კონტროლი არსებითად არაერგოდიული რეჟიმის პირობებში [1,2]. (ბ) მიოგლობინის შემთხვევაში, ჩვენ გამოვაკვლიეთ ცილისა და ალკანთიოლური მონოშრეების სპეციფიკური ურთიერთქმედების არსებითი როლი, როგორც კინეტიკური რეჟიმის თავისებურებაზე (მორეაგირე მაკრომოლეკულის თავისუფალი დიფუზიისა ან მისი ზედაპირზე „ჩაჭერის“ ვარიანტები), ისე მის სტრუქტურულ სტაბილობაზე, და ელექტრონის გადასვლის პირდაპირ შეუღლებაზე ლიგანდის (რკინის იონთან კოორდინირებული წყლის მოლეკულის, Fe(III/II)H<sub>2</sub>O) დინამიკასთან. დადგინდა, რომ მიოგლობინის როგორც სტაბილობა, ისე კონფორმაციული ფლექსიბილობა კორელაციაში იმყოფება კოორდინირებული წყლის შექცევადი გადანაცვლების (რეორგანიზაციის) მასშტაბებთან, და ეს უკანასკნელი განაპირობებს ელექტრონის მოძრაობის სიჩქარეს [3,4]. (გ) გლუკოზ ოქსიდაზის შემთხვევაში, შევისწავლეთ



შესაბამის ნანომოწყობილობაში ელექტროდზე მიმაგრებული პოლიმერით მოდიფიცირებული ნახშირბადის ნანომილაკების „პირდაპირი კონტაქტი“ FAD კოფაქტორთან, ცილის აქტიურ ცენტრში უშუალო შეღწევის გზით [5]. ამასთან, დადასტურდა პროტონების გადაადგილებასთან შეუღლებული ორი ელექტრონის კვაზი-ერთდროული მიმოცვლის მექანიზმი. (დ) ბიომიმეტიკური, ოქროს ელექტროდზე აწყობილი, L-ცისტეინის ფირების შემთხვევაში, რომლებსაც გააჩნიათ უნარი „ჩაიჭირონ“ სპილენძი (II)-ის იონები [6] (ამდენად განიხილებიან, როგორც სპილენძის შემცველი ცილების [1,2] ერთგვარი მოდელები), დადგინდა ცისტეინის ფირების მინისებრი გარემის არაერგოდიული და არაწრფივი გავლენა ელექტრონის მიმოცვლის პროცესის ფიზიკურ მახასიათებლებზე, რომელთა ფიზიკური ბუნება აგრეთვე არის განხილული წარმოდგენილ მოხსენებაში.

ლიტერატურა:

[1]. Khoshtariya D.E., Dolidze T.D., Shushanyan M., Davis K.L., Waldeck D.H., van Eldik R. (2010) Proc. Natl. Acad. Sci. USA, v.107, 2757-2762. [2]. Khoshtariya D.E., Dolidze T.D., Tretyakova T., Waldeck D.H., van Eldik, R. (2013) Phys. Chem. Chem. Phys., v. 15, 16515-16526. [3]. Khoshtariya D.E., Dolidze T.D., Shushanyan M., van Eldik R. (2014) J. Phys. Chem. B, v.118, 692-706. [4]. Dolidze T.D., Shushanyan M., Khoshtariya D.E. (2015) J. Coord. Chem., vol. 68, 3164-3180. [5]. Liu Y., Dolidze T.D., Singhal S., Khoshtariya D.E., Wei J. (2015) J. Phys. Chem. C, v.119,14900-14910. [6]. Khoshtariya D.E., Dolidze T.D., Tretyakova T., van Eldik, R. (2015) J. Phys. D: Appl. Phys., v.48, Art. 255402 (11pp).

## გამოყენებითი ნახევრადგამტარული ტექნოლოგიების სამეცნიერო-კვლევითი ინსტიტუტი

1. სამეცნიერო ერთეულის (დეპარტამენტი, ინსტიტუტი, განყოფილება, ლაბორატორია) დასახელება: “გამოყენებითი ნახევრადგამტარული ტექნოლოგიების სამეცნიერო-კვლევითი ინსტიტუტი”

მისამართი: ჭავჭავაძეს გამზ. 13, 0179, ი. ჯავახიშვილის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის VIII კორპუსი, ტელ. 222 06 36, 555 40 38 42.

