

# Georgian Scientists

## ქართველი მეცნიერები

ასოციაცია მეცნიერებისათვის

Association for Science

Journal DOI: <https://doi.org/10.52340/gS>

<https://journals.4science.ge/index.php/GS/index>

## სარედაქციო საბჭო

**თამარ ხახუტაშვილი:** მთავარი რედაქტორი, კომპიუტერული მეცნიერებების მაგისტრი, ასოციაცია მეცნიერებისათვის პრეზიდენტი; თბილისის სახელმწიფო სამედიცინო უნივერსიტეტის ბიბლიოთეკის დირექტორი <https://orcid.org/0000-0003-0953-2073>

**ნინო ბერიანიძე:** მთავარი რედაქტორის მოადგილე, კომპიუტერული მეცნიერებების მაგისტრი; ასოციაცია მეცნიერებისათვის აღმასრულებელი დირექტორი; თბილისის სახელმწიფო სამედიცინო უნივერსიტეტის ბიბლიოთეკის საინფორმაციო ტექნოლოგიების განყოფილების ხელმძღვანელი, მთავარი სპეციალისტი

**მარიეტა სულაბერიძე:** რედაქტორი, კომპიუტერული მეცნიერებების მაგისტრი; ასოციაცია მეცნიერებისათვის თანადამფუძნებელი; თბილისის სახელმწიფო სამედიცინო უნივერსიტეტის ბიბლიოთეკის საინფორმაციო ტექნოლოგიების განყოფილების, მთავარი სპეციალისტი

**გიორგი გოროშიძე:** თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის ასოცირებული პროფესორი, ფსიქოლოგიის განყოფილება; <https://orcid.org/0000-0002-6244-2942>

**ომარ ლანჩავა:** საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, ტექნიკური მეცნიერებების დოქტორი, პროფესორი; <https://orcid.org/0000-0003-4249-9404>

**ვახტანგ კვაჭაძე:** ფიზიკის მეცნიერებათა დოქტორი, თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის ანდრონიკაშვილის სახელობის ფიზიკის ინსტიტუტის სამეცნიერო საბჭოს წევრი; <https://orcid.org/0000-0002-3875-505X>

**ლელა ბახტაძე:** თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის ეკონომიკისა და ბიზნესის ფაკულტეტის ასოცირებული პროფესორი. <https://orcid.org/0000-0003-0482-0711>

**ავთანდილ ამირანაშვილი:** მ.ნოდუას სახელობის გეოფიზიკის ინსტიტუტი, ივ. ჯავახიშვილის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი, ფიზიკა-მათემატიკის დოქტორი <https://orcid.org/0000-0001-6152-2214>

**აგაევ რაუფ მაგსუდ ოღლუ:** მედიცინის მეცნიერებათა დოქტორი, პროფესორი, აკადემიკოს მ. თოფჩუბაშევის სახელობის ქირურგიის სამეცნიერო ცენტრის დირექტორი, აზერბაიჯანის სამედიცინო უნივერსიტეტის ქირურგიული სნეულებათა დეპარტამენტის პროფესორი, კათედრის გამგე (ბაქო, აზერბაიჯანი)

**ირაკლი ნადირაძე:** მედიცინის მეცნიერებათა დოქტორი, პროფესორი, პათოლოგიისა და კანის სიმსივნეების ცენტრის ხელმძღვანელი, საქართველო ისრაელის ერთობლივი კლინიკა GIDMEDI: თბილისი, საქართველო <https://orcid.org/0000-0002-4764-655X>

**ელი კაკიაშვილი:** მედიცინის მეცნიერებათა დოქტორი, პროფესორი, ქირურგი, გალილეის სამედიცინო ცენტრი, ნაჰარია, ისრაელი; მედიცინის ფაკულტეტი გალილეაში, ბარ ილანის უნივერსიტეტი, საფადი, (ისრაელი) <https://orcid.org/0000-0002-8796-9724>

**ლუის მ. ალედორტი:** მედიცინის მეცნიერებათა დოქტორი, მერი ვაინფელდი კლინიკური კვლევის პროფესორი ჰემოფილიაში, მოუნთ სინაის მედიცინის სკოლა, ნიუ იორკი, შშ

**ნადეი ჰაკიმი:** GCSJ, MD, PhD, FRCS, FRCSI, FACS, FICS(Hon), FASMB, FIMSA(Hon) მედიცინის მეცნიერებათა დოქტორი, პროფესორი, ტრანსპლანტაციის ქირურგი, ლონდონის საიმპერატორო კოლეჯი, ლონდონი, დიდი ბრიტანეთი; ზოგადი ქირურგი, კლივლენდის კლინიკა (ლონდონი, დიდი ბრიტანეთი); <http://orcid.org/0000-0001-9442-7950>

**მამუკა ბოკუჩავა:** პროფესორი, სისხლძარღვთა ქირურგი, ანგიოლოგი, მედიცინის დოქტორი, ნ. ბოხუას სახელობის სისხლძარღვთა და გულის დაავადებათა ცენტრის დირექტორის მოადგილე; <https://orcid.org/0000-0002-6719-1302>

**მერაბ კილაძე:** მედიცინის მეცნიერებათა დოქტორი, პროფესორი. აშშ-ს, საერთაშორისო, ევროპის და რუსეთის ქირურგთა ასოციაციების წევრი, ქირურგი, კლინიკა გიდმედის ქირურგიული სამსახურის უფროსი.

**გოგი (გიორგი) ბოჭორიშვილი:** პროფესორი, მედიცინის მეცნიერებათა დოქტორი, უროლოგი, თბილისი, საქართველო

**ნინო კიკნაძე:** სოფლის მეურნეობის მეცნიერებათა დოქტორი, ქიმიის დეპარტამენტის ასოცირებული პროფესორი, ბათუმის შოთა რუსთაველის სახელმწიფო უნივერსიტეტი. აგრარული და მემბრანული ტექნოლოგიების ინსტიტუტის მთავარი მეცნიერ-თანამშრომელი. საქართველოს გარემოს დაცვის მეცნიერებათა აკადემიის ნამდვილი წევრი. ამერიკის ქიმიის საზოგადოების (ACS) წევრი, ბათუმი, საქართველო; <https://orcid.org/0000-0001-7864-3899>

### **ტექსტის რედაქტორი:**

**მარიამ ჩაჩანიძე:** თბილისის სახელმწიფო სამედიცინო უნივერსიტეტის ბიბლიოთეკის

**მიხეილ ერგემლიძე:** ინფორმატიკის ბაკალავრი. თბილისის სახელმწიფო სამედიცინო უნივერსიტეტის ბიბლიოთეკის საინფორმაციო ტექნოლოგიების განყოფილების მთავარი სპეციალისტი.

### **ვებ რედაქტორი:**

**გიორგი ბანეთიშვილი:** თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის ეროვნული სამეცნიერო ბიბლიოთეკის მთავარი სპეციალისტი



სარჩევი

სოფიო მეტრეველი, ნინო ნანავა, ირინე კვაჭაძე, თინათინ ჩიქოვანი, ნონა ჯანიკაშვილი: TGF-β რეფრაქტერული იმუნური თრომბოციტოპენის მქონე პაციენტებში----- 1-8

**მამუკა მაცაბერიძე, ინგა ჯანელიძე: მიკროკაფსულირების სხვადასხვა ასპექტისათვის----- 9-21**

ნინო ნანავა, სოფიო მეტრეველი, გიორგი გიორგობიანი, თინათინ ჩიქოვანი, ნონა ჯანიკაშვილი: CD4+CD39+ უჯრედები ჰემატოლოგიური ავთვისებიანი სიმსივნეების მქონე პაციენტებში----- 22-32

ნინო ნანავა, სოფიო მეტრეველი, გიორგი გიორგობიანი, თინათინ ჩიქოვანი, ნონა ჯანიკაშვილი: TGF-β ჰემატოლოგიური ავთვისებიანი სიმსივნის მქონე პაციენტებში----- 33-40

**ზურაბ ვარდოსანიძე, მედეა აბრამიშვილი, დავით ონიანი, ირაკლი ნახუცრიშვილი: ოპტიკურად მართვადი სივრცულად მოდულირებული ლაზერული გენერაცია DCM საღებავით დოპირებულ თხევადკრისტალურ ფენაში----- 41-44**

**ზურაბ ვარდოსანიძე, მედეა აბრამიშვილი, დავით ონიანი, ირაკლი ნახუცრიშვილი: ოპტიკურად მართვადი სივრცულად მოდულირებული ლაზერული გენერაცია როდამინ 6G საღებავით დოპირებულ პოლიმერულ (პვს) ფენაში----- 45-48**

ქეთევან ქოჩიაშვილი, რუსუდან ურიდია, მაია სტეფანიშვილი, ლიპარიტ დოლიძე, თამარ დგებუაძე, მაია ჯაფარიძე, ნინო ქავთარაძე: მძიმე მეტალებით დაბინძურებული ნიადაგების გაწმენდის კომპლექსური მეთოდის შემუშავება----- 49-53

**მაია რობაქიძე: განსხვავებული არხებით ფიქსირებულ განწყობათა შედარებითი დახასიათებაბეჭდური ვერსია გამოქვეყნებულია: პერიოდული სამეცნიერო ჟურნალი „ინტელექტი“ №3(23), 2005----- 55-57**

**მამუკა მაცაბერიძე, ინგა ჯანელიძე: კულტურული მემკვიდრეობის ქიმიისათვის (ნაწილი I - ფრესკის კონსერვაცია/რესტავრაციისათვის)----- 58-75**

**შრეიას ბჰუშან ჯეიადი, მანანა ჯიქურაშვილი: დიაგნოსტიკური სირთულეები მაღალი ხარისხის ავთვისებიანობის პროსტატის ადენოკარცინომისა და მაღალი**

ხარისხის ავთვისებიანობის უროთელური კარცინომის თანაარსებობისას - ლიტერატურის მიმოხილვა-----	76-85
<b>გიორგი არველაძე, რიმა ბერიაშვილი, შოთა კეპულაძე, გიორგი ბურკაძე:</b> კანის ბაზალურუჯრედოვანი და ბრტყელუჯრედოვანი კარცინომების პროგრესიისა და რეციდივის რისკის მოლეკულური მახასიათებლების პრობლემური საკითხები---	86-96
<b>რენიკო საკანდელიძე, იზოლდა ლომსიანიძე, ერეკლე ჯულაყიძე, ხათუნა რუსაძე:</b> შფოთვითი ქცევის შესწავლა წყალბადის ზეჟანგით გამოწვეული ოქსიდაციური სტრესის პირობებში-----	97-107
<b>თამთა ყველიაშვილი, გიორგი დიდავა, შოთა კეპულაძე, გიორგი ბურკაძე:</b> ნაღვლის ბუმტის ლორწოვანი გარსის ანთებითი ცვლილებებისა და ჰორმონული ექსპრესიის თავისებურებების პრობლემური საკითხები დისპლაზია-კარცინომის განვითარებაში-----	108-119
<b>ლელა ებრალიძე:</b> თეთრი და წითელი ვარდების სიმბოლიკა ოსკარ უაილდის ზღაპრებში-----	120-133
<b>მამუკა მაცაბერიძე, ინგა ჯანელიძე:</b> კულტურული მემკვიდრეობის ქიმიისათვის (ნაწილი II- ქვის კონსერვაცია/რესტავრაციისათვის)-----	134-151
<b>კონსტანტინე სულამანიძე, ზურაბ ჩხაიძე, გიორგი ბურკაძე:</b> კელოიდისა და ჰიპერტროფიული ნაწიბურის ჰისტოპათოლოგიური და ფენოტიპური თავისებურებების პრობლემური საკითხები ჭრილობის კომპრესიული და არაკომპრესიული ძაფებით დახურვის დროს-----	152-163
<b>ლია წიკლაური, მალხაზ გეთია, ალიოშა ბაკურიძე:</b> ქართული ფუტკრის ნედლი და ლიოფილიზებული რძის და ბენტონიტურ ფუძეზე მომზადებული მისი შემცველი კრემის ფიზიკურ-ქიმიური მახასიათებლები-----	164-174
<b>ნინო ქავთარაძე, ელენე (დოდო) ქართველიშვილი, შოთა კეპულაძე, გიორგი ბურკაძე:</b> ბარდაყის ძვლის თავის ოსტეოქონდრული ერთეულისა და სინოვიური გარსის სტრუქტურულ-მოლეკულური თავისებურებები და პროგრესიის და რეციდივის მახასიათებლები სხვადასხვა ტიპის ოსტეოართრიტების დროს-----	175-184
<b>დავით კუხალაშვილი:</b> უბედური შემთხვევების რისკის ფაქტორების კლასიფიკატორის დანერგვა, მისი ინფორმაციული კონტროლის და მასზე რეაგირების ელემენტები სს ტუბერკულოზისა და ფილტვის დაავადებათა ეროვნულ ცენტრში-----	185-192

<b>ნათია კუპრაშვილი, ნინო ჭალაგანიძე, ირმა ჭოლაძე:</b> სოფლის მეურნეობის დარგის ახალი ნორმალობა ინფოდემიის ფონზე (საქართველოს მაგალითი)-----	193-200
<b>გიორგი ხატიაშვილი:</b> კინემატიკური წყვილების მოდელირება 3D გრაფიკული რედაქტორებით-----	201-208
<b>ვასილ ფოცხვერია, ლელა მასხულია, ნატალია პავლიაშვილი, ვალერი ახალკაცი, მარინა მათიაშვილი:</b> მხრის რბილი ქსოვილების ტრავმების ფიზიოთერაპიული მკურნალობის შემდეგ განმეორებითი დაზიანებების შემთხვევების შესწავლა სპორტსმენებში-----	209-220
<b>სოფიო ძნელაძე, ელენე სორდია, ქეთევან სარაჯიშვილი, მაია კილაძე:</b> მზესუმზირას ზეთის კვებითი ღირებულების გაუმჯობესება მდოგვის ზეთის ხარჯზე-----	221-224
<b>ნინო ქარქაშაძე, რუსუდან ურიდია, ნანა წეროძე, ლეილა ტატიაშვილი, ქეთევან ებრალიძე, ლიპარიტ დოლიძე:</b> ბუნებრივი ნარჩენების გამოყენება მიკოტოქსინების ადსორბციისთვის-----	225-231
<b>Giorgi Gratiashvili, Davit Chikovani, Ana Qometiani:</b> Noise level and impact research on representatives of different professions employed in an open and closed space-----	232-238
<b>მარინა გიორგობიანი, ნანა ჩხაიძე, ზურაბ ჩეკურაშვილი, გიორგი იაკობაშვილი, ნიკოლოზ მესხი:</b> აზიური ფაროსანას წინააღმდეგ გამოყენებული პესტიციდების ტოქსიკოლოგიური დახასიათება, ორგანიზმზე მოქმედების თავისებურებები, მწვავე და ქრონიკული მოწამვლის პროფილაქტიკა-----	239-250
<b>ლელა ციხელაშვილი:</b> მეტყველების წრის ზმნის პირიანი და უპირო ფორმების გადმოტანა მცირე წინასწარმეტყველთა წიგნების ქართულ ვერსიებში-----	251-258
<b>ნინო რამაზაშვილი:</b> სატრანზიტო სისტემა და მისი ოპერირების სარგებელი-----	259-265
<b>დავით შალამბერიძე, ირაკლი კორძახია:</b> ორლინზიანი კოლიმაციური სისტემა ერთი ასფერული ზედაპირით-----	267-271
<b>მამუკა მაცაბერიძე, ინგა ჯანელიძე:</b> კულტურული მემკვიდრეობის ქიმიისათვის (ნაწილი III - არქეოლოგიური ოქროსა და ვერცხლის ზედაპირის ქიმიისათვის)-----	272-289
<b>ირაკლი გოგიბერიძე:</b> კულტურული მემკვიდრეობის კუთხით არსებული მდგომარეობა რუსეთის მიერ საქართველოს ოკუპირებულ ტერიტორიებზე-----	290-292

<b>დავით ქაჯაია, დავით ქოჩიაშვილი, შოთა კეპულაძე, გიორგი ბურკაძე:</b> შარდის ბუმტის არაინვაზიური პაპილური კარცინომის მიკროგარემოს, ღეროვან უჯრედულ და ეპითელურ-მეზენქიმური ტრანსფორმაციის თავისებურებების შედარებითი ანალიზი ინვაზიური კარცინომის შემთხვევებთან-----	293-303
<b>ოთარი სომხიშვილი:</b> დაზვერვის საქმიანობისა და ლობირების თეორიულ-მეთოდური ასპექტები-----	304-309
<b>ლელა ებრალიძე:</b> ინგლისურენოვან მხატვრულ ნაწარმოებთა სათაურების ქართულად თარგმნასთან დაკავშირებული სირთულეები-----	310-323
<b>ომარ ლანჩავა, გიორგი ნოზაძე:</b> ძლიერი ხანძრების FDS მოდელირება გვირაბების კომბინირებული ვენტილაციის პირობებში-----	324-333
<b>ზაზა ხოკერაშვილი, დავით ცანავა, ნანა მაჭავარიანი:</b> საავტომობილო გვირაბებში ხანძრის მხუთავი აირების გავრცელება კრიტიკული სიჩქარის, უკუდინების მანძილისა და გრადიენტ ფაქტორის გათვალისწინებით-----	334-336
<b>ომარ ლანჩავა, გიორგი ჯავახიშვილი:</b> ხანძრის გავლენა გვირაბის ვენტილაციაზე რიცხვითი მოდელირების შედეგების მიხედვით-----	337-354
<b>ომარ ლანჩავა:</b> სიცოცხლის გადარჩენის პრობლემები საავტომობილო გვირაბებისათვის ხანძრის პირობებში-----	355-358
<b>ზაზა ხოკერაშვილი, ნანა მაჭავარიანი, ნინო არუდაშვილი, დავით ცანავა:</b> ტრანსფორმირებადი ელემენტებით აღჭურვილ საავტომობილო გვირაბში ხანძრის განვითარების ანალიზი რიცხვითი მოდელირების მეთოდით-----	359-362
<b>ტერეზა პაპიანი:</b> პრობიოტიკური მიკროორგანიზმები – <i>Propionibacterium ssp</i> -----	363-368
<b>ლია ლურსმანაშვილი, გულნარ კვანტიძე, ნატო ფაილოძე:</b> ფერთა ჰარმონიზაცია ქართულ ორნამენტში-----	369-382
<b>რუსუდან დევაძე, არსენ გვენეტაძე, გიორგი ბურკაძე, შოთა კეპულაძე:</b> საკვერცხის სხვადასხვა ჰისტოლოგიური ტიპისა და ავთვისებიანობის ხარისხის ეპითელურ სიმსივნეებში სიმსივნისშიდა ლიმფოციტების განაწილების თავისებურებები-----	383-393
<b>ვახტანგ ჩხეიძე:</b> ადგილობრივი ნედლეულის გარდაქმნის პროცესები კლინკერის წარმოების მბრუნავი ღუმელის სისტემაში რეაქტორ-დეკარბონიზატორის გამოყენების გათვალისწინებით-----	394-397







## TGF- $\beta$ რეფრაქტერული იმუნური თრომბოციტოპენის მქონე პაციენტებში

სოფიო მეტრეველი<sup>1</sup>, ნინო ნანავა<sup>1</sup>, ირინე კვაჭაძე<sup>2</sup>, თინათინ ჩიქოვანი<sup>1</sup>, ნონა ჯანიკაშვილი<sup>1</sup>

<sup>1</sup>იმუნოლოგიის დეპარტამენტი, თბილისის სახელმწიფო სამედიცინო უნივერსიტეტი, თბილისი, საქართველო

<sup>2</sup>ფიზიოლოგიის დეპარტამენტი, თბილისის სახელმწიფო სამედიცინო უნივერსიტეტი, თბილისი, საქართველო

### აბსტრაქტი

აუტოიმუნური დაავადებების, მათ შორის - იმუნური თრომბოციტოპენიის (ითპ), პათოგენეზში წამყვანი ანთების რეგულაციას დარღვევა და იმუნური ტოლერანტობის დაკარგვაა. მატრანსფორმირებელი ზრდის ფაქტორი ბეტა (TGF- $\beta$ ) წარმოადგენს მრავალფუნქციური, მარეგულირებელი ციტოკინების ოჯახს, რომელიც ახდენს როგორც ჰელპერული T-უჯრედების (Th1, Th2) დიფერენციაციის დათრგუნვას, ასევე, პერიფერიული Treg უჯრედების წარმოქმნასა და აქტივაციას. წინამდებარე კვლევაში შესწავლილია TGF- $\beta$ -ს დონე პლაზმაში ითპ-ს მქონე იმ პაციენტებში, რომლებსაც პირველი რიგის მკურნალობაზე რეზისტენტულობის გამო ჩაუტარდათ სპლენექტომია მეორე რიგის თერაპიის სახით. ასევე, წარმოდგენილია TGF- $\beta$ -ს კორელაციური ანალიზი სისტემური ანთების ბიომარკერებთან (NLR, PLR, PMR, SII, dNLR) სისხლში. სისხლის პლაზმაში TGF- $\beta$  კონცენტრაცია განისაზღვრა ELISA მეთოდით eBioscience, USA პროტოკოლის მიხედვით. სტატისტიკური ანალიზი შესრულდა Prism Graph Pad - Mann Whitney U ტესტის გამოყენებით. კორელაციური ანალიზისთვის გამოყენებულია სპირმანის ტესტი, SPSS პროგრამაში. კვლევის შედეგების მიხედვით, რეფრაქტერული ითპ-პაციენტების პლაზმაში TGF- $\beta$ -ს დონე მნიშვნელოვნად დაქვეითებულია როგორც ჯანმრთელ ასაკობრივ საკონტროლო ჯგუფთან, ასევე, სპლენექტომირებულ საკონტროლო ჯგუფთან შედარებით (სადაც სპლენექტომიის მიზეზს არ წარმოადგენდა აუტოიმუნური, ან ავთვისებიანი ჰემატოლოგიური დაავადება). ამასთან, TGF- $\beta$ -ს კონცენტრაცია არ კორელირებს სისტემური ანთების შესწავლილ ბიომარკერებთან სისხლში.

**საკვანძო სიტყვები:** იმუნური თრომბოციტოპენია, TGF- $\beta$ , ანთების ბიომარკერები.

## შესავალი

იმუნური თრომბოციტოპენია (ითპ, ასევე, იდიოპათიური თრომბოციტოპენიური პურპურა) წარმოადგენს შეძენილ თრომბოციტოპენიას, რომელიც ხასიათდება თრომბოციტების რაოდენობის შემცირებით (<100 მიკრო/ლ), რაც განპირობებულია აუტოანტისხეულების მიერ თრომბოციტების დესტრუქციით [1]. ყოველწლიურად 100,000 მოზრდილში 2,6-6,6 ითპ-ს შემთხვევა აღიწერება [2][3]. ითპ-ის პათოგენეზში წამყვანი როლი თრომბოციტების მემბრანის გლიკოპროტეინი GPIIb/IIIa-ს წინააღმდეგ მიმართულ აუტოანტისხეულებს ენიჭება [4], ხოლო დაავადების მიმდინარეობასა და მის კლინიკურ გამოსავალში კარდინალური მნიშვნელობა აქვს ანთებითი და იმუნოსუპრესორული მედიატორების ბალანსს. მათგან ბოლოდროინდელი კვლევების ფოკუსში მოექცა T-უჯრედები და მათი პროდუქტები - ციტოკინები და ქემოკინები, რომლებიც იმუნურ ნიშებში უჯრედ-უჯრედული ურთიერთქმედების მიკროგარემოს აყალიბებენ [5]. მიმდინარე კვლევებით დასტურდება მარეგულირებელი T უჯრედების (Treg) მნიშვნელობა ითპ პათოგენეზში რომელთა ფუნქციასა და აქტივაციაში დიდი როლი მატრანსფორმირებელ ზრდის ფაქტორ ბეტას (TGF-β) ენიჭება [6].

TGF-β წარმოადგენს მრავალფუნქციურ ციტოკინების ოჯახს, რომელიც მონაწილეობს სხვადასხვა უჯრედის პროლიფერაციაში, დიფერენციაში, ადჰეზიასა და მიგრაციაში. განარჩევენ TGF-β-ს სამ ფორმას, TGF-β1, TGF-β2 და TGF-β3. [7] რომელთაგან TGF-β1 განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია იმუნური სისტემის ბალანსში. [8] TGF-β-ს გავლენით, ერთი მხრივ, ხდება CD4+ T ლიმფოციტების ეფექტორულ Th1 და Th2 უჯრედებად დიფერენცირების დათრგუნვა [9][10], მეორე მხრივ კი აქტიურდება Treg უჯრედების წარმოქმნა [11][12].

მიუხედავად იმისა, რომ TGF-β-ს სასიგნალო გზა ბოლომდე შესწავლილი არ არის, ცნობილია მისი როლი სხვადასხვა აუტოიმუნური და ანთებითი დაავადების პათოგენეზში [11][13][14]. თუმცა, ჯერ კიდევ მწირია იმფორმაცია TGF-β როლის შესახებ იმუნური თრომბოციტოპენიის მქონე პაციენტებში. Zheng-Ju Zhou et al. კვლევაში TGF-β დონე მნიშვნელოვნად განსხვავდება ითპ-პაციენტების პერიპერიულ სისხლში საკონტროლო ჯგუფთან შედარებით, ამავე კვლევაში საყურადღებოა TGF-β დადებითი კორელაცია თრომბოციტებთან პერიფერიულ სისხლში [15].

წინამდებარე კვლევის მიზანს წარმოადგენდა TGF-β-ის დონის განსაზღვრა ითპ-ს მქონე იმ პაციენტებში, რომლებსაც კორტიკოსტეროიდებზე რეზისტენტობის გამო ჩაუტარდათ სპლენექტომია, როგორც მეორე რიგის თერაპია, ასევე, მისი კორელაციის დადგენა სისტემური ანთების სისხლის ბიომარკერებთან.

## კვლევის მასალა და მეთოდები

კვლევა შესრულდა ჰელსინკის 1975 წლის დეკლარაციის მოთხოვნის პირობების მიხედვით. კვლევით გათვალისწინებული ყველა პროცედურა მიღებული და დამტკიცებული იყო თბილისის სახელმწიფო სამედიცინო უნივერსიტეტის ბიოეთიკის კომისიის მიერ.

კვლევის ფარგლებში შესწავლილია იმუნური თრომბოციტოპენიით დაავადებული 9 პაციენტი, რომელთაც კორტიკოსტეროიდებით მკურნალობაზე პასუხი ვერ მიიღეს და ჩაუტარდათ სპლენექტომია, როგორც მეორე რიგის თერაპია. ორი საკონტროლო ჯგუფიდან

ერთს (ჯგუფი 1) წარმოადგენდა ასაკით შესაბამისი ჯანმრთელი 22 პაციენტი, რომელთაც ჩაიტარეს რუტინული ლაბორატორიული შემოწმება, ხოლო მეორე ჯგუფს (ჯგუფი 2) - შესაბამისი ასაკის 9 სპლენექტომირებული პაციენტი, სადაც სპლენექტომიის მიზეზი არ იყო აუტოიმუნური, ან ავთვისებიანი ჰემატოლოგიური დაავადება.

**სისხლის ნიმუშების შეგროვება:** კვლევაში ჩართული პაციენტებიდან 5-7 მლ პერიფერიულ სისხლის მიღება ხორციელდებოდა უშუალოდ სპლენექტომიამდე, იდაყვის ვენიდან EDTA-ს შემცველ სინჯარაში. მასალა ცენტრიფუგირდებოდა 30 წთ-ის განმავლობაში 1500-2000 rpm ბრუნზე, გამოყოფილი პლაზმა ინახებოდა -80°C-ზე საკუთლივ იმუნოფერმენტული კვლევის ჩატარებამდე.

**იმუნოფერმენტული ანალიზი:** სისხლის პლაზმაში არსებული TGF-β განისაზღვრა იმუნოფერმენტული ანალიზისთვის განკუთვნილი ELISA ნაკრებით, მწარმოებლის (eBioscience, USA) პროტოკოლის მიხედვით.

**სისტემური ანთებითი მარკერების განსაზღვრა:**

პაციენტების სისხლის საერთო ანალიზიდან განისაზღვრებოდა/იანგარიშებოდა სისტემური ანთებითი მარკერები, უჯრედების - ლეიკოციტების (L), ნეიტროფილების (N), თრომბოციტების (P), მონოციტების (M) - თანაფარდობანი (R): NLR, PLR, PMR, ასევე, სისტემური ანთების ინდექსი - SII და ნეიტროფილ-ლიმფოციტის ფარდობის წარმოებული - dNLR.

ანთებითი მარკერების - NLR, PLR, PMR, - გამოსათვლელად ერთმანეთს ეფარდებოდა შესაბამისი უჯრედების აბსოლუტური რაოდენობა, მაგალითად, NLR - ნეიტროფილების აბსოლუტური რაოდენობის ფარდობა ლიმფოციტების აბსოლუტურ რაოდენობასთან.

dNLR გამოითვლებოდა ფორმულით:

$$dNLR = \text{ნეიტროფილი} / (\text{ლეიკოციტი} - \text{ნეიტროფილი});$$

SII-ის გამოსათვლელად გამოიყენებოდა ფორმულა:

$$SII = \text{მონოციტი} \times \text{თრომბოციტი} / \text{ლიმფოციტი}.$$

**მონაცემთა სტატისტიკური ანალიზი:** სტატისტიკური ანალიზი შესრულდა Prism Graph Pad გამოყენებით. მონაცემთა შორის მნიშვნელოვანი განსხვავების სანახავად გამოყენებული იყო არაპარამეტრული Mann Whitney U ტესტი; სხვადასხვა პარამეტრებს შორის კორელაციის შესაფასებლად გამოყენებულია სპირმანის ტესტი; მონაცემები დამუშავდა SPSS პროგრამებში.

**მიღებული შედეგები და განხილვა:**

ბოლო წლებში რამდენიმე მასშტაბური კვლევა გამოქვეყნდა ითპ-პაციენტებში Treg უჯრედების სიხშირისა და ფუნქციის შესახებ. თუმცა, მწირია კვლევები ამ პაციენტების პლაზმაში იმუნოსუპრესორული ციტოკინების, მათ შორის - TGF-β-ს, როგორც იმუნური მიკროგარემოს კომპონენტის შესახებ.

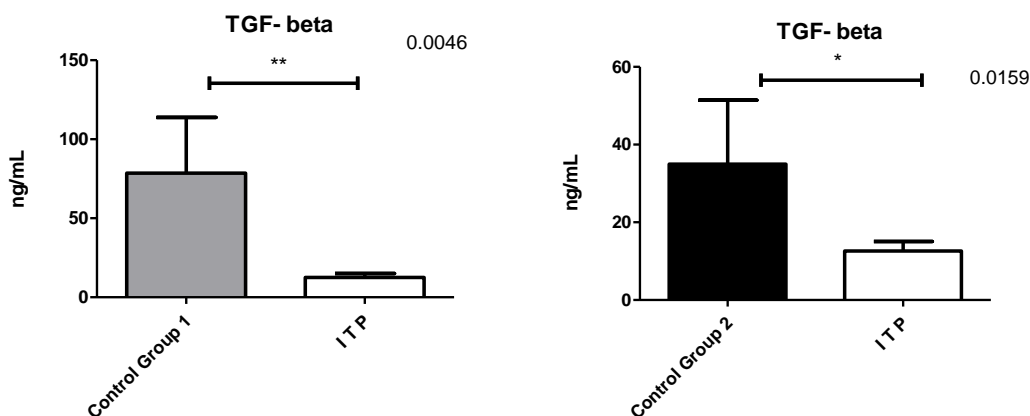
როგორც ცხრილი 1-დან ჩანს, წინამდებარე კვლევაში ჩართული, კორტიკოსტეროიდებით მკურნალობაზე რეფრაქტერული ითპ-პაციენტების პლაზმაში TGF- $\beta$  დონე მნიშვნელოვნად დაქვეითებულია შესაბამისი ჯანმრთელი კონტროლის (ჯგუფი 1) მონაცემებსა და სპლენექტომირებულ (ჯგუფი 2) კონტროლთან შედარებით (ითპ -  $12.60 \pm 2.46$ , ჯგუფი 1 -  $75.54 \pm 35.28$ ;  $P=0.0046$ , ჯგუფი 2 -  $26.5 \pm 19.8$ ,  $P=0.0159$ ).

**ცხრილი 1. TGF- $\beta$  დონე ითპ-პაციენტებისა და საკონტროლო ჯგუფების პლაზმაში**

	ითპ	ჯანმრთელი კონტროლი (ჯგუფი 1)	სპლენექტომირებული კონტროლი (ჯგუფი 2)	P (ჯგუფი 1/ითპ)	P (ჯგუფი 2 /ითპ)
TGF- $\beta$ (ნგ/მლ)	$12.60 \pm 2.46$	$75.54 \pm 35.28$	$26.46 \pm 19.82$	$=0.0046$	$=0.0159$

ითპ- იმუნური თრომბოციტოპენია

**სურათი 1. TGF- $\beta$  დონე ითპ პაციენტებისა და საკონტროლო ჯგუფების პლაზმაში**



\* - სარწმუნო განსხვავება, როდესაც  $P \leq 0.05$ .

\*\* - სარწმუნო განსხვავება, როდესაც  $P \leq 0.01$ .

**TGF-beta** - მატრანსფორმირებელი ზრდის ფაქტორი ბეტა

**Control group 1** - ასაკით შესაბამისი ჯანმრთელი კონტროლი

**Control group 2** - სპლენექტომირებული კონტროლი

**ITP** - იმუნური თრომბოციტოპენია

ჩვენს მიერ გამოქვეყნებულ ბოლოდროინდელ კვლევაში ნაჩვენებია, რომ სისტემური ანთების მარკერები - NLR და dNLR - მნიშვნელოვნად მომატებულია პაციენტებში იმუნური თრომბოციტოპენიით, ხოლო PLR, PMR და SII მაჩვენებელი სარწმუნოდ დაქვეითებულია, ჯანმრთელ საკონტროლო ჯგუფთან შედარებით [16]. წინამდებარე კვლევაში განვსაზღვრეთ პლაზმაში TGF- $\beta$  კონცენტრაციის კორელაცია სისტემური ანთების აღნიშნულ

ბიომარკერებთან (NLR, PLR, PMR, SII, dNLR). როგორც ცხრილი 2-დან ჩანს, TGF-β არც ერთ ამ მარკერთან არ კორელირებს (P>0.05).

**ცხრილი 2. TGF- β დონის კორელაცია სისტემური ანთების სისხლის ბიომარკერებთან პაციენტებში იმუნური თრომბოციტოპენიით**

ცვლადები		NLR	PLR	PMR	SII	dNLR
TGF- β	კორელაციის კოეფიციენტი	-.447	0.000	.447	-.447	-.447
	სარწმუნობა (P)	.553	1.000	.553	.553	.553

NLR – ნეიტროფილ-ლიმფოციტების თანაფარდობა

PLR -თრომბოციტ-ლიმფოციტების თანაფარდობა

PMR – თრომბოციტ-მონოციტების თანაფარდობა

SII - სისტემური ანთების ინდექსი

dNLR –ნეიტროფილ-ლიმფოციტის ფარდობის წარმოებული

მატრანსფორმირებელი ზრდის ფაქტორი ბეტა წარმოადგენს მრავალფუნქციურ ციტოკინს, ჩართულს როგორც მასუპრესირებელ, ასევე, ანთებით იმუნურ პასუხში. ის ჰემოპოეზის მნიშვნელოვანი მარეგულირებელია, ახდენს T-უჯრედების სელექციას, აინჰიბირებს ციტიტოქსიურ T-უჯრედებს (CTL), მონაწილეობს Th1 და Th2 უჯრედების დიფერენციაციაში, პერიფერიაზე მარეგულირებელი T-უჯრედების (Treg), ასევე, TH17, Th9, და Tfh უჯრედების ექსპრესიას უწყობს ხელს. მისი როლი მნიშვნელოვანია როგორც B-ლიმფოციტების პროლიფერაციასა და აქტივაციაში, ასევე, ბუნებრივი იმუნური უჯრედების (მაკროფაგები, ბუნებრივი მკვლელი უჯრედები (NK), დენდრიტული უჯრედები და გრანულოციტები) ფუნქციასა და განვითარებაში [11].

TGF- β როლი იმუნური უჯრედების წარმოქმნასა და რეგულაციაში კომპლექსურია. ის სპეციფიკურად ასუპრესირებს ციტოტოქსიურ T-ლიმფოციტებს (TCL). ასევე, ის, ერთი მხრივ, ტრანსკრიფციული ფაქტორების (T-bet და GATA-3) ექსპრესიის ინჰიბირებით ახდენს T-ჰელპერული უჯრედებს (Th1 და Th2) სუპრესიას [17], მეორე მხრივ კი იწვევს გულუბრყვილო CD4 T ლიმფოციტებში Foxp3 ექსპრესიის გააქტიურებას, პერიფერიული Treg უჯრედების დიფერენციაციას და მათში იმუნოსუპრესორული ფუნქციის გაძლიერება [18][19].

სხვადასხვა კვლევის შედეგების მიხედვით, TGF-β ეფექტი აუტოიმუნური დაავადებების მიმდინარეობაში განსხვავებულია. რევმატოიდული ართრიტის (RA) ვირთაგვას მოდელში TGF-β ინიექცია სახსარში იწვევდა სინოვიურ ანთებას და სახსრის შეშუპებას, რაც კავშირში იყო მაკროფაგულ ინფილტაციასა და IL-1b ექსპრესიის გაზრდასთან [20]; იგივეს ადასტურებს სხვა კვლევა, სადაც TGF-β მახლოკირებელი ანტისხეულის შეყვანის ფონზე აღინიშნებოდა ართრიტის სიმპტომების შემსუბუქება [21].

ნაჩვენებია განსხვავებული ეფექტიც: Kuruvilla et al. და Thorbecke et al. კვლევებით თაგვებში სისტემური TGF- $\beta$  სიგნალი, პირიქით, ამსუბუქებდა დაავადების განვითარებას და ამცირებდა ართრიტის სიმპტომებს [22][23].

საინტერესოა კვლევები თაგვებში სისტემური წითელი მგლურით (SLE) (ქრონიკული აუტოიმუნური დაავადება, აუტოანტისხეულების წარმოქმნით და მრავალი ორგანოს დაზიანებით), სადაც TGF- $\beta$  ვექტორის შეყვანით დაავადების სიმპტომები მსუქბუქდებოდა, რაც TGF- $\beta$  დამცველობით ფუნქციას განსაზღვრავდა [24].

ასევე, საყურადღებოა Ohtsuka et al. მიერ ჩატარებული კვლევა, სადაც SLE პაციენტებში TGF- $\beta$ -ის დონე, ჯანმრთელ საკონტროლო ჯგუფთან შედარებით, დაქვეითებული იყო, ხოლო ჰოსპიტალიზირებულ პაციენტებში აქტიური დაავადებით - კიდევ უფრო დაბალი, რაც მიანიშნებდა TGF- $\beta$  პროდუქციის კავშირს დაავადების სიმძიმესთან [25].

ამრიგად, წინამდებარე კვლევა ამტკიცებს, რომ რეფრაქტერული ითპ-ის მქონე პაციენტების პლაზმაში TGF- $\beta$  დონე მნიშვნელოვნად დაქვეითებულია. ამასთან, საინტერესოა, რომ TGF- $\beta$  პლაზმური კონცენტრაცია არ კორელირებს ჩვენს მიერ აქამდე შესწავლილ სისტემური ანთების ბიომარკერებთან სისხლში.

ჩვენი და სხვათა კვლევებით დასტურდება, რომ TGF- $\beta$  როლი აუტოიმუნურ დაავადებებში, მათ შორის - ითპ-ში მნიშვნელოვანია, რაც განსაზღვრავს ამ ფაქტორის, როგორც მკურნალობის პოტენციური სამიზნის უფრო მასშტაბურ კვლევებს ითპ-ის სხვადასხვა ფორმის და მართვის განსხვავებული სტრატეგიების გათვალისწინებით.

#### გამოყენებული ლიტერატურა:

- [1] D. Nugent, R. McMillan, J. L. Nichol, and S. J. Slichter, "Pathogenesis of chronic immune thrombocytopenia: Increased platelet destruction and/or decreased platelet production," *Br. J. Haematol.*, vol. 146, no. 6, pp. 585–596, 2009, doi: 10.1111/j.1365-2141.2009.07717.x.
- [2] H. Frederiksen and K. Schmidt, "The incidence of idiopathic thrombocytopenic purpura in adults increases with age," *Blood*, vol. 94, no. 3, pp. 909–913, 1999, doi: 10.1182/blood.v94.3.909.415k02\_909\_913.
- [3] J. B. Segal and N. R. Powe, "Prevalence of immune thrombocytopenia: Analyses of administrative data," *J. Thromb. Haemost.*, vol. 4, no. 11, pp. 2377–2383, 2006, doi: 10.1111/j.1538-7836.2006.02147.x.
- [4] S. Audia *et al.*, "Splenic TFH expansion participates in B-cell differentiation and antiplatelet-antibody production during immune thrombocytopenia," *Blood*, vol. 124, no. 18, pp. 2858–2866, 2014, doi: 10.1182/blood-2014-03-563445.
- [5] S. Audia, M. Mahévas, M. Samson, B. Godeau, and B. Bonnotte, "Pathogenesis of immune thrombocytopenia," *Autoimmun. Rev.*, vol. 16, no. 6, pp. 620–632, 2017, doi: 10.1016/j.autrev.2017.04.012.
- [6] J. A. Turner *et al.*, "Regulatory T Cell-Derived TGF- $\beta$ 1 Controls Multiple Checkpoints Governing Allergy and Autoimmunity," *Immunity*, vol. 53, no. 6, pp. 1202–1214.e6, Dec. 2020, doi: 10.1016/j.immuni.2020.10.002.
- [7] G. C. Blobe, W. P. Schiemann, and H. F. Lodish, "Role of Transforming Growth Factor  $\beta$  in Human Disease," *New England Journal of Medicine*, vol. 342, no. 18, pp. 1350–1358, 2000, doi:

10.1056/nejm200005043421807.