2. სამეცნიერო ერთეულის ხელმძღვანელი: დოქტორი ზაური ჭახნაკია

3. სამეცნიერო ერთეულის პერსონალური შემადგენლობა:  
დირექტორის მოადგილე: კახა ჩიტაია

1. სამეცნიერო განყოფილება - სამეცნიერო საწარმოო კომპლექსი (სსკ) “ელექტრონული ტექნიკა”

№	სახელი, გვარი	აკად. ხარისხი	თანამდებობა	კვლევების მიმართულება
1	ნინა ხუჭუა	ფიზ.-მათ. მეცნ. დოქტორი	განყოფილების გამგე	კვლევების საერთო ხელმძღვანელობა და შედეგების ანალიზი
2	ალბერტ ტუტუნჯიანი	დოქტორი	მთავარი მეცნიერ თანამშრომელი	ტექნოლოგიური კვლევების ჩატარება და შედეგების ანალიზი
3	მარინა ტიგიშვილი	დოქტორი	უფროსი მეცნიერ თანამშრომელი	იონური იმპლანტაციის ტექნოლოგიის დამუშავება
4	ტატიანა სახაროვა	დოქტორი	უფროსი მეცნიერ თანამშრომელი	ფოტოლიტოგრაფია და ქიმიური ტექნოლოგიის დამუშავება
5	გივი კალანდაძე	მაგისტრი	უფროსი მეცნიერ თანამშრომელი	მეტალების და დიელექტრიკების დაფენის ტექნოლოგიის დამუშავება
6	ლერი სანიკიძე	მაგისტრი	მეცნიერ თანამშრომელი	მეტალების და დიელექტრიკების დაფენის ტექნოლოგიის დამუშავება

2. ელექტრონული და ელექტრომექანიკური სისტემების კვლევის განყოფილება

№	სახელი, გვარი	აკად. ხარისხი	თანამდებობა	კვლევების მიმართულება
1	რევაზ მელქაძე	დოქტორი	განყოფილების გამგე	კვლევების საერთო ხელმძღვანელობა და შედეგების ანალიზი
2	გურამ ძულიაშვილი	მაგისტრი	უფროსი მეცნიერ თანამშრომელი	პროგრამისტი, კომპიუტერული უზრუნველყოფა
3	ნოდარ უშვერიძე	მაგისტრი	მეცნიერ თანამშრომელი	ელექტრონული მოწყობილობების

				პროექტირება და ტესტირება
4	გია ფერაძე	მაგისტრი	მეცნიერ თანამშრომელი	ახალი ნ/გ მასალების ტექნოლოგიის დამუშავება და კვლევა
5	თამილა ხელაშვილი	მაგისტრი	მეცნიერ თანამშრომელი	ნ/გ მასალების კვლევა, საკონსტრუქტურო და ტექნოლოგიური დოკუმენტაციის დამუშავება

3. ფოტონებით და რადიაციით სტიმულირებული ტექნოლოგიების განყოფილება

№	სახელი, გვარი	აკად. ხარისხი	თანამდებობა	კვლევების მიმართულება
1	ზურაბ ჯიბუტი	ფიზ.-მათ. მეცნ. დოქტორი	განყოფილების გამგე	კვლევების საერთო ხელმძღვანელობა და შედეგების ანალიზი
2	ნუგზარ დოლიძე	ფიზ.-მათ. მეცნ. დოქტორი	მთავარი მეცნიერ თანამშრომელი	სტიმულირებული ტექნოლოგიების დამუშავება და კვლევა
3	ზურაბ კაპანაძე	დოქტორი	უფროსი მეცნიერ თანამშრომელი	ნ/გ მასალების ოპტიკური პარამეტრების კვლევა

I. 1. საქართველოს სახელმწიფო ბიუჯეტის დაფინანსებით 2016 წლის გეგმით შესრულებული სამეცნიერო-კვლევითი პროექტები

(ეხება სამეცნიერო-კვლევით ინსტიტუტებს)

№	შესრულებული პროექტის დასახელება მეცნიერების დარგისა და სამეცნიერო მიმართულების მიითითებით	პროექტის ხელმძღვანელი	პროექტის შემსრულებლები
1	იწ გამოსხივების ფოტოდეტექტორები მოდიფიცირებული სილიციუმის საფუძველზე.	ფიზ.-მათ. მეცნ. დოქტორი ნინა ხუჭუა.	დოქტორი მ. ტიგიშვილი, დოქტორი ნ. გაფიშვილი, დოქტორი ა. ტუტუნჯიანი, დოქტორი ტ. სახაროვა, ფიზ.-მათ. მეცნ. დოქტორი ზ. ჯიბუტი, ფიზ.-მათ. მეცნ. დოქტორი ნ. დოლიძე.