- [8] J. P. Annes, J. S. Munger, and D. B. Rifkin, "Making sense of latent TGFbeta activation," *J. Cell Sci.*, vol. 116, no. Pt 2, pp. 217–224, Jan. 2003, doi: 10.1242/JCS.00229.
- [9] L. Gorelik, P. E. Fields, and R. A. Flavell, "Cutting Edge: TGF-β Inhibits Th Type 2 Development Through Inhibition of GATA-3 Expression," *J. Immunol.*, vol. 165, no. 9, pp. 4773–4777, Nov. 2000, doi: 10.4049/JIMMUNOL.165.9.4773.
- [10] J. T. Lin, S. L. Martin, L. Xia, and J. D. Gorham, "TGF-β1 Uses Distinct Mechanisms to Inhibit IFN-γ Expression in CD4+ T Cells at Priming and at Recall: Differential Involvement of Stat4 and T-bet," *J. Immunol.*, vol. 174, no. 10, pp. 5950–5958, May 2005, doi: 10.4049/JIMMUNOL.174.10.5950.
- [11] S. Sanjabi, S. A. Oh, and M. O. Li, "Regulation of the Immune Response by TGF-β: From Conception to Autoimmunity and Infection," *Cold Spring Harb. Perspect. Biol.*, vol. 9, no. 6, p. a022236, Jun. 2017, doi: 10.1101/CSHPERSPECT.A022236.
- [12] M. G. Strainic, E. M. Shevach, F. An, F. Lin, and M. E. Medof, "Absence of signaling into CD4+ cells via C3aR and C5aR enables autoinductive TGF-β1 signaling and induction of Foxp3+ regulatory T cells," *Nat. Immunol.*, vol. 14, no. 2, pp. 162–171, Feb. 2013, doi: 10.1038/NI.2499.
- [13] J. J. Letterio and A. B. Roberts, "REGULATION OF IMMUNE RESPONSES BY TGF-β\*," <http://dx.doi.org/10.1146/annurev.immunol.16.1.137>, vol. 16, pp. 137–161, Nov. 2003, doi: 10.1146/ANNUREV.IMMUNOL.16.1.137.
- [14] K. Nakamura *et al.*, "TGF-β1 Plays an Important Role in the Mechanism of CD4+CD25+ Regulatory T Cell Activity in Both Humans and Mice," *J. Immunol.*, vol. 172, no. 2, pp. 834–842, Jan. 2004, doi: 10.4049/JIMMUNOL.172.2.834.
- [15] Z. J. Zhou, Y. S. Zhang, C. X. Liang, and Z. Y. Yang, "Role of Th9, Th17, Treg Cells levels and IL-9, IL-17 and TGF-β Expression in Peripheral Blood of Patients with ITP in Pathogenesis of ITP," *Zhongguo shi yan xue ye xue za zhi*, vol. 27, no. 1, pp. 180–184, 2019, doi: 10.7534/j.issn.1009-2137.2019.01.029.
- [16] S. Metreveli, I. Kvachadze, N. Kikodze, T. Chikovani, and N. Janikashvili, "PERIPHERIAL BLOOD BIOMARKERS IN PATIENTS WITH REFRACTORY IMMUNE THROMBOCYTOPENIA.," *Georgian Med. News*, no. 302, pp. 45–49, May 2020, Accessed: Sep. 27, 2022. [Online]. Available: <https://europepmc.org/article/med/32672688>.
- [17] L. Gorelik, S. Constant, and R. A. Flavell, "Mechanism of Transforming Growth Factor β<sub>1</sub> – induced Inhibition of T Helper Type 1 Differentiation," vol. 195, no. 11, pp. 0–6, 2002, doi: 10.1084/jem.20012076.
- [18] S. Yamagiwa, J. D. Gray, S. Hashimoto, and D. A. Horwitz, "A Role for TGF-β in the Generation and Expansion of CD4+CD25+ Regulatory T Cells from Human Peripheral Blood," *J. Immunol.*, vol. 166, no. 12, pp. 7282–7289, Jun. 2001, doi: 10.4049/JIMMUNOL.166.12.7282.
- [19] R. Shanmugasundaram and R. K. Selvaraj, "In vitro human TGF-β treatment converts CD4+CD25– T cells into induced T regulatory like cells," *Vet. Immunol. Immunopathol.*, vol. 137, no. 1–2, pp. 161–165, Sep. 2010, doi: 10.1016/J.VETIMM.2010.04.017.
- [20] J. B. Allen, C. L. Manthey, A. R. Hand, K. Ohura, L. Ellingsworth, and S. M. Wahl, "Rapid onset synovial inflammation and hyperplasia induced by transforming growth factor beta," *J. Exp. Med.*, vol. 171, no. 1, p. 231, Jan. 1990, doi: 10.1084/JEM.171.1.231.
- [21] S. M. Wahl, J. B. Allen, G. L. Costa, H. L. Wong, and J. R. Dasch, "Reversal of acute and chronic synovial inflammation by anti-transforming growth factor β," *J. Exp. Med.*, vol. 177, no. 1, pp. 225–230, 1993, doi: 10.1084/jem.177.1.225.



- [22] A. P. Kuruvilla, R. Shah, G. M. Hochwald, H. D. Liggitt, M. A. Palladino, and G. J. Thorbecke, "Protective effect of transforming growth factor beta 1 on experimental autoimmune diseases in mice.," *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.*, vol. 88, no. 7, p. 2918, Apr. 1991, doi: 10.1073/PNAS.88.7.2918.
- [23] G. J. Thorbecke, R. Shah, C. H. Leu, A. P. Kuruvilla, A. M. Hardison, and M. A. Palladino, "Involvement of endogenous tumor necrosis factor alpha and transforming growth factor beta during induction of collagen type II arthritis in mice," *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.*, vol. 89, no. 16, pp. 7375–7379, 1992, doi: 10.1073/PNAS.89.16.7375.
- [24] E. Raz *et al.*, "Modulation of disease activity in murine systemic lupus erythematosus by cytokine gene delivery," *Lupus*, vol. 4, no. 4, pp. 286–292, 1995, doi: 10.1177/096120339500400409.
- [25] K. Ohtsuka, J. D. Gray, M. M. Stimmler, and D. A. Horwitz, "The relationship between defects in lymphocyte production of transforming growth factor-beta1 in systemic lupus erythematosus and disease activity or severity," *Lupus*, vol. 8, no. 2, pp. 90–94, 1999, doi: 10.1191/096120399678847489.

## TGF- $\beta$ in patients with refractory immune thrombocytopenia

Sophio Metreveli<sup>1</sup>, Nino Nanava<sup>1</sup>, Irine Kvachadze<sup>2</sup>, Tinatini Chikovani<sup>1</sup> and Nona Janikashvili<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Department of Immunology, Tbilisi State Medical University, Tbilisi, Georgia

<sup>2</sup> Department of Physiology, Tbilisi State Medical University, Tbilisi, Georgia

---

### Abstract

In the pathogenesis of autoimmune diseases, including immune thrombocytopenia (ITP), maintenance of inflammation and the loss of immune tolerance is essential. Transforming growth factor-beta (TGF- $\beta$ ) is a regulatory cytokine with pleiotropic function. TGF- $\beta$  inhibits differentiation of T helper (Th1, Th2) cells and promotes the development of peripheral Tregs. The aim of our study was to explore the plasma levels of TGF- $\beta$  and to perform its correlative analyses with peripheral blood biomarkers of systemic inflammation (NLR, PLR, PMR, SII, dNLR) in patients with ITP who did not respond to the first line treatment and had splenectomy as a second line therapy. The concentrations of TGF- $\beta$  in plasma was quantified using ELISA kits by eBioscience. Statistical analyses was performed using Graph Pad Prism - Mann Whitney U test; for the correlation analyses we used spearman rank correlation by SPSS program. Our study revealed that the level of TGF- $\beta$  in patients with refractory ITP is significantly diminished compared to the healthy subjects or patients undergoing splenectomy for other reasons than autoimmune or malignant hematological pathologies. There was no correlation observed between the plasma concentrations of TGF- $\beta$  and the peripheral blood biomarkers of systemic inflammation.

**Keywords:** *Immune thrombocytopenia, TGF- $\beta$ , Inflammation biomarkers.*

## მიკროკაფსულირების სხვადასხვა ასპექტისათვის

მამუკა მაცაბერიძე<sup>1</sup>, ინგა ჯანელიძე<sup>2</sup>

<sup>1</sup>პროფესორი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ქიმიური ტექნოლოგიის და მეტალურგიის ფაკულტეტი Orcid ID: <https://orcid.org/0000-0002-3228-1447>

<sup>2</sup>ასოცირებული პროფესორი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ქიმიური ტექნოლოგიის და მეტალურგიის ფაკულტეტი Orcid ID: <https://orcid.org/0000-0002-9961-7638>

### აბსტრაქტი

მიკროკაფსულირება, როგორც სისტემების შექმნის პრინციპი ნივთიერებების მიზნობრივი მიწოდებისათვის ფართოდ გამოიყენება სხვადასხვა პროდუქტებისა და პრეპარატების წარმოებაში. მიკროკაფსულირების პრობლემებისადმი სამეცნიერო და პრაქტიკული ინტერესი ძალზე მაღალია, რაზეც მოწმობს მიკროკაფსულირების საერთაშორისო საზოგადოების შექმნა. მიკროკაფსულირებული და გელის მსგავსი ფორმების პროდუქციისა და პრეპარატების შექმნა სამეცნიერო და ტექნიკური საქმიანობის სხვადასხვა სფეროს საინოვაციო სეგმენტს წარმოადგენს.

**საკვანძო სიტყვები:** მიკროკაფსულირება, პროგრამირებული და პროლონგირებული მოქმედების ფარმაცევტული საშუალებები, ცეცხლმქრობი პოლიმერული კომპოზიციური მასალები, ანტიპირენები, კოაცერვაცია, პესტიციდების მიკროკაფსულირებული ფორმები, ეპოქსიდური მიკროკაფსულირება, კონსერვაცია მიკროკაფსულირებით.

მიკროკაფსულირება წარმოადგენს სისტემის შექმნის პრინციპს ნივთიერებების მიზნობრივი მიწოდებისათვის სხვადასხვა პროდუქტებისა და პრეპარატების წარმოების პროცესის თანამედროვე უზრუნველყოფისათვის. აღნიშნული განეკუთვნება შემდეგ დარგობრივ სფეროებს:

- პროგრამირებული და პროლონგირებული მოქმედების ფარმაცევტული საშუალებები, რომლებიც იცავს კუჭის წველის ზემოქმედებისგან პოლიპეპტიდებს, ვაქცინებს და სხვა პრეპარატებს, აგრეთვე პარენტერალურ სისტემებს ბიოდეგრადირებად გარსში პერორალური მიღებისას.
- სოფლის მეურნეობის პროდუქტები (პესტიციდები, ფერომონები).
- ქიმიური ტექნოლოგიის, სხვადასხვა დანიშნულების, პროდუქტები (საღებავები, არანახშირბადიანი ასლის გადასაღები ქალაღდი, ტონერები, ანტიპირენები პოლიმერული კომპოზიციებისათვის, ანაერობული „ჰერმეტიკები“ და სხვა).
- საკვების და ცხოველთა საკვების ბიოაქტიური დანამატები.
- კოსმეტიკური საშუალებების ინგრედიენტები და ა.შ.

პოლიმერულ გარსში ჩაშენებული, მყარი და თხევადი სუბსტანციების მიკრონაწილაკები, სხვადასხვა ფუნქციონალური დანიშნულების პრეპარატებს ანიჭებენ სრულიად ახალ თვისებებს.

### ცეცხლმქრობი პოლიმერული კომპოზიციური მასალების მიკროკაფსულირების გადაუდებელი აუცილებლობის მსაზღვრელი ფაქტორი

ტექნიკურად ღირებული, ზოგჯერ უნიკალური ფუნქციური თვისებების მთელ კომპლექსთან ერთად, პოლიმერულ მასალებს აქვთ ისეთი მნიშვნელოვანი ნაკლი, როგორცაა მათი აალება. მასალების წვადობის შემცირების ყველაზე ფართოდ გამოყენებული მეთოდია სხვადასხვა ანტიპიროგენების (ანუ იმ ნივთიერებების, რომლებიც შეიცავენ ფოსფორს და ჰალოგენებს) პოლიმერულ მატრიცაში შეყვანა.

ცეცხლმქრობ პოლიმერულ კომპოზიტურ მასალებს აქვთ უნარი აქტიურად აღკვეთონ აალების პროცესის ინიცირება, ე.ი. ნახსენებ, ცეცხლმქრობ პოლიმერულ კომპოზიტურ მასალებს, შეუძლიათ შეასრულონ ხანძრის მქრობი, დამოუკიდებელი ავტომატური სისტემის ფუნქცია.

ცეცხლმქრობი პოლიმერული კომპოზიტური მასალები პერსპექტიულია სხვადასხვა ობიექტების დაცვისთვის, კერძოდ:

- ყველაზე დაუცველი კვანძები და აგრეგატები სატრანსპორტო მანქანათმშენებლობაში (ავიამშენებლობა, გემთმშენებლობა, ვაგონ-მშენებლობა).
- ხანძარსაწინააღმდეგო და ფეთქებადი ტვირთები მათი შენახვისა და ტრანსპორტირების დროს.

- განსაკუთრებით ღირებული ტვირთები (ხელოვნების ნაწარმოებები, დოკუმენტები, ფულის ბანკნოტები შენახვისა და ტრანსპორტირების დროს).
- ელექტრონული მოწყობილობების და ელექტროსადგურების ყველაზე დაუცველი კვანძები და ენერგეტიკული აგრეგატები (ბირთვული, თერმული და ა.შ.).

ამავე დროს აღსანიშნავია, რომ ანტიპირენების საერთო მოხმარებაში დანამატების წილი მუდმივად მცირდება, რაც განპირობებულია მათი უნარით, დროთა განმავლობაში „გამოიყონ“ მასალის ზედაპირზე სითხის ან კრისტალების სახით, რომლის შეჩერების ეფექტური მეთოდია მიკროკაფსულირება.

ზოგადად ანტიპირენებს ანუ ხანძარსაწინააღმდეგო ნივთიერებებს მიეკუთვნება ჰალოგენის, ფოსფორის, ბორის, აზოტის ატომების შემცველი ნივთიერებები, ცვლადი ვალენტობის ლითონები, დაჯგუფებები ამ ელემენტების სხვადასხვა კომბინაციით და ქიმიურად ბმული წყალი.

### სამკურნალო ნივთიერებების მიკროკაფსულირების დასაბუთებისათვის

ცნება „ნივთიერების მიწოდება“ ძირითადად ეხება სამკურნალო საშუალებებს და ნიშნავს წამლის მიზანმიმართულ ტრანსპორტირებას ორგანიზმში უშუალოდ მისი მოქმედების ადგილზე. ასეთი პრეპარატების შექმნის ყველაზე მნიშვნელოვანი მეთოდებია მიკროკაფსულირება და გელირება (გელის პროდუცირება).

ეს ტექნოლოგიები შესაძლებელს ხდის წამლების მიღებას ხანგრძლივი, დაპროგრამებული და ტრანსდერმული ეფექტით. ასეთი პრეპარატების გამოყენება ნიშნავს მათი თერაპიული დოზების და საერთო ტოქსიკურობის შემცირებას, აქტიური ნივთიერების მოქმედების მდგრადობას და უზრუნველყოფს ღვიძლისა და თირკმელების დაცვას.

ფარმაცევტული საშუალებების უმეტესობა წყალში ხსნადია. აქედან გამომდინარე, წყალხსნარიდან **კოაცერვაციის**<sup>1</sup> მეთოდი მათი მიკროკაფსულირებისათვის არ არის შესატყვისი და სასურველი.

<sup>1</sup> **coacervatio** - "ერთად თავმოყრა", "დაგროვება"; გახსნილი ნივთიერებით გამდიდრებული წვეთების მაღალმოლეკულური ნაერთების წარმოქმნა ხსნარში.

<http://www.nplg.gov.ge/gwdict/index.php?a=list&d=3&t=dict&w1=%E1%83%99&w2=%E1%83%9D&w3=%E1%83%90>

## პესტიციდების მიკროკაფსულირებული ფორმები

ქიმიის განვითარების თანამედროვე მიმართულება მცენარეთა დაცვის საშუალებების პრეპარატიული ფორმების შექმნაზეა ორიენტირებული, რომლებიც უზრუნველყოფენ აქტიური ნივთიერების ბიოლოგიური პოტენციალის რეალიზაციის ოპტიმალურ პირობებს, მის მიზანმიმართულ და შერჩევით მოქმედებას და ამავე დროს მინიმუმამდე დაყავთ პესტიციდების უარყოფითი გავლენა გარემოზე და ადამიანზე. ამ მოთხოვნების განხორციელების ერთ-ერთი გზაა პესტიციდების პრეპარატიული ფორმების შექმნა მიკროკაფსულების სახით და აქტიური ნივთიერების კონტროლირებადი გამოყოფით.

### საარქივო და არქეოლოგიური მასალის კონსერვაცია მიკროკაფსულირებით

მატერიალური კულტურის ობიექტების შენარჩუნების პრობლემა, რომლებიც განადგურების ტერმინალურ სტადიაშია, მოითხოვს კონსერვაციის არატრადიციული მეთოდების გამოყენებას [1]. საარქივო და არქეოლოგიური მასალების კონსერვაციისა და რესტავრაციისათვის ნაჩვენებია, რომ ამისთვის ამ მიზნით შესაფერისია მიკროკაფსულირების მეთოდი, რომელიც ხორციელდება **ჰ-ქსილილენის**<sup>2</sup> დიმერის გაზფაზური პოლიმერიზაციით საკონსერვაციო/სარესტავრაციო ობიექტების ზედაპირზე.

საინტერესოა, რომ ეპოქსიდური ფისების მიკროკაფსულირება და მიკროკაფსულირების სხვადასხვა მეთოდები, თანამედროვე მასალათა მიღების გამორჩეული აქტუალობით ხასიათდება. გარდა აღნიშნულისა ძალზე მნიშვნელოვანია ახლად მიღებული მიკროკაფსულების მორფოლოგიის შესწავლა მიკროსტრუქტურული ანალიზით.

მიკროსტრუქტურული ანალიზის შედეგებზე დაყრდნობით, დგინდება ფაქტორები, რომლებიც თავის მხრივ გავლენას ახდენენ მასალების ხარისხზე. საინტერესოა, რომ მიკროკაფსულების გამოყენებით მიიღება **თვითაღდგენადი პოლიმერული კომპოზიტი**.

---

<sup>2</sup> პოლი-პარა-ქსილილენი, პარილინი - **ჰ-ქსილილენის** წრფივი პოლიმერი, პიროლიზური პოლიმერიზაციით მიღებული თერმოპლასტი. მას აქვს საინტერესო თვისებები: გამხსნელებისა და მჟავებისადმი გამძლეობა, დნობის მაღალი წერტილი, კარგი დიელექტრიკული და ბარიერული თვისებები. პოლიმერი და მისი წარმოებულები გამოიყენება, როგორც ზედაპირული დანაფარი სხვადასხვა პროდუქტებისთვის, ძირითადად ელექტრონიკაში. კომერციული დასახელება - **Parylene N, C, D**, ბენზოლის რგოლში შემცვლელის მიხედვით.

განვაზოგადოდ ამ თვითაღდგენადი პოლიმერული კომპოზიტის ნიმუშის მიკროსტრუქტურული ანალიზის გამოყენებით ჩატარებული კვლევის ზოგადი ტოპოლოგია და მოვახდინოთ ამ კვლევის შედეგების ანალიტიკური კონცეპტუალიზება.

ნაირგვარი ინდივიდუალური ნივთიერებისა და მათი ნარევების მიკროკავსულირებამ ფართო გამოყენება ჰპოვა მეცნიერებისა და ტექნოლოგიების სხვადასხვა დარგში [2], კერძოდ მიკროკავსულირება ფართოდ გავრცელდა კომპოზიტური მასალების [3] და მედიცინის, ბიოლოგიის და ფარმაციის სფეროში [4].

კომპოზიტური მასალების სფეროში, მიკროკავსულირება გამოიყენება როგორც შემავსებლების, ასევე დანამატების შესაქმნელად, რომლებიც აუმჯობესებენ მიკრობზარისადმი წინააღმდეგობას მასალის დაბზარვის ენერჯის გაფანტვით, მზარდი ბზარის წვერზე [5] და ასევე მიკროკავსულებზე დაფუძნებული თვითაღდგენადი პოლიმერული მასალების [6] შესაქმნელად.

თანამედროვე ტექნოლოგიებში, მიკროკავსულირების გამოყენებით მნიშვნელოვანი ამოცანებია გადაჭრილი, მაგალითად უნიკალური პროდუქტის - თვითაღდგენადი მასალების [7] შექმნა.

ამრიგად, მიკროკავსულის ბირთვში მოთავსებული „სამკურნალო“ აგენტი, როდესაც კავსულის კედლის მთლიანობა ირღვევა, გამოიყოფა (ეს „სამკურნალო“ აგენტი) წარმოქმნილ სიცარიელებში და ხსნის პოლიმერს თავის ირგვლივ გამხსნელის გამოყენებით [8], ან იწყებს გამკვრივებას ინიციატორი/გამამკვრივებელის [9] ზემოქმედების დროს, რითაც ნაწილობრივ ან მთლიანად აღადგენს დაზიანებულ ადგილს.

ასეთი თვითაღდგენადი მასალები ძალზე მნიშვნელოვანია თვითმფრინავების მშენებლობის [10-12] სფეროში, რადგან ისინი საშუალებას გვაძლევს შევამციროთ დრო და ფინანსური ხარჯები ამგვარი პროდუქციის (ე.ი. თვითაღდგენადი მასალების) ნაკეთობის ტექნიკური მომსახურებისათვის და გავახანგრძლივოთ მასალის ექსპლოატაციის [13-15] ვადა.

ეპოქსიდური ფისების აქტიური გამოყენების გათვალისწინებით კომპოზიციური მასალების წარმოებისთვის თვითმფრინავმშენებლობისთვის, დიდი ყურადღება ეთმობა მიკროკაფსულების წარმოებას [16-17], რომლებიც სავსეა ეპოქსიდური ფისებით და შეუძლია აღადგინოს კომპოზიციური მასალების თვისებები ნარჩენი გამამაგრებლის გამოყენებით.

ყველაზე პერსპექტიული საწყისი მასალა ასეთი მიკროკაფსულების გარსის მისაღებად არის **კარბამიდ-ფორმალდეჰიდური ოლიგომერი** [18-20], რომლის გამოყენების უპირატესობა არის მისი დაბალი ღირებულება, ხელმისაწვდომობა და ინერტულობა შემავსებლის მიმართ. აღნიშნულზე მსჯელობისას უნდა განისაზღვროს შემდეგი სტრატეგიები:

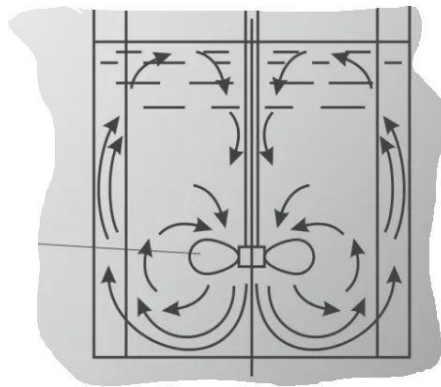
- ეპოქსიდური ფისებით სავსე მიკროკაფსულების მიღება სხვადასხვა მეთოდით.
- მიკროკაფსულების თვისებებზე გავლენის მომხდენი პირობები.
- მიკროკაფსულების სინთეზის ამოცანები.
- მიკროკაფსულების თვითაღდგენადი კომპოზიციური მასალების მისაღებად განსაზღვრული ეპოქსიდური ფისები.

### **ეპოქსიდური ფისის მიკროკაფსულირება ორსაფეხურიანი მეთოდიკით**

შარდოვანა-ფორმალდეჰიდის ოლიგომერის მისაღებად, 100 გ შარდოვანა და 125 გ პარაფორმალდეჰიდი უნდა ჩავასხათ 500 მლ-იან მრგვალ ფსკერიან, სამყელიან კოლბაში, რომელიც აღჭურვილი უნდა იყოს ზედა შემრევით, თერმომეტრით და უკუმაცივრით, რის შემდეგაც 150 მლ გამოხდილი წყალი უნდა დაემატოს და ხსნარის **pH** უნდა დავარეგულიროთ ნეიტრალურ (**pH=7-7,1**) გარემოზე, კალიუმის ჰიდროქსიდის (10% (მასით) და ძმარმჟავას (10% (მასით) წინასწარ მომზადებული ხსნარების გამოყენებით. მიღებული ნარევი უნდა შევათბოთ 60°C-მდე მუდმივი მორევით და გავაგრძელოთ გათბობა შარდოვანას და პარაფორმალდეჰიდის სრულ დაშლამდე.

ამის შემდეგ, შარდოვანას მეთილოლის წარმოებულების წარმოქმნის დასასრულებლად, ხსნარს უნდა ვუვლით 60°C ტემპერატურაზე 30 წუთის განმავლობაში. რეაქციის დასრულების შემდეგ, ხსნარის **pH** უნდა დავიყვანოთ 4,5-მდე ძმარმჟავას ხსნარით. შემდეგ ტემპერატურა უნდა ავწიოთ 80°C-მდე და გაცხელება გავაგრძელოთ კიდევ 1,5-2 სთ, რათა წარმოიქმნას შარდოვანა-ფორმალდეჰიდის ოლიგომერი. მიღებული გამჭვირვალე ხსნარის გაგრილების შემდეგ, მისი **pH** უნდა დავარეგულიროთ ნეიტრალურ (**pH=7**) გარემოზე.

მიღებული ოლიგომერით ეპოქსიდურ-ფისოვანი მიკროკაფსულირება ჩატარდა შემდეგი სქემით: 150 გ კარბამიდ-ფორმალდეჰიდის ოლიგომერის წყალხსნარი და 250 მლ წყალი დაემატა 700 მლ ჭიქაში, რომელიც აღჭურვილი იყო „პროპელერურ“/ფრთიანი ამრევით და გამახურებული პერანგით; ხსნარის pH დარეგულირდა მჟაუნ მჟავას 10% ხსნარით pH-ის 6,0–6,5 მნიშვნელობებამდე, რის შემდეგაც, მორევით (250 ბრ/წთ), ეპოქსიდური ფისი DER-330 თბება 70°C-მდე და ემატება 4,95 გ სალიცილის მჟავა, რომელიც გამოიყენება მიღებული კაფსულების სტაბილიზაციისთვის; შემდეგ ტემპერატურა უნდა დავიყვანოთ 30°C-მდე და ვურიოთ 10 წუთის განმავლობაში - შემრევის ბრუნვის სიჩქარით 250 ბრ/წთ. ამის შემდეგ, ხსნარის pH ვაქვეითებდით 4,0–4,5 მნიშვნელობებამდე და ამ ტემპერატურაზე მორევას ვაგრძელებდით 2,5–3 საათის განმავლობაში, რის შემდეგაც ხსნარის pH მცირდებოდა 2,5–2,8 მნიშვნელობებამდე, დავამატეთ 7,5 გ შარდოვანა და შევათბეთ 50°C-მდე და გავაგრძელეთ რეაქცია მიკროკაფსულის გარსის წარმოქმნამდე 1,5-2 სთ განმავლობაში. მიღებული ნარევის ვაგრილებთ, ვფილტრავთ, ვრეცხავთ დისტილირებული წყლით და ვაშრობთ ჰაერზე 48 საათის განმავლობაში.



პრინციპული სქემა: „პროპელერურ“/ფრთიანი ამრევი გამახურებული პერანგით

### in situ<sup>3</sup> ეპოქსიდური მიკროკაფსულირება

500 მლ-იან ქიმიურ ჭიქაში, „პროპელერურ“/ფრთიანი ამრევით და გამათბობელი პერანგით ჩავასხით 117 გ წყალი, 7,2 გ შარდოვანა, 0,3 გ რეზორცინოლი, 0,3 გ NaCl, 27 გ პოლივინილის სპირტის (PVA) 5%-იანი ხსნარი წყალში და 30 გ DER-330 ეპოქსიდური ფისი. ემულსიის შესაქმნელად მიღებული ნარევი უნდა დასტაბილიზდეს 10-15 წუთის განმავლობაში ამრევის სიჩქარით 700-900 ბრ/წთ, რის შემდეგაც ტემპერატურა უნდა გაიზარდოს 60°C-მდე, რეაქციის pH-ი რეგულირდება 2,5-3,5-მდე და რეაქტორში უნდა დაემატოს 19,2 გრ პარაფორმალდეჰიდისგან წინასწარ მომზადებულ ფორმალდეჰიდის 37,5%-იანი წყალხსნარი.

<sup>3</sup> ექსპერიმენტის ტიპი, რომელიც საკვლევი ობიექტის წარმოშობის ადგილზე ტარდება.



ფორმალდეჰიდის პოლიკონდენსაციის რეაქცია შარდოვანასთან ემულსიის წვეთების ზედაპირზე ტარდება 4 საათის განმავლობაში, რის შემდეგაც მიღებული ნარევი უნდა გაგრილდეს ოთახის ტემპერატურამდე, ვფილტრავთ ბუხნერის ძაბრით და მონაცვლეობით ვრეცხავთ წყლით და აცეტონით.

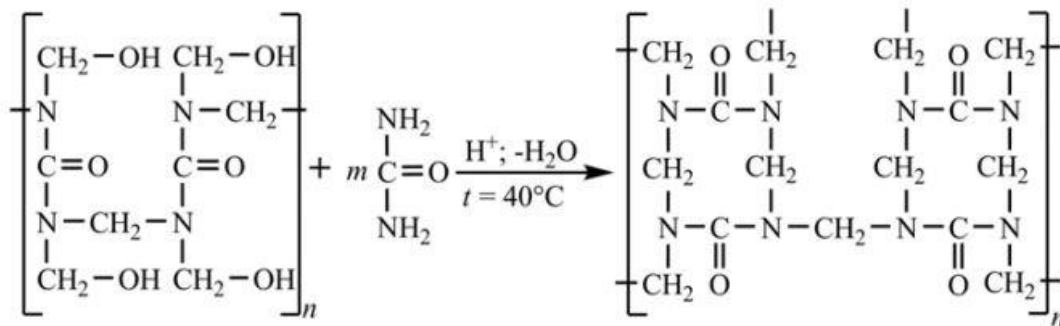
კარბამიდ-ფორმალდეჰიდის პოლიმერისგან **კაფსულის გარსების სინთეზი** ერთ-ერთი ადვილად განხორციელებადი მეთოდია წყალში ხსნადი დაბალმოლეკულური ოლიგომერის მიღება მისი შემდგომი პოლიმერიზაციით კაფსულის გარსის ფორმირებით. ამისათვის პირველ რიგში საჭიროა დაბალმოლეკულური და შესანახად მდგრადი კარბამიდ-ფორმალდეჰიდის ოლიგომერის მიღება. ასეთი ოლიგომერის მიღების პირველ ეტაპზე ხდება კარბამიდის რეაქცია ფორმალდეჰიდთან, რის შედეგადაც შესაძლოა წარმოიქმნას კარბამიდის მონო-, დი- და ტრიმეთილოლ წარმოებულები. ოლიგომერის მიღების პროცესის შემდგომი გაგრძელებით, მიმდინარეობს ზემოთნახსენები წარმოებულების (კარბამიდის მონო-, დი- და ტრიმეთილოლ წარმოებულები) პოლიკონდენსაციის რეაქცია მჟავა გარემოში საჭირო ოლიგომერის წარმოქმნით.

წყალში ხსნადი შარდოვანა-ფორმალდეჰიდის ოლიგომერის მიღების პროცესის შესწავლისას დადგინდა, რომ მეთილოლის წარმოებულების მიღებისას ძალიან მნიშვნელოვანია გარემოს pH-ის მონიტორინგი, რადგან ეს რეაქცია კარგად მიმდინარეობს ნეიტრალურ და ტუტე გარემოში. მჟავა გარემოში ეს რეაქცია ჩერდება და იწყება რეაქცია მეთილოლის ჯგუფებსა და აზოტთან მდებარე წყალბადის თავისუფალ ატომებს შორის, რამაც შეიძლება გამოიწვიოს თავდაპირველად შერჩეული, "ფორმალდეჰიდი/კარბამიდი", სტექიომეტრიული თანაფარდობის ცვლილება.

ოლიგომერს ვღებულობთ „ფორმალდეჰიდი/კარბამიდის“ მოლური თანაფარდობით 2:1 და 2,5:1. არ არის მიზანშეწონილი ფორმალდეჰიდის უფრო მცირე რაოდენობით გამოყენება, რადგან ეს წარმოქმნის ჰიდროქსილის ჯგუფების ძალიან მცირე რაოდენობას, რომლებიც ხელს უწყობენ წყალში ხსნადი ოლიგომერის წარმოქმნას.

ყველაზე მარტივად მისაღები და სტაბილური აღმოჩნდა ოლიგომერის ხსნარი, რომელიც მიღებულია მოლური თანაფარდობით [21] "ფორმალდეჰიდი /კარბამიდი" - 2.5: 1, რაც დროთა განმავლობაში ინარჩუნებს თავის თვისებებს და ოპტიმალურია მისი გამოიყენება, როგორც წინამორბედი/პრეკურსორისა მიკროკაფსულების გარსის მისაღებად. მისი სტაბილურობა განპირობებულია ჰიდროფილური ჯგუფების საკმარისი არსებობით და NH-სარეაქციო ცენტრების ამოწურვით, მეთილოლის წარმოებულების ერთმანეთთან რეაქციის დროს.

შარდოვანასთან რეაქციის დროს, მოლეკულური მასის ზრდის და ჰიდროფილური ჯგუფების რაოდენობის შემცირების გამო დისპერგირებულ სისტემაში გაფანტული ეპოქსიდური ფისის ზედაპირზე წარმოიქმნება პოლიმერული ფირი, რომლის სისქე და სიმტკიცე დროთა განმავლობაში იზრდება:



#### მიკროკაფსულების გარსის პოლიმერული ფირის წარმოშობის პრინციპული სქემა

დადგენილია, რომ ოლიგომერის კონცენტრაცია ხსნარში უნდა შემცირდეს 20-30%-მდე,

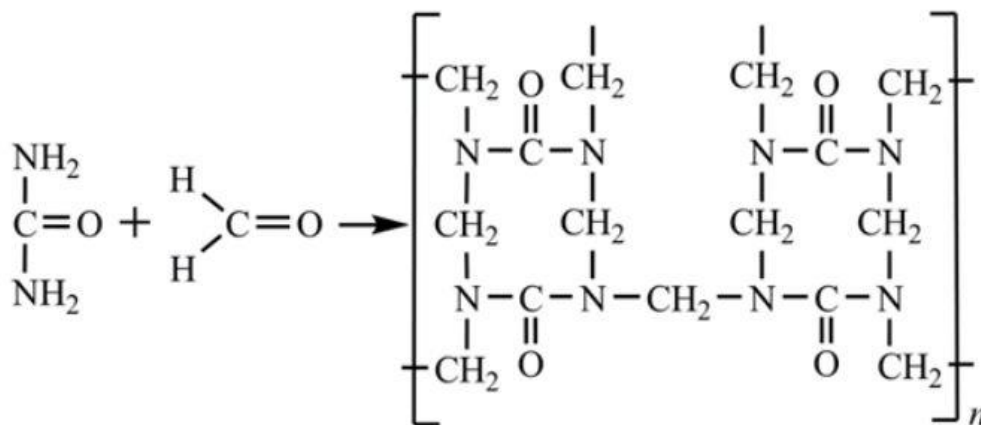
ვინაიდან მიკროკაფსულების წარმოქმნის პროცესში უფრო მაღალი კონცენტრაციის გამოყენებისას მიიღება ძალიან მაღალი სიბლანტის მქონე ნარევები, რომლებიც

უარყოფითად მოქმედებს მიღებულ ნაწილაკებზე. ისიც დადასტურდა, რომ სალიცილის მჟავის დამატებით 3-5% ოდენობით, ხდება აგლომერაციის (შეცხობის) მნიშვნელოვანი შემცირება და უფრო ერთგვაროვანი ფირების ფორმირება, მისი ჩამოყალიბების და ოლიგომერული ფაზის თვისებების გაუმჯობესების წყალობით.

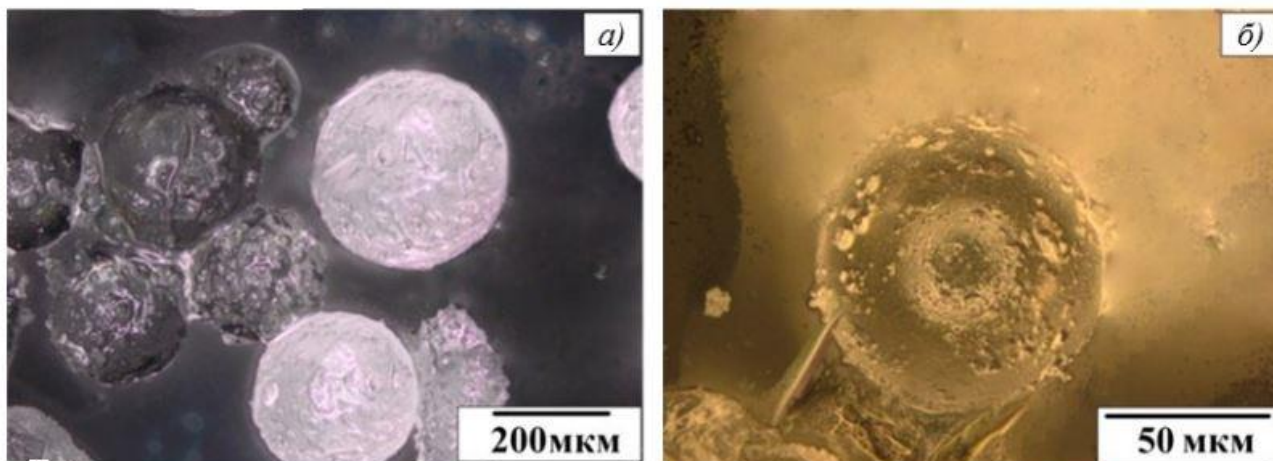
pH-ის გარემოს გავლენის შესწავლისას, ეპოქსიდური ფისიდან, მიკროკაფსულების წარმოქმნის პროცესზე გამოვლინდა, რომ როდესაც ძალზე დაბალია pH მნიშვნელობები (ან მაღალია პროცესის ტემპერატურა) უხსნადი პოლიმერის წარმოქმნა ძალიან აქტიურდება და კაფსულის გარსის ფორმირების ნაცვლად, ის გამოილექება ცალკეულ ფაზაში. შედეგად, პოლიმერის მნიშვნელოვანი ნაწილი ხსნარიდან გამოიყოფა მყარი ნაწილაკების სახით, რომელთა მოშორება თითქმის შეუძლებელია.

ეპოქსიდური ფისის შემცველი მიკროკაფსულების ორეტაპიანი წარმოებისას გამოვლინდა, რომ წარმოქმნილი ნაწილაკების ზომაზე მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს შემრევის ბრუნვის სიჩქარე; ასე მაგალითად, ბრუნვის სიჩქარით 250 ბრ/წთ მიიღება დიდი კაფსულები დიამეტრით 200–400 მიკრომეტრი (იხილე სურათი. 1, a), ხოლო ბრუნვის სიჩქარე 400 ბრ/წთ საშუალებას იძლევა მივიღოთ პატარა მიკროკაფსულები - 200 მკმ-მდე დიამეტრით (სურათი. 1, b), სურათი 1-ზე წარმოდგენილი ფოტო გადაღებული ოპტიკური მიკროსკოპით.

მიკროკაფსულირების მეთოდი, რომელიც მიმდინარეობს ერთ ეტაპად, ეფუძნება კარბამიდ-ფორმალდეჰიდის ოლიგომერის წარმოებას *in situ* წყალი-ფისი ფაზების საზღვარზე. კარბამიდის და ფორმალდეჰიდის პოლიკონდენსაციის რეაქცია ამ შემთხვევაში მიმდინარეობს შემდეგი სქემის მიხედვით:



ზემოთმოყვანილი სქემა საშუალებას გვაძლევს თავიდან ავიცილოთ აღწერილი მეთოდის ნაკლოვანებები. ამრიგად, დროისა და ენერჯის ხარჯები მნიშვნელოვნად შემცირდება პროცესის საფეხურების რაოდენობის შემცირებით, მარტივდება pH-ის რეგულირება გარემოში "ოლიგომერი-ფისი" და არ არსებობს პრობლემები პოლიმერის გამოლექვასთან ოლიგომერის ხსნარიდან ცალკე ფაზაში ხანგრძლივი პერიოდის განმავლობაში შენახვისას.



სურათი 1. მიკროკაფსულების ფოტოები DER-330 ეპოქსიდური ფისით, შემრევის ბრუნვის სიჩქარით 250 ბრ/წთ (a) და 400 ბრ/წთ (b). ინფორმაციის წყარო: [21]

ეპოქსიდის შემცველი მიკროკაფსულების მიღების ერთსაფეხურიანი პროცედურის შესწავლილის საფუძველზე (იხ. იქვე), განისაზღვრა მორევის სიჩქარის და პოლივინილის სპირტის მახასიათებლების გავლენა მიკროკაფსულირების პროცესზე - ყველაზე ოპტიმალური აღმოჩნდა პოლივინილის სპირტი ჰიდროლიზის უმაღლესი ხარისხით, ხოლო მორევის ოპტიმალური სიჩქარეა - 600-700 ბრ/წთ.

### გამოყენებული ლიტერატურა

1. Development of microencapsulated and gel-like products and materials for various industries // M. S. Vilesova, N. I. Aizenshtadt, M. S. Bosenko, A. D. Vilesov, E. P. Zhuravsky, A. G. Klimov, V. A. Marey, V. B. Moshkovsky, V. E. Mukhin, A. S. Radilov, L. A. Rubinchik, N. N. Saprykina, R. P. Stankevich, B. I. Tkachev, Yu. I. Trulev. Ros. chem. and. (J. Russian Chemical Society named after D.I. Mendeleev), 2001, v. XLV, No. 5-6; page 9.
2. Monodispersed Sirolimus-Loaded PLGA Microspheres with a Controlled Degree of Drug-Polymer Phase Separation for Drug-Coated Implantable Medical Devices and Subcutaneous Injection. CS Appl. Bio Mater. 2022, 5, 8, 3766–3777; Publication Date: July 16, 2022, <https://doi.org/10.1021/acsabm.2c00319>.
3. Rule J.D., Brown E.N., Sottos N.R., et al. Wax-protected catalyst microspheres for efficient self-healing materials // Advanced Materials. 2005. Vol. 17. P. 205–208.

4. Menshutina N.V. Encapsulation technologies // *Pharmaceutical technologies and packaging*. 2014. No. 5. pp. 30–33.
5. Giannakopoulos G., Masania K., Taylor A.C. Toughening of epoxy using core-shell particles // *Journal of Materials Science*. 2011. Vol. 46. P. 327–338.
6. Liao L.P., Zhang W., Xin Y., et al. Preparation and characterization of a microcapsule containing epoxy resin and its self-healing performance of anticorrosion covering material // *Chinese Science Bull*. 2011. Vol. 56. P. 439–443.
7. Chowdhury R.A., Hosur M.V., Nuruddin M. Self-healing epoxy composites: preparation, characterization and healing performance // *Journal of Materials Research and Technology*. 2015. Vol. 4. P. 33–43.
8. Caruso M.M., Delafuente D.A., Ho V. Solvent-promoted self-healing materials // *Macromolecules*. 2007. Vol. 40. P. 8830–8832.
9. Rule J.D. The chemistry of self-healing polymers // *Education in Chemistry*. 2005. Vol. 42 (5). P. 130–132.
10. Kablov E.N. New generation materials as the basis for innovation, technological leadership, and Russia's national security // *Intellect & Technologies*. 2016. №2, pp. 41–46.
11. Kuznetsova V.A., Deev I.S., Zheleznyak V.G., Silaeva A.A. Wear-resistant paint coating with quasi-crystalline filler // *Proceedings of VIAM: electron. scientific and technical magazine* 2018. №3. Art. 08. URL: <http://www.viam-works.ru> DOI: 10.18577/2307-6046-2018-0-3-8-8.
12. Kablov E.N. Materials and chemical technologies for aviation equipment // *Bulletin of the Russian Academy of Sciences*. 2012. V. 82. No. 6, pp. 520–530.
13. Raskutin A.E., Khrulkov A.V., Yazvenko L.N. Polymer film coating for PCM structures (review) // *Proceedings of VIAM: electron. scientific and technical magazine* 2017. No. 2 (50). Art. 05. URL: <http://www.viam-works.ru> (date of access: 06/13/2018). DOI: 10.18577/2307-6046-2017-0-2-5-5.
14. Kablov E.N. Aerospace materials science // *All materials. Encyclopedic reference book*. 2008. No. 3. pp. 2–14.
15. Solovyanchik L.V., Kondrashov S.V., Shashkeev K.A., Marakhovskiy P.S., Soldatov M.A. A new approach for imparting functional properties to PCM // *Proceedings of VIAM: electron. scientific and technical magazine* 2017. No. 4 (52). Art. 05. URL: <http://www.viam-works.ru> DOI: 10.18577/2307-6046-2017-0-4-5-5.
16. Grebeneva T.A., Terekhov I.V., Chursova L.V., Shlensky V.A. Microencapsulation in self-healing composite materials // *Klei. Sealants. Technology*. 2016. No. 10. pp. 40–45.
17. Liu X., Sheng X., Lee J.K., Kessler M.R. Synthesis and Characterization of Melamine-Urea-Formaldehyde Microcapsules Containing ENB-Based Self-Healing Agents // *Macromolecular Materials Engineering*. 2009 Vol. 294. P. 389–395.
18. Grebeneva T.A., Terekhov I.V., Chursova L.V., Shlensky V.A. Microencapsulation in self-healing composite materials // *Klei. Sealants. Technology*. 2016. No. 11. pp. 39–46.

19. Yin T., Rong M.Z., Zhang M.Q., Yang G.C. Self-healing epoxy composites – Preparation and effect of the healing consisting of microencapsulated epoxy and latent curing agent // Composites Science and Technology. 2007 Vol. 67. P. 201–212.
20. Wang R., Li H., Hu H. et al. Preparation and characterization of self-healing microcapsules with poly(urea-formaldehyde) grafted epoxy functional group shell // Journal of Applied Polymer Science. 2009 Vol. 113. R. 1501-1506.
21. I.V. Terekhov, V.A. Shlensky, E.V. Kurshev, S.L. Lonsky, V.A. Dyatlov. Study Of Factors Affecting The Formation Of Epoxy-Containing Microcapsules For Self-Healing Compositions DOI: 10.18577/2071-9140-2018-0-3-27-34. Aviation Materials And Technologies №3 (52) 2018, p. 27-34.

## **For various aspects of microencapsulation**

Mamuka Matsaberidze<sup>1</sup>, Inga Janelidze<sup>2</sup>

Professor, Faculty of Chemical Technology and Metallurgy of Georgian Technical University

Association Professor, Faculty of Chemical Technology and Metallurgy of Georgian Technical University

---

### **Abstract**

Microencapsulation as a principle of creating systems for targeted delivery of substances is widely used in the production of various products and preparations. The scientific and practical interest in the problems of microencapsulation is very high, as evidenced by the creation of the international community of microencapsulation. The creation of products and preparations in microencapsulated and gel-like forms is an innovative segment of various fields of scientific and technical activity.

**Key words:** *microencapsulation, programmed and prolonged action pharmaceuticals, flame retardant polymer composite materials, flame retardants, coacervation, microencapsulated forms of pesticides, epoxy microencapsulation, preservation by microencapsulation.*

## CD4+CD39+ უჯრედები ჰემატოლოგიური ავთვისებიანი სიმსივნეების მქონე პაციენტებში

ნინო ნანავა<sup>1</sup>, სოფიო მეტრეველი<sup>1</sup>, გიორგი გიორგობიანი<sup>2</sup>, თინათინ ჩიქოვანი<sup>1</sup>, ნონა ჯანიკაშვილი<sup>1</sup>

<sup>1</sup>იმუნოლოგიის დეპარტამენტი, თბილისის სახელმწიფო სამედიცინო უნივერსიტეტი, თბილისი, საქართველო <sup>2</sup>ქირურგიის დეპარტამენტი, თბილისის სახელმწიფო სამედიცინო უნივერსიტეტი, თბილისი, საქართველო

### აბსტრაქტი

T ლიმფოციტებში ექტონუკლეოტიდაზა CD39-ის ექსპრესიის ცვლილება აღწერილია სხვადასხვა იმუნოპათოლოგიის დროს სოლიდური სიმსივნეების ჩათვლით. თუმცა საკმაოდ მწირია ინფორმაცია ჰემატოლოგიური ავთვისებიანი სიმსივნეების მქონე პაციენტებში ამ იმუნომარეგულირებელი მოლეკულის მატარებელ უჯრედებზე. წინამდებარე კვლევის მიზანს წარმოადგენდა CD39+ უჯრედების სიხშირის შესწავლა ჰემატოლოგიური ავთვისებიანი სიმსივნის მქონე პაციენტების სისხლისა და ელენთის CD4+ პოპულაციაში და სისტემური ანთების სისხლის ბიომარკერებთან მათი კორელაციის დადგენა.

კვლევა ჩატარდა ჰემატოლოგიური ავთვისებიანი სიმსივნის დიაგნოზის მქონე შვიდ პაციენტზე, რომელთაც თერაპიული ჩვენებით ჩაუტარდათ სპლენექტომია. კონტროლად გამოყენებულ იქნა სპლენექტომირებული პაციენტების ორი ჯგუფი. პირველ საკონტროლო ჯგუფს შეადგენდა ექვსი პაციენტი, რომელთაც არ ჰქონდათ სიმსივნური ან აუტოიმუნური დაავადებების დიაგნოზი, ხოლო მეორე საკონტროლო ჯგუფს წარმოადგენდა იმუნური თრომბოციტოპენიის (ითპ) დიაგნოზის მქონე ცხრა პაციენტი.

დადგინდა, რომ ჰემატოლოგიური ავთვისებიანი სიმსივნის მქონე პაციენტთა სისხლსა და ელენთაში CD4+CD39+ უჯრედების რაოდენობა არ განსხვავდება იმ სპლენექტომირებულ პაციენტთა ანალოგიური მაჩვენებლებისგან, ვისაც არ აქვს რაიმე სახის კიბო ან აუტოიმუნური დაავადება. ჰემატოლოგიური ავთვისებიანი სიმსივნის მქონე პაციენტების ელენთაში CD4+CD39+ უჯრედების სიხშირე მნიშვნელოვნად აღემატება ითპ პაციენტების ანალოგიურ მაჩვენებელს. ამავდროულად, ძლიერი უარყოფითი კორელაცია დასტურდება საკვლევი ჯგუფის პაციენტთა ელენთაში CD4+CD39+ უჯრედების სიხშირესა და სისხლში თრომბოციტების მონოციტებთან ფარდობას შორის.

**საძიებო სიტყვები:** *CD4+CD39+ T ლიმფოციტები, ანთებითი მარკერები, ჰემატოლოგიური ავთვისებიანი სიმსივნე*

## **შესავალი**

ჯანმრთელ ქსოვილებში უჯრედგარე ატფ-ის კონცენტრაცია უმნიშვნელოა. თუმცა, ანთების პირობებში და ისეთი სტიმულის საპასუხოდ, როგორცაა ჰიპოქსია/ქსოვილის დაზიანება ან სიმსივნე, ატფ-ის რაოდენობა მნიშვნელოვნად იმატებს (Moestra et al., 2020; Mittal et al., 2016; Di Virgilio et al., 2017). ანთებით გამოწვეული ატფ-ის წარმოქმნა ნეიტროფილების გასააქტიურებელ და, საერთოდ, იმუნური თავდაცვის განსახორციელებელ ძირითად მექანიზმს წარმოადგენს (Chen et al., 2010). ექტონუკლეოტიდაზა CD39 (ექტო-ნუკლეოზიდ ტრიფოსფატ დიფოსფოჰიდროლაზა) ატფ-ის ადფ-ად ჰიდროლიზებით იმუნურ პასუხს არეგულირებს. ის სიმსივნის /ანთების საწინააღმდეგო იმუნური პასუხის დროს ერთ-ერთ მნიშვნელოვან მოთამაშედ გვევლინება და დღეისათვის იმუნომარეგულირებელ მედიატორად არის აღიარებული (Tan et al., 2016; Allard et al., 2017).

ადამიანის სხვადასხვა სახის სიმსივნე CD39-ის მაღიან მაღალი ექსპრესიით ხასიათდება. ეს სიმსივნეებია: თირკმლის უჯრედული კიბო, საკვერცხის კიბო, ძუძუს კიბო, ლიმფომა, შარდის ბუშტის კიბო, მსხვილი ნაწლავის კიბო და მელანომა (Wu et al., 2020; Hayes et al., 2015; Bastid et al., 2015; Hausler et al., 2011). CD39-ის ჭარბი ექსპრესია სიმსივნის მიერ შემუშავებული, სიმსივნის საწინააღმდეგო შეტევისგან თავის დასაღწევი ეფექტური მექანიზმია, რაც კიბოს მიკროგარემოში იმუნური სისტემით სტიმულირებული უჯრედგარეთა ატფ-ის დაშლას გულისხმობს. ამიტომ, ავთვისებიანი პროცესების დროს, CD39-ის მაღალი მაჩვენებელი დაავადების პროგრესირებისა და ცუდი გამოსავლის მარკერად განიხილება (Cai et al., 2016; Munoz-Godinez et al., 2020; Cai et al., 2016).

სიმსივნური უჯრედების გარდა ამ იმუნომარეგულირებელი მოლეკულის მაღალი ექსპრესია გამოვლინდა ენდოთელურ უჯრედებზე, კიბოსთან ასოცირებულ ფიბრობლასტებზე (CAF) და იმუნურ უჯრედებზეც, განსაკუთრებით, ბუნებრივ მკვლელებზე (NK), სიმსივნესთან ასოცირებულ მაკროფაგებზე (TAM) და სიმსივნეში ინფილტრირებულ ლიმფოციტებზე (TILs), მათ შორის Tregs და CD8+ T უჯრედებზე (Simoni et al., 2018; Borsellino et al., 2007; Li et al., 2019; Yan et al., 2020; Zhang et al., 2019; Canale et al., 2018; Nagate et al., 2021; Timperi, Barnaba, 2021).

საგულისხმოა, რომ ჰემატოლოგიურ სიმსივნეებში CD39+ იმუნური უჯრედების სიხშირე და ფუნქცია მწირად არის შესწავლილი. მისი ასოციაცია სხვა ონკოჰემატოლოგიურ მარკერებთან კი სრულიად დაუდგენელია. სისხლის საერთო ანალიზი (CBC) იაფი და ადვილად შესასრულებელი სადიაგნოსტიკო ტესტია, რომელიც ფართოდ გამოიყენება ყოველდღიურ კლინიკურ პრაქტიკაში. მას დიდი მნიშვნელობა აქვს არა მხოლოდ ჰემატოლოგიური, არამედ ყველა სხვა სამედიცინო მდგომარეობის დიაგნოსტიკასა და მონიტორინგში.

სამედიცინო პრაქტიკაში წლების განმავლობაში CBC-ის ფართოდ გამოყენების მიუხედავად, მისი ახალი შესაძლებლობები ჯერ კიდევ აღმოჩენის პროცესშია. ბოლო წლებში სულ უფრო მატულობს იმ კვლევების რიცხვი, რომლებიც სისხლის ფორმულის შემადგენელი



კომპონენტების თანაფარდობათა დიაგნოსტიკურ და კლინიკურ ღირებულებაზე მეტყველებს. ესენია: ნეიტროფილების, თრომბოციტების, ლიმფოციტების თანაფარდობები ლიმფოციტებთან, მონოციტებთან (NLR, PLR, PMR, LMR) და ა.შ. ეს თანაფარდობები, ასახავს რა ორგანიზმში მიმდინარე სისტემურ ანთებას, შესაძლებელია გამოყენებულ იქნას როგორც ინფექციური, აუტოიმუნური, სიმსივნური დაავადებების, ასევე გადაუდებელი მდგომარეობების პროგნოზული და სადიაგნოსტიკო მარკერი (Stefaniuk et al., 2020).

ჰემატოლოგიური ავთვისებიანი სიმსივნეების დროს სისხლის საერთო ანალიზიდან მიღებული სისტემური ანთებითი მარკერების (NLR, PLR, PMR, HLR-ჰემოგლობინი/ლიმფოციტი, SII-ნეიტროფილი/თრომბოციტი/ლიმფოციტი, dNLR - ნეიტროფილი/(ლეიკოციტი-ნეიტროფილი) პოტენციური დიაგნოსტიკური და პროგნოზული მნიშვნელობა ჩვენს მიერაც იქნა ნანახი (Nanava et al., 2020). სულ ახლახანს, ერთ-ერთმა კვლევამ (Zang et al., 2021) პერიფერიული T უჯრედული ლიმფომით დაავადებულებში დაადგინა, რომ პაციენტებს, რომელთა  $LMR \leq 1.68$  და  $PMR \leq 300$ , მკურნალობაზე სრული კლინიკური პასუხისა და გადარჩენის დაბალი მაჩვენებლები აქვთ.

წინამდებარე კვლევის მიზანს წარმოადგენდა CD39+ უჯრედების სიხშირის შესწავლა ჰემატოლოგიური ავთვისებიანი სიმსივნის მქონე პაციენტების სისხლისა და ელენთის CD4+ პოპულაციაში და სისტემური ანთების სისხლის ბიომარკერებთან მისი კორელაციის დადგენა.

#### **მასალა და მეთოდები:**

კვლევა შესრულდა ჰელსინკის 1975 წლის დეკლარაციის მიხედვით. ეთიკურ სტანდარტებთან მისი შესაბამისობა დამტკიცდა თბილისის სახელმწიფო სამედიცინო უნივერსიტეტის ეთიკური კომიტეტის მიერ. კვლევაში ჩაერთო ჰემატოლოგიური ავთვისებიანი სიმსივნის დიაგნოზის მქონე 7 პაციენტი, რომელთაც თერაპიული ჩვენებით ჩაუტარდათ სპლენექტომია. ორი საკონტროლო ჯგუფიდან ერთს (კონტროლი 1) წარმოადგენდა 6 პაციენტი, რომელთაც სამედიცინო ჩვენებით ჩაუტარდათ სპლენექტომია, თუმცა არა ავთვისებიანი სიმსივნის ან აუტოიმუნური დაავადების გამო (ელენთის კისტა (არაექინოკოკური), ელენთის ტრავმა). მეორე ჯგუფს კი წარმოადგენდა იმუნური თრომბოციტოპენიური პურპურის (ითპ) დიაგნოზის მქონე 9 პაციენტი, რომელთაც თერაპიული ჩვენებით ჩაუტარდათ სპლენექტომია.

**სისხლის ნიმუში:** პერიფერიული სისხლის ფიკოლის გრადიენტზე დასმით და მისი ცენტრიფუგირებით მიღებული მონონუკლეარული უჯრედები გროვდებოდა, ირეცხებოდა და მზადდებოდა გამდინარე ციტომეტრიული ანალიზისთვის.

**ელენთის ნიმუში:** ქირურგიული ოპერაციის მიმდინარეობისას ელენთის ქსოვილის მცირე ნაჭერი იღებოდა ფიზიოლოგიურ ხსნარში და მასალის დამუშავებამდე 4-5 საათის განმავლობაში ინახებოდა მაცივარში. ელენთის ქსოვილზე შპრიცის დგუმის მექანიკური ზეწოლით და 100 მკმ ზომის ნეილონის საცერის გამოყენებით (BD, Bioscience) ხდებოდა ქსოვილის დისოციაცია. უჯრედები ირეცხებოდა და მზადდებოდა ფენოტიფირებისთვის. ფენოტიპირებისთვის გამოყენებული იქნა CD39 მარკერი, რომელიც გაიზომა CD4 T ლიმფოციტთა პოპულაციაში. უჯრედების შეღებვა განხორციელდა რეაგენტის მწარმოებლის

ინსტრუქციის მიხედვით. მასალა გაანალიზდა FacsCalibur გამდინარე ციტომეტრით და საბოლოო მონაცემთა მისაღებად გამოყენებულ იქნა FlowJo® v10 პროგრამა.

**სისტემური ანთებითი მარკერები:** პაციენტის სისხლის საერთო ანალიზში მოცემული ლეიკოციტების, ნეიტროფილების, ლიმფოციტების, თრომბოციტების, მონოციტების და ჰემოგლობინის რაოდენობიდან ვანგარიშობდით სისტემურ ანთებით მარკერებს: NLR, PLR, PMR, HPR, HLR, LMR, SII და dNLR. ანთებითი მარკერები გამოთვლილია შემდეგნაირად: NLR - ნეიტროფილების აბსოლუტური რაოდენობის ფარდობა ლიმფოციტების აბსოლუტურ რაოდენობასთან, მსგავსად, შესაბამისი უჯრედების შეფარდებით გამოითვლება PLR, PMR, HLR, HPR და LMR. dNLR და SII-ის გამოსათვლელად გამოყენებულია შემდეგი ფორმულები: dNLR=ნეიტროფილი/(ლეიკოციტი-ნეიტროფილი);

SII=ნეიტროფილი x თრომბოციტი/ლიმფოციტი.

**სტატისტიკური ანალიზი**

ორ სატესტო ნიმუშს შორის მნიშვნელოვანი განსხვავების სანახავად გამოყენებული იქნა მან-ვიტნის ტესტი (Mann Whitney test). სხვადასხვა პარამეტრებს შორის კორელაციის სანახავად გამოვიყენეთ სპირმანის ტესტი. მონაცემები დამუშავდა GraphPad და SPSS პროგრამებში.

**მიღებული შედეგები და განხილვა:**

უჯრედშიდა ატფ ენერჯის მნიშვნელოვანი წყაროა, უჯრედგარე ატფ კი "საფრთხის სიგნალად" გვევლინება. ის ფაგოციტებს ანთების ადგილებზე მიიზიდავს, იმუნურ სისტემას ქსოვილთა დაზიანებისა და პათოგენთან დაკავშირებული საფრთხის შესახებ აცნობებს და მის გააქტიურებას იწვევს. ყოველივე ეს ანთებითი პროცესების გააქტიურების, ინტერლეიკინ-1β-ს და ანთების საწინააღმდეგო ციტოკინების წარმოქმნის შედეგია. დადგინდა, რომ CD39, რომელიც ატფ-ს ადფ-ად და ამფ-ად გარდაქმნის, მნიშვნელოვან როლს ასრულებს კიბოს პათოგენეზში (Boisonet al., 2022; Zhulai et al., 2019). სიმსივნურ ქსოვილში მისი ექსპრესიისა და აქტივობის მატება, ზოგიერთი სახის კიბოს დროს, ცუდ პროგნოზთან ასოცირდება (Shevchenko et al., 2020; Zhulai et 2018; Cai et al., 2016; Nagate et al., 2021).

ლეიკემიის, ლიმფომისა და მიელომის უჯრედები, სოლიდური კიბოს მსგავსად, ურთიერთქმედებს გარემოში მდებარე არასიმსივნურ უჯრედებთან. ეს ურთიერთქმედება ხდება როგორც სისხლის მიმოქცევაში, ასევე დაცულ ნიშებში - ლიმფურ ორგანოებში - და უზრუნველყოფს დამატებით სტიმულს, რაც გავლენას ახდენს უჯრედების ქცევაზე. ის, რაც ხდება გარემოს ნიშებში, ძირითადად გადამწყვეტია დაავადების პროგრესირებისა და ქიმიოთერაპიის ტენციის განსახორციელებლად, ხოლო ლეიკემიური უჯრედები, თავის მხრივ, აყალიბებენ გარემოს, რათა შემდგომში ხელი შეუწყონ თავიანთ ზრდას და იმუნური ზედამხედველობიდან თავის დამპყრენას.

CD39-ის რეგულაციის დარღვევა, სოლიდური სიმსივნეების მსგავსად, აღწერილია ლიმფოიდური და მიელოიდური ავთვისებიანი სიმსივნეების დროსაც. CD39-ის ექსპრესია ზოგადად ტოლერანტული გარემოს განვითარებასთან ასოცირდება, რაც დაავადების პროგრესირებას უწყობს ხელს. სხვადასხვა სახის სიმსივნის დროს CD39-ის ექსპრესია პაციენტთა პერიფერიულ სისხლსა და ლიმფურ კვანძებშია ნანახი.

ჩვენ გამოვიკვლიეთ CD4+CD39+ სუბპოპულაციათა სიხშირე ჰემატოლოგიური ავთვისებიანი სიმსივნის მქონე პაციენტების პერიფერიულ სისხლსა და ელენთაში და შევადარეთ საკონტროლო ჯგუფების პაციენტთა მონაცემებს.

როგორც ცხრილი 1-დან ჩანს, პერიფერიულ სისხლში აღნიშნული მაჩვენებელი ჩვენს მიერ შესწავლილ პაციენტთა სამ ჯგუფში სტატისტიკურად სარწმუნოდ ერთმანეთისგან არ განსხვავდება (ჰემატოლოგიური ავთვისებიანი სიმსივნის მქონე პაციენტებში -  $25.59 \pm 16.61$ , კონტროლი 1 -  $20.10 \pm 16.59$ ; ითპ-კონტროლი -  $32.24 \pm 23.35$ ; ჯგუფებს შორის  $p > 0.05$ ).

**ცხრილი 1. CD4+CD39+ უჯრედების პროცენტული შემცველობა ჰემატოლოგიური ავთვისებიანი სიმსივნეების მქონე პირებსა და საკონტროლო ჯგუფის პაციენტებში**

ცვლადები	ჰას	კონტროლი1	ითპ-კონტროლი	P value (კონტროლი1/ჰას)	P value (კონტროლი1/ითპ)	P value (ითპ/ჰას)
CD4+CD39+ (%) სისხლში	$25.59 \pm 16.61$	$20.10 \pm 16.59$	$32.24 \pm 23.35$	$>0.05$	$>0.05$	$>0.05$
CD4+CD39+ (%) ელენთაში	$33.36 \pm 19.92$	$33.48 \pm 23.00$	$15.80 \pm 4.41$	$>0.05$	<b>0.0286</b>	<b>0.0190</b>

ჰას - პაციენტები ჰემატოლოგიური ავთვისებიანი სიმსივნის დიაგნოზით

ითპ - პაციენტები იმუნური თრომბოციტოპენიის დიაგნოზით

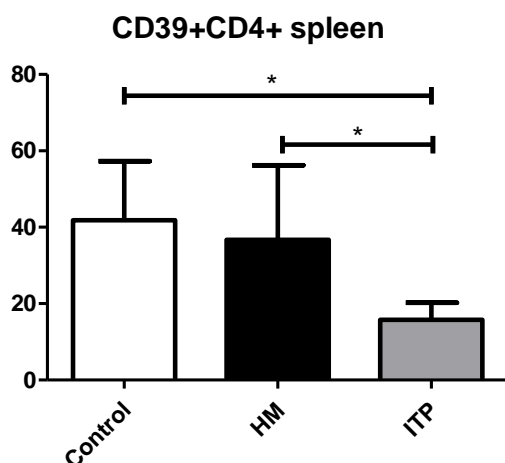
განსხვავება სტატისტიკურად სარწმუნოა, თუ  $p < 0.05$

განსხვავებული შედეგები მივიღეთ ელენთის უჯრედების გამოკვლევისას. აღმოჩნდა, რომ ჰემატოლოგიური ავთვისებიანი დაავადების დიაგნოზის მქონე პაციენტთა ელენთაში CD4+CD39+ უჯრედების რაოდენობა არ განსხვავდება კონტროლი 1 პაციენტების ანალოგიური მაჩვენებლისგან (შესაბამისად,  $33.36 \pm 19.92$  და  $33.48 \pm 23.00$ ), თუმცა ის სტატისტიკურად სარწმუნოდ მაღალია ითპ-კონტროლის პაციენტთა მონაცემთან შედარებით ( $33.36 \pm 19.92$  და  $15.80 \pm 4.41$ ;  $p > 0.0190$ ). ითპ-კონტროლის პაციენტთა ჯგუფში CD4+CD39+ უჯრედების რაოდენობა სტატისტიკურად სარწმუნოდ დაბალია კონტროლი 1-ის პაციენტებთან შედარებითაც ( $15.80 \pm 4.41$  vs  $33.48 \pm 23.00$   $P = 0.0286$ ) (იხ. სურათი).

ამდენად, ჩვენი კვლევის შედეგად დადგინდა, რომ ჰემატოლოგიური ავთვისებიანი დაავადების მქონე პაციენტთა სისხლსა და ელენთაში CD4+CD39+ უჯრედების რაოდენობა არ განსხვავდება იმ სპლენექტომირებულ პაციენტთა ანალოგიური მაჩვენებლებისგან, ვისაც არ აქვს რაიმე სახის კიბო ან აუტოიმუნური დაავადება. ჰემატოლოგიური ავთვისებიანი დაავადების მქონეთა ელენთის CD4+ უჯრედებში CD39-ის ექსპრესიის სიხშირე

სტატისტიკურად სარწმუნოდ მაღალია, ვიდრე ითპ-ით დაავადებულებში. ჰემატოლოგიური ავთვისებიანი დაავადებების მქონეთა სისხლში, ჯანმრთელ დონორებთან შედარებით, სიმსივნურ, CD4(+), CD8(+) და სხვა უჯრედებზე CD39-ის მაღალი ექსპრესიაა ნანახი, რაც სიმსივნის მიერ იმუნური ზედამხედველობის თავიდან არიდების საშუალებად მიიჩნევა (Pulte et al., 2011; Vaisitti et al., 2019; Nagate et al., 2021).

**სურათი. CD4+CD39+ უჯრედების სიხშირე ჰემატოლოგიური ავთვისებიანი სიმსივნის და იმუნური თრომბოციტოპენიის მქონე პაციენტთა ელენთაში**



\* - გამოხატავს სარწმუნო განსხვავებას, როდესაც  $P \leq 0.05$ .

HM - ჰემატოლოგიური ავთვისებიანი სიმსივნე

ITP - იმუნური თრომბოციტოპენია

მრავალი ჰემატოლოგიური პროგნოზული მახასიათებლის არსებობის მიუხედავად, დაავადების პროგრესი და გადარჩენის მაჩვენებელი ხშირად პაციენტების ერთიდაიგივე ქვეჯგუფშიც კი ძალიან განსხვავებულია. უკანასკნელი კვლევების თანახმად, სისხლის ისეთი მარტივი, ეკონომიური, დაბალი რისკის ტესტები, როგორცაა სისხლის საერთო ანალიზში უჯრედების რაოდენობა ან/და მათი თანაფარდობა შეიძლება გამოყენებულ იქნას დაავადების პროგნოზის შესაფასებლად. NLR, PLR, PMR, LMR და სხვ. - სიმსივნის მიკროგარემოს ბიომარკერებია, რომლებიც შეიძლება გამოყენებულ იქნას როგორც სოლიდური, ასევე ჰემატოლოგიური ავთვისებიანი სიმსივნის პროგნოზულ მარკერებად (Wang et al., 2017; Kumagai et al., 2014; Wilcox et al., 2011; Stefaniuk et al., 2020). ჰემატოლოგიური ავთვისებიანი სიმსივნის მქონე პაციენტებში აღნიშნული მარკერები ჩვენს მიერაც იქნა გამოკვლეული (Nanava et al., 2020).

თუმცა, საყურადღებოა, რომ მოცემულ კვლევაში პირველად იქნა შესწავლილი კორელაცია ჰემატოლოგიური ავთვისებიანი სიმსივნის მქონე პაციენტების სისხლსა და ელენთაში CD4+CD39+ უჯრედების სიხშირესა და სისხლის საერთო ანალიზიდან მიღებულ სისტემურ ანთების ბიომარკერებს შორის.

მიღებული შედეგები წარმოდგენილია ცხრილი 2-ზე.

**ცხრილი 2. ჰემატოლოგიური ავთვისებიანი სიმსივნის მქონე პაციენტთა სისხლსა და ელენტაში CD4+CD39+ უჯრედების სიხშირის კორელაცია სისტემური ანთების სისხლის ბიომარკერებთან**

ცვლადები		NLR	PLR	PMR	HLR	SII	LMR	HPR	dNLR
<b>CD4+CD39+ სისხლში</b>	კორელაციის კოეფიციენტი	-.179	-.250	-.464	-.214	-.250	-.536	.180	-.179
	სარწმუნოება (2-კუდიანი)	.702	.589	.294	.645	.589	.215	.699	.702
<b>CD4+CD39+ ელენტაში</b>	კორელაციის კოეფიციენტი	-.071	-.536	<b>-.857*</b>	.071	-.679	-.643	.721	-.321
	სარწმუნოება (2-კუდიანი)	.879	.215	<b>.014</b>	.879	.094	.119	.068	.482

\*. კორელაცია მნიშვნელოვანია 0.05 დონეზე (2-კუდიანი)

როგორც ცხრილი 2-დან ჩანს, სტატისტიკურად სარწმუნო ძლიერი უარყოფითი კორელაცია დადასტურდა PMR-სა და ელენტაში CD4+CD39+ უჯრედების სიხშირეს შორის (კორელაციის კოეფიციენტი  $\rho = -0.857$ ,  $p = 0.014$ ). სხვა შესწავლილ ცვლადებს შორის კორელაციის არსებობა არ დადგინდა.

ჰემატოლოგიური ავთვისებიანი სიმსივნის დროს სისხლის სისტემურ ბიომარკერსა და სიმსივნის მიკროგარემოს ერთ-ერთ უჯრედულ პოპულაციას შორის კორელაციის არსებობა ვანგისა და თანაავტორთა (Wang et al., 2017) კვლევითაც იქნა გამოვლენილი. მათ დაადგინეს, რომ დიფუზური გიგანტურუჯრედული B ლიმფომის დროს LMR უარყოფითად კოლერილებს სიმსივნურ ქსოვილში CD163+ M2 მაკროფაგების რაოდენობასთან.

უდავოა, რომ უკანასკნელ წლებში ონკოლოგიური დაავადების დიაგნოსტიკის, პროგნოზის განსაზღვრისა და მკურნალობის სტრატეგიებში მზარდი ინტერესი გაჩნდა არა მხოლოდ ახალი ბიომარკერების გამოსავლენად, არამედ უკვე დანერგილ და ხელმისაწვდომ ტესტ-მარკერებთან მათი კორელაციის დადგენის მიმართულებით.

**გამოყენებული ლიტერატურა:**

1. Allard B, Longhi MS, Robson SC, Stagg J. The ectonucleotidases CD39 and CD73: novel checkpoint inhibitor targets. *Immunol Rev* (2017) 276:121–44. 10.1111/imr.12528
2. Bastid J., Regairaz A., Bonnefoy N., Déjou C., Giustiniani J., Laheurte C., Cochaud S., Laprevotte E., Funck-Brentano E., Hemon P., et al. Inhibition of CD39 Enzymatic Function at the Surface of Tumor Cells Alleviates Their Immunosuppressive Activity. *Cancer Immunol. Res.* 2015;3:254–265. doi: 10.1158/2326-6066.CIR-14-0018.

3. Boison D., Yegutkin G.G. Adenosine Metabolism: Emerging Concepts for Cancer Therapy. *Cancer Cell*. 2019;36:582–596. doi: 10.1016/j.ccell.2019.10.007.
4. Borsellino G., Kleinewietfeld M., Di Mitri D., Sternjak A., Diamantini A., Giometto R., Höpner S., Centonze D., Bernardi G., Dell’Acqua M.L., et al. Expression of Ectonucleotidase CD39 by Foxp3+ Treg Cells: Hydrolysis of Extracellular ATP and Immune Suppression. *Blood*. 2007;110:1225–1232. doi: 10.1182/blood-2006-12-064527.
5. Cai X.-Y., Ni X.-C., Yi Y., He H.-W., Wang J.-X., Fu Y.-P., Sun J., Zhou J., Cheng Y.-F., Jin J.-J., et al. Overexpression of CD39 in Hepatocellular Carcinoma Is an Independent Indicator of Poor Outcome after Radical Resection. *Medicine*. 2016;95:e4989. doi: 10.1097/MD.0000000000004989
6. Cai X.-Y., Wang X.-F., Li J., Dong J.-N., Liu J.-Q., Li N.-P., Yun B., Xia R.-L., Qin J., Sun Y.-H. High Expression of CD39 in Gastric Cancer Reduces Patient Outcome Following Radical Resection. *Oncol. Lett.* 2016;12:4080–4086. doi: 10.3892/ol.2016.5189.
7. Canale F.P., Ramello M.C., Núñez N., Araujo Furlan C.L., Bossio S.N., Gorosito Serrán M., Tosello Boari J., Del Castillo A., Ledesma M., Sedlik C., et al. CD39 Expression Defines Cell Exhaustion in Tumor-Infiltrating CD8+ T Cells. *Cancer Res.* 2018;78:115–128. doi: 10.1158/0008-5472.CAN-16-2684.
8. Chen Y, Yao Y, Sumi Y, Li A, To UK, Elkhail A, et al. Purinergic signaling: a fundamental mechanism in neutrophil activation. *Sci Signal* (2010) 3:ra45. 10.1126/scisignal.2000549
9. Di Virgilio F., Adinolfi E. Extracellular Purines, Purinergic Receptors and Tumor Growth. *Oncogene*. 2017;36:293–303. doi: 10.1038/onc.2016.206
10. Häusler S.F.M., Montalbán del Barrio I., Strohschein J., Chandran P.A., Engel J.B., Höning A., Ossadnik M., Horn E., Fischer B., Krockenberger M., et al. Ectonucleotidases CD39 and CD73 on OvCA Cells Are Potent Adenosine-Generating Enzymes Responsible for Adenosine Receptor 2A-Dependent Suppression of T Cell Function and NK Cell Cytotoxicity. *Cancer Immunol. Immunother.* 2011;60:1405–1418. doi: 10.1007/s00262-011-1040-4.
11. Hayes G.M., Cairns B., Levashova Z., Chinn L., Perez M., Theunissen J.-W., Liao-Chan S., Bermudez A., Flory M.R., Schweighofer K.J., et al. CD39 Is a Promising Therapeutic Antibody Target for the Treatment of Soft Tissue Sarcoma. *Am. J. Transl. Res.* 2015;7:1181–1188.
12. Kumagai S, Tashima M, Fujikawa J, Iwasaki M, Iwamoto Y, Sueki Y, et al. Ratio of peripheral blood absolute lymphocyte count to absolute monocyte count at diagnosis is associated with progression-free survival in follicular lymphoma. *Int J Hematol.* 2014;99:737–742. doi: 10.1007/s12185-014-1576-0.
13. Li X.-Y., Moesta A.K., Xiao C., Nakamura K., Casey M., Zhang H., Madore J., Lepletier A., Aguilera A.R., Sundarajan A., et al. Targeting CD39 in Cancer Reveals an Extracellular ATP- and Inflammasome-Driven Tumor Immunity. *Cancer Discov.* 2019;9:1754–1773. doi: 10.1158/2159-8290.CD-19-0541.

14. Mittal D., Sinha D., Barkauskas D., Young A., Kalimutho M., Stannard K., Caramia F., Haibe-Kains B., Stagg J., Khanna K.K., et al. Adenosine 2B Receptor Expression on Cancer Cells Promotes Metastasis. *Cancer Res.* 2016;76:4372–4382. doi: 10.1158/0008-5472.CAN-16-0544.
15. Moesta A.K., Li X.-Y., Smyth M.J. Targeting CD39 in Cancer. *Nat. Rev. Immunol.* 2020;20:739–755. doi: 10.1038/s41577-020-0376-4.
16. Muñoz-Godínez R., de Lourdes Mora-García M., Weiss-Steider B., Montesinos-Montesinos J.J., Del Carmen Aguilar-Lemarroy A., García-Rocha R., Hernández-Montes J., Azucena Don-López C., Ávila-Ibarra L.R., Torres-Pineda D.B., et al. Detection of CD39 and a Highly Glycosylated Isoform of Soluble CD73 in the Plasma of Patients with Cervical Cancer: Correlation with Disease Progression. *Mediat. Inflamm.* 2020;2020:1678780. doi: 10.1155/2020/1678780.
17. Nanava N., Betaneli M., Giorgobiani G., Chikovani T., and Janikashvili N., “COMPLETE BLOOD COUNT DERIVED INFLAMMATORY BIOMARKERS IN PATIENTS WITH HEMATOLOGIC MALIGNANCIES,” *Georgian Med. News*, no. 302, pp. 39–44, May 2020.
18. Nagate Y, Ezoe S, Fujita J, Okuzaki D, Motooka D, Ishibashi T, Ichii M, Tanimura A, Kurashige M, Morii E, Fukushima T, Suehiro Y, Yokota T, Shibayama H, Oritani K, Kanakura Y. Ectonucleotidase CD39 is highly expressed on ATLL cells and is responsible for their immunosuppressive function. *Leukemia.* 2021 Jan;35(1):107-118. doi: 10.1038/s41375-020-0788-y.
19. Nagate Y, Ezoe S, Fujita J, Okuzaki D, Motooka D, Ishibashi T, Ichii M, Tanimura A, Kurashige M, Morii E, Fukushima T, Suehiro Y, Yokota T, Shibayama H, Oritani K, Kanakura Y. Ectonucleotidase CD39 is highly expressed on ATLL cells and is responsible for their immunosuppressive function. *Leukemia.* 2021 Jan;35(1):107-118. doi: 10.1038/s41375-020-0788-y. Epub 2020 Mar 20. PMID: 32203145; PMCID: PMC7787980
20. Pulte D, Furman RR, Broekman MJ, Drosopoulos JH, Ballard HS, Olson KE, Kizer JR, Marcus AJ. CD39 expression on T lymphocytes correlates with severity of disease in patients with chronic lymphocytic leukemia. *Clin Lymphoma Myeloma Leuk.* 2011 Aug;11(4):367-72. doi: 10.1016/j.clml.2011.06.005. PMID: 21816376; PMCID: PMC3590911.
21. Shevchenko I., Mathes A., Groth C., Karakhanova S., Müller V., Utikal J., Werner J., Bazhin A.V., Umansky V. Enhanced Expression of CD39 and CD73 on T Cells in the Regulation of Anti-Tumor Immune Responses. *OncoImmunology.* 2020;9:1744946. doi: 10.1080/2162402X.2020.1744946.
22. Simoni Y., Becht E., Fehlings M., Loh C.Y., Koo S.-L., Teng K.W.W., Yeong J.P.S., Nahar R., Zhang T., Kared H., et al. Bystander CD8+ T Cells Are Abundant and Phenotypically Distinct in Human Tumour Infiltrates. *Nature.* 2018;557:575–579. doi: 10.1038/s41586-018-0130-2.
23. Stefaniuk P, Szymczyk A, Podhorecka M. The Neutrophil to Lymphocyte and Lymphocyte to Monocyte Ratios as New Prognostic Factors in Hematological Malignancies - A Narrative Review. *Cancer Manag Res.* 2020 Apr 29;12:2961-2977. doi: 10.2147/CMAR.S245928. PMID: 32425606; PMCID: PMC7196794.