2016 წელს მიღებულია განმაზოგადებელი შედეგები მოკლევადიანი იწ დიაპაზონში ფოტომგრძობიარობის მქონე დიოდების შექმნაში ორიგინალური მეთოდით - n-ტიპის სილიციუმის ბორით ლეგირების გზით. შესწავლილია ამოსავალი მასალები ფოტოემისის განსხვავებული კუთრი წინააღმდეგობით (70 და 10 ომი·სმ) და, აგრეთვე, SOI სტრუქტურები.

ნაჩვენებია, რომ ფოტომგრძობიარობის სპექტრები დამოკიდებულია იმპლანტაციის რეჟიმებისა და შემდგომი გამოწვისგან.  
 დადგენილია, რომ ფოტოგამოძახილი განპირობებულია იმპლანტაციისა და გამოწვის პროცესებისას განფენილი დეფექტების წარმოქმნით მონოკრისტალური სილიციუმის ზედაპირთან მიმდებარე დაძაბულ ფენაში.  
 პრაქტიკული თვალსაზრისით, დეტექტორებში გაჟონვის დენების შესამცირებლად მიზანშეწონილია გამოვიყენოთ ნიმუშები კუთრი წინააღმდეგობით არანაკლები 70 ომი•სმ. შერჩეული SOI სტრუქტურა, როგორც ნავარაუდები იყო, შეიძლება გამოყენებულ იქნას იწ მადეტექტირებელი მატრიცის ასაგებად.  
 უახლოეს პერსპექტივაში - SOI საფუძველზე იწ მატრიცების შემდგომი დამუშავება და ახალი მასალის შექმნა გერმანიუმის იონებით იმპლანტირებული სილიციუმის გამოყენებით.

2	<p>იწ და უი გამოსხივების ფოტოდეტექტორები <sup>3 5</sup> შენაერთების საფუძველზე</p>	<p>დოქტორი ზ. ჭახნაკია.</p>	<p>ფიზ.-მათ.მეცნ. დოქტორი ნ. ხუჭუა, დოქტორი ა. ტუტუნჯიანი, დოქტორი ტ. სახაროვა, ფიზ.-მათ.მეცნ. დოქტორი ნ. დოლიძე, ფიზ.-მათ.მეცნ. დოქტორი ზ. ჯიბუტი, მეცნ.თან. მ. ქსავერიევა, მეცნ.თან. ლ. სანიკიძე.</p>
---	--	-----------------------------	---

2016 წელს დამუშავებულია InP/InGaAs ჰეტეროსტრუქტურების საფუძველზე p-i-n დიოდების ახალი ტექნოლოგია მოკლეტალღოვან იწ არეში ფოტომგრძობიარე ხელსაწყოების მისაღებად და გამოკვლეულია მათი ელექტრული და ოპტიკური თვისებები. ნაჩვენებია, რომ ფოტოგამოძახილს აქვს ადგილი ტალღათა სიგრძეების 75-1,7 მკმ ინტერვალში.  
 შემოთავაზებულია ეპიტაქსიური სტრუქტურების კორექტირებული არქიტექტურა, რომელიც გამოიყენება იწ პიქსელური მატრიცის შესაქმნელად ელემენტების რიცხვით არანაკლები 32x32.  
 დამუშავებულია ტრანზისტორებისა და დიოდების მიღების ტექნოლოგია ერთერთ ყველაზე პერსპექტიული მასალის - AlGaIn/GaN ჰეტეროსტრუქტურების - საფუძველზე. ნაჩვენებია, რომ ტრანზისტორებისა და დიოდების პარამეტრები სტატიკურ რეჟიმში თანამედროვე მონაცემების დონეზეა.  
 გარდა ამისა, როგორც მოსალოდნელი იყო, მასალას ახასიათებს დიდი ფოტომგრძობიარობა უი დიაპაზონში (190-400 ნმ).  
 მოცემული შედეგების ანალიზი მეტყველებს ამ სამუშაოთა გაგრძელების აუცილებლობაზე, რაც ასახულია კიდევ 2017 წლის თემატურ გეგმაში.  
 შედეგები იქნება გამოქვეყნებული.