24. Tan DBA, Ong NE, Zimmermann M, Price P, Moodley YP. An evaluation of CD39 as a novel immunoregulatory mechanism invoked by COPD. *Hum Immunol* (2016) 77:916–20. doi: 10.1016/j.humimm.2016.07.007
25. Timperi E, Barnaba V. CD39 Regulation and Functions in T Cells. *Int J Mol Sci.* 2021 Jul 28;22(15):8068. doi: 10.3390/ijms22158068. PMID: 34360833; PMCID: PMC8348030.
26. Wang J, Gao K, Lei W, Dong L, Xuan Q, Feng M, Wang J, Ye X, Jin T, Zhang Z, Zhang Q. Lymphocyte-to-monocyte ratio is associated with prognosis of diffuse large B-cell lymphoma: correlation with CD163 positive M2 type tumor-associated macrophages, not PD-1 positive tumor-infiltrating lymphocytes. *Oncotarget.* 2017; 8:5414–5425. doi: 10.18632/oncotarget.14289
27. Wilcox RA, Ristow K, Habermann TM, Inwards DJ, Micallef IN, Johnston PB. The absolute monocyte and lymphocyte prognostic score predicts survival and identifies high risk patients in diffuse large B-cell lymphoma. *Leukemia.* 2011;25(9):1502–1509. doi: 10.1038/leu.2011.112.
28. Wu J., Wang Y.-C., Xu W.-H., Luo W.-J., Wan F.-N., Zhang H.-L., Ye D.-W., Qu Y.-Y., Zhu Y.-P. High Expression of CD39 Is Associated with Poor Prognosis and Immune Infiltrates in Clear Cell Renal Cell Carcinoma. *Onco Targets Ther.* 2020;13:10453–10464. doi: 10.2147/OTT.S272553.
29. Yan J., Li X.-Y., Roman Aguilera A., Xiao C., Jacobberger-Foissac C., Nowlan B., Robson S.C., Beers C., Moesta A.K., Geetha N., et al. Control of Metastases via Myeloid CD39 and NK Cell Effector Function. *Cancer Immunol. Res.* 2020;8:356–367. doi: 10.1158/2326-6066.CIR-19-0749.
30. Zhang H., Vijayan D., Li X.-Y., Robson S.C., Geetha N., Teng M.W.L., Smyth M.J. The Role of NK Cells and CD39 in the Immunological Control of Tumor Metastases. *OncoImmunology.* 2019;8:e1593809. doi: 10.1080/2162402X.2019.1593809.
31. Zhang Y, Shi Y, Shen H, Shou L, Fang Q, Zheng X, Zhu M, Huang X, Huang J, Li L, Zhou D, Zhu L, Zhu J, Ye X, Jin J, Xie W. The value of a new prognostic model developed by lymphocyte-monocyte ratio and platelet-monocyte ratio in peripheral T-cell lymphoma. *Cancer Cell Int.* 2021 Oct 29;21(1):573. doi: 10.1186/s12935-021-02275-2. PMID: 34715862; PMCID: PMC8555175.
32. Zhulai G, Oleinik E, Shibaev M, Ignatev K. Adenosine-Metabolizing Enzymes, Adenosine Kinase and Adenosine Deaminase, in Cancer. *Biomolecules.* 2022 Mar 8;12(3):418. doi: 10.3390/biom12030418. PMID: 35327609; PMCID: PMC8946555.
33. Zhulai G.A., Churov A.V., Oleinik E.K., Romanov A.A., Semakova V.M., Oleinik V.M. Activation of CD4+CD39+ T Cells in Colorectal Cancer. *Bull. Russ. State Med. Univ.* 2018;3:47–53. doi: 10.24075/brsmu.2018.027.
34. Vaisitti T, Arruga F, Guerra G, Deaglio S. Ectonucleotidases in Blood Malignancies: A Tale of Surface Markers and Therapeutic Targets. *Front Immunol.* 2019 Oct 4;10:2301. doi: 10.3389/fimmu.2019.02301. PMID: 31636635; PMCID: PMC6788384.



## CD4+CD39+ cells in patients with hematologic malignancies

Nino Nanava,<sup>1</sup> Sophio Metreveli,<sup>1</sup> Giorgi Giorgobiani,<sup>2</sup> Tinatin Chikovani<sup>1</sup> and Nona Janikashvili<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Tbilisi State Medical University, Department of Immunology, <sup>2</sup>Department of surgery

### Abstract

Altered expression of the ectonucleotidase CD39 in T lymphocytes has been described in various immunopathologies including solid tumors. However, the information on the cells expressing this immune checkpoint molecule in patients with hematological malignancies is limited. The aim of the present study was to see the frequency of CD39+ cells in circulating and splenic CD4+ T lymphocyte populations of patients with hematological malignancies and to determine their correlation with blood biomarkers of systemic inflammation.

The study was conducted on seven patients diagnosed with hematologic malignancies, who underwent splenectomy for therapeutic reasons. Two groups of splenectomized patients were used as controls. The first control group consisted of six patients without a diagnosis of cancer or autoimmune diseases, and the second control group consisted of nine patients diagnosed with immune thrombocytopenia (ITP).

Our results revealed that the frequencies of CD4+CD39+ cells in the blood and spleen of patients with hematologic malignancies do not differ from similar values in splenectomized patients having no history of cancer or autoimmune disease. The frequency of CD4+CD39+ cells in the spleen of patients with hematologic malignancies is significantly higher than the similar rate of ITP patients. In addition, a strong negative correlation is confirmed between the frequency of CD4+CD39+ cells in the spleen of the patients of the study group and the platelets to monocytes ratio in the blood.

**Keywords:** *CD4+CD39+ T lymphocytes, Inflammatory markers, Hematologic malignancies*

## TGF- $\beta$ ჰემატოლოგიური ავთვისებიანი სიმსივნის მქონე პაციენტებში

ნინო ნანავა<sup>1</sup>, სოფიო მეტრეველი<sup>1</sup>, გიორგი გიორგობიანი<sup>2</sup>, თინათინ ჩიქოვანი<sup>1</sup>, ნონა ჯანიკაშვილი<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>იმუნოლოგიის დეპარტამენტი, თბილისის სახელმწიფო სამედიცინო უნივერსიტეტი, თბილისი, საქართველო <sup>2</sup>ქირურგიის დეპარტამენტი, თბილისის სახელმწიფო სამედიცინო უნივერსიტეტი, თბილისი, საქართველო

### აბსტრაქტი:

**შესავალი:** TGF- $\beta$ -ს ექსპრესია ხშირად იმატებს ისეთი დაავადებების დროს, როგორც არის ავთვისებიანი პროცესი, ანთეზა და ფიბროზული პათოლოგია. TGF- $\beta$ -ს ლიგანდი ლიმფოციტური უჯრედების განვითარების მრავალ პროცესში მონაწილეობს. TGF- $\beta$  მაინჰიბირებელ სტიმულს ავლენს ღეროვანი უჯრედების წინამორბედთა დიფერენციაციასა და პროლიფერაციაში. ღეროვანი უჯრედების წინამორბედებზე TGF- $\beta$ -ს რაოდენობა შეიძლება სხვადასხვა ბიოლოგიურ ეფექტს განსაზღვრავდეს. ასე მაგალითად, თუ TGF- $\beta$ -ს მაღალ კონცენტრაციას ღეროვანი უჯრედების წინამორბედებზე მაინჰიბირებელი მოქმედება აქვს, დაბალ დოზებში ის შეიძლება მასტიმულირებელი გახდეს, განსაკუთრებით ღეროვანი უჯრედების წინამორბედთა იმ ჯგუფში, რომელსაც მიელოიდური უჯრედებისკენ განვითარების მაღალი ალბათობა აქვს.

წინამდებარე კვლევის მიზანს წარმოადგენდა ჰემატოლოგიური ავთვისებიანი სიმსივნის მქონე პაციენტების პერიფერიულ სისხლში TGF- $\beta$ -ს შემცველობის განსაზღვრა და მისი კორელაციის დადგენა სისტემური ანთეზის სისხლის ბიომარკერებთან.

**მასალა და მეთოდები:** კვლევაში ჩაერთო ჰემატოლოგიური ავთვისებიანი სიმსივნის დიაგნოზის მქონე 7 პაციენტი, რომელთაც თერაპიული ჩვენებით ჩატარდათ სპლენექტომია. ერთ საკონტროლო ჯგუფს წარმოადგენდა შესაბამისი ასაკის 22 ჯანმრთელი პაციენტი, მეორე საკონტროლო ჯგუფს კი 9 სპლენექტომირებული პაციენტი, სადაც სპლენექტომიის თერაპიული ჩვენების მიზეზი არ ყოფილა ავთვისებიანი სიმსივნე ან აუტოიმუნური დაავადება.

TGF- $\beta$ -ს კონცენტრაცია პერიფერიულ სისხლში განისაზღვრა იმუნოფერმენტული ანალიზის საშუალებით (eBioscience, USA) მომწოდებლის ინსტრუქციის თანახმად.

პაციენტების სისხლის საერთო ანალიზიდან ვანგარიშობდით სისტემურ ანთებით მარკერებს, უჯრედების: ლეიკოციტების, ნეიტროფილების (N), ლიმფოციტების (L), თრომბოციტების (P), მონოციტების (M) და ჰემოგლობინის (H) თანაფარდობებს (R): NLR, PLR, PMR, HPR, HLR, LMR, ასევე სისტემური ანთების ინდექსს - SII და ნეიტროფილ-ლიმფოციტის ფარდობის წარმომბუღს - dNLR.

**კვლევის შედეგები:** TGF- $\beta$ -ს დონე ჰემატოლოგიური ავთვისებიანი სიმსივნის (ჰას) მქონე პაციენტებში სარწმუნოდ განსხვავდება შესაბამისი ასაკობრივი ჯანმრთელი კონტროლის მონაცემებისგან, მაგრამ არ განსხვავდება სპლენექტომირებული პაციენტების საკონტროლო ჯგუფის ანალოგიური მონაცემებისგან. TGF- $\beta$  არ კორელირებს ჩვენს მიერ შესწავლილ სისტემური ანთების სისხლის ბიომარკერებთან.

**სამიზნო სიტყვები:** TGF- $\beta$ , ჰემატოლოგიური ავთვისებიანი სიმსივნე

### შესავალი:

მატრანსფორმირებელი ზრდის ფაქტორი ბეტა (TGF- $\beta$ ) ნორმალური ჰემოპოეზის მნიშვნელოვანი რეგულატორია. TGF- $\beta$ -ს რეგულაციის დარღვევა სხვადასხვა ჰემატოლოგიური ავთვისებიანი სიმსივნის განვითარებასთან ასოცირდება. ბოლო წლებში მკურნალობის ახალი საშუალებების დანერგვის მიუხედავად, პაციენტთა დიდ ნაწილს მაინც დაავადების რეციდივი უვითარდება. ავთვისებიანი უჯრედებისთვის სიმსივნის მიკროგარემო ქმნის დამცავ ნიშას, რომელიც იცავს მათ იმუნური მოშორებისგან და სხვადასხვა თერაპიისგან. [1] სიმსივნის მიკროგარემოს შესწავლა მნიშვნელოვანია ლიმფომაგენეზის და წამლის მიმართ რეზისტენტობის განვითარების მიზეზებში გარკვევისთვის. ახალი კვლევები მოწმობს მატრანსფორმირებელ ზრდის ფაქტორ ბეტას (TGF- $\beta$ ) მნიშვნელოვან როლზე სოლიდური ავთვისებიანი სიმსივნეების მიკროგარემოს რემოდილირებაში. თუმცა, ჰემატოლოგიური ავთვისებიანი სიმსივნეების დროს მისი როლი ნაკლებადაა ცნობილი. [2] TGF- $\beta$ -ს სასიგნალო გზა მრავალ უჯრედულ პროცესშია ჩართული, ეს პროცესებია: ზრდა, მიგრაცია, ექსტრაუჯრედული მატრიქსის რემოდილირება, ინვაზია და იმუნური სუპრესია. TGF- $\beta$ -ს ექსპრესია ხშირად იმატებს ისეთი დაავადებების დროს, როგორც არის ავთვისებიანი პროცესი, ანთება და ფიბროზული პათოლოგია. [3] TGF- $\beta$ -ს ლიგანდი ლიმფოიდური უჯრედების განვითარების მრავალ პროცესში მონაწილეობს, მაგალითად უჯრედული ხაზის განსაზღვრაში და იმუნურ რეგულაციაში. TGF- $\beta$  მაინჰიბირებელ სტიმულს ავლენს ღეროვანი უჯრედების წინამორბედთა დიფერენციაციასა და პროლიფერაციაში [4], [5]. TGF- $\beta$ -ს რაოდენობა შეიძლება განსაზღვრავდეს სხვადასხვა ბიოლოგიურ ეფექტს ღეროვანი უჯრედების წინამორბედებზე. ასე მაგალითად, თუ TGF- $\beta$ -ს მაღალ კონცენტრაციას ღეროვანი უჯრედების წინამორბედებზე მაინჰიბირებელი მოქმედება აქვს, დაბალ დოზებში ის შეიძლება მასტიმულირებელი გახდეს, განსაკუთრებით ღეროვანი უჯრედების წინამორბედთა იმ ჯგუფში, რომელსაც მიელოიდური უჯრედებისკენ განვითარების მაღალი ალბათობა აქვს [6].

მწვავე ლეიკემია ჰემოპოეზური ღეროვანი უჯრედების წინამორბედიდან წარმოქმნილი ნეოპლაზიების ყველაზე აგრესიული ფორმაა. ის მოიცავს მიელოიდურ (AML) და ლიმფოიდურ (ALL) ფორმას. TGF-β-ს სასიგნალო გზის ცვლილებას, სოლიდური სიმსივნისგან განსხვავებით, არ გააჩნია ცენტრალური როლი ლეიკემიაგენეზში, თუმცა მნიშვნელოვან როლს ასრულებს გარკვეულ სიტუაციებში. [7] მწვავე მიელოიდური ლეიკემიის დროს TGF-β-ს მაინჰიბირებელი ეფექტი დაკარგულია TGF-β-ს სასიგნალო გზის სუპრესიის გამო. მწვავე ლიმფოიდური ლეიკემიის დროს ასევე დაკარგულია მგრძნობელობა TGF-β-ს სიგნალზე[8]. TGF-β-ს რეგულაციის დარღვევა ნაჩიხია B უჯრედული ავთვისებიანი სიმსივნეების დროსაც, ასე მაგალითად, TGF-β-ს ექსპრესია მომატებულია ქრონიკული ლიმფოიდური ლეიკემიის (CLL), ფოლიკულური ლიმფომის (FL), ბუსუსოვანუჯრედული ლეიკემიის (HCL), მანტიის ზონის ლიმფომის (MCL) და მრავლობითი მიელომის (MM) დროს.

წინამდებარე კვლევის მიზანს წარმოადგენდა ჰემატოლოგიური ავთვისებიანი სიმსივნის მქონე პაციენტების პერიფერიულ სისხლში TGF-β-ს შემცველობის განსაზღვრა და მისი კორელაციის დადგენა სისტემური ანთების სისხლის ბიომარკერებთან.

### **მასალა და მეთოდები:**

კვლევა შესრულდა ჰელსინკის 1975 წლის დეკლარაციის მიხედვით. ეთიკურ სტანდარტებთან მისი შესაბამისობა დამტკიცდა თბილისის სახელმწიფო სამედიცინო უნივერსიტეტის ეთიკური კომიტეტის მიერ. კვლევაში ჩაერთო ჰემატოლოგიური ავთვისებიანი სიმსივნის დიაგნოზის მქონე 7 პაციენტი, რომელთაც თერაპიული ჩვენებით ჩაუტარდათ სპლენექტომია. ორი საკონტროლო ჯგუფიდან ერთს (ჯგუფი 1) წარმოადგენდა ასაკით შესაბამისი ჯანმრთელი 22 ინდივიდი, რომელთაც ჩაიტარეს რუტინული ლაბორატორიული შემოწმება; მეორე ჯგუფს (ჯგუფი 2) წარმოადგენდა 9 სპლენექტომირებული პაციენტი, სადაც სპლენექტომიის თერაპიული ჩვენების მიზეზი არ ყოფილა ავთვისებიანი სიმსივნე ან აუტოიმუნური დაავადება.

### **TGF-β-ს განსაზღვრა პერიფერიულ სისხლში:**

TGF-β-ს კონცენტრაცია განისაზღვრა EDTA სინჯარებში შეგროვებულ პერიფერიულ სისხლში იმუნოფერმენტული ანალიზით. ანალიზი ჩატარდა ELISA (eBioscience, USA) ნაკრების საშუალებით, მომწოდებლის ინსტრუქციის თანახმად.

### **სისტემური ანთებითი მარკერების განსაზღვრა:**

პაციენტების სისხლის საერთო ანალიზიდან ვანგარიშობდით სისტემურ ანთებით მარკერებს, უჯრედების: ლეიკოციტების, ნეიტროფილების (N), ლიმფოციტების (L), თრომბოციტების (P), მონოციტების (M) და ჰემოგლობინის (H) თანაფარდობებს (R): NLR, PLR, PMR, HPR, HLR, LMR, ასევე სისტემური ანთების ინდექსს - SII და ნეიტროფილ-ლიმფოციტის ფარდობის წარმოებულს - dNLR.

ანთებითი მარკერების - NLR, PLR, PMR, HPR, HLR, LMR - გამოსათვლელად ვაფარდებით შესაბამისი უჯრედების აბსოლუტურ რაოდენობას. მაგ NLR - ნეიტროფილების აბსოლუტური რაოდენობის ფარდობა ლიმფოციტების აბსოლუტურ რაოდენობასთან.

dNLR-ს ვითვლიდით ფორმულით:

$$dNLR = \text{ნეიტროფილი} / (\text{ლეიკოციტი} - \text{ნეიტროფილი});$$

SII-ის გამოსათვლელად გამოვიყენეთ ფორმულა:

$$SII = \text{ნეიტროფილი} \times \text{თრომბოციტი} / \text{ლიმფოციტი}.$$

### მასალის სტატისტიკური დამუშავება

მონაცემები მოცემულია საშუალო მაჩვენებლებისა და სტანდარტული გადახრის სახით. მონაცემთა შორის მნიშვნელოვანი განსხვავების სანახავად გამოყენებული იყო არაპარამეტრული მან-ვიტნის U ტესტი (Mann Whitney test). სხვადასხვა პარამეტრებს შორის კორელაციის სანახავად გამოვიყენეთ სპირმანის ტესტი. მონაცემები დამუშავდა GraphPad და SPSS პროგრამებში.

### მიღებული შედეგები და განხილვა:

როგორც ცხრილი 1-დან ჩანს, TGF-β-ს დონე ჰემატოლოგიური ავთვისებიანი სიმსივნის (ჰას) მქონე პაციენტებში სარწმუნოდ განსხვავდება შესაბამისი ასაკობრივი ჯანმრთელი კონტროლის (ჯგუფი 1) მონაცემებისგან (ჰას - 20.8±26.8, ჯგუფი 1 – 82.0±32.0; P=0.005), მაგრამ არ განსხვავდება სპლენექტომირებული (ჯგუფი 2) კონტროლისგან (ჯგუფი 2 - 26.5±19.8).

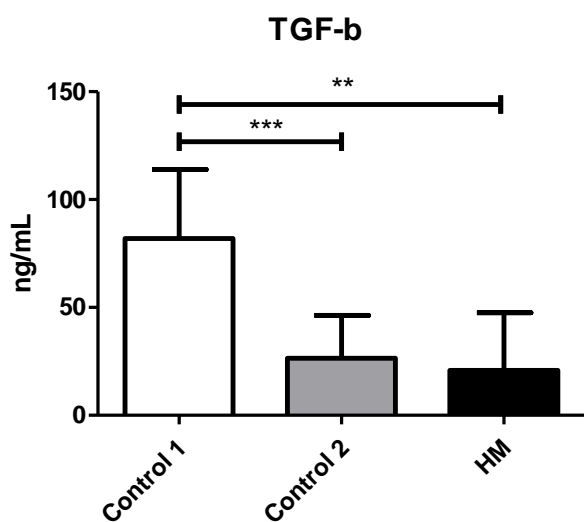
**ცხრილი 1. TGF-β-ს დონე ჰემატოლოგიური ავთვისებიანი სიმსივნის მქონე პაციენტებში და საკონტროლო ჯგუფის პაციენტებში**

	ჰას	ჯანმრთელი კონტროლი (ჯგუფი 1)	სპლენექტომირებული კონტროლი (ჯგუფი 2)	P ჯგუფი 1/ჰას	P ჯგუფი 1/ჯგუფი 2
<b>TGF-β</b>	20.8±26.8	82.0±32.0	26.5±19.8	0.0050	0.0007

ჰას = ჰემატოლოგიური ავთვისებიანი სიმსივნის მქონე პაციენტები  
 განსხვავება სტატისტიკურად სარწმუნოა, თუ p<0.05

ასევე, ერთმანეთისგან სტატისტიკურად სარწმუნოდ განსხვავებულია საკონტროლო ჯგუფების მონაცემები (ჯგუფი 1 – 82.0±32.0, ჯგუფი 2 - 26.5±19.8; P=0.0007), იხ. სურათი.

სურათი. TGF-β-ს დონე საკონტროლო ჯგუფებსა და ჰემატოლოგიური ავთვისებიანი სიმსივნის მქონე პაციენტებში



\*\* - გამოხატავს სარწმუნო განსხვავებას, როდესაც  $P \leq 0.01$ .

\*\*\* - გამოხატავს სარწმუნო განსხვავებას, როდესაც  $P \leq 0.001$ .

**Control 1** - ასაკით შესაბამისი ჯანმრთელი კონტროლი

**Control 2** - სპლენექტომირებული კონტროლი

**HM** - ჰემატოლოგიური ავთვისებიანი სიმსივნის მქონე პაციენტები

ცხრილი 2-ში მოცემულია TGF-β-ს კორელაცია სისხლის ანთებად ბიომარკერებთან (NLR, PLR, PMR, HLR, SII, LMR, HPR, dNLR). როგორც ცხრილიდან ჩანს, TGF-β არც ერთ მარკერთან არ კორელირებს ( $P > 0.05$ ).

**ცხრილი 2. ჰემატოლოგიური ავთვისებიანი სიმსივნის მქონე პაციენტებში TGF-β დონის კორელაცია სისტემური ანთების სისხლის ბიომარკერებთან**

ცვლადები		NLR	PLR	PMR	HLR	SII	LMR	HPR	dNLR
TGF-β	კორელაციის კოეფიციენტი	.800	.400	.400	0.000	.400	0.000	0.000	.400
	სარწმუნოება (2-კუდიანი)	.200	.600	.600	1.000	.600	1.000	1.000	.600

კორელაცია მნიშვნელოვანია 0.05 დონეზე (2-კუდიანი)

TGF- $\beta$ -ს სასიგნალო გზა კომპლექსური ქსელია. ის აერთიანებს ლიგანდს, რეცეპტორს და უჯრედშიდა სიგნალებს. ამ სასიგნალო გზას საბოლოოდ განსხვავებული ეფექტი შეიძლება ჰქონდეს იმის მიხედვით, თუ რა უჯრედზე მოქმედებს და დიფერენციაციის რა სტატუსი აქვს უჯრედს. მასზე გავლენა შეიძლება ჰქონდეს ასევე სხვა სასიგნალო გზებსაც. TGF- $\beta$  მნიშვნელოვან მარეგულირებელ როლს ასრულებს ჰემატოლოგიურ ჰომეოსტაზში. ეს როლი უმეტესად მაინჰიბირებელია და მნიშვნელოვანია ძვლის ტვინის თვითგანახლებადი უნარის შესანარჩუნებლად. TGF- $\beta$  პათოლოგიურ პროცესებშიც არის ჩართული, მაგალითად, მიელოიდური ნეოპლაზიების დროს TGF- $\beta$  შესაძლოა ინაქტივირდეს, რითიც ხელს უწყობს სიმსივნური უჯრედების რეპლიკაციას, ან გაძლიერდეს მისი ფუნქცია, რითაც ხელს შეუწყობს არალეიკემიურ უჯრედებში მაინჰიბირებელი მიკროგარემოს შენარჩუნებას. TGF- $\beta$ -ს კომპლექსური სასიგნალო გზა, სხვა სასიგნალო გზებისგან განსხვავებით, ჰემატოლოგიური ავთვისებიანი სიმსივნეების დროს ჯერ კიდევ არ არის კარგად აღწერილი. თუმცა, მზარდია მის მიმართ ინტერესი, რადგან ის პოტენციურ თერაპიულ სამიზნედ მიიჩნევა.[8]

იმუნური სისტემის გამართული მუშაობა მუდმივ რეგულაციას მოითხოვს, რაც უზრუნველყოფს უცხო აგენტებისგან დაცვას და, ამავდროულად, საკუთარის მიმართ ტოლერანტობას. ამ კრიტიკულად მნიშვნელოვანი ბალანსის შენარჩუნებაში სხვადასხვა მარეგულირებელი კომპონენტი მონაწილეობს, მაგალითად მარეგულირებელი T (Treg) უჯრედი, რომელიც იმუნური ეფექტორული უჯრედების ექსპანსიას ზღუდავს; მარეგულირებელი მოლეკულები (CTLA-4 და PD-1), რომელიც ანტიგენ-რეცეპტორის სიგნალს აბალანსებს და იმუნუმასუპრესირებელი ციტოკინები [9] რომელთაგან ყველაზე გამოხატული მატრანსფორმირებელი ზრდის ფაქტორი ბეტაა.

TGF- $\beta$  ბევრი იმუნური უჯრედის წარმოქმნას და მის ეფექტორულ ფუნქციას არეგულირებს.[10], [11] ის ადაპტაციური იმუნური სისტემის კონტროლს Treg უჯრედების ექსპანსიის გაზრდით, ხოლო ეფექტორული T-უჯრედების და ანტიგენწარმდგენი დენდრიტული უჯრედების წარმოქმნისა და ფუნქციის ინჰიბიციით უზრუნველყოფს. TGF- $\beta$  ანალოგიურად აკონტროლებს თანდაყოლილ იმუნურ სისტემასაც, ის აინჰიბირებს ბუნებრივ მკვლელ უჯრედებს (NK) და არეგულირებს მაკროფაგებისა და ნეიტროფილების კომპლექსურ ქცევას.[12] აღსანიშნავია, რომ TGF- $\beta$ -ს სიმსივნის მასუპრესირებელი ძლერი ეფექტი აქვს, სიმსივნის წინამორბედი უჯრედების აპოპტოზის გზით, ასევე კარცინომული უჯრედების პროლიფერაციის ინჰიბიციით, თუმცა სიმსივნურ უჯრედულ კლონებს, შეუძლიათ TGF- $\beta$ -ს სასიგნალო გზის ინაქტივაცია და სიმსივნის მასუპრესირებელი ეფექტის ცვლილება, რის შედეგადაც სიმსივნური უჯრედები TGF- $\beta$ -ს სიმსივნის პროგრესირებისთვის იყენებენ. ასეთ შეცვლილ კონტექსტში სიმსივნე წარმოებულ TGF- $\beta$ -ს შეუძლია წარმოქმნას სიმსივნოგენური და პრომეტასტაზური პასუხი როგორც სიმსივნურ უჯრედებში, ასევე სტრომაში. ეს უზრუნველყოფს იმუნომასუპრესირებელი გარემოს ჩამოყალიბებას.[13], [14]

## გამოყენებული ლიტერატურა:

- [1] M. B. Meads, R. A. Gatenby, and W. S. Dalton, “Environment-mediated drug resistance: a major contributor to minimal residual disease,” *Nat. Rev. Cancer*, vol. 9, no. 9, pp. 665–674, Sep. 2009, doi: 10.1038/NRC2714.
- [2] A. L. Grauel *et al.*, “TGF $\beta$ -blockade uncovers stromal plasticity in tumors by revealing the existence of a subset of interferon-licensed fibroblasts,” *Nat. Commun.*, vol. 11, no. 1, Dec. 2020, doi: 10.1038/S41467-020-19920-5.
- [3] M. A. Timmins and I. Ringshausen, “Transforming Growth Factor-Beta Orchestrates Tumour and Bystander Cells in B-Cell Non-Hodgkin Lymphoma,” *Cancers (Basel)*, vol. 14, no. 7, Apr. 2022, doi: 10.3390/CANCERS14071772.
- [4] S. S. Söderberg, G. Karlsson, and S. Karlsson, “Complex and Context Dependent Regulation of Hematopoiesis by TGF- $\beta$  Superfamily Signaling,” *Ann. N. Y. Acad. Sci.*, vol. 1176, no. 1, pp. 55–69, Sep. 2009, doi: 10.1111/J.1749-6632.2009.04569.X.
- [5] A. Hinge and M. D. Filippi, “Deconstructing the Complexity of TGF $\beta$  Signaling in Hematopoietic Stem Cells: Quiescence and Beyond,” *Curr. Stem Cell Reports*, vol. 2, no. 4, pp. 388–397, Dec. 2016, doi: 10.1007/S40778-016-0069-X/FIGURES/3.
- [6] G. A. Challen, N. C. Boles, S. M. Chambers, and M. A. Goodell, “Distinct Hematopoietic Stem Cell Subtypes Are Differentially Regulated by TGF- $\beta$ 1,” *Cell Stem Cell*, vol. 6, no. 3, pp. 265–278, Mar. 2010, doi: 10.1016/j.stem.2010.02.002.
- [7] S. J. Kim and J. Lettirio, “Transforming growth factor- $\beta$  signaling in normal and malignant hematopoiesis,” *Leuk. 2003 179*, vol. 17, no. 9, pp. 1731–1737, Sep. 2003, doi: 10.1038/sj.leu.2403069.
- [8] A. Bataller, G. Montalban-Bravo, K. A. Soltysiak, and G. Garcia-Manero, “The role of TGF $\beta$  in hematopoiesis and myeloid disorders,” *Leuk. 2019 335*, vol. 33, no. 5, pp. 1076–1089, Feb. 2019, doi: 10.1038/s41375-019-0420-1.
- [9] M. O. Li and R. A. Flavell, “Contextual Regulation of Inflammation: A Duet by Transforming Growth Factor- $\beta$  and Interleukin-10,” *Immunity*, vol. 28, no. 4, pp. 468–476, Apr. 2008, doi: 10.1016/j.immuni.2008.03.003.
- [10] S. Sanjabi, S. A. Oh, and M. O. Li, “Regulation of the Immune Response by TGF- $\beta$ : From Conception to Autoimmunity and Infection,” *Cold Spring Harb. Perspect. Biol.*, vol. 9, no. 6, p. a022236, Jun. 2017, doi: 10.1101/CSHPERSPECT.A022236.
- [11] R. A. Flavell, S. Sanjabi, S. H. Wrzesinski, and P. Licona-Limón, “The polarization of immune cells in the tumour environment by TGF $\beta$ ,” *Nat. Rev. Immunol. 2010 108*, vol. 10, no. 8, pp. 554–567, Jul. 2010, doi: 10.1038/nri2808.
- [12] E. Batlle and J. Massagué, “Transforming Growth Factor- $\beta$  Signaling in Immunity and Cancer,” *Immunity*, vol. 50, no. 4, pp. 924–940, Apr. 2019, doi: 10.1016/J.IMMUNI.2019.03.024.
- [13] C. J. David and J. Massagué, “Contextual determinants of TGF $\beta$  action in development, immunity and cancer,” *Nat. Rev. Mol. Cell Biol.*, vol. 19, no. 7, pp. 419–435, Jul. 2018, doi:



- [14] M. W. Pickup, P. Owens, and H. L. Moses, "TGF- $\beta$ , Bone Morphogenetic Protein, and Activin Signaling and the Tumor Microenvironment," *Cold Spring Harb. Perspect. Biol.*, vol. 9, no. 5, May 2017, doi: 10.1101/CSHPERSPECT.A022285.

## TGF- $\beta$ in patients with hematologic malignancies

Nino Nanava,<sup>1</sup> Sophio Metreveli,<sup>1</sup> Giorgi Giorgobiani,<sup>2</sup> Tinatin Chikovani<sup>1</sup> and Nona Janikashvili<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Tbilisi State Medical University, Department of Immunology, <sup>2</sup>Department of surgery

### Abstract:

**Introduction:** TGF- $\beta$  expression is often increased in diseases such as malignancy, inflammation and fibrotic pathology. TGF- $\beta$  ligand is involved in many processes of lymphoid cell development. TGF- $\beta$  exerts an inhibitory stimulus on the differentiation and proliferation of stem cell progenitors. The amount of TGF- $\beta$  on stem cell progenitors can determine various biological effects. For instance, if high concentrations of TGF- $\beta$  have an inhibitory effect on stem cell progenitors, at low doses it can become stimulatory, especially in that group of stem cell progenitors that have a high probability of developing into myeloid cells.

The aim of the study was to determine the level of TGF- $\beta$  in the peripheral blood of patients with hematologic malignancies and to see its correlation with blood biomarkers of systemic inflammation.

**Materials and methods:** 7 patients diagnosed with hematologic malignancy, who underwent splenectomy with therapeutic indications, were included in the study. One control group consisted of 22 healthy age-matched individuals, and the other control group consisted of 9 splenectomized patients, where the reason of splenectomy was not cancer or autoimmune disease.

TGF- $\beta$  concentration in peripheral blood was determined by enzyme immunoassay (eBioscience, USA) according to the supplier's instructions.

From the complete blood count of the patients, we calculated systemic inflammatory markers, cell: leukocytes, neutrophils (N), lymphocytes (L), platelets (P), monocytes (M) and hemoglobin (H) ratios (R): NLR, PLR, PMR, HPR, HLR, LMR, as well as systemic immune-inflammation index - SII and derived neutrophil-lymphocyte ratio - dNLR.

**Results:** TGF- $\beta$  levels in patients with hematologic malignancies (HM) are significantly different from those of age-matched healthy controls, but not different from those of a similar control group of splenectomized patients. TGF- $\beta$  did not correlate with the blood biomarkers of systemic inflammation we studied.

**Keywords:** TGF- $\beta$ , Hematologic malignancies



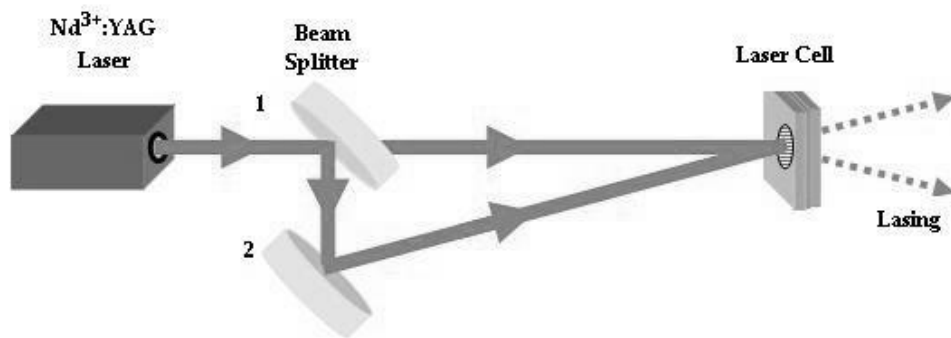
## ოპტიკურად მართვადი სივრცულად მოდულირებული ლაზერული გენერაცია DCM საღებავით დოპირებულ თხევადკრისტალურ ფენაში

ზურაბ ვარდოსანიძე, მედეა აბრამიშვილი, დავით ონიანი, ირაკლი ნახუცრიშვილი

*საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ვ.ჭავჭავანიძის კიბერნეტიკის ინსტიტუტი*

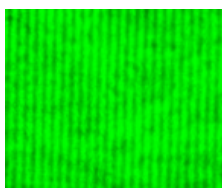
როგორც ცნობილია, ჩვეულებრივი ჰოლოგრაფიული სტრუქტურები (ჰოლოგრამები) წარმოადგენენ პასიურ ოპტიკურ ელემენტებს, რომლებიც ინფორმაციის რეკონსტრუქციას ახორციელებენ გარედან დაცემული სინათლის პასიური ტრანსფორმაციის (დიფრაქციის) ხარჯზე. სტატიაში შემოთავაზებულია ლაზერულად აქტიური ფენები, რომლებიც თვითონვე გენერირებენ და ოპტიკური ინფორმაციის რეკონსტრუქციას ახორციელებენ საკუთარი ლაზერული გამოსხივების მეშვეობით. ამ დროს ლაზერული ფენის აღგზნება (ოპტიკური დატუმბვა) ხორციელდება ჰოლოგრაფიულად, ორი ურთიერთკოჰერენტული ტალღის ინტერფერენციული სურათის მეშვეობით. ლაზერული ფენების ჰოლოგრაფიული ოპტიკური დატუმბვისათვის გამოყენებულ იქნა Nd:YAG ლაზერის კოჰერენტული გამოსხივების II (532 ნმ) და III (355 ნმ) ჰარმონიკები და შევისწავლეთ ხსენებული სტრუქტურების ლაზერული გამოსხივების მახასიათებლები. საღებავით დოპირებული თხევადკრისტალური ფენის [1] დატუმბვა ხორციელდებოდა იმპულსური ლაზერის ორი ურთიერთკოჰერენტული, სინათლის კონის ზედდების შედეგად მიღებული ინტერფერენციული სურათის მეშვეობით. ასეთ შემთხვევაში ლაზერული ფენები წარმოადგენენ დინამიურ ჰოლოგრაფიულ სტრუქტურებს, რომლებიც საშუალებას იძლევიან დროის რეალურ მასშტაბში განხორციელდეს აღმგზნები ტალღური ფრონტის (ოპტიკური ინფორმაციის) რეკონსტრუქცია არა დიფრაგირებული, არამედ გენერირებული ლაზერული გამოსხივების მეშვეობით. ამასთან, მოცემულ შემთხვევაში, აღმგზნები სინათლის ჯამური ინტერფერენციული ველის ზემოქმედების შედეგად ჰოლოგრაფიული რეგისტრაცია ხორციელდება არა გარემოს ოპტიკური პარამეტრების (ოპტიკური სიმკვრივე, გარდატეხის მაჩვენებელი, ანიზოტროპია), არამედ ლაზერულ ფენებში (აქტიურ გარემოში) გენერაციის პირობების მოდულაციის ხარჯზე. ამდენად, ლაზერულად აქტიური ჰოლოგრაფიული სტრუქტურები საშუალებას იძლევიან, განხორციელდეს ობიექტების სივრცული გამოსახულების რეკონსტრუქცია საკუთარი ლაზერული გამოსხივების მეშვეობით.

ოპტიკური დანადგარი შეესაბამებოდა ორი ბრტყელი ტალღის ჰოლოგრაფიული რეგისტრაციის სქემას ელემენტარული ჰოლოგრამების (ჰოლოგრაფიული დიფრაქციული მესერების) მისაღებად (სურ. 1). ჩატარებული ექსპერიმენტისათვის გამოყენებულ იქნა  $\text{Nd}^{3+}:\text{YAG}$  ლაზერის გამოსხივების მეორე ჰარმონიკა და DCM (4-Dicyanomethylene-2-methyl-6-p-dimethylaminostyryl-4H-pyran) საღებავით [2] დოპირებული ქოლესტერული თხევადკრისტალური ლაზერული ფენა. სხივამყოფის (1,2 - სურ.1-ზე) მეშვეობით გამოსხივება იყოფა ორი თანაბარი ინტენსივობის კონად, რომელთა თანხვედრა ხდება ლაზერული უჯრედის საღებავით დოპირებულ ქოლესტერულ თხევად კრისტალური ფენის სიბრტყეში. ლაზერული ფენის აღზნებას (ოპტიკურ დატუმბვას) ახდენს ორი ბრტყელი ტალღის ინტერფერენციული სურათი.



სურ.1. ლაზერული უჯრედის ჰოლოგრაფიული აღზნების სქემა.

შედეგად, ლაზერულ ფენაში მიიღება მიკროლაზერების ერთობლიობა (სურ. 2), რომლებიც ერთდროულად ასხივებენ და მათი გამოსხივების დიაგრამა მიმართულია ლაზერული ფენის მართობულად. ანალოგიური სქემა გამოიყენება სპექტრულად გადაწყობად უკუკავშირის მქონე ლაზერებშიც ოპტიკური დატუმბვით [3], იმ განსხვავებით, რომ აღმზნებ ინტერფერენციულ ველში ინტენსივობა განაწილებულია ლაზერული გამოსხივების გასწვრივ.



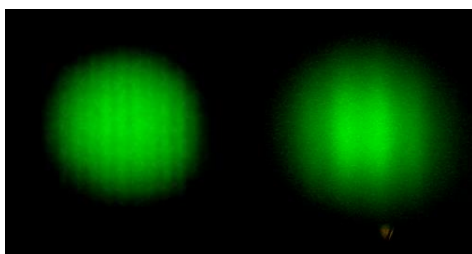
სურ.2. ქოლესტერულ თხევადკრისტალურ ფენაში აღზნების შედეგად მიღებული მიკროლაზერების ერთობლიობის ინტერფერენციული სურათი.

მიკროლაზერებს შორის მანძილი, ე.ი. ლაზერულად აქტიური, ჰოლოგრაფიული სტრუქტურის პერიოდი განისაზღვრება ფორმულით:

$$d = \frac{\lambda}{2 \sin \theta/2} \quad (1)$$

სადაც  $\theta$  აღმზნები კონების შეხვედრის კუთხეა,  $\lambda$  - აღმზნები (დატუმბვის) სინათლის ტალღის სიგრძე.