3	<p>მაიონებელი გამოსხივების სენსორები ნახევარგამტარული მასალების საფუძველზე.</p>	<p>დოქტორი რევაზ მელქაძე.</p>	<p>დოქტორი თ. მაკალათია, დოქტორი ნ.</p>
---	---	-------------------------------	---

			<p>გაფიშვილი, მეცნ. თან. გ. კალანდაძე. მეცნ. თან. თ. ხელაშვილი მეცნ. თან. გ. ფერაძე მაგისტრი ნ. უშვერიძე</p>
<p>2016 წელს დამუშავებული იყო Si და ეპიტაქსიური GaAs მასალების საფუძველზე მაიონებელი გამოსხივების დეტექტირების ტექნოლოგია. ნაჩვენები იყო, რომ Si ფუძეშრეში B<sup>10</sup> იონების იმპლანტაციით შემდგომი გამოწვეით ერთდროულად მიიღება კონვერტორი და დიოდები, ხოლო ეპიტაქსიურ GaAs-ში B<sup>10</sup> იმპლანტაციით გამოწვეის გარეშე - მხოლოდ კონვერტორი. მიღებულ დიოდებში, რომელთა ზომებია: Si-თვის 10x10 მმxმმ, 5x5 მმxმმ, ხოლო GaAs-თვის - 2,7x2,7 მმxმმ, გაჟონვის დენები შეადგენდნენ 180 მკა, 40 მკა და 100 ნა შესაბამისად. დადგენილი იყო, რომ დიოდების მახასიათებლები რენტგენის სხივების ზემოქმედების შედეგად არ განიცდიან დეგრადაციას. მიღწეული შედეგები მეტყველებს ამ სამუშაოთა გაგრძელების აუცილებლობაზე. შედეგები იქნება გამოქვეყნებული.</p>			
<p>4</p>	<p>სხვადასხვა დანიშნულების თვითმოწესრიგებული ნანოფოროვანი ალუმინის ოქსიდის მიღება.</p>	<p>დოქტორი ტ. სახაროვა.</p>	<p>დოქტორი ა. ტუტუნჯიანი</p>
<p>ნანოფოროვანი ალუმინის ოქსიდის მისაღებად ადრე ჩატარებულ სამუშაოთა შედეგად, გახდა ნათელი, რომ საჭიროა თვით ალუმინის ზედაპირის მომზადების შემდგომი ოპტიმიზაცია და, აგრეთვე, ანოდიზაციის პროცესების ჩატარების კონტროლის სრულყოფა, კერძოდ, პროცესის ჩატარების ტემპერატურის ავტომატური დამჭერი. შემდგომში იგეგმება ანოდიზაციის ორსაფეხურიანი მეთოდის მოსინჯვა, რაც სავარაუდოთ შესაძლებელს გახდის ფორების ზომების შემცირებას და მიღებული სტრუქტურის მოწესრიგებას.</p>			
<p>5</p>	<p>მესამე ჯგუფის ელემენტების ნიტრიდების ფორმირების დაბალტემპერატურული ტექნოლოგიების დამუშავება, ფოტონური გამოწვეის მექანიზმების კვლევა.</p>	<p>დოქტორი ნ. დოლიძე</p>	<p>დოქტორი ზ. ჯიბუტი დოქტორი ზ. კაპანაძე</p>
<p>2016 წელს გაგრძელდა AlN-ის და GaN-ის ფირების საფირონის ფუძეშრეზე ფორმირება და ტექნოლოგიური რეჟიმების შერჩევა. მიღებულია AlN-ის და GaN-ის ფირები ტექნოლოგიური პროცესის სხვადასხვა რეჟიმებში. ელექტროფიზიკური და ოპტიკური პარამეტრების გაზომვების საშუალებით შერჩეულ იქნა ფორმირებისა და ფოტონური გამოწვეის ოპტიმალური რეჟიმები მაღალი ხარისხის ფირების მისაღებად. მიღებული ნიტრიდების სხვადასხვა მინარევით ლეგირების შემდეგ ყველაზე უფრო საინტერესო შედეგები მოგვცა გალიუმის ნიტრიდის ფორმირების პროცესში რკინით</p>			

ლვეირებამ – როგორც ლიტერატურიდან არის ცნობილი მესამე ჯგუფის ელემენტების ნიტრიდები უპირატესად *n*-ტიპის გამტარებლობის მიიღება. *p*-ტიპის გამტარებლობის მიღება გაძნელებულია და ტექნოლოგიურად მნიშვნელოვან პრობლემას წარმოადგენს. ჩვენს მიერ ჩატარებული GaN-ის რკინით ლვეირების შემდგომ ყველა ნიმუში აჩვენებს *p*-ტიპის გამტარებლობას, რაც გარკვეულ სიახლეს წარმოადგენს.

II. 1. პუბლიკაციები:

ა) საქართველოში

სახელმძღვანელოები

№	ავტორი/ავტორები	სახელმძღვანელოს სახელწოდება	გამოცემის ადგილი, გამომცემლობა	გვერდების რაოდენობა
1 2 3	ნ.დოლიძე.	ნანოტექნოლოგიები ბიომედიცინაში. 2016	საგამომცემლო სახლი “ტექნიკური უნივერსიტეტი”.	142 გვ. (სტუ ბიბლიოთეკა, შიფრი 615.47 (02).

სახელმძღვანელოში მოცემულია ბიომედიცინაში ნანოტექნოლოგიების გამოყენების თანამედროვე მდგომარეობა და პერსპექტივები. აღწერილია ნანოტექნოლოგიების განვითარების ისტორია უსსოვარი დროიდან დღემდე. განხილულია ბუნებაში არსებული ნანოფეკტები და მათი ხელოვნური ანალოგების შექმნის შესაძლებლობები. მოცემულია ბიოტექნოლოგიის საფუძვლები, წარმოების ზოგადი სქემები მაგალითებით. სახელმძღვანელო მოიცავს თანამედროვე გენური ინჟინერიის საფუძველზე შექმნილი ბიოტექნოლოგიური მეთოდების აღწერას და ამ მეთოდების პრაქტიკული გამოყენების მაგალითებს. განხილულია გენური ინჟინერიის დადებითი და უარყოფითი მხარეები. დიდი ნაწილი ეძღვნება ნანომედიცინასა და ბიოტექნოლოგიური ნანოსისტემების აღწერას, ბუნების იმიტირებას – დეზოქსირიბონუკლეინის მუავას (დნმ) მოლეკულებისგან სხვადასხვა ნაკეთობების, ნანომანქანების, ჩიპების და ა.შ. შექმნას და მათ გამოყენებას ადამიანთა ყოფაცხოვრებაში. ვრცლადაა განხილული ადამიანის გენომი საერთოდ, ქრომოსომაში დნმ-ს წყობა, გენის დანიშნულება, ფუნქცია და მისი როლი თაობათა ცვლაში. მკაფიოდაა წარმოდგენილი ბიომედიცინაში ნანოტექნოლოგიების გამოყენების სოციალურ-ეთიკური საკითხები, ამ საკითხებისადმი საზოგადოების დამოკიდებულება, გამოყენების რისკები და სარგებელი.

სახელმძღვანელო განკუთვნილია სამედიცინო ფიზიკის სტუდენტებისთვის. იგი ასევე სასარგებლო იქნება სპეციალისტებისა და ყველა ამ სფეროში დასაქმებული პირებისთვის.

სტატიები

№	ავტორი/ავტორები	სტატიის სათაური, ჟურნალის/კრებულის დასახელება	ჟურნალის/კრებულის ნომერი	გამოცემის ადგილი, გამომცემლობა	გვერდების რაოდენობა
1 2	ა.მიკირტიჩიანი, ა. ტუტუნჯიანი	მრავალმიზნობრივი მობილური ზონდური მოწყობილობა, GEORGIAN ENGINEERING NEWS	N3 (vol.79), 2016	საქართველო	გვ. 32-34

სტატიაში განხილულია პორტატული, მრავალმიზნობრივი მობილური ზონდური მოწყობილობების კონსტრუქცია და დამუშავებული სერიის შესაძლებლობები, რომლებიც საშუალებას იძლევა ჩატარდეს მიკროელექტრონული ხელსაწყოების ძირითადი პარამეტრების ექსპრეს კონტროლი სტატიკურ რეჟიმში.