ჰიუგენს-ფრენელის პრინციპის თანახმად, როდესაც მიღებული ცალკეული მიკროლაზერები ურთიერთკორელაციაშია, მათი ერთობლივი გამოსხივება უნდა ქმნიდეს ჯამურ ველს, რომელიც პერიოდულ სტრუქტურაზე დიფრაქციის ანალოგიურია. სურ. 3 - ზე ნაჩვენებია გამოკვლეული ლაზერული უჯრედების მიერ გენერირებული ტალღური ველის სურათები აღმგზნები (ოპტიკური დატუმბვის) კონების შეხვედრის სხვადასხვა კუთხეებისათვის. მიღებული შედეგები იმის დადასტურებაა, რომ მიკროლაზერები ერთმანეთთან ურთიერთკორელაციაშია. სურ. 3 **a** და **b** შეესაბამება აღმგზნები კონების შეხვედრის  $0.66^\circ$  და  $1.86^\circ$  კუთხეებს. როგორც ვხედავთ, ამ დროს გენერირებული ლაზერული გამოსხივების ველი მოდულირებულია სივრცულად და ანალოგიურია (1) ფორმულით განსაზღვრული, პერიოდულ სტრუქტურაზე დიფრაქციის შედეგად მიღებული სურათისა. ეს მიუთითებს, რომ მოცემულ შემთხვევაში ადგილი აქვს აღმგზნები სინათლის ტალღური ფრონტის რეკონსტრუქციას არა დიფრაქციის, არამედ ლაზერული გენერაციის ხარჯზე. ამ დროს ასევე ადგილი აქვს ლაზერული გამოსხივების სივრცულ მოდულაციას, რომელიც ხორციელდება ოპტიკურად, ლაზერული ფენის განივად განაწილებული აღგზნებით (დატუმბვით).

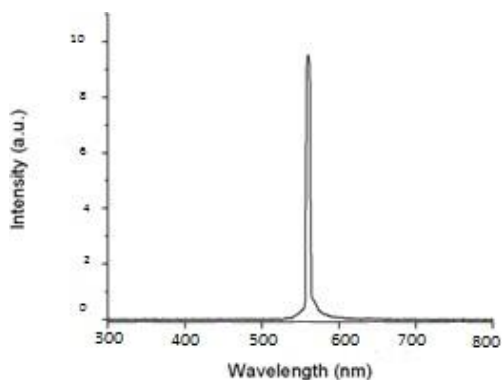


**a** **b**

**სურ. 3.** DCM – ით დოპირებული ქოლესტერული

თხევადკრისტალური ლაზერული უჯრედიდან გენერირებული გამოსხივების ველის ინტერფერენციული სურათი (**a** -  $0.66^\circ$ , **b** -  $1.86^\circ$ ).

სურ.4-ზე წარმოდგენილია მიღებული ჰოლოგრაფიული სტრუქტურის მქონე ლაზერების გამოსხივების სპექტრი.



**სურ.4.** ჰოლოგრაფიული ლაზერული სტრუქტურების გამოსხივების სპექტრი DCM საღებავით დოპირებული ქოლესტერული თხევადკრისტალური ფენისათვის.

შეგვიძლია ვთქვათ, რომ შემოთავაზებული მიდგომა გარკვეული სიახლეა და მოცემული სამუშაოს შედეგები ახალ პერსპექტივებს ქმნის ოპტიკურ-ინფორმაციული ტექნოლოგიების განვითარების თვალსაზრისით. მოსალოდნელია, რომ მიღებულმა შედეგებმა წინაპირობები შეუქმნას ჰოლოგრაფიული **3-D** დისპლეების დამზადების ამოცანებს.

#### ლიტერატურა

1. Z.V.Wardosanidze, A.Chanishvili et al. Cholesteric liquid crystal holographic laser. Optics Letters, 2014, v.39, N4, pp.1008-1010.
2. P.R.Hammond. Laser dye DCM, its spectral properties, synthesis and comparison with other dyes in the red. Optics Communications, 1979, v.29, N3, pp.331-333.
3. S.Schiller, M.M.Frjer et al. Monolithic total internal reflection resonators: principles and applications. Conf. on lasers and electro-optics, Anaheim, California, USA, May 1992, pp.1-2, 10-15.

## Optically guided spatially modulated Laser generation with DCM dye-doped in the liquid crystal layer

**Zurab Vardosanidze, Medea Abramishvili, Davit Oniani, Irakli Nakhutsrishvili**

Institute of Cybernetics of Georgian Technical University

#### Abstract

The article proposes laser-active layers that generate and reconstruct optical information through their own laser radiation. At this time, the excitation of the laser layer (optical pumping) is carried out holographically, the interference of two mutually coherent waves through the image. The II (532 nm) and III (355 nm) harmonics of the coherent emission of the Nd: YAG laser was used for holographic optical pumping of the laser layers, based on which the characteristics of the laser radiation of liquid crystal structures doped with DCM dye were studied.



## ოპტიკურად მართვადი სივრცულად მოდულირებული ლაზერული გენერაცია როდამინ 6G საღებავით დოპირებულ პოლიმერულ (პვს) ფენაში

ზურაბ ვარდოსანიძე, მედეა აბრამიშვილი, დავით ონიანი, ირაკლი ნახუცრიშვილი

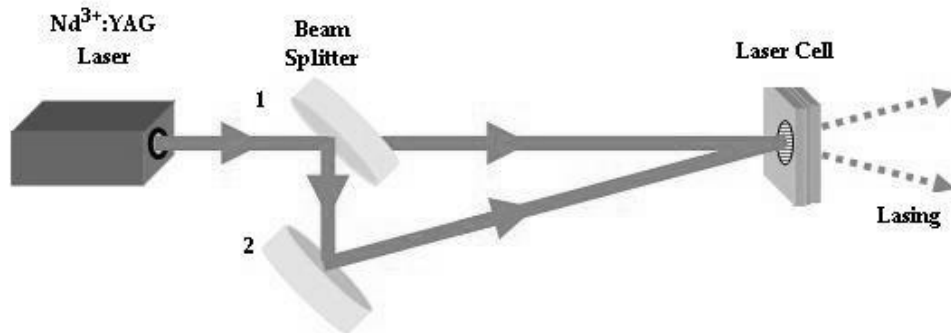
*საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ვ.ჭავჭავანიძის კიბერნეტიკის ინსტიტუტი*

წინამდებარე სტატია წარმოადგენს [1]-ის გაგრძელებას, რომელშიც შესწავლილი იყო ოპტიკურად მართვადი სივრცულად მოდულირებული ლაზერული გენერაცია ქოლესტერული თხევადკრისტალური ლაზერული ფენის გამოყენებით. ამ ნაშრომში გამოყენებულია როდამინ 6G საღებავით [2] (როდამინის ქიმიური ფორმულა:  $C_{28}H_{31}ClN_2O_3$ ) დოპირებული პოლივინილის სპირტის (PVA:( $C_2H_4O$ )<sub>x</sub>) ფენა. ლაზერული ფენების ჰოლოგრაფიული ოპტიკური დატუმბვისათვის გამოვიყენეთ Nd:YAG ლაზერის კოჰერენტული გამისხივების II (532 ნმ) და III (355 ნმ) ჰარმონიკები და შევისწავლეთ ხსენებული სტრუქტურების ლაზერული გამოსხივების მახასიათებლები. ასეთი ლაზერული სტრუქტურები (სივრცულად განაწილებული გამოსხივებით) წარმოადგენენ ახალი ტიპის ოპტიკურ მოწყობილობებს. მათში ერთდროულად შერწყმულია ლაზერისა და ჰოლოგრამის ფუნქციები, რასაც მნიშვნელოვანი წვლილი შეაქვს ოპტიკურ-ინფორმაციული ტექნოლოგიების განვითარებაში, კერძოდ, მოსალოდნელია ჰოლოგრაფიული 3-D დისპლეების მიღების პერსპექტივა. ორი (ან რამდენიმე) ტალღის ინტერფერენციული სურათის ზემოქმედების შედეგად (ე.ი. ჰოლოგრაფიული მიდგომით) შესაძლებელია მივიღოთ სივრცულად მოდულირებული ფოტოლუმინესცენცია და საბოლოოდ, ლაზერული გენერაცია.

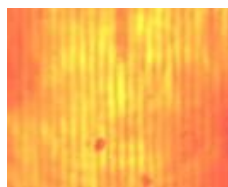
დატუმბვა ხორციელდებოდა (წინა სტატიაში მოყვანილი პროცედურის ანალოგიურად) იმპულსური ლაზერის ორი ურთიერთკოჰერენტული სინათლის კონის ზედდების შედეგად მიღებული ინტერფერენციული სურათის მეშვეობით. ასეთ პირობებში ლაზერული ფენები წარმოადგენენ დინამიურ ჰოლოგრაფიულ სტრუქტურებს, რომლებიც საშუალებას იძლევიან განხორციელდეს აღმგზნები ტალღური ფრონტის რეკონსტრუქცია არა დიფრაგირებული, არამედ არამედ გენერირებული ლაზერული გამოსხივების მეშვეობით.

თხევადკრისტალური ფენის [1] დატუმბვა ხორციელდებოდა იმპულსური ლაზერის ორი ურთიერთკოპერენტული, სინათლის კონის ზედდების შედეგად მიღებული ინტერფერენციული სურათის მეშვეობით. ასეთ შემთხვევაში ლაზერული ფენები წარმოადგენენ დინამიურ ჰოლოგრაფიულ სტრუქტურებს, რომლებიც საშუალებას იძლევიან დროის რეალურ მასშტაბში განხორციელდეს აღმგზნები ტალღური ფრონტის (ოპტიკური ინფორმაციის) რეკონსტრუქცია არა დიფრაგირებული, არამედ გენერირებული ლაზერული გამოსხივების მეშვეობით. ამასთან, მოცემულ შემთხვევაში, აღმგზნები სინათლის ჯამური ინტერფერენციული ველის ზემოქმედების შედეგად ჰოლოგრაფიული რეგისტრაცია ხორციელდება არა გარემოს ოპტიკური პარამეტრების (ოპტიკური სიმკვრივე, გარდატეხის მაჩვენებელი, ანიზოტროპია), არამედ ლაზერულ ფენებში გენერაციის პირობების მოდულაციის ხარჯზე. ამდენად, ლაზერულად აქტიური ჰოლოგრაფიული სტრუქტურები საშუალებას იძლევიან, განხორციელდეს ობიექტების სივრცული გამოსახულების რეკონსტრუქცია საკუთარი ლაზერული გამოსხივების მეშვეობით.

სურ.1-ზე წარმოდგენილია ლაზერული უჯრედის ჰოლოგრაფიული აღგზნების სქემა, რაც ანალოგიურია [1]-ში გამოყენებული დანადგარისა; ხოლო სურ.2-ზე კი მოყვანილია მიკროლაზერების ინტერფერენციული სურათი.

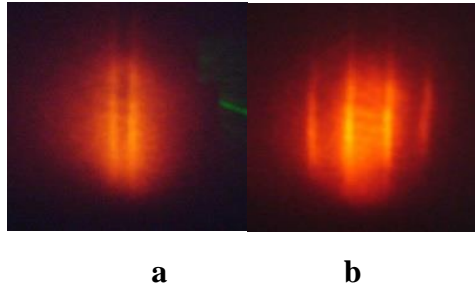


სურ.1. ლაზერული უჯრედის ჰოლოგრაფიული აღგზნების სქემა.



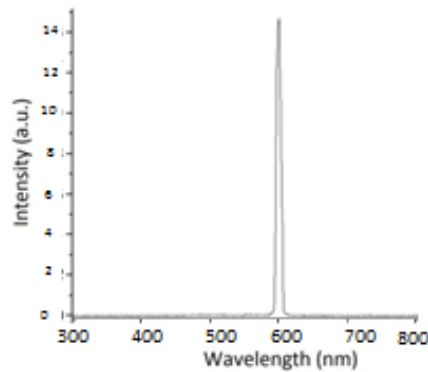
სურ.2. აღგზნების შედეგად მიღებული მიკროლაზერების ერთობლიობის ინტერფერენციული სურათი პოლიმერულ ფენაში.

სურ.3-ზე ნაჩვენებია კვლევის შედეგები როდამინ 6G-ით დოპირებული პლიმერული ლაზერული უჯრედებისათვის. სურ. 4 a და b შეესაბამება აღმგზნები კონების შეხვედრის  $0.45^\circ$  და  $0.9^\circ$  კუთხეებს. როგორც ჩანს, ამ შემთხვევაშიც შედეგები თვისობრივად იდენტურია (იხ. [1]).



სურ.3. გენერირებული ლაზერული სინათლის ველი როდამინ 6G - ით დოპირებული პოლიმერული ლაზერული უჯრედიდან ინტერფერენციული სურათი (a - 0.45°, b - 0.9°).

სურ.4-ზე წარმოდგენილია . ჰოლოგრაფიული ლაზერული სტრუქტურების გამოსხივების სპექტრი როდამინ 6G საღებავით დოპირებული პოლივინილის სპირტის ფენებისათვის.



სურ.4. ჰოლოგრაფიული ლაზერული სტრუქტურების გამოსხივების სპექტრი როდამინ 6G საღებავით დოპირებული პოლივინილის სპირტის ფენებისათვის.

დასკვნის სახით შეიძლება ითქვას, რომ მიღებული შედეგები მიუთითებს ჩვენს მიერ ჩამოყალიბებული მიდგომის უნივერსალობაზე (ანალოგია DCM და როდამინ 6G საღებავების გამოყენების შემთხვევებისათვის).

სტრიქონსქვედა შენიშვნა

ჰოლოგრაფიული სტრუქტურის პერიოდი განისაზღვრება ფორმულით:  $d = \frac{\lambda}{2 \sin \theta/2}$ , სადაც  $\theta$  აღმზნები კონების შეხვედრის კუთხეა,  $\lambda$  - აღმზნები (დატუმბვის) სინათლის ტალღის სიგრძე.



## ლიტერატურა

1. ვარდოსანიძე ზ., აბრამიშვილი მ., ონიანი დ., & ნახუცრიშვილი ი. (2022). ოპტიკურად მართვადი სივრცულად მოდულირებული ლაზერული გენერაცია DCM საღებავით დოპირებულ თხევადკრისტალურ ფენაში. *ქართველი მეცნიერები*, 4(5), 41–44. <https://doi.org/10.52340/gc.2022.04.05.05>
2. M. F. Hadi Al-Kadhemy , K. N. Abbas, W. B. Abdalmuhdia. Physical Properties of Rhodamine 6G Laser Dye Combined in Polyvinyl Alcohol films as Heat Sensor. *Iop Conf. Series: Materials Science and Engineering*, v.298, 2nd Intern. Scientific Conf. Of Al-Ayen University, 15-16 Juli, 2020, Thi-Qar, Iraq.

## **Optically guided spatially modulated Laser generation doped with rhodamine 6G dye in the polymer (PVS) layer**

**Zurab Vardosanidze, Medea Abramishvili, Davit Oniani, Irakli Nakhutsrishvili**

Institute of Cybernetics of Georgian Technical University

### **Abstract**

The article is a continuation of a previous work in which optically controlled spatially modulated laser generation by means of a cholesteric liquid crystal laser layer was studied. In this work, a layer of polyvinyl alcohol doped with rhodamine 6G dye is used. The mentioned has been studied Laser radiation characteristics of the structure.

## ELABORATION OF COMPLEX PURIFICATION METHOD OF SOILS CONTAMINATED WITH HEAVY METALS

Ketevan Kochiashvili, Rusudan Uridia, Maia Stephanishvili, Liparit Dolidze, Tamar Dgebuadze, Maia Japaridze, Nino Kavtaradze

Iv. Javakhishvili Tbilisi State University, P. Melikishvili Institute of Physical and Organic Chemistry, Tbilisi, Georgia

### Abstract

The wrong strategy for the utilization of the huge amount of organic and inorganic waste generated every day has created significant problems. Pollution of the environment with heavy metals causes particularly serious consequences. There are many methods of cleaning the polluted environment caused by heavy metals. The ideal way is biological remediation, which is an effective method of managing and restoring the polluted environment. Works on biostimulation of local microorganisms necessary for the bioremediation of soils contaminated with heavy metals have been carried out. The results of the studies showed that local microorganisms are effective for the bioremediation of heavy metals. The use of a consortium of bacteria and microscopic fungi selected by us, which did not have a mutually antagonistic effect on each other, was especially effective.

**Key words:** *heavy metals, pollution, remediation, microorganisms.*

### Introduction

Population growth, industrialization, urbanization, anthropogenic activities, and natural resources are causing environmental pollution on a global scale. The wrong strategy for the utilization of the huge amount of organic and inorganic waste generated every day has created significant problems. Pollution of the environment with heavy metals causes particularly serious consequences.

The term heavy metals is a general collective term used for metallic and non-metallic elements having high atomic mass. They are highly toxic even at low concentrations. Heavy metals belong to widespread pollutants, they are persistent and therefore non-degradable and pose serious threats to environment. These elements are released into the environment as a result of various production processes. Zn, Cu, Cd, Pb, Ni are considered as the most toxic pollutants. They accumulate in microorganisms, plants, animals and the human body and disturbance metabolic and physiological processes.

Scientific and technical processes have revealed new prospects for the methods of combating environmental pollutants. There are many methods of cleaning the polluted environment caused by heavy metals, which are divided into 2 main groups: abiotic, which includes physical and chemical methods, and biotic. The use of traditional removal methods of heavy metal in practice on a large scale is unprofitable due to the high cost. Also, this method is dangerous due to the negative consequences of constant monitoring and control.

Removing heavy metals in an eco-friendly way is important. The ideal way is biological remediation, which is an effective method of managing and restoring the polluted environment. Many metals, such as Zn, Cu, Cr, Ni, are essential and useful trace elements for the growth and development of organisms. Cd, Hg, Pb do not have a similar nature and their significance in physiological processes has not been established. It should be noted that even high concentrations of essential metals above the permissible level adversely affect the microbial community of soils and their functional activity. Microorganisms play an important role in removing heavy metals from the environment. They are known to have high potential for bioremediation of contaminated soils, as well as increasing yields at lower costs. Microorganisms carry out bioremediation by changing the oxidation state of heavy metals, which leads to a decrease in their toxicity. Secretions released as a result of the metabolic activity of microorganisms are able to dissolve, precipitate, biosorb and enzymatically transform heavy metals; as a result, these heavy metals undergo degradation, detoxification and transformation into more stable, inert, less dangerous and mobile forms [1].

Special soil treatment helps to modify soil in a form inaccessible to humans and animals and to remove dangerous substances, including radionuclides, from the soil. The basis of this method is that substances toxic to humans are not harmful to plants. Studying the binding of heavy metals by microorganisms in-situ is difficult. They can be bound by both microorganisms and their secretions, which change their mobility. Some microorganisms synthesize extracellular polymers of acidic nature capable of mobilizing heavy metals in soils.

The binding of heavy metals is possible through plant accumulators (sorrel, nettle), but it needs several years of treatment (sowing, mowing.). This prolongs the process and requires the safe disposal of this plant biomass. Some microorganisms are able to transform dangerous substances into insoluble forms to make them inaccessible and safe for plants. In such preserved form, heavy metals can settle in the soil for tens and hundreds of years and do not threaten living organisms.

Microorganisms have different abilities to break down heavy metals. It is based on the accumulation of heavy metal ions in the cells of microorganisms and the subsequent reduction of these ions into a non-toxic form

It should be noted that the soil is a multi-component dynamic system, the properties of which constantly change as a result of microbial, chemical, hydrological, and geological processes. Environmental factors such as temperature, pH, low-molecular organic acids, and humic acids affect the transformation and mobility of heavy metals in soils, their oxidation state, bioavailability to microorganisms, and the effectiveness of microorganisms in the bioremediation process of heavy metals. It is promising to use consortia of fungi and bacteria for this purpose [2].

## Research results

Works on biostimulation of local microorganisms necessary for the bioremediation of soils contaminated with heavy metals have been carried out [3,4]. At this stage, various microorganisms, which almost have no antagonistic effect on each other activity have been selected and studied.

Cellulose-degrading bacteria and microscopic fungi were selected from the microorganisms isolated from the local soil. Their content is defined, accordingly,  $5.5 \cdot 10^3$  and  $1.3 \cdot 10^3$  (calculated on 1 g of dry soil), soil moisture was 7.9%.

Since these microorganisms do not exhibit antagonistic action towards each other, they were also co-inoculated and solutions contaminated with heavy metal ions were introduced. Both individual cultures and their consortium have been incubated in appropriate liquid nutrient medium for 24 hours. After that, we added aqueous solutions of nickel, cadmium and lead salts (1600 mg/l) to the mentioned microbial inoculants, waited for 96 hours under constant stirring conditions at 28°C. All experiments were done twice. After 96 hours, the microbial biomass was centrifuged and filtered. The separated microbial biomass was treated with distilled water and dried in hot air at  $65^\circ\text{C} \pm 5$  for 24 hours. The existing heavy metals were separated from the microbial biomass by treating it with nitric acid and perchloric acid (3:1 ratio). Samples were taken on the first day of inoculation (0 h for initial residual levels), and repeated every 24 h. The initial and final residual content of heavy metals in inoculant and biomass is determined.

In order to study the bioremediation capacity of microorganisms, cellulose-degrading bacteria *Myxococcus* and a representative of the microscopic fungi, genus *Rhizopus* were isolated and selected from local soil. The effects of bacteria and fungi on the bioremediation of heavy metals, as well as the possible impact of their joint consortium on the reduction of the amount of Pb, Cd, and Ni ions in a liquid nutrition medium, are investigated. The content of heavy metals after 96 h indicates a decrease in their content in the nutrient area as a result of absorption by these microorganisms.

**Table 1. Accumulation of heavy metals by Cellulose-degrading bacteria (*Myxococcus*)**

Heavy metals ions	Amount of heavy metals in liquid nutrient medium (mg/ml)					Amount of heavy metals in cell of bacteria (mg/g)				
	0 h	24 h	48 h	72 h	96 h	0 h	24 h	48 h	72 h	96 h
Ni	1.60	1.40	1.20	0.90	0.80	0	0.1	0.30	0.55	0.65
Pb	1.90	1.60	1.40	1.20	1.00	0	0.25	0.3	0.45	0.80
Cd	1.50	1.40	1.25	1.10	0.85	0	0.05	0.25	0.35	0.6

**Table 2. Accumulation of heavy metals by microscopic fungi (*Rhizopus*)**

Heavy metals ions	Amount of heavy metals in liquid nutrient medium (mg/ml)					Amount of heavy metals in cell of <i>Rhizopus</i> (mg/g)				
	0 h	24 h	48 h	72 h	96 h	0 h	24 h	48 h	72 h	96 h
Ni	1.60	1.30	1.10	0.85	0.75	0	0.20	0.35	0.60	0.70
Pb	1.90	1.50	1.35	1.10	1.00	0	0.3	0.55	0.60	0.85
Cd	1.50	1.30	1.10	1.00	0.80	0	0.15	0.25	0.45	0.55

**Table 3. Accumulation of heavy metals by consortiums of Cellulose-degrading bacteria (*Myxococcus*) and microscopic fungi (*Rhizopus*)**

Heavy metals ions	Amount of heavy metals in liquid nutrient medium (mg/ml)					Amount of heavy metals in consortiums (mg/g)				
	0 h	24 h	48 h	72 h	96 h	0 h	24 h	48 h	72 h	96 h
Ni	1.60	1.25	1.00	0.75	0.60	0	0.35	0.50	0.80	0.95
Pb	1.90	1.35	1.2	1.0	0.85	0	0.40	0.60	0.75	1.10
Cd	1.50	1.10	0.95	0.75	0.60	0	0.20	0.35	0.55	0.75

The results of the studies (Table 1, 2 and 3) showed that local microorganisms are effective for the bioremediation of heavy metals. The use of a consortium of bacteria and microscopic fungi selected by us, which did not have a mutually antagonistic effect on each other, was especially effective.

#### REFERENCES:

1. Munees A., Abdul M. Bioaccumulation of Heavy Metals by Zinc Resistant Bacteria Isolated from Agricultural Soils Irrigated with Wastewater. *Bacteriology Journal*. 2012; 2, 1: 12-21.
2. Njoku, K. L., Akinyede, O. R., Obidi, O. F. Microbial remediation of heavy metals contaminated media by bacillus megaterium and Rhizopus Stolonifer. *Scientific African*. 2022; 10.
3. Kavtaradze N.A., Kochiashvili K. N., Stephanishvili M.A., Dgebuadze T.A., Japaridze M. Z. Possibilities of purification of heavy metals contamination in soils. *International Academy Journal Web of Scholar*. 2019; 11(41), 1:7-9.

4. R. Z. Uridia, N. A. Kavtaradze, K. N. Kochiashvili, M. A. Stephanishvili, I. I. Mikadze, L. A. Dolidze, T.A. Dgebuadze. Bioremediation of soils contaminated with heavy metals. International Academy Journal Web of Scholar. 2021; 2(52).

## **მძიმე მეტალებით დაბინძურებული ნიადაგების გაწმენდის კომპლექსური მეთოდის შემუშავება**

**ქეთევან ქოჩიაშვილი, რუსუდან ურიდია, მაია სტეფანიშვილი, ლიპარიტ დოლიძე, თამარ დგებუაძე, მაია ჯაფარიძე, ნინო ქავთარაძე**

ივ. ჯავახიშვილის სახელობის სახელმწიფო უნივერსიტეტი, პეტრე მელიქიშვილის ფიზიკური და ორგანული ქიმიის ინსტიტუტი, თბილისი, საქართველო

### **აბსტრაქტი**

ყოველდღიურად წარმოქმნილი უზარმაზარი რაოდენობის ორგანული და არაორგანული ნარჩენების უტილიზაციის არასწორმა სტრატეგიამ შექმნა მნიშვნელოვანი პრობლემები. განსაკუთრებით მძიმე შედეგს წარმოადგენს გარემოს მძიმე მეტალებით დაბინძურება. არსებობს მძიმე მეტალებით გამოწვეული დაბინძურებული გარემოს გასუფთავების მრავალი მეთოდი. გასუფთავების იდეალურ გზას წარმოადგენს ბიოლოგიური რემედიაცია, რომელიც დაბინძურებული გარემოს მართვისა და აღდგენის ეფექტურ მეთოდს წარმოადგენს. სამუშაოები განხორციელდა მძიმე მეტალებით დაბინძურებული ნიადაგების ბიორემედიაციისათვის საჭირო ადგილობრივი მიკროორგანიზმების ბიოსტიმულირების მიმართულებით. კვლევის შედეგებმა გვიჩვენა, რომ ადგილობრივი მიკროორგანიზმები ეფექტურია მძიმე მეტალების ბიორემედიაციისათვის. განსაკუთრებით, ეფექტიანი აღმოჩნდა ჩვენს მიერ შერჩეული ბაქტერიისა და მიკროსკოპული სოკოს კონსორციუმის გამოყენება, რომელთაც ერთმანეთის მიმართ ურთიერთანტაგონისტური ზემოქმედება არ გამოავლინეს.

**საკვანძო სიტყვები:** მძიმე მეტალები, დაბინძურება, რემედიაცია, მიკროორგანიზმები.

## 19.00.00 ფსიქოლოგიური მეცნიერებანი PSYCHOLOGICAL SCIENCES

მაია რობაქიძე

## განსხვავებული არხებით ფიქსირებულ განწყობათა შედარებითი დახასიათება

განწყობის კლასიკურ ექსპერიმენტებში საგანწყობო ობიექტების რაოდენობრივი პარამეტრების აღბეჭდვისას დაცულია მსგავსების პრინციპი: ობიექტურად დიდი საგანი დიდადაა აღბეჭდილი როგორც სენსორულ ხატში, ასევე განცდამიც. ეს იმას ნიშნავს, რომ სენსორული და პერცეფტული არხებით სუბიექტის მიერ მიღებული ინფორმაცია ერთმანეთის იზომორფულია. მაგრამ როგორია განწყობის ფიქსაციის შესაძლებლობა სენსორულ და პერცეფტულ ხატებზე სიტუაციის პარამეტრების ანიზომორფული აღბეჭდვის შემთხვევაში? ამ კითხვაზე პასუხის გაცემა სცადეს როგორც ქართული ფსიქოლოგიური სკოლის წარმომადგენლებმა, ასევე განწყობის ფსიქოლოგიაში მომუშავე უცხოელმა მეცნიერებმაც. მაგალითად, ქ.დ.ცინცაძისა ( К. Д. Цинцадзе, 1966) და იაპონელი მეცნიერების (Takai L., Kawaguchi I., 1984) მონაცემებით შესაძლებელია უტოლობის განწყობის ფიქსირება განცდაში არატოლ, მაგრამ რეტინალურად ტოლ სიდიდეებზე, კერძოდ, გეომეტრიულ ფიგურათა ოპტიკურ ილუზორულ უტოლობაზე, ხოლო ნ.გ.ადამაშვილის ცდებით მტკიცდება კრიტიკული ობიექტების რეტინალური ტოლობის ვარიაციის პირობებში ფიქსირებული განწყობის გამოვლენის შესაძლებლობა. (Адамашвили Н. Г., 1960) მაგრამ განწყობის შემუშავების და ჩაქრობის პროცესის თავისებურებანი სენსორულად და პერცეფტულად უტოლო ობიექტებზე სპეციალურად ნაკვლევი არ ყოფილა.

ჩვენ დავინტერესდით სენსორულ უტოლობაზე ფიქსირებული განწყობის მახასიათებლები განსხვავდება თუ არა უშუალოდ განცდაზე ფიქსირებული განწყობის მახასიათებლებისაგან და დ.უზნაძის ტრადიციული სქემით შემუშავებული განწყობის მახასიათებლებისაგან, რომელიც გულისხმობს როგორც სენსორული, ასევე უშუალოდ განცდითი კომპონენტების ასახვას, ე.ი. მისი ფიქსაცია ხდება პერცეფტულ უტოლობაზე. შევადარეთ ამ სამი განსხვავებული არხით შემუშავებული განწყობის შემდეგი ფორმალურ-სტრუქტურული მახასიათებლები: სიმტკიცე, ჩაქრობის ტიპი(დინამიკურობა-სტატიკურობა და პლასტიკურობა-სიტლანქე), კონსტანტობა-ვარიანტობა.

ცდები ტარდებოდა სპეციალური ხელსაწყოთი, რომელიც გვაძლევდა საგანწყობო ობიექტების პარამეტრებს შორის განსხვავებულობის გრადუალური ცვალებადობის შესაძლებლობას, ექსპერიმენტი ჩატარდა სამ სერიად.

ექსპერიმენტის I სერიაში ცდის პირს მიეწოდებოდა სენსორულად უტოლო და განცდისეულად (ობიექტურადაც) ტოლი ობიექტები, II სერიაში - პირიქით, განცდისეულად უტოლო, ხოლო სენსორულად ტოლი ობიექტები, III სერიაში კი როგორც სენსორულად, ასევე განცდაში უტოლო ობიექტები(ტრადიციული დ.უზნაძისეული სქემით). სენსორული უტოლობის მისაღებად I სერიაში გამოყენებული იყო საგნის აღქმადი სიდიდის (ტოლობის) კონსტანტობის ფაქტი. ექსპერიმენტული მეთოდის არსი მდგომარეობდა ობიექტურად ტოლი სიდიდეების (წრეწირების) განწყობის ფიქსაციაში რეტინალურ (სენსორულ) უტოლობაზე ერთი მხრივ და პერცეფტული ტოლობის განწყობის ფიქსაციაში მეორე მხრივ. ეს მიიღწეოდა წრეწირებს შორის შედარებითი მანძილის ვარიაციით, რასაც თან სდევდა მათი სიდიდეების ტოლობის პერცეფცია მათი რეტინალური უტოლობისას. ექსპერიმენტის II სერიაში კი ხდებოდა ობიექტურად უტოლო სიდიდეთა პერცეფტული უტოლობის განწყობის ფიქსაცია მათი რეტინალური ტოლობისას. რეტინალური ტოლობა მიიღწეოდა დიდი და მცირე ობიექტების (წრეწირების) ერთმანეთისაგან ისეთ მანძილზე დაშორებით, რომ მათი დიამეტრების რეტინალურ გამოსახულებათა სიდიდეები ტოლი ყოფილიყო. ექსპერიმენტის სამივე ვარიანტის კრიტიკულ ცდაში გამოვლინდა ფიქსირებული განწყობის კონტრასტული ეფექტები. აღსანიშნავია, რომ სენსორულ უტოლობაზე ფიქსირებული განწყობა, ისევე როგორც პერცეფტული განწყობა, შემუშავებული ტრადიციული პროგრამით, არის უფრო ძლიერი და მტკიცე, ვიდრე განცდისეულ უტოლობაზე ფიქსირებული. არ აღმოჩნდა სახლო განსხვავება განწყობის ილუზიათა სიხშირეთა განაწილებაში და არც განწყობის სიმტკიცის მაჩვენებელში I და III სერიას, ე.ი. განწყობის კლასიკურ ვარიანტსა და სენსორულ უტოლობაზე ფიქსირებულ განწყობას შორის.

ფიქსირებული განწყობის ტიპის დადგენისას გამოყენებული იყო ტრადიციული მეთოდი: განწყობის ფიქსაციის ცდები განმეორებით ტარდებოდა დროის გარკვეული ინტერვალის შემდეგ.

ექსპერიმენტები ჩატარდა თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტში. თითოეულ სერიაში მონაწილეობა მიიღო 30 ცდის პირმა. მათი ასაკი მერყეობდა 20-დან 35 წლამდე. ცდის პირები იყვნენ სტუდენტები და უნივერსიტეტის თანამშრომლები.

სამივე სერიის ექსპერიმენტები ჩატარდა სამ-სამჯერ ერთკვირიანი ინტერვალებით. ექსპერიმენტის ჩატარების პირობები იყო იდენტური. განწყობას კონსტანტურად ვთვლიდით მხოლოდ იმ შემთხვევაში, როცა განწყობის სამივე ცდაში ფიქსირებული განწყობის ჩაქრობის პროცესის ერთგვაროვნება დასტურდებოდა. იმ შემთხვევაში, როცა ამ ცდაში, თუნდაც ერთხელ ადგილი ექნებოდა ფიქსირებული განწყობის შეცვლას, განწყობას ვარიანტულად მივიჩნევდით.

ფიქსირებული განწყობის ტიპების განაწილება განსხვავებული არხებით ფიქსირებულ განწყობათა შემთხვევაში მოცემულია პირველ ცხრილში :

ცხრ.:#1 ფიქსირებული განწყობის ტიპების % განაწილება სენსორულ, განცდისეულ და პერცეფტულ უტოლობაზე ფიქსირებულ ცდებში

განწყობის ტიპები	ცდის პირთა ჯგუფები					
	სენსორულ უტოლობაზე ფიქსირებული განწყობა		განცდისეულ უტოლობაზე ფიქსირებული განწყობა		პერცეპტული განწყობა	
	პროცენტი	აბსოლუტური რაოდენობა	პროცენტი	აბსოლუტური რაოდენობა	პროცენტი	აბსოლუტური რაოდენობა
დინამიკური	50.00%	15.00	16.67%	5.00	53.33%	16.00
სტატიკური	10.00%	3.00	10.00%	3.00	13.33%	4.00
ვარიაბელური	23.33%	7.00	40.00%	12.00	16.67%	5.00
ნულოვანი	16.67%	5.00	33.33%	10.00	16.67%	5.00

ცხრილიდან ჩანს, რომ არსებობს განსხვავება განწყობის ტიპების პროცენტულ გადანაწილებაში ჯგუფებს შორის, სადაც ხდებოდა განსხვავებული არხებით განწყობათა შემუშავება. ეს განსხვავება სტატისტიკურად სანდო აღმოჩნდა სენსორულ და განცდისეულ უტოლობაზე ფიქსირებულ განწყობებს შორის განწყობის ტიპების განაწილებაში ( $\chi^2=7.9$ , თ.ხ.=3  $p<0.05$ ): კერძოდ, სენსორულ უტოლობაზე ფიქსირებული განწყობისათვის უფრო დამახასიათებელია განწყობის დინამიკური ტიპი, ვიდრე ვარიაბელური, ხოლო განცდისეულ უტოლობაზე ფიქსირებული განწყობისათვის – პირიქით. ამ თვალსაზრისით, სენსორული განწყობის მსგავსია პერცეფტული განწყობა ( $\chi^2=0.5$  თ.ხ.=3  $p>0.05$ ). სტატისტიკურად სანდო აღმოჩნდა განსხვავება აგრეთვე მხოლოდ განცდისეულ უტოლობაზე ფიქსირებულ განწყობასა და პერცეფტულ, ანუ ტრადიციული სქემით შემუშავებულ განწყობათა ტიპების განაწილებაში ( $\chi^2=10.45$ , თ.ხ.=3  $p<0.01$ ). რაც შეეხება სტატიკურ ტიპს, ის ერთნაირად იშიათად გვხვდება სამივე სერიის ცდებში. მიღებული შედეგები კიდევ ერთხელ გვიდასტურებს იმას, რომ სენსორულ უტოლობაზე ფიქსირებულ განწყობასა და პერცეფტულ განწყობას შორის უფრო მეტი მსგავსებაა, ვიდრე განცდისეულ უტოლობაზე ფიქსირებულ განწყობას შორის. თუ გავითვალისწინებთ ზემოთნახსენებ განსხვავებას განწყობის ილუზიების სიხშირესა და სიმეტრიცეში I და III სერიის ექსპერიმენტების შედეგების მსგავსებას და მათ განსხვავებას II სერიის ექსპერიმენტებისაგან, შეგვიძლია ვივარაუდოთ, რომ პერცეფტული განწყობის ფორმირებაში სენსორულ ფაქტორს დომინანტური როლი ენიჭება.

ცხრ.#2 ფიქსირებული განწყობის ტიპების % განაწილება სენსორულ, განცდისეულ და პერცეფტულ უტოლობაზე ფიქსირებულ ცდებში

განწყობის ტიპები	ცდის პირთა ჯგუფები					
	სენსორულ უტოლობაზე ფიქსირებული განწყობა		განცდისეულ უტოლობაზე ფიქსირებული განწყობა		პერცეპტული განწყობა	
	პროცენტი	აბსოლუტური რაოდენობა	პროცენტი	აბსოლუტური რაოდენობა	პროცენტი	აბსოლუტური რაოდენობა
კონსტანტური	60	18.00	26.67	8.00	66.67	20.00
ვარიაბელური	23.33	7.00	40	12.00	16.67	5.00
ნულოვანი	16.67	5.00	33.33	10.00	16.67	5.00

ცხრილში #2 შეჯამებულია განწყობის დინამიკური და სტატიკური ტიპები, რომელიც წარმოადგენს კონსტანტურ ტიპებს. ამ ცხრილიდანაც აშკარად ჩანს, რომ განცდისეულ უტოლობაზე ფიქსირებული განწყობისათვის დამახასიათებელია უფრო ხშირად ვარიაბელური ტიპის განწყობა, ვიდრე კონსტანტური, განსხვავებით სენსორულ და პერცეფტულ უტოლობაზე ფიქსირებული განწყობებისაგან. ( $\chi^2=6.83$ , თ.ხ.=2,  $p<0.01$  I და II სერიას შორის და  $\chi^2=9.7$ , თ.ხ.=2,  $p<0.001$  II და III სერიას შორის). როგორც აღინიშნება მთელ რიგ გამოკვლევებში ვარიაბელური ტიპის განწყობასთან მხოლოდ ნორმიდან გადახრის შემთხვევაში გვაქვს საქმე \_იქნება ეს გადახრა დროებითი და სწრაფად წარმავალი თუ შედარებით მუდმივი და სტაბილური.“(უზნაძე, 1949). ცხადია, ჩვენს ექსპერიმენტებში შემთხვევითი წესით შერჩეული ცდის პირებში შეუძლებელია აღმოჩენილიყო ასეთი რაოდენობის `ნორმიდან გადახრილი` სუბიექტები. მიღებული შედეგი შეიძლება იმით აიხსნას, რომ “განწყობა გარკვეული სიტუაციის ნიადაგზე წარმოიშობა და ამ სიტუაციის სუბიექტში გადატანით მისი მოქმედება ამ სიტუაციის დადს ატარებს; ამიტომ არ არის გამორიცხული, რომ ამ სხვადასხვა სიტუაციებში ფიქსირებულმა განწყობამ ერთსა და იმავე სუბიექტში ზოგადად ერთგვაროვანი, მაგრამ პირობის შესატყვისად განწყობის მოქმედების სხვადასხვაგვარი მიმდინარეობა მოგვეცეს.”(აკინწურაშვილი, 1967)



## ლიტერატურა:

1. Сб. «Бессознательное: природа, функции, методы исследования». Т.1. А. Г. Асмолов. «Об иерархической структуре установки как механизма регуляции деятельности».
2. Сб. «Бессознательное: природа, функции, методы, исследования». Т.1. Ш. А. Надирашвили. «Закономерности формирования и действия установок различных уровней».
3. აკინწურაშვილი, „განწყობა და მისი აღკვეთის პროცესი“, თბილისი, 1967
4. Сб. «Бессознательное: природа, функции, методы, исследования». Т.1. В. П. Зинченко. «Установка и деятельность: нужна ли парадигма?»
5. Сб. «Экспериментальные исследования по психологии установки». Тбилиси, 1966. К. Д. Цинцадзе. «Об установочном действии некоторых иллюзорных восприятия».
6. Takai L., "Conditions of set formation in the situation of geometrical-optical illusions". «The size comparison form the standpoint of the psychology of set». Ed. by I. Kawaguchi. Osaka University, 1984".
7. Адамшвили Н. Г., «Отражение в фиксированной установке соотношения величины и отдаленности предметов». ж. «Вопросы психологии», 1960, № 3.
8. გ. ქირია "სენსორული და პერცეპტული პროცესების განწყობისეული ორგანიზაციის საკითხისათვის" კრ. "ახალგაზრდა მეცნიერთა შრომები. ფსიქოლოგია" თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი
9. უზნაძე დ., განწყობის ფსიქოლოგიის ექსპერიმენტული საფუძვლები. ფსიქოლოგიის ინსტიტუტის შრომები, ტ. 6, 1977, თბილისი

## რეზიუმე

განსხვავებული არხებით შემუშავებული განწყობის მახასიათებლების შედარებისას აღმოჩნდა, რომ სენსორულ უტოლობაზე ფიქსირებული განწყობა, ისევე როგორც პერცეფტული განწყობა, შემუშავებული ტრადიციული პროგრამით განსხვავდება განცდისეულ უტოლობაზე ფიქსირებული განწყობისაგან თავისი სიმტკიცით და ასევე ფიქსირებული განწყობის ჩაქრობის ტიპების პროცენტული გადასწილებით. კერძოდ, განცდისეულ უტოლობაზე ფიქსირებული განწყობისათვის დამახასიათებელია უფრო ნაკლები სიმტკიცე, ვარიაციული და ნულოვანი განწყობის ტიპების სიჭარბე. შეგვიძლია ვივარაუდოთ, რომ პერცეფტული განწყობის ფორმირებაში სენსორულ ფაქტორს დომინანტური როლი ენიჭება.

Майя Робакидзе

## Сравнительная характеристика установок фиксированных различными каналами

## Резюме

При сравнении установок фиксированных различными каналами обнаружались следующие закономерности: эффекты сенсорной и перцептивной установок, фиксированной по традиционной схеме Д.Н.Узнадзе отличаются от установки выработанной на непосредственно феноменологическое неравенство прочностью, а также и процентным распределением типов угасания фиксированной установки. Установка, выработанная на непосредственно феноменологическое неравенство, характеризуется меньшей прочностью, большей частотой переменных и нулевых типов угасания фиксированной установки, что позволяет нам сделать предположение о ведущей роли сенсорного фактора в проявлении установки.

Maya Robakidze

## Comparative description of Sets fixed through the different channels

## Summary

The aim of our research is to compare sets formed on the three different levels: first, it is the set fixed on the sensory unequivalence (in condition of phenomenal equivalence); second, it is the set fixed on the phenomenal unequivalence (in condition of sensory equivalence) and the third, it is the set fixed on both sensory and phenomenal unequivalence. (The set was fixed according to the traditional method adopted in Uznadze Psychological School). In consequence of statistical analysis of our experiments' we obtained following results: the strength of the set illusion formed on sensory unequivalence and set formed on both sensory and phenomenal unequivalence prevailed over the same index of the set fixed on the phenomenal unequivalence. The research also revealed differences in frequency of set extinction types between the set fixed on the phenomenal unequivalence and two other forms of sets: set fixed on the phenomenal unequivalence has prevailing type of set extinction as the variable set; but the constant type of set extinction mainly characterize set fixed on the sensory unequivalence as the set fixed on both sensory and phenomenal one. These results prove our hypothesis about predominating of sensory factor in the process of set formatting.



## კულტურული მემკვიდრეობის ქიმიისათვის (ნაწილი I - ფრესკის კონსერვაცია/რესტავრაციისათვის)

მამუკა მაცაბერიძე<sup>1</sup>, ინგა ჯანელიძე<sup>2</sup>

<sup>1</sup>პროფესორი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ქიმიური ტექნოლოგიის და მეტალურგიის ფაკულტეტი

<sup>2</sup>ასოცირებული პროფესორი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ქიმიური ტექნოლოგიის და მეტალურგიის ფაკულტეტი

### აბსტრაქტი

საქართველოს კულტურული მემკვიდრეობა, როგორც ჩვენი ქვეყნის სულიერი და მატერიალური კულტურის განვითარების უკვდავი მატრიანე, ქართველი ერის თვითშეგნების ჩამოყალიბებისა და თვითმყოფადი ეროვნული კულტურის უწყვეტობის წინაპირობა და კაცობრიობის კოგნიტურ-სახელოვნებო საგანძურის განუყოფელი ნაწილია. წინამდებარე სტატია წარმოადგენს კულტურული მემკვიდრეობის კონსერვაციის გეგმის მეთოდოლოგიური მხარდაჭერის მცდელობას. როგორც ცნობილია კულტურული მემკვიდრეობის კონსერვაციის გეგმა მოიცავს მეცნიერულ, მეთოდოლოგიურ და პრაქტიკულ რეგლამენტირებას, განსაზღვრავს ძირითად რეგულაციებსა და მისაღები სამუშაოების ნუსხას, აგრეთვე მატერიალური კულტურული მემკვიდრეობის ძეგლთა შენარჩუნებისა და გამოყენების პროცედურებს.

სტატიაში განხილულია კულტურული მემკვიდრეობის დაცვისათვის გამოყენებადი ქიმიური სუბსტანციების ფუნქციური მახასიათებლები და ფრესკის ფერწერული ფენის ხანგამძლეობაზე მოქმედი რისკ-ფაქტორების მართვის ქიმიური ასპექტები.

**საკვანძო სიტყვები:** კულტურული მემკვიდრეობა, კულტურული მემკვიდრეობის კონსერვაციის გეგმა, ქიმიური სუბსტანციების ფუნქციური მახასიათებლები, ფრესკის ფერწერული ფენის ხანგამძლეობაზე მოქმედი რისკ-ფაქტორები, ვენეციის ქარტია, UNESCO, ICOMOS, კულტურული მემკვიდრეობის ობიექტების

ავთენტურობა, კულტურული მემკვიდრეობის კონსერვაცია, ჯონ რასკინი, უილიამ მორისი, ეჟენ ვიოლე-ლე-დიუვი, მაღალმოლეკულური ნაერთების სასიცოცხლო ციკლი, სარესტავრაციო/საკონსერვაციო მასალა, ქარხნულად დამზადებული სარესტავრაციო/საკონსერვაციო პოლიმერული მასალები, ფრესკული კულტურული მემკვიდრეობის დასაცავი ქიმიური სუბსტანციები, ჩამქრალი კირის საღებავები, წებოს საღებავები, ტემპერის საღებავები, ჩენინო ჩენინი, ჯორჯო ვასარი, ჯოტო, მიქელანჯელო, პერუჯინო, „ტრილონ ბ“, BASF, ხელატირების ფუნქციის ქიმიური აგენტი - Chelating Agent, პოლიელექტროლიტი, იზოპროპილის- და უაით სპირტები, ფიჭვის ეთერზეთი, პინენი, მეთილცელულოზა, კარბოქსიმეთილცელულოზა, პოლივინილის სპირტი, ფრესკის გაწმენდა ჭვარტლისა და ფისისებრი ნივთიერებებისაგან, ქსილოლი, ტოლუოლი, საფრესკო ანტიესპტივები, კატამინ AB, პოლიმერული ბიოციდი კატაპოლი (Catapol), ბიოციდური პროდუქტების დირექტივა REACH (Registration, Evaluation, and Authorisation of Chemicals) - „ქიმიური ნივთიერებების რეგისტრაცია, შეფასება და ავტორიზაცია“ ევროპული კანონმდებლობით, 10% პოლივინილაცეტატური დისპერსია, ვინილაცეტატის და ეთილენის თანაპოლიმერის 3-5% დისპერსული ნარევი, დისპერსია თანაპოლიმერისა ვინილაცეტატისა 2-ეთილჰექსილაკრილატთან, სილიციუმორგანული პოლიმერები, დაბალმოლეკულური პოლიორგანულსილოქსანები, წყალგაუმტარი სილოქსანები.

### კულტურული მემკვიდრეობის კოგნიტური მახასიათებლები და თანამედროვეობა

კულტურული მემკვიდრეობის თანამედროვე რაობა წარმოადგენს საზოგადოების ღირებულებებისა და მოთხოვნების განვითარების შედეგს. წარსულ წლებში ძირითადი ყურადღება მიმართული იყო ხელოვნების ცალკეული ნიმუშებისა და ძეგლებისაკენ.

დღეს კულტურული მემკვიდრეობა აღიქმება მისი ყოვლისმომცველობითი გაგებით და მოიცავს ნებისმიერ მახასიათებელს, რომელიც ასახავს ადამიანის ქმედებებსა და კოგნიტურ მიღწევებს კაცობრიობის განვითარების მთელ ტრანექტორიაზე.

რადგან კულტურული მემკვიდრეობა მსოფლიოს ერთერთი უმნიშვნელოვანესი არა-განახლებადი რესურსია - განსაკუთრებული ძალისხმევაა საჭირო ადამიანის მოთხოვნილებებსა და მემკვიდრეობის დაცვის ინტერესებს შორის წონასწორობის აღსადგენა-შენარჩუნებისათვის.

კულტურული მემკვიდრეობის მდგენელები, მათი კონტექსტიდან გამომდინარე, შესაძლოა ასოცირებულ იქნენ ნაირგვარ ღირებულებებთან<sup>1</sup>, რომლებიც, თავის მხრივ, განაპირობებენ სხვადასხვა შემთხვევაში მათი დაცვა-შენარჩუნების სპეციფიკას.

კულტურული მემკვიდრეობის ობიექტის, მისი ღირებულებებისა და მის დაცვა-შენარჩუნებასთან დაკავშირებული ცნებები მკაფიოდ უნდა იქნან განსაზღვრულ-განმარტებულნი, რათა თავიდან აცილებულ იქნას ცნების სემანტიკის მცდარი გაგება.

კულტურული მემკვიდრეობის დახასიათების, მასთან დაკავშირებული ღირებულებების განსაზღვრისა და შესაბამისი დამცავი პოლიტიკის შემუშავების საკითხი განხილულია UNESCO<sup>2</sup>-ს მიერ შექმნილ მრავალ საერთაშორისო დოკუმენტში, კერძოდ, მთელ რიგ

<sup>1</sup> მემკვიდრეობის შეფასების ანგარიში. საქართველო. თბილისი 2015 - <https://rm.coe.int/168070b5f5>

<sup>2</sup> UNESCO: United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. The United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO) was born on 16 November 1945. UNESCO has 195 Members and 8 Associate Members and is governed by the General Conference and the Executive Board. The Secretariat, headed by the Director-General, implements the decisions of these two

რეკომენდაციებსა და კონვენციებში. რეკომენდაციები წარმოადგენენ ერთგვარ სახელმძღვანელოს კულტურული მემკვიდრეობის ცალკეული სახეობების მიხედვით, როგორცაა არქეოლოგიური ძეგლები, ისტორიული არეალები და შენობები. კონვენციები კი, როგორცაა, მაგალითად, მსოფლიო მემკვიდრეობის კონვენცია, წევრი სახელმწიფოს კანონმდებლის მიერ რატიფიცირებულია, როგორც სამართლებრივი ინსტრუმენტი. აღნიშნული საერთაშორისო დოკუმენტებიდან ყველაზე მნიშვნელოვანია ძეგლებისა და ღირსშესანიშნავი ადგილების კონსერვაციისა და რესტავრაციის საერთაშორისო ქარტია, რომელიც ცნობილია, როგორც „ვენეციის ქარტია“. ვენეციის ქარტია მიღებულ იქნა 1964 წელს ვენეციაში გამართულ არქიტექტორებისა და ისტორიული ძეგლების სპეციალისტების მეორე საერთაშორისო კონგრესზე ძეგლებისა და ღირსშესანიშნავი ადგილების საერთაშორისო საბჭომ (ICOMOS<sup>3</sup>), რომელიც დაარსდა 1965 წელს, ვენეციის ქარტია მის ფუძემდებელ საწესდებო დოკუმენტად აღიარა [1]. აღნიშნული დოკუმენტი გახდა მსოფლიოს სხვადასხვა ქვეყნის კულტურული მემკვიდრეობის კონსერვაციის პოლიტიკის საფუძველი.

კულტურული მემკვიდრეობის დაცვა/შენარჩუნების სტრატეგია შემუშავებულ უნდა იქნას უზრუნველყოფის შემდეგი პრინციპების მიხედვით:

ა) უზრუნველყოფილ უნდა იქნას კულტურული მემკვიდრეობის ობიექტის პირვანდელ მდგომარეობაში დაბრუნების შესაძლებლობა (რევერსიულობა):

- თუკი ეს ტექნიკურად შესაძლებელია, გამოყენებულ უნდა იქნას მასალები, რომელთა მიერ გამოწვეული ზემოქმედების აღმოფხვრა შესაძლებელია;
- დაცვა/შენარჩუნებამ შეუძლებელი არ უნდა გახადოს ოდესმე, მომავალში აუცილებელი ჩარევა;
- დაცვა/შენარჩუნების შემდეგ მიუწვდომელი არ გახდეს ობიექტის რომელიმე ინფორმატიული კომპონენტი.

ბ) კულტურული მემკვიდრეობის ობიექტებმა უნდა შეინარჩუნონ ავთენტურობა:

- უზრუნველყოფილ უნდა იქნას არსებული ისტორიული მასალის მაქსიმალურად შენარჩუნება (მასალის ავთენტურობა);
- უზრუნველყოფილ უნდა იქნას თავდაპირველ მხატვრულ გადაწყვეტასა და ხელობასთან ჰარმონიული შერწყმა (ფერით, ტონალობით, ფაქტურით, ფორმითა და მასშტაბით);

---

bodies. The Organization has more than 50 field offices around the world and its headquarters are located in Paris. UNESCO's mission is to contribute to the building of a culture of peace, the eradication of poverty, sustainable development, and intercultural dialogue through education, the sciences, culture, communication, and information. <https://www.un.org/youthenvoy/2013/08/unesco-United-nations-educational-scientific-and-cultural-organization/>

<sup>3</sup> ICOMOS is a non-governmental international organization dedicated to the conservation of the world's monuments and sites.

<https://www.icomos.org/en>

- ახალი დანამატები არ უნდა დომინირებდნენ კულტურული მემკვიდრეობის ობიექტის თავდაპირველ ქსოვილზე, არამედ ანგარიშს უნდა უწევდნენ ობიექტის არქეოლოგიურ პოტენციალს;
- კულტურული მემკვიდრეობის ობიექტი, დაცვა/შენარჩუნების პროცედურის შემდგომ უნდა აკმაყოფილებდეს მხატვრული გადაწყვეტის, მასალის, ხელობის, გარემოს და, კულტურული ლანდშაფტის შემთხვევაში - მისი გამორჩეული ხასიათისა და კომპონენტების ავთენტურობის ტესტს.

კულტურული მემკვიდრეობის ობიექტების დაცვა/შენარჩუნების პროცედურა რთული წამოწყებაა, რომელიც მოითხოვს კონსერვაციის საერთაშორისო პრინციპების ზუსტ ცოდნას. კონსერვაციის სპეციალისტებმა ზედმიწევნით უნდა იცოდნენ კონსერვაციის მეთოდების გამოყენება. კონსერვაციის თითოეული პროექტი სათანადოდ შესწავლილ და შეფასებულ უნდა იქნას, პრობლემები კი რეალური საჭიროებებისა და პირობების შესაბამისად უნდა გადაწყდეს.

კულტურული მემკვიდრეობის კონსერვაციის სპეციალისტებს სიფრთხილე მართებთ წინასწარი ინტუიციური გადაწყვეტილებების მიღებისას. კულტურული მემკვიდრეობის ობიექტების დაცვა/შენარჩუნების პროცედურის სტრატეგიის შემუშავებისას გათვალისწინებულ უნდა იქნას მსგავს ძეგლებზე ადრე განხორციელებული ქმედებების გამოცდილება. ობიექტების დაცვა/შენარჩუნების პროცედურა უნდა ექვემდებარებოდეს რეგულარულ მონიტორინგს მისი ეფექტურობის შეფასების მიზნით.

კულტურული მემკვიდრეობა ამოუწურავი რესურსია ქვეყნისა თუ ადგილობრივი თემის ეკონომიკური და სოციალური განვითარებისთვის. ამგვარი უძვირფასესი რესურსის გამოვლენა, დაცვა, ინტერპრეტაცია და გამოყენება ქვეყნის სოციალური და ეკონომიკური წინსვლის გადაუდებლად აუცილებელი პირობაა.

მრავალი ქვეყნისათვის მნიშვნელოვან ეკონომიკურ რესურსად იქცა კულტურული ტურიზმი. რაციონალურად დაგეგმილი კულტურული მემკვიდრეობის ტურიზმი ქმნის სამუშაო ადგილებს, აუმჯობესებს ადგილობრივ ეკონომიკურ ინფრასტრუქტურას და ავითარებს ადგილობრივი თემის ცხოვრების პირობებს. აუცილებელია კულტურული მემკვიდრეობის გააზრება არა მხოლოდ ჩვენი წარსულის მონაპოვრად, არამედ როგორც აწმყოსა და მომავლის მსაზღვრელ მდგენელად.

აუცილებლად გასათვალისწინებელია ის რისკ-ფაქტორებიც, რომლებიც თან სდევს უკონტროლო და მასობრივ ტურიზმს, კერძოდ, მისი უარყოფითი გავლენა როგორც ადგილობრივ თემზე, ასევე კულტურული მემკვიდრეობის ძეგლებზე. კიდევ ერთი ფაქტორი, თუ რატომ გვმართებს კულტურული მემკვიდრეობის დაცვა არის ის, რომ აღნიშნული მსოფლიოს ერთ-ერთი ყველაზე მნიშვნელოვანი არაგანახლებადი რესურსია. განადგურებული საგანძურის განმეორებით შექმნა ან აღდგენა შეუძლებელია, ამიტომ

კულტურული ფასეულობის განადგურება აუნაზღაურებელი დანაკარგია მთელი კაცობრიობისათვის.

საყურადღებოა, რომ არქიტექტურულ კონსერვაციასა და უძველესი ნიმუშების დაცვას ბიძგი მიეცა მე-18 მე-19 საუკუნეებში. ეს იყო ტრიგერული პასუხი მოდერნიზმზე და მის არქიტექტურულ პერსპექტივაზე, რომელმაც უარყო ძველი არქიტექტურული სენტიმენტალიზმი და ჩაანაცვლა ახალი ტექნოლოგიებითა და არქიტექტურული პროგრესით. ამ დრომდე ხანდაზმული შენობები მხოლოდ იმ შემთხვევაში ინარჩუნებდნენ იერსახეს, თუ რაიმე განსაკუთრებული კულტურული ან რელიგიური მნიშვნელობა ჰქონდათ ან ჯერ კიდევ აღმოუჩენელი იყო.

არქიტექტურული კონსერვაციის მოძრაობის განვითარება და ზრდა დაიწყო კონკრეტული არქეოლოგიური აღმოჩენებისა და მეცნიერული პროგრესის პარალელურად. ამ სფეროში გათვითცნობიერებულმა ხალხმა დაიწყო არქიტექტურული ნიმუშების გარჩევა, როგორც “სწორი” და “არასწორი”. აქედან გამომდინარე, არქიტექტურის კონსერვაციის სფეროში ორი სკოლა ჩამოყალიბდა.

შენარჩუნება/ კონსერვაცია გამოიყენებოდა არქიტექტურული სკოლის მიმართ რომელიც მხარს უჭერდა ზომებს, რაც დაიცავდა და შეინარჩუნებდა ძეგლებს არსებულ მდგომარეობაში ან თავიდან აიცილებდა შემდგომ დაზიანებას და ობიექტის მდგომარეობის გაუარესებას. არქიტექტურული აზროვნების ეს სკოლა მიიჩნევდა ძეგლის თავდაპირველ, ორიგინალ სახეს მართებულად.

კონსერვაცია/შენარჩუნების ორი ყველაზე აქტიური მომხრე მე-19 საუკუნეში იყვნენ: ხელოვნების კრიტიკოსი ჯონ რასკინი და ხელოვანი უილიამ მორისი [2]. პირველ მაგალითად, როდესაც თეორიული ცოდნის გამოყენება მოხდა კონსერვაციის მიზნებისთვის, მაინც მიიჩნევა „უძველესი შენობების დაცვის საზოგადოების“ შექმნა დიდ ბრიტანეთში 1877 წელს. საზოგადოება უილიამ მორისმა და ფილიპ უებმა დააარსეს. ორივე ჯონ რასკინის იდეების მიმდევარი იყვნენ. რესტავრაციას უწოდებდნენ კონსერვაციონისტების სკოლას, რომლის მიმდევართაც სჯეროდათ, რომ ისტორიული შენობების გაუმჯობესება და ზოგჯერ დასრულებაც შესაძლებელია, თანამედროვე ტექნოლოგიის, მასალისა და დიზაინის მეშვეობით. ამ თვალსაზრისით, ის წააგავს მოდერნისტულ არქიტექტურულ თეორიას იმ განსხვავებით, რომ ის არ გულისხმობს უძველესი შენობების განადგურებას. ამ თეორიის ერთერთი ყველაზე გამორჩეული მხარდამჭერი მე-19 საუკუნეში იყო ფრანგი არქიტექტორი და თეორეტიკოსი ეჟენ ვიოლე-ლე-დიუკი, რომელმაც სახელი შუასაუკუნეების შენობების აღდგენით გაითქვა. შუა საუკუნეების ტაძრების ვიქტორიანული რესტავრაცია ფართოდ იყო გავრცელებული ინგლისში და სხვაგანაც.

## კულტურული მემკვიდრეობის დაცვისათვის გამოყენებადი ქიმიური სუბსტანციები

კულტურული მემკვიდრეობის დასაცავი ქიმიკატების ნუსხაში შედიან არაორგანულ და ორგანულ ნივთიერებათა ყველა სახეობები, მათ შორისაა პოლიმერები, როგორც ბუნებრივი წარმოშობის ასევე სინთეზის გზით მიღებულნი.

პოლიმერთა ფართო ფუნქციური დიაპაზონი საშუალებას იძლევა მათი სარესტავრაციოდ გამოყენებისა ისეთი მასალებისათვის, რომლებიც სხვადასხვა წარმოშობისანი არიან.

მაკრომოლეკულურ ნაერთთა ხსნარები ორგანულ გამხსნელებში გამოიყენებიან წებოების სახით. პოლიმერთა წყალხსნარების გამოყენებით იღებენ ისეთ ფირებს, რომლებიც ზედაპირებიდან სორბრციის საშუალებით იღებენ დაბინძურებას.

მაღალმოლეკულური ნაერთების გამოჩენის დროიდან დაიწყო კვლევები მათი „სასიცოცხლო ციკლების“ ხანგრძლივობის დასადგენად.

სხვადასხვა მაკრომოლეკულების სტრუქტურის მქონე პოლიმერები ხასიათდებიან განსხვავებული მდგრადობით გარემოს ზემოქმედების მიმართ. პოლიმერთა „დაბერება“ მიმდინარეობს:

1. სიმტკიცის დაქვეითებით (ანუ დესტრუქციით და მონომერული ნაერთების გამოყოფით).
2. ხსნადობის დაქვეითებით (სამგანზომილებიანი სტრუქტურის ჩამოყალიბება - მონომერის მოლეკულების „შეკერვა“).
3. გამუქება ან ფერის შეცვლა (პოლიმერის ჯაჭვის გვერდითა ჯგუფების ცვლილება და რეაქციის პროდუქტების გამოყოფა).

მიუხედავად პოლიმერების ქიმიის თანამედროვე ტექნოლოგიური და პრაქტიკული მიღწევებისა, კულტურული მემკვიდრეობის დაცვის საქმეში პოლიმერების მხოლოდ მცირე რაოდენობაა გამოყენებული. საყურადღებოა, რომ რესტავრაციის ყოველი კონკრეტული შემთხვევისათვის შესაძლებელია მხოლოდ ისეთი პოლიმერის გამოყენება, რომლის კონტაქტი ექსპონატთან მიზანშეწონილია კულტურული მემკვიდრეობის დაცვის თვალსაზრისით. თუმცა, ძნელად წარმოსადგენია იმგვარი პოლიმერის მოძიება, რომელიც იარსებებდა კულტურის ძეგლთან ერთად დიდი ხნის განმავლობაში, სარესტავრაციო საწყისი ხარისხის შენარჩუნებით.

მრავალწლიანმა გამოცდილებამ, კულტურული მემკვიდრეობის დაცვისა, გააჩინა საშუალება, კულტურული მემკვიდრეობის დასაცავ პოლიმერთა ქვემოთჩამოთვლილი შესარჩევი კრიტერიუმებით დახასიათებისათვის:

1. სარესტავრაციო/საკონსერვაციო მასალის ხანგამძლეობა, რისი საუკეთესო მაჩვენებელია სარესტავრაციო ობიექტის არსებობის სოციალურად მნიშვნელოვანი დროსთან მიახლოებული მახასიათებელი;
2. ადგეზიის თვისება - პოლიმერის მტკიცე შეჭიდულობა ექსპონატის მასალასთან.

3. სარესტავრაციო/საკონსერვაციო პოლიმერის მდგრადი კავშირი ძეგლის მასალასთან, როგორც სამუზეუმო სივრცეში დიდი ხნის განმავლობაში, ასევე ტემპერატურის და ტენიანობის ცვლილებისას ღია ცის ქვეშ;
4. იმგვარი ფუნქციური ჯგუფების არ ქონა სარესტავრაციო პოლიმერში, რომელნიც რეაქციაში შედიან ექსპონატის მასალასთან, ასევე ხსენებული ფუნქციური ჯგუფების შექმნის ალბათობის გამორიცხვა სარესტავრაციო პოლიმერის დიდხნიანი კონტაქტისას ექსპონატის მასალასთან;
5. სარესტავრაციო/საკონსერვაციო პოლიმერის ხსნადობა წყალში ან დაბალტოქსიკურ ორგანულ გამხსნელებში;
6. ექსპონატის მასალიდან სარესტავრაციო/საკონსერვაციო პოლიმერის გამოტანის საშუალება შესაბამისი გამხსნელებით. უნდა გავითვალისწინოთ ის რეალობა, რომ მატერიალური კულტურის ძეგლის ფოროვან-კაპილარულ სტრუქტურაში შეყვანილი პოლიმერები ან არაორგანული ნივთიერებები (გამამაგრებელი, ფიქსატორი, ანტიეპტიკი, ანტიპირენი და ა.შ.) იმ შემთხვევაშიც კი, როცა ქიმიური რეაქციების გამო, მათში არ ხდება, ხსნადობის დამქვეითებელი, სტრუქტურული გარდაქმნები, მთლიანად არ ევაკუირდება ძეგლის მასალის ფორებიდან;
7. ორთქლის და ჰაერის გამტარებლობა, აქ იგულისხმება ფრესკების დამცველი და გამამაგრებელი დანაფარები, რასაც უნდა ქონდეს კარგი გამტარებლობა როგორც ორთქლის ასევე ჰაერის, მაშინ როცა მეტალის, მინის და კერამიკის დეკორატიულ-დაცვითი დანაფარი უნდა გამორიცხავდეს გარემოს კომპონენტთა კონტაქტს დასაცავი ძეგლის ზედაპირთან;
8. სარესტავრაციო/საკონსერვაციო პოლიმერის ფირის უფერო გამჭვირვალობა ძეგლის ზედაპირზე უნდა უზრუნველყოფდეს ექსპონატის ფერ-ტონალობის უცვლელობას და ავთენტურობას მის თავდაპირველ ვიზუალურ მახასიათებლებთან;
9. სარესტავრაციო/საკონსერვაციო მასალაში ლაქის ფირების და საღებარი სუბსტანციების შუქმედგობის გამოხატული ფუნქცია;
10. სარესტავრაციო/საკონსერვაციო პოლიმერების იდენტური პოლიმერიზაციის ხარისხი (აქ იგულისხმება პოლიმერის მოლეკულური წონა), რაც განაპირობებს ერთგვაროვანი სიბლანტისა და კონცენტრაციის სარესტავრაციო/საკონსერვაციო ხსნარების მიღებას;
11. სარესტავრაციო/საკონსერვაციო პოლიმერულ მასალას იმგვარი ფიზიკურ-მექანიკური თვისებები უნდა ქონდეთ, რაც განაპირობებს სარესტავრაციო და საკონსერვაციო დანამატების, ფრაგმენტთა შეწებების, ექსპონატის ნაწილობრივ დაშლილი მასალის მექანიკური მდგრადობის უზრუნველყოფას;
12. ელასტიურობა ხანგრძლივი ექსპლოატაციისას და მინიმალური დაძაბულობები (მსხვრევადობის გამოსარიცხად) პოლიმერიდან გამხსნელის ევაკუაციის ან ნალღობის გაგრილებისას - აღნიშნულის მისაღწევად სარესტავრაციო/საკონსერვაციო პოლიმერში შეყავთ პლასტიფიკატორები;
13. სარესტავრაციო/საკონსერვაციო პოლიმერული მასალები ან მათი კომპოზიციები უნდა იყოს მდგრადი ბიოდეგრადაციისადმი;



14. ამორფული სარესტავრაციო/საკონსერვაციო პოლიმერებს უნდა გააჩნდეთ გამინვის ტემპერატურა, რაც გამორიცხავს ცივ დენადობას;
15. სარესტავრაციო/საკონსერვაციო პოლიმერი არ უნდა შეიცავდეს არასასურველ მინარევებს, მაგალითად ემულგატორების ნარჩენ მინარევებს, სტაბილიზატორებს და ტექნოლოგიურ ტრიგერებს, რომელთაც შეუძლიათ გამოიწვიონ ძველის გამუქება პოლიმერული ფირების სინათლითი და თერმოჟანგვითი დესტრუქციის გამო;
16. საყურადღებოა, რომ უპირატესობა უნდა მივანიჭოთ ქარხნულად დამზადებულ სარესტავრაციო/საკონსერვაციო პოლიმერულ მასალებს, რადგან მათ გააჩნიათ უპირატესობა ლაბორატორიულად და საცდელ საწარმოებში გამოშვებულ პროდუქტთან შედარებით, რაც გამოიხატება მათი ქიმიური შედგენილობის მუდმივობაში.

ზოგადად პოლიმერები, დაბალმოლეკულურ ნაერთებთან შედარებით, ხასიათდებიან რიგი თავისებურებებით, რაც განპირობებულია პოლიმერის ჯაჭვების ურთიერთორიენტაციით და ვლინდება მაღალმოლეკულური ნაერთების სხვადასხვა მდგომარეობაში: ამორფული, ნაწილობრივ კრისტალური ან კრისტალური. ამორფული პოლიმერებისათვის დამახასიათებელია სამი ფიზიკური მდგომარეობა: 1. მინისებური, 2. მაღალელასტიური და 3. ბლანტი დენადობის.

პოლიმერებს მინიმალური დრეკადობა და მაქსიმალური სიმტკიცის ჯაჭვთაშორისი კავშირი გააჩნიათ მინისებურ მდგომარეობაში. ძალზე დაბალ ტემპერატურაზე პოლიმერი კარგავს სიმტკიცეს, ხდება მსხვრევადი და ირღვევა დეფორმაციის გარეშე. იმ ტემპერატურას, რაზეც აღნიშნული მოვლენა იწყება, ეწოდება მსხვრევადობის ტემპერატურა. პოლიმერის გახურება იწვევს მის გადასვლას მაღალელასტიურ მდგომარეობაში რა დროსაც მცირე დატვირთვითაც კი პოლიმერი იძენს დრეკადობას.

პოლიმერის გადასვლის ტემპერატურას მინისებური მდგომარეობიდან მაღალელასტიურში ეწოდება გამინვის ტემპერატურა და ამ ტემპერატურაზე მეტად გაცხელებისას პოლიმერის ჯაჭვები იწყებენ გადაადგილებას ერთმანეთის მიმართ - ეს მდგომარეობა იწყება ტემპერატურაზე, რასაც დენადობის ტემპერატურა ეწოდება.

### **ფრესკული კულტურული მემკვიდრეობის დასაცავი ქიმიური სუბსტანციები**

ფრესკა ფერწერის სახეობაა, რომელიც სრულდება კირიან წყალში გახსნილი საღებავებით სველ შელესილობაზე. გაშრობისას იკეთებს გამჭვირვალე აფსკს, რის გამოც ნახატი მყარი და გამძლე ხდება. ფრესკას უწოდებენ, ასევე, ამ ტექნიკით შესრულებულ მხატვრულ ნაწარმოებს.

ფრესკის ტექნიკით სრულდება მონუმენტური ფერწერის კომპოზიციები, რომლებიც მჭიდროდაა დაკავშირებული არქიტექტურასთან. ფრესკა კედლის მხატვრობის ძირითადი ტექნიკაა. მასში გამოიყენება საღებავები, რომლებიც კირს ქიმიურად არ უერთდება. ფრესკის

საღებავების პალიტრა არაა მრავალფეროვანი. ფრესკის საღებავებს ურევენ შემაწებებელს. გასათვსალისწინებელია, რომ შელესილობის გამრობის შემდეგ საღებავები გაბაცდება.

ფრესკის ხელოვნება განვითარებული იყო ჯერ კიდევ ძვ.წ. II ათასწლეულში ეგეოსურ კულტურაში, აღორძინდა ანტიკურ ხანაში, როდესაც ოსტატები ფრესკას ასრულებდნენ მშრალ ბათქაშზე, ტემპერით. ამ ხერხებს ნაწილობრივ შუა საუკუნეებშიც იყენებდნენ. ფრესკის შერეული ტექნიკა განვითარდა ბიზანტიაში, საქართველოში, იტალიაში, საფრანგეთსა და სხვა ქვეყნებში. განსაკუთრებულ დონეს მიაღწია იტალიური აღორძინების ხანის ოსტატთა შემოქმედებაში (ჯოტო, მაზაჩო, რაფაელი, მიქელანჯელო და სხვ.).

ფრესკის ტრადიცია არსებობდა XVII-XVIII სს-ის დეკორატიულ მხატვრობაში, XIX ს-დან კი ფრესკის ტექნიკაში მუშაობენ მხოლოდ ცალკეული ოსტატები. XX ს-ში სინთეზური საღებავების შექმნამ ახალი შესაძლებლობები გააჩინა ფრესკული ფერწერის შემდგომი განვითარებისათვის.

საქართველოში შემორჩენილი ფრესკებიდან ყველაზე ადრეული ფრესკები თარიღდება VIII-IX სს. (არმაზი). საქართველოში ფრესკული ფერწერა განსაკუთრებით განვითარდა XI-XIII სს-ში (ატენის, ვარძიის, ყინწვისის, ბეთანიისა და სხვა ფრესკები) [3].

მონუმენტური მხატვრობის ძეგლები შემორჩა გვიანი შუა საუკუნეებიდანაც. ფრესკულმა ფერწერამ ახალი აღმავლობა განიცადა XIX ს-დან (კაფე „ქიმერიონის“ მოხატულობა შესრულებული ლ. გუდიაშვილის, დ. კაკაბაძის და სხვ.).

კედლის მხატვრობის ფრესკული ტექნიკის ფართო გავრცელების მიუხედავად, არ არსებობს წერის ერთიანი სისტემა, ანუ სველი კირის გრუნტზე წყალში შეზედილი

პიგმენტებით ან იმავე გრუნტზე კირძის შემკვრელად გამოყენებისას არ არსებობს ერთიანი პროპორცია, რაც არცაა გაუგებარი, რადგან წერის ამ ტექნიკამ, რომელიც ანტიკურ პერიოდში ჩაისახა და გავრცელდა სხვადასხვა ხალხებში და რეგიონებში, განიცადა უამრავი ცვლილება, იმის მიხედვით, თუ რა ამოცანა იდგა ამა თუ იმ პერიოდის მხატვრული პროგრამის წინაშე და რა საშუალებები და როგორი ტრადიციული სკოლა არსებობდა აღნიშნულის შესასრულებლად. ერთადერთი მუდმივობა, რაც ყველა არსებულ სახელოვნებო მოდიფიკაციას აერთიანებს, ეს არის ჩამქრალი კირის გრუნტი და პიგმენტები, სხვა დანარჩენი - გრუნტის რეცეპტურა, მისი დადების წესი, საღებავების ასორტიმენტი, და, რაც მთავარია, მხატვრული წერის სისტემა, იცვლებოდა მოთხოვნილებისა და არსებული საშუალებების მიხედვით.

ნამდვილი ფრესკის ტექნიკით ე.ი. კირის სველ ზედაპირზე, წყალში ან ჩამქრალ კირში შეზედილი პიგმენტებით წერა, როდესაც ყველა ელემენტი ამ ტექნიკითაა შესრულებული, გამოიყენებოდა იშვიათად.

ისტორიულად ევროპის სხვადასხვა რეგიონებში, ანტიკური პერიოდიდან დაწყებული XIX საუკუნის ჩათვლით, კედლის მხატვრობაში გამოიყენებოდა შერეული მასალები და,

აღნიშნულიდან გამომდინარე, მხატვრობაც შერეული ტექნიკით სრულდებოდა. ამ თვალსაზრისით აღინიშნება ოთხი ძირითადი მეთოდოლოგია, რომელიც სხვადასხვა საჭიროებით და ინტენსივობით გამოიყენებოდა. მათი ერთობლიობა ქმნის წერის მანერას, რომელიც ფრესკის საფუძველს წარმოადგენს. მხატვრული წერის ასეთი სისტემა, ანუ კედლის მხატვრობა მოიცავს:

ა) ფრესკა (ნამდვილი ფრესკა) ანუ წერა სველი კირის გრუნტზე, როდესაც პიგმენტების მაკავშირებლად სუფთა წყალი ან იგივე ჩამქრალი კირია გამოყენებული;

ბ) ჩამქრალი კირის საღებავები, რომლებშიც შემკვრელად იგივე კირი ან კირრძეა გამოყენებული, ოღონდ ასეთი საღებავებით წერდნენ მშრალ ზედაპირზე ან ხდებოდა გამშრალი საღებავების ფენების გადაწერა, შესწორება, დამთავრება;

გ) ტემპერის საღებავები, ძირითადად მთლიანი კვერცხის ტემპერა, რომლითაც სრულდებოდა გამშრალი საღებავების ფენების გადაწერა ან დამთავრება. ასეთ შემადგენლობებში გამოიყენებოდა პიგმენტები, რომელთაც არ მოეთხოვებათ ტუტეგამძლეობა, რადგან კედელი მშრალია და კალციუმის ტუტეს არ შეიცავს;

დ) წებოს საღებავები, რომელიც იმავე დანიშნულებით გამოიყენებოდა, როგორც ტემპერა.

ფრესკას, როგორც წერის ტექნიკას სველი კირის საფუძველზე, გააჩნია მრავალი მოდიფიკაცია და სახესხვაობა, რომლებშიდაც გამოიყენება სხვადასხვა მასალა, შესრულების წესი, მხატვრობის ფორმა. მათ აერთიანებთ მხოლოდ ერთი რამ, რომელიც ყოველთვის რჩება უცვლელი - გრუნტისა და ხშირად - პიგმენტების შემკვრელად გამოიყენება ჩამქრალი კირი. პირველი ფენებისათვის საბერძნეთში ბათქაში მზადდებოდა კირისა და ქვიშისაგან. ზედა ფენებში კირს დაფქულ მარმარილოს ურევდნენ. კედლები რომ არ დამსკდარიყო, საბათქაშე მასას მცირე რაოდენობის წყალში ზელდნენ, შენობის შიგა კედლებს ორ ფენად ლესავდნენ, გარეთა კედლებს კი - ექვს-შვიდჯერ. ფენები იდებოდა თანმიმდევრობით წინამდებარე ფენის გაშრობამდე. ამგვარი ნალესობის გაშრობა მიმდინარეობდა ხანგრძლივად, ამიტომ მასზე მუშაობა შეიძლებოდა რამდენიმე დღის განმავლობაში.

ბოლო ფენას განსაკუთრებული ყურადღება ეთმობოდა. მას საგულდაგულოდ ასწორებდნენ და აკრიალებდნენ, ამიტომ ანტიკური ხანის ფრესკის ზედაპირი განსაკუთრებული ბზინვარებით გამოირჩევა. ამ თვისების გამო ზოგიერთმა მკვლევარმა ფრესკის ასეთი ნიმუშები ენკაუსტიკას მიაკუთვნა, რაც შემდგომში ქიმიური ანალიზების შედეგად არ დადასტურდა[4].

რომაელები, რომლებიც ბერძნული კულტურის გამგრძელებლები იყვნენ, ფრესკის საღებავების გასაზავებლად გარდა კირისა, რძეს და კვერცხის ცილას ხმარობდნენ. ხშირად თვით საბათქაშე მასალასაც უმატებდნენ რძეს, მის შემადგენლობაში ხშირად შეჰყავდათ, ასევე, დაფქული პემზა, აგური და კრამიტი. იშვიათად იყენებდნენ ჩალას და ქერელს.

რომის იმპერიის დამხობის შემდეგ ფრესკის ფერწერის აღორძინებას ვხვდებით ბიზანტიაში. რომაელებისაგან განსხვავებით, ბიზანტიელები კედლებს ლესავდნენ ორ ფენად და ბათქაშის ქვედა ფენისათვის იყენებდნენ ჩალას, ზედა ფენისათვის-ძენძს ან სელის ბოჭკოს. ისინი(ბიზანტიელები) ბერძნებისა და რომაელებისაგან განსხვავებით, შერეულ ტექნიკას მიმართავდნენ - იწყებდნენ ნამდვილ ფრესკით და ამთავრებდნენ ტემპერით.

საყურადღებოა, რომ მრავალი საუკუნის განმავლობაში იტალიის კედლის მხატვრობაც ბიზანტიურ სტილს ემორჩილებოდა. XV-XVI საუკუნეებიდან კი იგი კიდევ უფრო უახლოვდება ანტიკური ხანის კედლის მხატვრობის ტექნიკას.