II. 2. პუბლიკაციები:  
ბ) უცხოეთში

სტატიები

№	ავტორი/ავტორები	სტატიის სათაური, ჟურნალის/კრებულის დასახელება	ჟურნალის/კრებულის ნომერი	გამოცემის ადგილი, გამომცემლობა	გვერდების რაოდენობა
1 2 3 4 5	A.Bibilashvili, N.Dolidze, R.Gulyaev, Z.Jibuti, G.Skhiladze	Low-Temperature Method of Formation of Group III Nitride (GaN, AlN)	#14	J. Nano Studies, 2016.	

ნაშრომში ნახვენებია GaN და AlN ნანოფირების შედარებით დაბალ ტემპერატურებზე (300-700<sup>0</sup>) მიღების შესაძლებლობა აზოტის ატმოსფეროში გალიუმისა და ალუმინის მაგნეტრონული გაფრქვევის მეთოდით ულტრაიისფერი სინათლის თანხლებით და შემდგომი იმპულსური-ფოტონური გამოწვის საშუალებით. ნახვენებია, რომ იმპულსური-ფოტონური გამოწვა თავდაპირველად ამორფულ გალიუმისა და ალუმინის ნიტრიდში აყალიბებს პოლიკრისტალურ ჩანართებს. ნიტრიდის ლეგირება წარმოებს ფორმირების პროცესში ულტრაიისფერი სინათლის თანხლებით. რკინით ლეგირებული ნიტრიდის ფირების ფორმირების შემდეგ, მინარევის აქტივაციისა და კრისტალიზების ხარისხის გასაუმჯობესებლად ტარდება იმპულსური-ფოტონური გამოწვა საფენის მხრიდან. ამასთან, რკინით ლეგირებული გალიუმის ნიტრიდი ავლენს p-ტიპის გამტარებლობას.

III. 1. სამეცნიერო ფორუმების მუშაობაში მონაწილეობა

ა) საქართველოში

№	მომხსენებელი/მომხსენებლები	მოხსენების სათაური	ფორუმის ჩატარების დრო და ადგილი
1 2 3	L. Jibuti, Z. Jibuti, R.Melkadze.	The original method for studying optical properties of semiconductor materials and structures and the setup "Polychromator»	4th International Conference "Nanotechnologies" (NANO – 2016), 24-27 October, Tbilisi, Georgia

ნახევარგამტარული მასალებისა და სტრუქტურების ოპტიკური თვისებების კვლევის ორიგინალური მეთოდი და ხელსაწყო - „პოლიქრომატორი“ .

მიკროელექტრონიკის ტექნოლოგიების შემუშავებისას, ნახევარგამტარული მასალებისა და მათ ბაზაზე შექმნილი ხელსაწყოების ფიზიკური თვისებების კვლევაში, სხვა მეთოდებთან ერთად მნიშვნელოვან როლს თამაშობს ოპტიკური მეთოდები. შეუდარებელია ამ მეთოდების მნიშვნელობა ოპტოელექტრონული ხელსაწყოებისა და

სხვადასხვა ტიპის ელექტრომაგნიტური ტალღების სენსორების ფიზიკური თვისებების შესწავლისას. გაზომვის ოპტიკური მეთოდები განსაკუთრებით ქმედითი და ეფექტური აღმოჩნდა ნანოტექნოლოგიური მასალების გამოჩენის პირობებში, რადგან არ მოითხოვენ ნივთიერებაზე ძლიერ ზემოქმედებას და მის სტრუქტურულ თუნდაც ლოკალურ რღვევას. რაც განაპირობებს უდიდეს ინტერესს გაზომვების ახალი ოპტიკური მეთოდების შემუშავებისადმი. ჩვენს მიერ შექმნილია ხელაწყო „პოლიქრომატორი“ - როგორც ნახევარგამტარული მასალებისა და სტრუქტურების ოპტიკური თვისებების შემსწავლელი ახალი მოწყობილობა. ამ ხელსაწყოში ოპტიკური ფილტრების თანმიმდევრული ცვლილების გზით 200 – 4100nm ოპტიკურ დიაპაზონში გამოვეყოფთ ელექტრომაგნიტური გამოსხივების პაკეტებს და ვიკვლევთ შესასწავლი სტრუქტურების მაგალითად ფოტოსენსორების ფოტომგრძნობიარობას, არა ერთი ტალღის სიგრძის არამედ სპექტრალური პაკეტების მიმართ. აღმოჩნდა, რომ რიგ სპექტრალურ დიაპაზონში პოლიქრომატორისა და მონოქრომატორის საშუალებით გადაღებული ფოტომგრძნობიარობი პრინციპულად განსხვავებულია. ჩვენი აზრით შემოთავაზებული ხელსაწყო და კვლევის მეთოდი ხსნის თანამედროვე ელექტრონიკის მასალების, სტრუქტურებისა და მათ ბაზაზე შექმნილი ხელსაწყოების ფიზიკური თვისებების შესწავლის ახალ შესაძლებლობებს.

1	A.Bibilashvili,	LOW-TEMPERATURE METHOD OF FORMATION OF GROUP III NITRIDE (GaN, AlN) NANOFILMS.	4th International Conference “Nanotechnologies”, October, 24-27, Tbilisi, Georgia. “Nano-2016”
2	N.Dolidze,		
3	R.Gulyaev,		
4	Z.Jibuti,		
5	G.Skhiladze.		

ნაშრომში ნაჩვენებია GaN და AlN ნანოფირების შედარებით დაბალ ტემპერატურებზე (300-700<sup>0</sup>) მიღების შესაძლებლობა აზოტის ატმოსფეროში გალიუმისა და ალუმინის მაგნეტრონული გაფრქვევის მეთოდით ულტრაიისფერი სინათლის თანხლებით. შემდგომი იმპულსური-ფოტონური გამოწვის საშუალებით. ნაჩვენებია, რომ იმპულსური ფოტონური გამოწვა თავდაპირველად ამორფულ გალიუმისა და ალუმინის ნიტრიდს აყალიბებს პოლიკრისტალურ ჩანართებს. ნიტრიდის ლეგირება სწარმოებს ფორმირების პროცესში ულტრაიისფერი სინათლე თანხლებით. რკინით ლეგირებული ნიტრიდის ფირების ფორმირების შემდეგ, მინარევ აქტივაციისა და კრისტალიზების ხარისხის გასაუმჯობესებლად ტარდება იმპულსური ფოტონური გამოწვა საფენის მხრიდან. ამასთან, რკინით ლეგირებული გალიუმის ნიტრიდს ავლენს p-ტიპის გამტარებლობას.

1	თ. პავლიაშვილი,	სილიციუმის დიოქსიდის მეზაფოროვანი აფსკების სინთეზი ზოლ-გელ ტექნოლოგიის გამოყენებით	საერთაშორისო კონფერენცია "Nano-2016", 24-27 ოქტომბერი, თბილისი, საქართველო, 2016, სტუ პროგრამა, გვ. 19.
2	ა. ტუტუნჯიანი,		
3	ბ. ცერცვაძე		

წარმოდგენილ სტატიაში შესწავლილია სილიციუმის დიოქსიდის (ში 2) აფსკების სინთეზი დაფუძნებული ზოლ-გელ ტექნოლოგიაზე. საწყის რეაგენტებად შერჩეული იყო ტეტრაეტოქსისილანი, ეთილისა და ბუთილის სპირტი, ხოლო კატალიზატორად - მარილმჟავა. აფსკების ფორმირება წარმოებდა 40, 60 და 100 მმ დიამეტრის, ხვრელური გამტარებლობის მქონე სილიციუმის ფირფიტებზე. აფსკების დაფენა ხდებოდა ცენტრიფუგირების მეთოდით ოთახის ტემპერატურაზე. აფსკების იდენტიფიკაციისთვის გამოიყენებოდა ოპტიკური იწ სპექტროსკოპია (სპექტროფოტომეტრი „შპეცორდ“), ხოლო ფორიანობის შესასწავლად ოპტიკური ( ეიტზ ღ X) და ელექტრონული ტრანსმისიური მიკროსკოპია (ემ100-შხ). მიღებული იყო არარეგულარული



მეზაფოროვანი აფსკები, რომელშიც ფორები თანაბრად იყო განაწილებული აფსკის მთელ მოცულობაში.