ბიზანტიურისგან განსხვავებით, იტალიური ფრესკის ბათქაში მზადდება ქვიშისა და კირისაგან. ანტიკურისაგან განსხვავებით კი - კედლებს ლესავდნენ ორ-სამ ფენად.

პირველ ფენაში უხეში ქვიშა ერეოდა, მეორე ფენისათვის კი წმინდა ქვიშას ხმარობდნენ.

ჩენინო ჩენინი<sup>4</sup> თავის ტრაქტატში აგვიწერს ფრესკის ტექნიკით მუშაობის მეთოდს, რომლითაც მუშაობდნენ ჯოტო და მისი მიმდევრები. ჩენინის მიხედვით, კირის ერთ მოცულობაზე იღებდნენ ქვიშის ორ მოცულობას. შესაღეს კედელს წინასწარ კარგად ასველებდნენ წყლით და შემდეგ შეუდგებოდნენ ლესვას. პირველი ფენის ზედაპირი ხორკლიანი და უხეში იყო.

ჩენინის დროს, როგორც ეს მისი წიგნიდან ჩანს, ნახატი სრულდებოდა უშუალოდ სველ ზედაპირზე. შეცდომის დაშვების შემთხვევაში ნახატის ჩამოშლა სველი ბათქაშიდან შეიძლებოდა დიდი ჯაგრის ფუნჯით. წერა იწყებოდა სველ და მთავრდებოდა გამშრალ ზედაპირზე ტემპერის საშუალებით. ასეთი შერეული ტექნიკით მუშაობდნენ ჯოტო და სხვა ცნობილი ოსტატები.

ვასარი<sup>5</sup>, ჩენინისაგან განსხვავებით, შერეული ტექნიკით წერას კრიტიკულად უყურებს და ნამდვილი ფრესკის ქომაგია. იგი აღნიშნავს: „ფრესკის ფერწერა მოითხოვს ხელის სისწრაფესა და გამბედაობას, მაგრამ ყველაზე მეტად - საქმის ცოდნას, რადგან კედლის გამრობის შემდეგ საღებავები სხვაგვარად გამოიყურება, ვიდრე სველ კედელზე. ამიტომ აუცილებელია, რომ მხატვარს კარგად ესმოდეს საქმის არსი, რაც ხატვაზეც კი უფრო მნიშვნელოვანია და ჰქონდეს ძალიან დიდი გამოცდილება, რის გარეშეც ძნელია კედლის მხატვრობის მიყვანა სრულყოფამდე. ბევრი ჩვენი ოსტატი, რომელიც შესანიშნავად მუშაობს ტემპერაში, აქ მარცხს განიცდის“, თუ ვასარის ამ სიტყვებს დავუმატებთ მიქელანჯელოს გამონათქვამს, რომ „ფრესკა

<sup>4</sup> ჩენინო ჩენინი (იტალიურად **Cennino Cennini**; მე -14 საუკუნის ბოლო მესამედი - მე -15 საუკუნის შუა ხანები) - იტალიელი მხატვარი, წარმოშობით Colle di Val d'Elsa-დან (ფლორენციის მახლობლად), ავტორი ტრაქტატისა „ხელოვნების შესახებ“ *The Book of Art (Il Libro dell'Arte)*.

<sup>5</sup> ჯორჯო ვასარი (იტალ. **Giorgio Vasari**; მეტსახელად არეტინო; დაბ. 30 ივლისი, 1511, არეცო - გარდ. 27 ივნისი, 1574, ფლორენცია) - იტალიელი მხატვარი, არქიტექტორი და მწერალი. ცნობილი „ბიოგრაფიების“ ავტორი, თანამედროვე ხელოვნების ისტორიის ერთ-ერთი ფუძემდებელი: წყაროთმცოდნეობის, ისტორიოგრაფიისა და ხელოვანთა ბიობიბლიოგრაფიის.

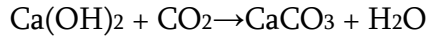
არის ფერწერის ყველაზე ძნელი და ყველაზე ვაჟკაცური სახე“, ნათელი გახდება, რა რთულ სამხატვრო ტექნიკასთან გვაქვს საქმე.

ადრეული რენესანსისაგან განსხვავებით, შემდგომ პერიოდში ფერწერა სრულდებოდა თავიდან ბოლომდე სველი მეთოდით. ზოგიერთი მხატვრის შემოქმედებაში ამ პერიოდში ვხვდებით მხოლოდ დეტალების შესწორებას ტემპერის საშუალებით, მაგრამ აქ მას მეორეხარისხოვანი ადგილი უჭირავს. მაგალითად, ტემპერით არის რეტუშირებული პერუჯინოს ფრესკები, ნაწილობრივ რაფაელიც იყენებს ტემპერას საკუთარი ფრესკისათვის.

აღსანიშნავია, რომ მიქელანჯელოს სიქსტის კაპელა თავიდან ბოლომდე ნამდვილი ფრესკის ტექნიკით არის მოხატული.

დღეისათვის ძნელია იმის დადგენა, თუ ერთი მეთოდი როდის შეიცვალა მეორეთი. მაგრამ ერთი რამ ცხადია - მშრალ ბათქაშზე მუშაობა, რომელსაც მშრალი ფრესკა ჰქვია, გაცილებით ძველია.

საღებავის ფენასა და სველი კირის ზედაპირს შორის შემდეგი ქიმიური პროცესი მიმდინარეობს: საღებავის ფენას, მასში შემავალი პიგმენტის სხვადასხვა ზომის მარცვლებს გარს შემოერთების ჩამქრალი კირის ხსნარი, რომელიც გაშრობის პროცესში იერთებს რა ჰაერიდან ნახშირორჟანგს, გარდაიქმნება კალციუმის კარბონატის მყარ, მკვრივ მასად, რის გამოც ნალესობა და საღებავის ფენა გაშრობის შემდეგ გარდაიქმნება ერთ მთლიან შეკრულ, უხსნად ფენად. ეს ბუნებრივად მიმდინარე პროცესი ქიმიურად ასე გამოისახება:



რაც უფრო ხანგრძლივად მიმდინარეობს შრობის პროცესი, მით უფრო კარგი კავშირი მყარდება კომპონენტებს შორის და უფრო მყარად მაგრდება საღებავი საფუძველზე. ამიტომ სასურველია ფრესკის საფუძველმა (კედელი), ნალესობაში დიდხანს შეინარჩუნოს ტენი და გადასცეს იგი ზედაპირს. ასეთივე თვისება დამახასიათებელია აგურის კედელისა და კირი-ქვიშის ნალესობისას, ასევე კირისა და თიხის ბათქაშისათვის, იმის ხარჯზე, რომ თიხა ადვილად იწოვს წყალს და გვიან შრება.

კალციუმის კარბონატის ჩამოყალიბების პროცესი, ანუ საღებავის ფენისა და ჩამქრალი კირის კავშირი ზედაპირზე (პირველი ზედაპირული მტკიცე ფენა) ყალიბდება ძალიან ჩქარა, 7-12 საათის განმავლობაში. დროის ამ მონაკვეთში უნდა მოესწროს მხატვრული სამუშაოს შესრულება, თუ იგი ნამდვილი ფრესკის (წერა სველ ზედაპირზე) ტექნიკით იხატება. ამავე დროს, ახლად ჩამოყალიბებული ზედაპირული მტკიცე ფენის ქვეშ კალციუმის ტუტის (ჩამქრალი კირი) გარდაქმნის პროცესი მნიშვნელოვნად ნაკლები სიჩქარით მიმდინარეობს. ძალიან სქელი კედლის შემთხვევაში ეს გრძელდება ასეული წელიწადიც კი და ზოგჯერ დაუმთავრებელი რჩება. ზოგიერთი ძველი ბერძნული შენობის ნალესობის ქვედა ფენებში ნაპოვნია შეუცვლელი კალციუმის ჰიდროქსანი [4].

## ფრესკის ზედაპირის გამწმენდი საშუალებები

ფრესკის ზედაპირიდან ნადების მოხსნის ყველაზე უსაფრთხო (კულტურული მემკვირდეობის დაცვის თვალსაზრისით) საშუალებაა კომპლექსონ - „ტრილონ ბ“-ს გამოყენება. სავაჭრო სახელწოდება "Trilon B" შემოიღო BASF<sup>6</sup>-მა და გამოიყენა როგორც სავაჭრო ნიშანი, მაგრამ ძალიან სწრაფად შევიდა ყველა ენაში და გამოიყენება სხვადასხვა კომპანიების მიერ პროდუქტის მოსახსენიებლად.

„Trilon B“ ახდენს ხსნადობის ინიცირებას მრავალი ლითონის უხსნადი მარილებისთვის. მისი მოქმედება ემყარება ლითონის იონების ამოღებას (ხელატირების ფუნქციის მქონე ქიმიური აგენტი - Chelating Agent ) უხსნადი ლითონის მარილების მოლეკულებიდან და ახდენს მათ ჩანაცვლებას ნატრიუმის იონებით, რომელთა (ე.ი. ნატრიუმის) თითქმის ყველა მარილი წყალში ხსნადია.

საკმაოდ უსაფრთხო, მაგრამ გრძელვადიანი მეთოდია ფრესკის ზედაპირიდან კალციუმის მარილების დანაფარების მოსახსნელად, რისთვისაც ფრესკის ზედაპირს ამუშავებენ პოლიელექტროლიტის (პოლიმეთაკრილის ან პოლიაკრილის მჟავები) 10-20%-იანი ხსნარით. ნახსენებ შემთხვევაში კალციუმის მარილებთან ურთიერთქმედებს ნახსენები მჟავების პოლიმერული ჯაჭვის კარბოქსილური ჯგუფები. ამასთან გამოირიცხება რეაქციისუნარიანი ნივთიერებების მოხვედრა ფრესკის სიღრმეში. ტენის მოცილების შემდგომ პოლიმერები წარმოქმნიან ფირს, რომელიც შეიცავს პოლიმერის მჟავების კალციუმის მარილებს და მოიხსნებიან ფირთან ერთად. პოლიელექტროლიტის დატანა ფრესკაზე ხდება მანამ, სანამ არ შემცირდება ნადების სისქე, რაც მოიხსნება მექანიკური გზით (მაგ. სკალპელით ან შპატელით).

## ფრესკის გაწმენდა ჭვარტლისა და ფისისებრი ნივთიერებებისაგან

ფრესკის დაბინძურება შესაძლოა ჩამოირეცხოს წყლით, მაგრამ იმ შემთხვევაში თუ ამგვარი მიდგომა ვერ ხსნის პრობლემას იყენებენ ორგანულ გამხსნელებს, მათ ნარეგებს ან ზედაპირულად აქტიური ნივთიერებების წყალხსნარებს. გამრეცხი საშუალებების მოქმედების შედეგებს წინასწარ სწავლობენ ექსპონატის მცირე მონაკვეთზე.

ფრესკის ნადებისგან გაწმენდისათვის გამოყენებული გამხსნელები არ შეიძლება იყვნენ მნიშვნელოვანი ტოქსიკურობის მატარებელნი. ჩვეულებრივად იყენებენ ეთილის-, იზოპროპილის-, უაიტ-სპირტს<sup>7</sup>, პინენს<sup>8</sup>. აღნიშნული მიზნით დასაშვებია არომატული ნახშირწყალბადების - ქსილოლის და ტოლუოლის გამოყენება. ფრესკის დაბინძურებულ ზედაპირზე, გამხსნელში დასველებულ, მარლის კომპრესებს ათავსებენ. დარბილებული

<sup>6</sup> <https://www.homecare-and-i-and-i.basf.com/products/products-detail/Trilon%20B%20liquid/30043499>

<sup>7</sup> გამხსნელი რომელიც განკუთვნილია სინთეტიკური ემალის, ზეთოვანი და ანტიკოროზიული ნადების მოსახსნელად (white spirit).

<sup>8</sup> ფიჭვის ეთერზეთის ძირითადი კომპონენტი.

ფისისებრი ნადების მოხსნა ფრესკის ზედაპირიდან ხდება ნახსენებ კომპრესებთან ერთად, ხოლო ფრესკაზე დარჩენილ ჭუჭყს ხსნიან იმავე გამხსნელში დასველებული - მარლის ტამპონით ან ფუნჯით.

არის შემთხვევები, როდესაც ფრესკის ეფექტური გაწმენდა ხდება პოლიმერული ზედაპირულად აქტიური ნივთიერებების გამოყენებით. ფრესკის ზედაპირზე უსვავენ მეთილცელულოზის, კარბოქსიმეთილცელულოზის ან პოლივინილის სპირტის 0,1-0,2% წყალხსნარს, რომელშიც ამატებენ ამიაკს, ეთილის სპირტს და აცეტონს, შემდგომ ახდენენ ფრესკის ჭუჭყის ემულგირებას რბილი ფუნჯით და ხსნიან მარლის ტამპონით, ბოლოს ხდება, ფრესკის ზედაპირის წყლით ჩამორეცხვა. საყურადღებოა, რომ გამხსნელების შერჩევისას, უსაფრთხოების მიზნით, გათვალისწინებული იქნას ზღვრულად დასაშვები კონცენტრაცია (ზდკ), რომელიც რეგულირდება „ატმოსფერულ ჰაერში მავნე ნივთიერებათა ზღვრულად დასაშვები გაფრქვევის ნორმების გაანგარიშების მეთოდის შესახებ“ დებულებით<sup>9</sup> და ტექნიკური რეგლამენტით - „სამუშაო ზონის ჰაერში მავნე ნივთიერებების შემცველობის ზღვრულად დასაშვები კონცენტრაციების დამტკიცების შესახებ“<sup>10</sup>.

დაუშვებელია ფრესკის ჩამორეცხვა ტუტე ხსნარებით, რადგან ასეთ დროს ჭუჭყთან ერთად ჩამორეცხება ფრესკის ფერწერული ფენა, რაც მიუღებელია კულტურული მემკვიდრეობის დაცვის თვალსაზრისით.

### საფრესკო ანტისეპტიკების შესახებ

ფრესკა განიცდის მიკროორგანიზმების მხრიდან იმგვარ ზემოქმედებას, რაც საჭიროებს კულტურული მემკვიდრეობის ექსპონატის დაცვას რისკ-ფაქტორების მავნე, დესტრუქციული გავლენისაგან. ფრესკის დამაზიანებელი მიკროორგანიზმების სანაციისათვის და მათი ზრდის ფაქტორის განეიტრალების მიზნით დაბინძურების მოხსნის შემდგომ ტარდება ფრესკის ბიოციდური დამუშავება. იმ შემთხვევაში თუ ფრესკის ზედაპირი განშრევების რისკის ქვეშაა - ანტისეპტირება უნდა წარიმართოს ზედაპირის გამაგრების ტექნოლოგიის საფუძველზე. ბიოციდები ფრესკისათვის უნდა აკმაყოფილებდნენ შემდეგ მოთხოვნებს:

- მინიმალური გავლენა ფრესკის ფერწერულ ზედაპირზე;
- ფუნქციონირების მნიშვნელოვანი პროლონგირების უნარი;
- დაბალი ტოქსიკურობა თბილსისხლიანებისათვის.

აღნიშნული მიზნით ხშირად იყენებენ ნატრიუმის პენტაქლორფენოლატის წყალხსნარს და ხსნარებს ეთილის სპირტში ან სკიპიდარში, ასევე კატამინ AB [5].

<sup>9</sup> <https://matsne.gov.ge/ka/document/download/1977968/0/ge/pdf>

<sup>10</sup> <https://www.matsne.gov.ge/ka/document/download/2196749/0/ge/pdf>

**კატამინ AB** მიეკუთვნება კათიონურ ზედაპირულად აქტიურ ნივთიერებებს და წარმოადგენს მეოთხეულ ამონიუმის მარილს - ალკილდიმეთილბენზილამონიუმის ქლორიდების ნარევს, სადაც ალკილი არის ნორმალური ალკილ-რადიკალების ნარევი.

ესაა (**კატამინ AB**) გამრეცხი-სადეზინფექციო და სადეზინფექციო ქლორის არშემცველი ნივთიერება. შეესაბამება კათიონურ ზედაპირულად აქტიური ნივთიერებების ჯგუფს. კონცენტრირებული ფორმით არის ბლანტი სითხე, გამრეცხი საშუალების ოდნავ სპეციფიკური სუნით, ხასიათდება წყალში შეუზღუდავი ხსნადობით.

ნივთიერება (**კატამინ AB**) არ აუფერულებს ქსოვილებს, არ აფუჭებს დასამუშავებელ ობიექტებს. ამ საშუალების საფუძველზე მომზადებული სამუშაო ხსნარები ხასიათდება ზომიერი ქაფით, აქვთ გამრეცხი და სადეზინფექციო თვისებები. **Katamine AB** არის მაღალეფექტური ანტიმიკრობული სადეზინფექციო საშუალება *Escherichia coli*-ს, *Staphylococcus*, *Salmonella*, *Obis* და საფუარის სოკოთა წინააღმდეგ.

მაღალეფექტურობით გამოირჩევა პოლიმერული ბიოციდი **კატაპოლი** - *Catapol* - ბენზალკონიუმის ქლორიდი (*Benzalkonium chloride*), ის კარგად იხსნება წყალში და ეთილის სპირტში, არაა ტოქსიკური და ფრესკისთვის გამოიყენება 1% ხსნარის სახით. ეს ბიოციდი გამოირჩევა ანტისეპტიკური მოქმედების ფართო სპექტრით, ავლენს ბაქტერიციდულ აქტივობას *Staphylococcus*, *Streptococcus*, გრამუარყოფითი ბაქტერიების (მათ შორის *Escherichia* და *Pseudomonas aeruginosa*, *Proteus*, *Klebsiella*), ანაერობული ბაქტერიების, სოკოების და ობის წინააღმდეგ. მოქმედებს ბაქტერიების შტამებზე, რომლებიც რეზისტენტულია ანტიბიოტიკების და სხვა ქიმიოთერაპიული საშუალებების მიმართ. აძლიერებს სხვადასხვა ანტიბიოტიკების ეფექტს ერთობლივად გამოყენებისას. აინჰიბირებს ბაქტერიების პათოგენურობის ფერმენტებს (პლაზმის კოაგულაზას და *Staphylococcus* ჰიალურონიდაზას).

ზოგადად ზედაპირულად აქტიური ნივთიერებების შერჩევას, აღარ არის საკმარისი ერთი პროდუქტის ან, ზოგადად, სუბსტანციათა ნაზავის შერჩევა, რომელიც შეასრულებს განსაზღვრულ სამუშაოს კულტურული მემკვიდრეობის დასაცავად: ახლა უნდა გავითვალისწინოთ შესაბამისი კანონმდებლობა, რომელსაც შეუძლია შეზღუდოს ზოგიერთი მასალის გამოყენება. კერძოდ, ახლა ძალაშია სარეცხი საშუალებების ევროპული რეგულაცია, რომელიც მოითხოვს სურფაქტანტების საბოლოო ბიოდეგრადაციას ან მინერალიზაციას გარკვეული გამოყენებისთვის. სხვა რეგულაციები, როგორცაა საშიში ნივთიერებებისა და პრეპარატების დირექტივები, ბიოციდური პროდუქტების დირექტივა და შემოთავაზებული **REACH (Registration, Evaluation, and Authorisation of Chemicals)** - „ქიმიური ნივთიერებების რეგისტრაცია, შეფასება და ავტორიზაცია“ ევროპული კანონმდებლობის შესაბამისია და სავალდებულოა მთელი ევროპული საზოგადოებისათვის [6].

**ფრესკის ფერწერული ფენის დამცველი და მისი საფუძვლის გამამაგრებელი საშუალებები**



ფრესკის, კედელზე დამაგრებისათვის გამოიყენება არაორგანული შემკვრელები და მათი ნარევიები ორგანულ ნივთიერებებთან. ფრესკის ფერწერული ფენის რესტავრაცია ხდება ოლიგომერთა და პოლიმერთა გამოყენებით. ზოგიერთ შემთხვევაში ფრესკის ჩამოცილებულ ფრაგმენტს კედელზე ამაგრებენ თაბაშირით, ან შემავსებლიანი თაბაშირით, თუმცა გასათვალისწინებელია, რომ ასეთ შემთხვევაში ფრესკის ზედაპირზე გროვდება ტენი. ფრესკის შესაწებებლად ასევე იყენებენ კაზეინს ან კალციუმის კაზეინატს, რომელსაც ზოგჯერ უმატებენ 10% პოლივინილაცეტატურ დისპერსიას.

ფრესკაზე გაჩენილ ბზარებში შეიძლება შეყვანილი იქნას ქიმიურად სუფთა ჰიდროქსიდის და კალციუმის ოქსიდის წყლიანი სუსპენზია, რითაც მიღწევადია მტკიცე შეჭიდულობა ფრესკის ზედაპირისა კედელთან. კატეგორიულად მიუღებელია ცემენტის გამოყენება ფრესკის კონსერვაცია-რესტავრაციის სამუშაოებისას, თუნდაც იმიტომ (რომ არაფერი ითქვას კულტურული მემკვიდრეობის საერთაშორისო სტანდარტების მოთხოვნებზე), რომ ცემენტის გამაგრებისას ხდება კალციუმის ჰიდროქსიდის კრისტალიზაცია და მასის გამკვრივება, ამგვარი პროცესი, კი იწვევს შეტანილი რეაგენტის მოცულობის ზრდის გამო ფრესკის დახეთქვას.

ცნობილია, რომ ცალკეულ შემთხვევებში, იყო მცდელობები ფრესკის ჩამოცვენილი ფერწერული ფენის მიმაგრებისა ბუნებრივი წებოვანი ნივთიერებებით (კვერცხის ყვითრის ემულსიით და ცილოვანი წებოებით), რამაც დადებითი შედეგი არ გამოიღო იმ მიზეზით, რომ აღნიშნული ნივთიერებები ვერ უძლებენ ტენისა და ტემპერატურის ცვლილებებს და მოწყვლადი არიან მიკროორგანიზმების მიერ გამოწვეული ბიოდეგრადაციისადმი. რის გამოც, ფრესკის რესტავრაცია/კონსერვაცია მიმდინარეობს სინთეზური პოლიმერებით, მაგალითად ვინილაცეტატის და ეთილენის თანაპოლიმერის 3-5% დისპერსული ნარევი ან დისპერსია თანაპოლიმერისა ვინილაცეტატისა 2-ეთილჰექსილაკრილატთან. ზოგადად ხსენებული და მათი მსგავსი დისპერსული ნარევიები ხასიათდებიან შეწებების მაღალი უნარით და გამოიყენებიან ფრესკის ფერწერული ზედაპირის ფრაგმენტების შესაწებებლად, თუმცა დროთა განმავლობაში, ამგვარი დისპერსული ნარევისგან ჩამოყალიბებული ფირები შეიძლება გამუქდეს და დაიბზაროს ან განშრევდეს. საყურადღებოა, რომ ნახსენები პოლიმერული ნაერთები ვერ უძლებენ ტემპერატურის და ტენიანობის მკვეთრ ცვლილებებს.

ფრესკის რესტავრაციისას კარგი შედეგები მიიღება **სილიციუმორგანული პოლიმერების** და ზოგიერთ შემთხვევაში სხვა პოლიმერების ერთობლივი გამოყენებისას. **დაბალმოლეკულური პოლიორგანულსილოქსანები**<sup>11</sup> კარგად იხსნებიან არომატულ ნახშირწყალბადებში, დიეთილეთერში, ოთხქლოროვანი ნახშირბადში. ამგვარი ხსნარების დატანა ფრესკის ზედაპირს ანიჭებს ჰიდროფობიურ [7] თვისებას. უნდა აღინიშნოს, რომ ბოლო წლებში განსაკუთრებული

<sup>11</sup> ჰიდროფობიური პოლიკონდენსაციის შედეგად მიღებულ **პოლიორგანულსილოქსანებს** აქვთ შედარებით დაბალი მოლეკულური წონა. ისინი კარგად იხსნებიან არომატულ და ქლორებულ ნახშირწყალბადებში, ეთერებში, კეტონებში. სილიციუმორგანული პოლიმერების თვისებები განპირობებულია მათი **სილოქსანის ბმით (-Si-O-)** და ორგანული რადიკალების არსებობით **Si** ატომთან. აღსანიშნავია, რომ **Si-O** ბმა თერმულად უფრო მდგრადია, ვიდრე **C-C** ბმა.

ყურადღება ეთმობა წყალგაუმტარი სილოქსანების<sup>12</sup> პოლიმერული ნარევების მომზადებასა და შესწავლას. სილიციუმორგანული პოლიმერები ძალზე პერსპექტიული სუბსტანციებია ფრესკული ფერწერის კონსერვაცია/რესტავრაციისათვის იმ მიზეზით, რომ როცა დგება ჟამი მათი გარდაუვალი დესტრუქციისა (ფრესკაზე დატანიდან 50-100 წლის შემდეგ) ძეგლის ფორებში რჩება ინერტული ნაერთი - სილიციუმის დიოქსიდი (SiO<sub>2</sub>).

### გამოყენებული ლიტერატურა:

1. Bernard M. Fielden, Yucca Joquileto. Guidelines for the Management of World Heritage Sites. MANAGEMENT GUIDELINES FOR WORLD CULTURAL HERITAGE SITES Tbilisi 2007, p. 32-34.
2. Cultural Heritage Defender's Guide - <http://blueshield.ge/wp-content/uploads/2017/03/%E1%83%99%E1%83%A3%E1%83%9A%E1%83%A2%E1%83%A3%E1%83%A0%E1%83%A3%E1%83%9A%E1%83%98-%E1%83%9B%E1%83%94%E1%83%9B%E1%83%99%E1%83%95%E1%83%98%E1%83%93%E1%83%A0%E1%83%94%E1%83%9D%E1%83%91%E1%83%98%E1%83%A1-%E1%83%93%E1%83%90%E1%83%9B%E1%83%AA%E1%83%95%E1%83%94%E1%83%9A%E1%83%98%E1%83%A1-%E1%83%92%E1%83%96%E1%83%90%E1%83%9B%E1%83%99%E1%83%95%E1%83%9A%E1%83%94%E1%83%95%E1%83%98.pdf>
3. Art: short encyclopedic dictionary - in the Georgian language. Compiled by: Nana Macharashvili; Editor: Hamlet Chkhenkeli. ISBN 99928-32-31-2. Tbilisi, Meridian Publishing House, 2004. - 80 p.
4. Murad Tkemaladze. Icon painting technology (in Georgian). Tbilisi Theological Academy and Seminary Publishing House 2016. p. 412, 415.
5. M. V. Solovskii, G. E. Afinogenov, E. F. Panarin, E. V. Epanchintseva & N. A. Petukhova. Polymeric complexes of the antiseptic **Katamin AB** and their biological activity. Pharmaceutical Chemistry Journal. **25**, 1991, pages 267-271.
6. Chemistry and Technology of Surfactants. Edited by Richard J. Farn - Consultant and former Director of the British Association for Chemical Specialities. Blackwell Publishing - 2006; 331 p.
7. Flagg, Daniel H., "POLYORGANOSILOXANES: MOLECULAR NANOPARTICLES, NANOCOMPOSITES, AND INTERFACES" (2017). Doctoral Dissertations. 1080. <https://doi.org/10.7275/10575940.0> [https://scholarworks.umass.edu/dissertations\\_2/1080](https://scholarworks.umass.edu/dissertations_2/1080)

<sup>12</sup> Daniel H. Flagg University of Massachusetts Amherst / POLYORGANOSIL ORGANOSILOXANES: MOLECULAR NANOPARTICLES, TICLES, NANOCOMPOSI ANOCOMPOSITES AND IN TES AND INTERFACES. November 2017. [https://scholarworks.umass.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=2116&context=dissertations\\_2](https://scholarworks.umass.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=2116&context=dissertations_2)

**For the chemistry of cultural heritage**  
**(Part I - for fresco conservation/restoration)**

**Mamuka Matsaberidze<sup>1</sup>, Inga Janelidze<sup>2</sup>**

Professor, Faculty of Chemical Technology and Metallurgy of Georgian Technical University

Association Professor, Faculty of Chemical Technology and Metallurgy of Georgian Technical University

---

**Abstract**

The cultural heritage of Georgia, as an immortal chronicle of the development of the spiritual and material culture of our country, is a prerequisite for the formation of the self-consciousness of the Georgian nation and the continuity of the independent national culture and is an integral part of the cognitive-artistic treasure of humanity. This article is an attempt to provide methodological support for the cultural heritage conservation plan. As it is known, the cultural heritage conservation plan includes scientific, methodological, and practical regulations, defines the basic regulations and the list of acceptable works, as well as the procedures for the preservation and use of material cultural heritage monuments. The article discusses the functional characteristics of chemical substances used for the protection of cultural heritage and the chemical aspects of managing risk factors affecting the durability of the painted layer of the fresco.

**Key words:** cultural heritage, cultural heritage conservation plan, functional characteristics of chemical substances, risk factors affecting the durability of the fresco painting layer, Venice Charter, UNESCO, ICOMOS, authenticity of cultural heritage objects, cultural heritage conservation, John Ruskin, William Morris, Eugene Violet Le Duc, life cycle of high molecular compounds, restoration/conservation material, factory-made restoration/conservation polymer materials, fresco cultural heritage protection chemicals, slaked lime paints, glue paints, tempera paints, Chenino Chenini, Giorgio Vasari, Giotto, Michelangelo, Perugino, "Trilon B", BASF, chemical agent of chelating function - Chelating Agent, polyelectrolyte, isopropyl and white alcohols, pine essential oil, pinene, methylcellulose, carboxymethylcellulose, polyvinyl alcohol, fresco cleaning from soot and resinous substances, xylene, toluene, fresco anti Eptics, Katamine AB, polymer biocide Catapol (Catapol), biocidal product directive REACH (Registration, Evaluation, and Authorization of Chemicals) - "Registration, Evaluation, and Authorization of Chemicals" according to European legislation, 10% polyvinyl acetate dispersion, vinyl acetate and ethylene co-polymer 3- 5% dispersion mixture, dispersion with copolymer vinyl acetate 2-ethylhexyl acrylate, organosilicon polymers, low molecular weight polyorganosiloxanes, waterproof siloxanes.

## Diagnostic challenges for the distinction of high-grade prostatic adenocarcinoma and high-grade urothelial carcinoma of simultaneous occurrences - A literature review

Shreyas Bhushan Jayade<sup>1</sup>, Manana Jikurashvili<sup>2</sup>

<sup>1</sup>American MD program, Tbilisi State Medical University

<https://orcid.org/0000-0002-5875-2497>

<sup>2</sup>The Department of Pathology, Tbilisi State Medical University,

<https://orcid.org/0000-0002-1472-7417>

**Abstract:** Two of the most prevalent types of cancer in men are prostate adenocarcinoma and urothelial carcinoma. Both can appear separately in the prostate and bladder, simultaneously as separate tumors affecting either organ or sporadically as a collision tumor. Distinguishing these tumors by the pathologist can be challenging, especially when the high-grade, poorly differentiated forms infiltrate the surrounding organs. The correct approach by the pathologist is important due to the different treatment modalities for these two entities. This review of the literature gives a comprehensive overview, our succinct understanding of the significance of correctly differentiating between these two tumors, the challenges involved in doing so, and the best collection of crucial and useful immunohistochemical markers for better diagnostic performance.

The scientific papers used in this review were retrieved from the PubMed and Google Scholar databases. All the studies in this review have recently been peer-reviewed and published in academic journals. The literature was sifted through to find the most relevant and up-to-date information for medical professionals, specifically pathologists.

The review concluded that: 1) Prostatic and urothelial markers such as NKX3.1, p63, thrombomodulin, and GATA3 are very useful for distinguishing prostatic adenocarcinoma from urothelial carcinoma. 2) Prostate Specific Antigen (PSA) is a good (clinical) screening tool, but because of its inverse relationship with tumor grade (the higher the grade, the lower the sensitivity of PSA staining), it is not recommended for high-grade tumor differentiation. 3) HMWCK (34 $\beta$ e12) and p63 are said to be more effective than thrombomodulin and S100p in detecting urothelial cancer. 4) Thrombomodulin is only moderately sensitive to urothelial carcinoma. 5) Cytokeratins 7 and 20 can be positive in both urothelial carcinoma and prostatic adenocarcinoma, therefore their use is

restricted. The optimal combination of these markers may improve the ability to distinguish these tumors.

**Keywords:** *prostate adenocarcinoma, urothelial carcinoma, immunohistochemistry, pathologic diagnosis, collision tumor*

**Introduction:** Prostate adenocarcinoma (PAC) and urothelial carcinoma (UC) are two of the most common cancers affecting men worldwide. Both can manifest independently in each organ (prostate and urinary bladder), concurrently as separate tumors involving either organ or occasionally as a collision tumor. Pathologic differentiation between these tumors can be difficult, particularly in poorly differentiated, high-grade forms that infiltrate neighboring organs. Because of the different treatment modalities for these two entities, the distinction between histologic and immunohistochemical patterns is important. This review of the literature provides an overall summary and our concise understanding of the importance of proper differential diagnosis between these two tumors, the difficulties encountered in this process, and the best set of critical immunohistochemical markers for improved diagnostic performance.

**Methods:** The scientific papers used in this review were retrieved from the PubMed and GoogleScholar databases using various combinations of the following search keywords: prostate adenocarcinoma, urothelial carcinoma, immunohistochemistry, pathologic diagnosis, differential diagnosis, and collision tumor. Papers were restricted to human subjects and the English language. All the studies in this review have recently been peer-reviewed and published in academic journals. Small-scale studies that produced no statistically significant results were excluded. The inclusion criteria for UC were muscle-invasive, a high-grade disease with no variant morphology. The inclusion criteria for PAC were high grade tumors with Gleason score of 9 or 10, according to WHO/ISUP 2014. Studies that had assessed patients who had received neoadjuvant chemotherapy, hormone therapy, or radiation therapy were not included in this study. A total of 27 publications were selected. The literature was critically evaluated, to find the most relevant and up-to-date information for medical professionals, specifically pathologists, to help distinguish between high-grade urothelial carcinoma and high-grade prostatic adenocarcinoma.

**Discussion:** Prostate and urothelial carcinoma are two of the most common cancers in men worldwide. One in every eight men will be diagnosed with prostate cancer during his lifetime. Prostate cancer is more common in older men and non-Hispanic Black men. About 6 out of 10 cases are diagnosed in men 65 and older, and it is uncommon in men under 40.

Men are diagnosed at an average age of 66. Bladder cancer is more common in older people. Approximately 9 out of 10 people diagnosed with this cancer are over the age of 55. People are diagnosed at an average age of 73. Overall, men have a one in 27 chance of developing this cancer during their lifetime. Women have a chance of about 1 in 89 [1]. In the Western world, prostate cancer

is the most common cancer in men aged 60 and up, while urothelial carcinoma is more common in men aged 65 to 84, and is more common in men than women.

These cancers can appear as separate carcinomas, collision tumors, or tumors infiltrating the bladder or the prostate. A collision tumor is a rare but well-studied type of neoplastic lesion composed of two benign tumors, one benign and one malignant tumor, or two malignant tumors. Because of the close anatomic proximity of these organs, UC invasion into the prostate and vice versa is a common occurrence [3]. UC can affect the prostate by directly invading cancer cells into the prostatic stroma or intraductal extensions without invasion. Prostatic adenocarcinoma can involve the bladder either through metastasis or through direct extension, accounting for 12% of all UCs [2].

Diagnostic difficulties do not arise in well-differentiated PAC or even well-differentiated UC because the hematoxylin and eosin stain easily distinguish these tumors based on their common histologic features. The urothelial origin is suggested by the presence of surface neoplasia, nested growth, prominent nuclear pleomorphism, glassy eosinophilic cytoplasm, and high mitotic activity. Furthermore, squamous differentiation foci strongly suggest UC. PAC, on the other hand, is distinguished by predominantly acinar or cribriform architecture, minimal nuclear pleomorphism, nucleolar prominence, foamy and pale cytoplasm, and low mitotic activity [1].

Distinguishing poorly differentiated urothelial carcinoma from high-grade prostatic adenocarcinoma is a common challenge in genitourinary pathology, especially when the tumor involves the bladder neck, or prostatic urethra. Because of the morphologic overlap, hematoxylin and eosin staining are ineffective.

PSA is a serine protease found in the prostatic epithelium and seminal fluid that has remained the mainstay biomarker for prostate cancer diagnosis and management since its widespread use as a screening tool nearly 25 years ago. Although it has resulted in a significant increase in prostate cancer detection, PSA has significant drawbacks in terms of sensitivity and specificity, which is especially noticeable in high-grade adenocarcinomas. As the Gleason score rises, so does the drop in PSA sensitivity. According to immunohistochemistry, up to 13% of high-grade cancers are completely negative for PSA [4].

The distinction between poorly differentiated prostate cancer of the urinary bladder neck and high-grade urothelial carcinoma with prostatic extension has important therapeutic and staging implications. For example, cystoprostatectomy, the standard surgical procedure for the treatment of bladder cancer, is ineffective for prostatic cancer, and determining the tumor stage for prognosis would necessitate correct diagnosis because the extension of bladder cancer into the prostate, as well as prostate cancer into the bladder, would indicate pT4 disease. As a result, distinguishing them is critical to providing appropriate treatment [5].

Many studies have used immunohistochemistry to assess the use of various lineage markers in distinguishing urothelial carcinomas from prostate adenocarcinomas. In most cases, a panel of markers

is useful in distinguishing between the two entities. Prostatic differentiation is supported by markers such as prostate-specific antigen (PSA), prostate-specific acidphosphatase (PSAP), prostate-specific membrane antigen (PSMA), P501s, NKX3.1, and erythroblast transformation specific-related gene (ERG); whereas urothelial differentiation and origin are supported by markers such as high molecular weight cytokeratin (34 $\beta$ e12), CK7, p63, thrombomodulin, uroplakin III, GATA 3 [6, 7, 8, 9, 10, 11, 12]. Not all of these indicators are required in every case. It is best, to begin with, a few markers with high sensitivity and specificity and then add markers as needed. In the majority of cases, PSA, CK34 $\beta$ e12, and p63 are excellent starting points.

Prostate-specific membrane antigens include prostate marker protein (P501s) (prostein), prostate-specific membrane antigen (PSMA), and NKX3.1 [27].

P501s, a 553-amino acid protein found in the Golgi complex, is a newer prostate-specific protein discovered using high-throughput microarray screening and cDNA subtraction. Both benign and malignant prostatic epithelial cells contain P501s [2].

PSMA, a type II membrane glycoprotein containing 750 amino acids, is expressed by both benign and malignant prostatic epithelial cells, with malignant prostatic epithelial cells staining more strongly. PSMA is a highly specific marker of prostatic lineage, but it is also found in non-prostatic tissues such as the duodenum, neuroendocrine cells, endothelial cells in some neoplasms, and proximal renal tubules [2].

NKX3-1 is an androgen-regulated, prostate-specific homeobox gene with predominant expression in the prostate epithelium. It functions as a transcription factor and is essential for prostate development and tumor suppression. It inhibits the growth of epithelial cells in prostate tissue. The NKX3-1 gene encodes the NKX3-1 homeobox protein, which is also found in urothelial cells, normal testis, lobular breast carcinoma, and bronchial mucous glands [2].

In prostate cancer, AMACR (alpha-Methylacyl-CoA Racemase) is consistently overexpressed compared to benign prostatic tissue. It codes for a cytoplasmic protein that participates in the  $\beta$ -oxidation of branched-chain fatty acids. AMACR is not specific to prostate cancer; it is also expressed by other cancers, most notably colorectal carcinomas and papillary renal cell carcinomas. The expression of AMACR is cytoplasmic, with a granular staining pattern. Apical predominance and heterogeneity are evident in the staining. Currently, AMACR is used to supplement basal cell markers in antibody cocktail formats. The average sensitivity for detecting limited prostate carcinoma in needle biopsies is 70-80%, with lower sensitivity reported in certain morphologic variants such as foamy, pseudohyperplastic, and atrophic variants of typical acinar prostate adenocarcinoma [13, 14, 15].

Urothelial markers include high molecular weight cytokeratin (HMWCK), p63, thrombomodulin, S100P (placental S100), and GATA3.

HMWCK (34 $\beta$ e12) and p63 are more sensitive to high-grade urothelial cancer than novel markers

like thrombomodulin and S100P [27]. HMCWCK (34βe12) is a highly sensitive urothelial lineage marker (CK), which also includes CK1, CK5, CK14, and CK20. It is only reactive against high-molecular-weight cytokeratins (CKs). It has the same sensitivity as p63 and is said to outperform uroplakin III and thrombomodulin [2].

p63, a tumor suppressor gene homolog, encodes at least six different proteins with various biologic functions, one of which is urothelial differentiation. With consistent diffuse nuclear positivity, p63 is a fairly sensitive and highly specific marker of urothelial carcinoma [2,16].

HMCWCK (34βe12) and p63 are basal cell markers in prostatic tissue and are typically absent in invasive prostatic adenocarcinoma.

Thrombomodulin, also known as CD141, is a surface glycoprotein that regulates intravascular coagulation and is expressed in a variety of tumors including mesothelioma, endothelial vascular tumors, squamous carcinomas, urothelial carcinomas, and various adenocarcinomas in both primary and metastatic settings. This marker's lack of specificity to urothelial differentiation limits its utility in this context. However, as demonstrated in several studies mentioned in this section, this marker can be useful in the workup of a potential urothelial tumor when used in conjunction with other markers [2, 17].

S100P is a protein from the S100 family discovered in the placenta and was thus named S100P (it is different from the S100 widely used in melanocytic and nerve sheath tumors). S100P expression by IHC has been described in benign and malignant urothelial cells, pancreatic carcinoma, esophageal squamous mucosa, and breast carcinoma, in addition to the placenta [2,11].