მეზაფოროვანი აფსკების მისაღებად გამოცდილი იქნა ე.წ. ტემპლატური მეთოდი. ტემპლატად შერჩეული იყო პოლივინილის სპირტი (პვს). ექსპერიმენტებმა გვიჩვენა, რომ პვს-ის პროცენტული რაოდენობის ზრდასთან ერთად იზრდებოდა აფსკის ფორიანობა. 4% პვს-ის გამოყენების შემთხვევაში აფსკებს გააჩნდათ მაქსიმალური ფორიანობა.

ფოროვანი ში 2-ის აფსკების გამოყენება შესაძლებელია ახალი ნანოსტრუქტურული მასალების და ორგანულ-არაორგანული აფსკების მისაღებად.

1	თ. პავლიაშვილი,	სილიციუმის დიოქსიდის	კონფერენცია "Nano-2016", 24-27 ოქტომბერი, თბილისი, საქართველო, 2016, სტუ პროგრამა, გვ. 19.
2	ა. ტუტუნჯიანი,	ნანონაწილაკების ნუკლეაცია	
3	მ. ჯანჯალია,	ტეტრაეტოქსისილანის აფსკის	
4	ზ. ახვლედიანი,	წარმომქმნელ ხსნარში	
5	გ. ცერცვაძე	საერთაშორისო	

წარმოდგენილ სტატიაში განიხილება სილიციუმის დიოქსიდის ნანონაწილაკების ნუკლეაციის პროცესი გადაჯერებულ ტეტრაეტოქსისილანის (ტეოსი) ხსნარში. მომზადებული იყო ორი ხსნარი: 1. ტეოსი ეთილის სპირტთან ერთად და 2. ტეოსის, ბუთილისა და იზოპროპილის სპირტიანი ხსნარი. აფსკების ფორმირება ხდებოდა ცენტრიფუგირების მეთოდით და შემდგომი თერმული გამოწვით. მიღებული აფსკების კვლევითი გამოყენებული იყო ოპტიკური იწ სპექტროსკოპია, ოპტიკური და ელექტრონული ტრანსმისული მიკროსკოპია. ექსპერიმენტებმა გვიჩვენა, რომ პირველი ხსნარის გამოყენების შემთხვევაში წარმოიქმნებოდა სფეროიდული ნანონაწილაკები, განსაზღვრული 5-50 ნმ დიაპაზონით, ხოლო მეორე ხსნარის გამოყენება საშუალებას იძლეოდა მიგველო სფეროიდულის გარდა რომბოედრული, ელიფსოიდური და კვადრატული ფორმის ნაწილაკები.

განსაზღვრული იყო ნაწილაკების განაწილება აფსკში ზომების მიხედვით და აგებული იქნა შესაბამისი ჰისტოგრამები.

განისაზღვრა სილიციუმის დიოქსიდის ნანონაწილაკების გამოყენების პერსპექტივები მედიცინაში და ბიოტექნოლოგიაში.

ბ) უცხოეთში

№	მომხსენებელი/ მომხსენებლები	მომხსენების სათაური	ფორუმის ჩატარების დრო და ადგილი
1	თ. პავლიაშვილი,	სილიციუმის დიოქსიდის მეზაფოროვანი აფსკების სინთეზი	დსთ ქვეყნების მეოთხე საერთაშორისო კონფერენცია "Золь-гель 2016", ქ. ერევანი, სომხეთი, 19-23 სექტემბერი 2016
2	ა. ტუტუნჯიანი,		
3	გ. ცერცვაძე		

სილიციუმის დიოქსიდის აფსკების მისაღებად გამოყენებული იყო ტეტრაეტოქსისილანის (ტეოსი) და ეთილის სპირტის ხსნარი. აფსკების დაფენა წარმოებდა ხვრელური გამტარებლობის მქონე ფირფიტებზე ცენტრიფუგირების მეთოდით ოთახის ტემპერატურაზე, შემდგომი თერმული გამოწვით. აფსკების ფორიანობის ხარისხის შესასწავლად გამოიყენებოდა ოპტიკური და ტრანსმისიური ელექტრონული მიკროსკოპია. მიღებული იქნა არარეგულარული მეზაფოროვანი

სისტემა, რომელშიც ფორები თანაბრად იყო განაწილებული აფსკის მთელ მოცულობაში. მეზაფორების ზომები იყო 10-50 ნმ-მდე.  
გამოცდილი იყო ტემპლატური მეთოდით ში 2 აფსკების მიღების შესაძლებლობა.