GATA3 is a transcription factor of the GATA family that regulates genes involved in the luminal differentiation of breast epithelium, genes involved in T-cell development, and genes involved in the development or maintenance of skin, trophoblasts, and some endothelial cells. GATA3 has been identified as an IHC marker for both primary and metastatic mammary and urothelial carcinomas. Despite the promising specificity and sensitivity, recent studies have shown that not all cases of prostatic adenocarcinoma can be positive for GATA3, posing a potential diagnostic challenge. McDonald, Timothy M recently represented nine cases of prostatic adenocarcinoma with aberrant positive GATA3 staining. All nine cases were PAC, with a Gleason grade of 5. GATA3 positivity was strong and diffuse in four cases, strong and patchy in two cases, and strong and focal in three cases. All of the patients tested positive for NKX3.1, six tested positive for p501s, and six tested positive for PSA, with seven of the nine cases expressing at least two prostate-specific markers. To avoid the diagnostic blunder, poorly differentiated carcinomas of the prostate, bladder neck, or trigone should be assessed not only with GATA3 but also with prostate-specific markers, according to the current research. GATA3 can still be useful in the workup of a neoplasm with a possible urothelial origin if used in the right context and in the right conjunction with other antibodies [2, 18, 19, 20, 21, 22].

Uroplakins are widely considered to be urothelium-specific proteins of terminal urothelial cell differentiation, and they are positive in both primary and metastatic urothelial carcinoma. Despite



being specific to urothelial differentiation, they are not very sensitive because some urothelial carcinomas do not express these markers, limiting their practical use and necessitating the inclusion of other markers in the workup for a potential urothelial tumor [23, 24, 25, 26].

**Conclusion:** High-grade prostatic adenocarcinoma and urothelial carcinoma of the urinary bladder can have ambiguous morphologic features that make a definitive diagnosis impossible. The distinction between these two tumors has important implications for staging and treatment. As a result, accurate diagnosis is critical for optimal patient care and may necessitate the use of highly sensitive immunohistochemical markers.

The review concluded that: 1) Prostatic and urothelial markers such as NKX3.1, p63, thrombomodulin, and GATA3 are very useful for distinguishing prostatic adenocarcinoma from urothelial carcinoma. 2) PSA is a good (clinical) screening tool, but because of its inverse relationship with tumor grade (the higher the grade, the lower the sensitivity of PSA staining), it is not recommended for high-grade tumor differentiation. 3) HMWCK (34βe12) and p63 are said to be more effective than thrombomodulin and S100p in detecting urothelial cancer. 4) Thrombomodulin is only moderately sensitive to UC. 5) Cytokeratins 7 and 20 can be positive in both UC and Prostatic adenocarcinoma, therefore their use is restricted.

The optimal combination of these immunohistochemical markers may improve the ability to distinguish PCA from UC.

**Limitations:** The immunohistochemical markers for urothelial carcinoma and prostatic adenocarcinoma are based on the research and clinical expertise of pathologists who have worked on cases and conducted studies to support their hypotheses. However, in a clinical scenario, the immunohistochemical panel is not absolute but depends on the individual case presented. This panel mentioned is solely based on research and functions to provide an overall understanding of the topic.

#### **Acknowledgments:**

I am grateful to Doctor Manana Jikurashvili with whom I have had the pleasure to work during this project. I am grateful to Professor Rima Beriashvili, who helped me through the process and guided me from the very start. I am grateful to Tbilisi State Medical University for giving me this opportunity and helping me see this project through with extensive personal and professional guidance and taught me a great deal about both scientific research and life in general.

**Conflicts of Interest:** No potential conflict of interest relevant to this article was reported.

## References:

1. Mohanty SK, Smith SC, Chang E, et al. Evaluation of contemporary prostate and urothelial lineage biomarkers in a consecutive cohort of poorly differentiated bladderneck carcinomas. *Am J Clin Pathol.* 2014;142(2):173-183. doi:10.1309/AJCPK1OV6IMNPFGL
2. Oh WJ, Chung AM, Kim JS, et al. Differential Immunohistochemical Profiles for Distinguishing Prostate Carcinoma and Urothelial Carcinoma. *J Pathol Transl Med.* 2016;50(5):345-354. doi:10.4132/jptm.2016.06.14
3. Martínez-Rodríguez M, Ramos D, Soriano P, Subramaniam M, Navarro S, LlombartBosch A. Poorly differentiated adenocarcinomas of the prostate versus high-grade urothelial carcinoma of the bladder: a diagnostic dilemma with the immunohistochemical evaluation of 2 cases. *Int J Surg Pathol.* 2007;15(2):213-218. doi:10.1177/1066896906295822
4. Epstein JI, Egevad L, Humphrey PA, Montironi R; Members of the ISUP Immunohistochemistry in Diagnostic Urologic Pathology Group. Best practices recommendations in the application of immunohistochemistry in the prostate: report from the International Society of Urologic Pathology consensus conference. *Am J SurgPathol.* 2014;38(8):e6-e19. doi:10.1097/PAS.0000000000000238
5. Signoretti S, Waltregny D, Dilks J, et al. p63 is a prostate basal cell marker and is required for prostate development. *Am J Pathol.* 2000;157(6):1769-1775. doi:10.1016/S00029440(10)64814-6
6. Amin MB, Trpkov K, Lopez-Beltran A, Grignon D; Members of the ISUP Immunohistochemistry in Diagnostic Urologic Pathology Group. Best practices recommendations in the application of immunohistochemistry in the bladder lesions: report from the International Society of Urologic Pathology consensus conference. *Am JSurg Pathol.* 2014;38(8):e20-e34. doi:10.1097/PAS.0000000000000240.
7. Genega EM, Hutchinson B, Reuter VE, Gaudin PB. Immunophenotype of high-grade prostatic adenocarcinoma and urothelial carcinoma. *Mod Pathol.* 2000;13(11):1186- 1191. doi:10.1038/modpathol.3880220
8. Chuang AY, DeMarzo AM, Veltri RW, Sharma RB, Bieberich CJ, Epstein JI. Immunohistochemical differentiation of high-grade prostate carcinoma from urothelial carcinoma. *Am J Surg Pathol.* 2007;31(8):1246-1255. doi:10.1097/PAS.0b013e31802f5d33.
9. Hameed O, Humphrey PA. Immunohistochemistry in diagnostic surgical pathology of the prostate. *Semin Diagn Pathol.* 2005;22(1):88-104. doi:10.1053/j.semmp.2005.11.001
10. Hameed O, Humphrey PA. Immunohistochemistry in diagnostic surgical pathology of the prostate. *Semin Diagn Pathol.* 2005;22(1):88-104. doi:10.1053/j.semmp.2005.11.001
11. Higgins JP, Kaygusuz G, Wang L, et al. Placental S100 (S100P) and GATA3: markers for transitional epithelium and urothelial carcinoma discovered by complementary DNA microarray. *Am J Surg Pathol.* 2007;31(5):673-680. doi:10.1097/01.pas.0000213438.01278.5f
12. Miettinen M, McCue PA, Sarlomo-Rikala M, et al. GATA3: a multispecific but potentially

- useful marker in surgical pathology: a systematic analysis of 2500 epithelial and non-epithelial tumors. *Am J Surg Pathol*. 2014;38(1):13-22.  
doi:10.1097/PAS.0b013e3182a0218f
13. Rubin MA, Zhou M, Dhanasekaran SM, et al. alpha-Methylacyl coenzyme A racemase as a tissue biomarker for prostate cancer. *JAMA*. 2002;287(13):1662-1670.  
doi:10.1001/jama.287.13.1662.
  14. Luo J, Zha S, Gage WR, et al. Alpha-methyl acyl-CoA racemase: a new molecular marker for prostate cancer. *Cancer Res*. 2002;62(8):2220-2226.
  15. Paner GP, Luthringer DJ, Amin MB. Best practice in diagnostic immunohistochemistry: prostate carcinoma and its mimics in needle core biopsies. *Arch Pathol Lab Med*. 2008;132(9):1388-1396. doi:10.5858/2008-132-1388-BPIDIP
  16. Ud Din N, Qureshi A, Mansoor S. Utility of p63 immunohistochemical stain in differentiating urothelial carcinomas from adenocarcinomas of prostate. *Indian J Pathol Microbiol*. 2011;54(1):59-62. doi:10.4103/0377-4929.77326
  17. Ordóñez NG. Thrombomodulin expression in transitional cell carcinoma. *Am J Clin Pathol*. 1998;110(3):385-390. doi:10.1093/ajcp/110.3.385
  18. Mohammed KH, Siddiqui MT, Cohen C. GATA3 immunohistochemical expression in invasive urothelial carcinoma. *Urol Oncol*. 2016;34(10):432.e9-432.e13.  
doi:10.1016/j.urolonc.2016.04.016
  19. McDonald TM, Epstein JI. Aberrant GATA3 Staining in Prostatic Adenocarcinoma: A Potential Diagnostic Pitfall. *Am J Surg Pathol*. 2021;45(3):341-346.  
doi:10.1097/PAS.0000000000001557.
  20. Chou J, Provot S, Werb Z. GATA3 in development and cancer differentiation: cells GATA has it! *J Cell Physiol*. 2010;222(1):42-49. doi:10.1002/jcp.21943.
  21. Miettinen M, McCue PA, Sarlomo-Rikala M, et al. GATA3: a multispecific but potentially useful marker in surgical pathology: a systematic analysis of 2500 epithelial and non-epithelial tumors. *Am J Surg Pathol*. 2014;38(1):13-22.  
doi:10.1097/PAS.0b013e3182a0218f
  22. Tian W, Dorn D, Wei S, et al. GATA3 expression in benign prostate glands with radiation atypia: a diagnostic pitfall. *Histopathology*. 2017;71(1):150-155.  
doi:10.1111/his.13214
  23. Olsburgh J, Harnden P, Weeks R, et al. Uroplakin gene expression in normal human tissues and locally advanced bladder cancer. *J Pathol*. 2003;199(1):41-49.  
doi:10.1002/path.1252
  24. Kageyama S, Yoshiki T, Isono T, et al. High expression of human uroplakin Ia in urinary bladder transitional cell carcinoma. *Jpn J Cancer Res*. 2002;93(5):523-531.  
doi:10.1111/j.13497006.2002.tb01287.
  25. Mhaweche P, Uchida T, Pelte MF. Immunohistochemical profile of high-grade urothelial bladder carcinoma and prostate adenocarcinoma. *Hum Pathol*. 2002;33(11):1136-1140.

doi:10.1053/hupa.2002.129416

26. Xu X, Sun TT, Gupta PK, Zhang P, Nasuti JF. Uroplakin as a marker for typing metastatic transitional cell carcinoma on fine-needle aspiration specimens. *Cancer*. 2001;93(3):216-221. doi:10.1002/cncr.9032
27. Chuang AY, DeMarzo AM, Veltri RW, Sharma RB, Bieberich CJ, Epstein JI. Immunohistochemical differentiation of high-grade prostate carcinoma from urothelial carcinoma. *Am J Surg Pathol*. 2007;31(8):1246-1255. doi:10.1097/PAS.0b013e31802f5d33

#### Abbreviations:

PAC - Prostatic AdenoCarcinomaUC -

Urothelial Carcinoma

WHO/ISUP – World Health Organization/the International Society of Urologic Pathologists  
PSA - Prostate-Specific Antigen

PSAP - Prostate-Specific Acid Phosphatase PSMA -

Prostate-Specific Membrane Antigen

ERG - Erythroblast transformation specific-Related Gene

AMACR - Alpha-Methyl-Acyl-CoA Racemase

HMWCK - High Molecular Weight Cytokeratin

დიაგნოსტიკური სირთულეები მაღალი ხარისხის ავთვისებიანობის პროსტატის  
ადენოკარცინომისა და მაღალი ხარისხის ავთვისებიანობის უროთელური კარცინომის  
თანაარსებობისას - ლიტერატურის მიმოხილვა  
შრეიას ბჰუმან ჯეიადი<sup>1</sup>, მანანა ჯიქურაშვილი<sup>2</sup>

<sup>1</sup>დიპლომირებული მედიკოსის ამერიკული პროგრამა, თბილისის სახელმწიფო სამედიცინო  
უნივერსიტეტი <https://orcid.org/0000-0002-5875-2497>

<sup>2</sup>პათოლოგიის დეპარტამენტი, თბილისის სახელმწიფო სამედიცინო უნივერსიტეტი,  
<https://orcid.org/0000-0002-1472-7417>

**აბსტრაქტი:** მამაკაცებში ორ ყველაზე გავრცელებულ სიმსივნეს მიეკუთვნება პროსტატის ადენოკარცინომა და გარდამავალუჯრედული, იგივე უროთელური კარცინომა. ორივე სიმსივნე შესაძლოა გამოვლინდეს ერთმანეთისაგან დამოუკიდებლად პროსტატაში ან შარდის ბუშტში ან ერთდროულად ცალკეულ სიმსივნეებად, რომლებიც ერთ-ერთ ორგანოშია გავრცელებული ან სპორადულად ე.წ. შერწყმული სიმსივნის სახით. პათოლოგანატომისათვის ამ სიმსივნეების ერთმანეთისაგან განსხვავება წარმოადგენს დიაგნოსტიკურ სირთულეს მაღალი ხარისხის ავთვისებიანობის მქონე ფორმების დროს, როდესაც ხდება სიმსივნის ირგვლივმდებარე ორგანოებში გავრცელება. აღნიშნული

სიმსივნეების განსხვავებული მკურნალობის ტაქტიკის გამო მნიშვნელოვანია მათი სწორი დიაგნოსტიკა.

ჩვენი მიმოხილვითი სტატიით შეკრებილია ინფორმაცია დიაგნოსტიკური სირთულეებისა და გადამწყვეტი იმუნოჰისტოქიმიური მარკერების შესახებ პროსტატის ადენოკარცინომისა და უროთელური კარცინომის სწორად დიფერენცირების მიზნით. ამ მიმოხილვაში გამოყენებულია PubMed და Google Scholar მონაცემთა ბაზების აკადემიურ ჟურნალებში გამოქვეყნებული სამეცნიერო ნაშრომები. მათგან მოპოვებულია პათოლოგანატომებისათვის მნიშვნელოვანი, აქტუალური და უახლესი ინფორმაცია.

წარმოდგენილი მიმოხილვით გამოვლინდა რომ: 1) პროსტატის ადენოკარცინომისა და უროთელური კარცინომის დიფერენცირების მიზნით ყველაზე ინფორმატიული იმუნოჰისტოქიმიური მარკერებია: NKX3.1, p63, თრომბომოდულინი და GATA3. 2) პროსტატის სპეციფიკური ანტიგენი (PSA) არის კარგი კლინიკური სასკრინინგო მარკერი, თუმცა მაღალი ხარისხის ავთვისებიანობის მქონე სიმსივნეებში ის კარგავს სენსიტიურობას (რაც უფრო მაღალია ავთვისებიანობის ხარისხი, იგივე გრეიდი, მით უფრო დაბალია PSA მგრძობელობა/შედგენის ინტენსივობა) და სწორად ვერ ადიფერენცირებს აღწერილ სიმსივნეებს ერთმანეთისაგან. 3) უროთელური კარცინომის გამოსავლენად HMWCK (34βe12) და p63 უფრო ეფექტურია, ვიდრე თრომბომოდულინი და S100p. 4) თრომბომოდულინი გამოირჩევა ზომიერი მგრძობელობით უროთელური კარცინომის დიაგნოსტიკაში. 5) ციტოკერატინი 7 და 20 შესაძლოა დადებითი იყოს როგორც უროთელური კარცინომის, ასევე პროსტატის ადენოკარცინომის დროს, ამიტომ მათი გამოყენება ნაკლებად სასარგებლო ინფორმაციის მომცემია.

წარმოდგენილი მარკერების ოპტიმალური კომბინაციით შესაძლებელია გაუმჯობესებულ იქნას აღწერილი სიმსივნეების დიფერენციული დიაგნოსტიკა.

**საძიებო სიტყვები:** პროსტატის ადენოკარცინომა, უროთელური კარცინომა, იმუნოჰისტოქიმიკა, პათოლოგიური დიაგნოზი, შერწყმული სიმსივნე

## კანის ბაზალურუჯრედოვანი და ბრტყელუჯრედოვანი კარცინომების პროგრესიისა და რეციდივის რისკის მოლეკულური მახასიათებლების პრობლემური საკითხები

გიორგი არველაძე<sup>1</sup>, რიმა ბერიაშვილი<sup>2</sup>, შოთა კეპულაძე<sup>3</sup>, გიორგი ბურკაძე<sup>4</sup>

<sup>1</sup>თბილისის სახელმწიფო სამედიცინო უნივერსიტეტის Phd სტუდენტი; ექიმი-დერმატოლოგი;

<sup>2</sup>თბილისის სახელმწიფო სამედიცინო უნივერსიტეტის პროფესორი, ციტოპათოლოგიური დეპარტამენტის ხელმძღვანელი;

<sup>3</sup>თბილისის სახელმწიფო სამედიცინო უნივერსიტეტის Phd სტუდენტი; ექიმი პათოლოგანატომი;

<sup>4</sup>თბილისის სახელმწიფო სამედიცინო უნივერსიტეტის პროფესორი, მოლეკულური პათოლოგიის დეპარტამენტის ხელმძღვანელი

### აბსტრაქტი

კანის არამელანომური სიმსივნეები წარმოადგენს საკმაოდ ხშირ სიმსივნურ პათოლოგიას. განსაკუთრებით მაღალი ავთვისებიანობით ხასიათდება კანის ბრტყელუჯრედოვანი კარცინომა, რომელსაც ახასიათებს მაღალი მეტასტაზირების უნარი. თუმცა ასევე ნაჩვენებია, რომ კანის ბაზალურ კარცინომის მქონე პაციენტებში გაზრდილია კანის ბრტყელუჯრედოვანი კარცინომის განვითარების რისკი. აღნიშნული სიმსივნეების მოლეკულური ფენოტიპი, ისევე როგორც პროგრესიის მარკერები კარგად შესწავლილი არაა. ასევე არ არსებობს ერთგვაროვანი მოსაზრება ამ სიმსივნეების წარმოშობის შესახებ, თუმცა ვარაუდობენ, რომ ორივე აღნიშნულ სიმსივნეს გააჩნია საერთო წინამორბედი ბაზალური უჯრედი, კერძოდ, ბაზალურ უჯრედოვან კარცინომას კანის დანამატების ბაზალური უჯრედები, ხოლო ბრტყელუჯრედოვან კარცინომას ეპიდერმისის ბაზალური უჯრედები. სადღეისოდ არსებულ ლიტერატურაში არსებობს მხოლოდ მწირი და ურთიერთსაწინააღმდეგო მონაცემები კანის არამელანომური სიმსივნეების მოლეკულური მარკერებისა და მათი პროგრესიის რისკის შესახებ. გარდა ამისა არ არის შესწავლილი კორელაციური კავშირი კანის ალამერანომური სიმსივნეების დერმოსკოპიულ მონაცემებსა და ჰისტოპათოლოგიურ მახასიათებლებს შორის. ჩვენს მიერ წარმოდგენილ სადოქტორო კვლევის პროგრამაში დეტალურად იქნება შესწავლილი კანის არამელანომური სიმსივნეების, კანის ბაზალურუჯრედოვანი კარცინომის და ბრტყელუჯრედოვანი კარცინომის მოლეკულური მახასიათებლები, კერძოდ აღნიშნული სიმსივნეების პროგრესიის და რეციდივის რისკის მარკერები. ასევე შესწავლილი იქნება დერმოსკოპიულ და

ჰისტოპათოლოგიურ მონაცემებს შორის კორელაციური კავშირები. ამიტომ მნიშვნელოვანია ბაზალური უჯრედების ფენოტიპური თავისებურებების შესწავლა და მათი მოლეკულური მახასიათებლების გამოყენება აღნიშნულ დაავადებათა რეციდივისა და პროგრესიის რისკის შესაფასებლად.

**საკვანძო სიტყვები:** ბაზალურ უჯრედოვანი კარცინომა; ბრტყელუჯრედოვანი კარცინომა; მოლეკულური მარკერები;

კანის არამელანომური სიმსივნეები წარმოადგენს საკმაოდ ხშირ ავთვისებიან პათოლოგიას. საქართველოში, ყოველ 100 000 მოსახლეზე ვითარდება 4.8 კანის არამელანომური სიმსივნე[1]. კანის არამელანომური სიმსივნეების 70-80% წარმოდგენილია ბაზალურ უჯრედოვანი კარცინომით, ხოლო დაახლოებით 20-30% კი ბრტყელუჯრედოვანი კარცინომით. კანის არამელანომური სიმსივნეები ხასიათდება განსხვავებული ქცევით, ზრდისა და მეტასტაზირების უნარით. მეტასტაზური ბაზალურ უჯრედოვანი კარცინომა საკმაოდ იშვიათია და სიკვდილიანობის მაჩვენებელი შეადგენს დაახლოებით 0,02-ს 100,000 შემთხვევიდან. მეორე მხრივ, ბრტყელუჯრედოვანი კარცინომა ხასიათდება უფრო მაღალი მეტასტაზირების უნარით, რომელიც ცვალებადობს 0,1-9,9%-მდე და იგი წარმოადგენს კანის არამელანომური კარცინომებით სიკვდილიანობის დაახლოებით 75%-ს.[2]

კანის ბაზალურუჯრედოვანი კარცინომა წარმოადგენს კანის ეპითელიური წარმოშობის პირველადი სიმსივნეების 75%-ს (5). ახასიათებს ნელი ზრდა და იშვიათად იძლევა მეტასტაზებს დაბალი ანგიოგენური პოტენციალის გამო, თუმცა გააჩნია ლოკალური ინვაზიის, ქსოვილის დესტრუქციისა და რეციდივის განვითარების უნარი[5]. ბაზალურ უჯრედოვანი კარცინომის ინდივიდუალური რისკ-ფაქტორებია სქესი, ასაკი, იმუნოსუპრესია, კანის ნათელი ფოტოტიპი (I and II, Fitzpatrick classification), კანის ბრტყელუჯრედოვანი კარცინომის ოჯახური ანამნეზი, ჭორფლები, კანისა და თმის ღია შეფერილობა. გარემოს რისკ-ფაქტორებიდან კარგად შესწავლილია კანზე მზის ულტრაიისფერი სხივების ზემოქმედება. ულტრაიისფერი B გამოსხივება (UBV) დნმ-ში წარმოქმნის მუტაგენურ ფოტო-პროდუქტს, როგორცაა ციკლოპირიმიდინის დიმერი და იწვევს სიმსივნის სუპრესორი P53 გენის მუტაციას. ულტრაიისფერი A გამოსხივება (UAV) კი ახდენს არაპირდაპირ ზემოქმედებას ციტოტოქსიური და მუტაგენური თავისუფალი რადიკალების დაგროვებით[2], [3].

ბაზალურუჯრედოვანი კარცინომის პათოგენეზი, ძირითადად, დაკავშირებულია Hedgehog სასიგნალო გზის აქტივაციასთან. უჯრედშიდა Hedgehog (Hh) ცილების ოჯახი მნიშვნელოვან როლს ასრულებს ემბრიოგენული განვითარების მრავალ ფუნდამენტურ პროცესში. კანში Hh სასიგნალო გზა პასუხისმგებელია ღეროვანი უჯრედების პოპულაციის შენარჩუნებაზე, თმის ფოლიკულებისა და ცხიმოვანი ჯირკვლების განვითარებაზე. Hh სასიგნალო გზის ცენტრალური კომპონენტები წარმოადგენილია სამი სეკრეტირებული ლიგანდით (Sonic HH, indiana HH and Desert HH), ტრანსმემბრანული რეცეპტორის ცილებით (PTCH1 and PTCH2), SMO ცილით და ბოლოს, GLI ტრანსკრიფციის ფაქტორებით (Gli1, Gli2, Gli3). Hh სასიგნალო გზის გააქტიურება დამოკიდებულია სპეციალიზებულ სტრუქტურაზე, რომელიც გვხვდება თითქმის ყველა ტიპის უჯრედის პლაზმურ მემბრანაზე და მოქმედებს,

როგორც სენსორი უჯრედგარე სიგნალებისთვის. Hh სასიგნალო გზა აქტიურდება, როდესაც HH ლიგანდები უკავშირდებიან PTCH1-ს, რაც განაპირობებს SMO-ს ინჰიბიციას და ტრანსკრიფციის ფაქტორების გამოთავისუფლებას. ისინი გადაინაცვლებენ ბირთვში და იწვევენ სპეციფიკური გენების ტრანსკრიფციას, რომლებიც პასუხიმგებლები არიან უჯრედების თვითგანახლებაზე[4].

ბრტყელუჯრედოვანი კარცინომა ხასიათდება ინვაზიური ბრტყელუჯრედოვანი უჯრედების ატიპური პროლიფერაციით, რომელთაც გააჩნიათ მეტასტაზირების უნარი. გარდა ამისა, ბრტყელუჯრედოვანი კარცინომა ხასიათდება რეციდივის განვითარების მაღალი რისკით, რომელიც ასევე დამოკიდებულია სიმსივნის დიფერენციაციის ხარისხზე, დაზიანების სიღრმეზე, პერინევრულ ინვაზიაზე, პაციენტის იმუნური სისტემის მდგომარეობასა და ანატომიურ ლოკალიზაციაზე. იდენტიფიცირებულია კანის ბრტყელუჯრედოვანი კარცინომების განვითარების რამდენიმე რისკ-ფაქტორი, მათ შორის, დიდი დროის გატარება მზის ქვეშ, ადამიანის პაპილომაავირუსის მე-16, 18 და 31-ე ტიპები და კანის გენეტიკური პათოლოგიები, როგორებიცაა ალბინიზმი, პიგმენტური ქსეროდერმა და ვერუციფორმული ეპიდერმოლისპლაზია. თუმცა, ყველაზე მნიშვნელოვანი რისკ ფაქტორია მზის სხივებისა და ულტრაიისფერი გამოსხივების ზემოქმედება. ჩვეულებრივ ბრტყელუჯრედოვანი კარცინომა ვითარდება მზის მიერ ადვილად მიდგომად კანის ნაწილებში, კერძოდ, ამ სიმსივნეების 55% ვითარდება თავისა და კისრის რეგიონში. გარდა ამისა, ბრტყელუჯრედოვანი კარცინომა ხშირად ვითარდება ხელის მტევნებსა და წინამხრებზე. თუმცა, ასევე შესაძლებელია, შემთხვევათა 13%-ში კანის ბრტყელუჯრედოვანი კარცინომის განვითარება ქვედა კიდურებზე. იგი წარმოადგენს საკმაოდ ხშირ დაზიანებას და გვხვდება მოზრდილთა პოპულაციის დაახლოებით 40%-ში[2], [5].

აქტინური კერატოზი ითვლება კანის ბრტყელუჯრედოვანი კარცინომის ყველაზე ადრეულ მანიფესტაციად. აქტინური კერატოზის ბრტყელუჯრედოვან კარცინომად ტრანსფორმაციისთვის მნიშვნელოვანია დისპლაზიის ხარისხი და P53-ის ექსპრესია. კვლევებმა აჩვენა, რომ P53 გენი მუტაციას განიცდის აქტინური კერატოზის შემთხვევების ნახევარში და კანის ბრტყელუჯრედოვანი კარცინომის ნახევარზე მეტში, თუმცა, კავშირი აქტინური კერატოზის სისქესა და დისპლაზიის ხარისხს, ან P53 გენის ექსპრესიასთან არ არის კარგად გამოვლენილი. გარდა ამისა, შესწავლია T-კადჰერინების როლი აქტინური კერატოზის კანის ბრტყელუჯრედოვან კარცინომად ტრანსფორმაციის პროცესში. აღმოჩნდა, რომ აქტინური კერატოზი, რომელიც ხასიათდება ეპიდერმისის ბაზალურ შრეში T-კადჰერინის ნაწილობრივი, ან ვრცელი რეგიონალური კარგვით, გარდაიქმენა კანის T-კადჰერინ ნეგატიურ ბრტყელუჯრედოვან კარცინომად. სავარაუდოა, რომ ცალკეულ ნიმუშებში T-კადჰერინის დანაკარგი მიუთითებს აქტინური კერატოზის აგრესიულ ბრტყელუჯრედოვან ტრანსფორმაციაზე[4], [6].

კანის ბრტყელუჯრედოვანი კარცინომის პათოგენეზისა და მოლეკულური მექანიზმების შესწავლისას ჩატარებული კვლევით აღმოჩნდა, რომ მხოლოდ სამი გენი (KRT16, PI3 and EGR3) ექსპრესირებს დიფერენცირებულად და მათგან EGR3 ხასიათდება ერთნაირი ექსპრესიით გამოსაკვლევი მასალის უმრავლესობაში. აღსანიშნავია, რომ EGR3 აღმოჩნდა ყველაზე



დიფერენცირებულად ექსპრესირებული გენი კანის ბრტყელუჯრედოვანი კარცინომის შემთხვევაში, შესაბამისად, აქვს პოტენციალი, დადებითი როლი შეასრულოს დიაგნოსტიკისა და მკურნალობის პროცესში[7].

კლინიკური კვლევებით ნაჩვენებია, რომ იმ ინდივიდებში, რომლებშიც ვითარდება კანის ბაზალური კარცინომა, ასევე აღინიშნება ბაზალურუჯრედოვანი კარცინომის ახალი უბნის განვითარების მაღალი რისკი. გარდა ამისა, იმატებს კანის სხვა სიმსივნეების განვითარების რისკიც, მათ შორის მელანომისა და ბრტყელუჯრედოვანი კარცინომის. ბოლო 20 წლის განმავლობაში ბაზალურუჯრედოვანი კარცინომის და ბრტყელუჯრედოვანი კარცინომის განვითარების რისკი გაიზარდა 35% და 133%-ით შესაბამისად.[8], [9]

ბაზალურ უჯრედოვანი კარცინომები ხშირად კლასიფიცირდება როგორც აგრესიული და არააგრესიული. ბაზალურუჯრედოვანი კარცინომის მიკრონოდულური, ინფილტრაციული და სკლეროდერმიფორმული ჰისტოლოგიური ქვეტიპები ითვლება შედარებით უფრო აგრესიულად, ზედაპირულ და ნოდულურ ქვეტიპებთან შედარებით. რაც შეეხება ბრტყელუჯრედოვან კარცინომებს, არჩევენ მრავალ ჰისტოლოგიურ ტიპს, თუმცა შესაძლებელია მათი ორ ძირითად ქვეტიპად დაყოფა, როგორცაა კერატინიზებული და არაკერატინიზებული ბრტყელუჯრედოვანი კარცინომები. სხვადასხვა კვლევებით ნაჩვენებია, რომ არაკერატინიზებული ბრტყელუჯრედოვანი კარცინომები ხასიათდებიან ადამიანის პაპილომავირუსთან მკვეთრი ასოციაციით. გარდა ამისა, არსებობს მოსაზრება, რომ ბრტყელუჯრედოვანი კარცინომების დროს კერატინიზაცია ასოცირდება გაზრდილ სიკვდილიანობასთან [7], [9].

კანის ბიოფსიების გამოკვლევისას ბრტყელუჯრედოვანი კარცინომა ხასიათდება მნიშვნელოვანი ბტყელუჯრედოვანი ატიპიით, არანორმალური კერატინიზაციისა და ინვაზიური მახასიათებლებით. კანის ბრტყელუჯრედოვანი კარცინომის დიფერენციალური დიაგნოსტიკისას შესაძლოა დაშვებულ იქნა შეცდომა, რადგან იგი მიკროსკოპულად ემსგავსება ისეთ კეთილთვისებიან პათოლოგიებს, როგორცაა ფსევდოეპითელიური ჰიპერპლაზია, ინვერსიული ფოლიკულური კერატოზი, კერატოაკანტომა და ავთვისებიან პათოლოგიებს, როგორცაა კანის ბაზალურუჯრედოვანი კარცინომა, მელანომა, მეტასტაზური კარცინომა. დიაგნოსტიკური კრიტერიუმების დროული შერჩევა, მჭიდრო კლინიკო-პათოლოგიური კორელაცია და შემდგომი, ღრმა ბიოფსიის მოთხოვნა რჩება ყველაზე სასარგებლო სტრატეგიად სწორი დიაგნოზის დასასმელად.

ვარაუდობენ, რომ კანის არამელანომური სიმსივნეების პროგრესიასა და მეტასტაზირებაში მნიშვნელოვან როლს თამაშობს ეპითელიურ-მეზენქიმური ტრანსფორმაცია. მეზენქიმური უჯრედების წარმოშობა, რომლებიც მონაწილეობენ ქსოვილის რეპარაციასა და პათოლოგიურ პროცესებში, განსაკუთრებით ქსოვილის ფიბროზში, სიმსივნის ინვაზიურობასა და მეტასტაზირების პროცესში, კარგად არ არის შესწავლილი. თუმცა, ახალი მტკიცებულებების მიხედვით, ეპითელიურ მეზენქიმური ტრანსფორმაცია წარმოადგენს ამ უჯრედების ძირითად წყაროს. ეპითელიურ-მეზენქიმური ტრანსფორმაცია, წარმოადგენს რთულ ბიოლოგიურ პროცესს, რომლის დროსაც ეპითელიური უჯრედები იძენენ მეზენქიმური უჯრედებისათვის სპეციფიკურ მახასიათებლებს, რაც გულისხმობს გაძლიერებულ

მიგრაციულ შესაძლებლობებს, ინვაზიურობას, აპოპტოზის მიმართ გაზრდილ წინააღმდეგობაა და უჯრედგარე მატრიქსის კომპონენტების გაზრდილ პროდუქციას. შესაბამისად, ეპითელურ-მეზენქიმური ტრანსფორმაციის დროს უჯრედები ხდება უფრო მეტად აგრესიული და გააჩნიათ მიმდებარე ქსოვილებში მიგრაციის უნარი. ეს პროცესი მოიცავს მრავალ საფეხურს, როგორებიცაა ტრანსკრიფციის ფაქტორების გააქტიურება, უჯრედის ზედაპირზე სპეციფიკური ცილების ექსპრესია, ციტოჩონჩხის ცილების რეორგანიზაცია და ექსპრესია, უჯრედგარე მატრიქსის დამშლელი ფერმენტების წარმოება და სპეციფიკური მიკრო-რნმ-ების ექსპრესიის ცვლილებები. ეპითელურ-მეზენქიმური ტრანსფორმაციის ნიშნები როგორც ინ ვიტრო ისე ინ ვივო არის: თითისტარისებური ფორმის უჯრედების წარმოქმნა, რომლებიც ემსგავსებიან ფიბრობლასტებს; მეზენქიმური მარკერების და ექსტრაცელულური მატრიქსის კომპონენტების ჭარბი ექსპრესია და სპეციფიკური ეპითელური ზედაპირული მარკერების და ციტოჩონჩხის კომპონენტების ექსპრესიის შემცირება. გარდა ამისა, ამ დროს ხდება სპეციფიკური ბირთვული ტრანსკრიპციის ფაქტორების ჭარბი ექსპრესიაც [10], [11].

ეპითელურ-მეზენქიმური ტრანსფორმაცია გვხვდება სამ ძირითად ბიოლოგიურ პარამეტრში, რომლებიც იწვევენ განსხვავებულ ფუნქციურ შედეგებს. მიუხედავად იმისა, რომ კონკრეტული სიგნალები, რომლებიც განასხვავებენ ეპითელურ-მეზენქიმურ ტრანსფორმაციას სამპარამეტრში, ჯერ კიდერ არ არის შესწავლილი, ფუნქციური განსხვავება აშკარაა. ეპითელურ-მეზენქიმური ტრანსფორმაცია, რომელიც დაკავშირებულია იმპლანტაციასთან, ემბრიონის ფორმირებასა და ორგანოთა განვითარებასთან, ორგანიზებულია სხვადასხვა ტიპის უჯრედების ფორმირებისთვის, რომელთაც აქვთ საერთო მეზენქიმური ფენოტიპი. ეპითელურ-მეზენქიმური ტრანსფორმაცია იყოფა სამ ძირითად კლასად. პირველი ტიპი არ იწვევს ფიბროზსა და ინვაზიურ ფენოტიპს ცირკულაციის მეშვეობით სისტემური გავრცელებით. ამ ტიპის შემთხვევაში წარმოიქმნება მეზენქიმური უჯრედები, რომელთაც აქვთ პოტენციალი შემდგომი ტრანსფორმაციით წარმოქმნან მეორეული ეპითელი. ეპითელურ-მეზენქიმური ტრანსფორმაცია, რომელიც დაკავშირებულია ჭრილობის შეხორცებასთან, ქსოვილების რეგენერაციასა და ფიბროზთან, მიეკუთვნება მეორე ტიპს. ამ ტიპის ეპითელურ-მეზენქიმური ტრანსფორმაცია იწყება, როგორც ქსოვილის რეპარაციასთან დაკავშირებული მოვლენა და ჩვეულებრივ წარმოქმნის ფიბრობლასტებსა და სხვა მონათესავე უჯრედებს ტრავმისა და ანთებითი დაზიანების შემდგომ ქსოვილის რეკონსტრუქციის მიზნით. ქსოვილის ფიბროზის ფონზე, მეორე ტიპის ეპითელურ-მეზენქიმური ტრანსფორმაცია რეაგირებს მიმდინარე ანთებით პროცესზე, რასაც შესაძლოა მოყვეს ორგანოს დესტრუქცია. მესამე ტიპის ეპითელურ-მეზენქიმური ტრანსფორმაცია ხდება ნეოპლაზიურ უჯრედებში, რომელთაც განიცადეს გენეტიკური და ეპიგენეტიკური ცვლილებები, კონკრეტულად იმ გენებში, რომლებიც ხელს უწყობენ კლონურ ზრდასა და ლოკალიზებული სიმსივნეების განვითარებას. კარცინომის უჯრედები, რომლებიც განიცდიან მესამე ტიპის ეპითელურ-მეზენქიმურ ტრანსფორმაციას, არიან მეტად ინვაზიურები და აქვთ მეტასტაზირების უნარი, რამაც შესაძლოა გამოიწვიოს სიმსივნის პროგრესირების სიცოცხლისთვის საშიში გამოვლინებები. მნიშვნელოვანია, რომ სიმსივნის

უჯრედები განიცდიან ეპითელურ-მეზენქიმურ ტრანსფორმაციას სხვადასხვა ზომით, მაგალითად, უჯრედების ნაწილი ინარჩუნებს ეპითელურ მახასიათებლებს და იძენს მეზენქიმურს, ნაწილი კი სრულად ტრანსფორმირდება მეზენქიმურ უჯრედად. ჯერ კიდევ უცნობია, რა სპეციფიკური სიგნალები იწვევენ მესამე ტიპის ეპითელურ-მეზენქიმურ ტრანსფორმაციას[10]–[12].

ეპითელურ-მეზენქიმური ტრანსფორმაციის დროს ხდება უჯრედების პოლარულობის და უჯრედ-უჯრედული ურთიერთქმედებების დაკარგვა, ამ პროცესის დროს აღინიშნება როგორც არხისებური ისე მკვრივი უჯრედ-უჯრედშორისი კავშირების შემცირება. კადჰერინებით გაშუალებული ადჰეზია წარმოადგენს დინამიკურ პროცესს, რომელიც რეგულირდება რამოდენიმე სასიგნალო გზით. გარდა ამისა არსებობს გარკვეული მტკიცებულებები, რომ კადჰერინები წარმოადგენენ არამარტო სამიზნეებს იმ სასიგნალო გზებისათვის რომლებიც არეგულირებენ უჯრედშორის ადჰეზიას, არამედ ისინი ასევე წარმოადგენენ სასიგნალო მოლეკულებს, რომლებიც არეგულირებენ ძირითად უჯრედულ ფუნქციებს, როგორებიცაა მიგრაცია, პროლიფერაცია, აპოპტოზი და უჯრედების დიფერენციაცია. ნაჩვენებია, რომ ეპითელურ-მეზენქიმური ტრანსფორმაციის დროს აღინიშნება კადჰერინების დაკარგვა (22). რაც ასევე ხელს უწყობს ბაზალური მემბრანის მთლიანობის დარღვევას. უფრო მეტიც, ასევე ვარაუდობენ, რომ ეპითელურ მეზენქიმური ტრანსფორმაციის დროს ხდება ციტოჩონჩხის ფილამენტების განაწილების შეცვლა, კერძოდ ეპითელური უჯრედებისათვის დამახასიათებელი ციტოკერატინის ფილამენტები, ჩანაცვლდება მეზენქიმური უჯრედებისათვის დამახასიათებელი ვიმენტინის ფილამენტებით[10], [13].

ასეთ დროს გამოცალკევებული უჯრედები შესაძლებელია მოხვდნენ ლიმფურ და სისხლძარღვებში და გამოიწვიონ შორეული მეტასტაზების განვითარება. ვარაუდობენ, რომ ამ ფენომენს განსაკუთრებულად უწყობს ხელს E-კადჰერინის ექსპრესიის შემცირება. შესაბამისად, ეს ცილა ითვლება ძირითად ეპითელურ მარკერად, რომელსაც გააჩნია სიმსივნის სუპრესორული ფუნქცია და ინვაზიის და მეტასტაზირების ინჰიბირების უნარი. ამ მოსაზრებას ადასტურებს ის ფაქტი, რომ სხვადასხვა სიმსივნეებში შესაძლებელია აღინიშნებოდეს E-კადჰერინის გენის ტრანსკრიპციის შემცირება. სხვა ეპითელური მარკერები, როგორებიცაა ციტოკერატინები ასევე იკარგება ეპითელურ-მეზენქიმური ტრანსფორმაციის პროცესში, მაშინ როდესაც რიგი კვლევებით ნაჩვენებია, რომ იმატებს ვიმენტინის ექსპრესია, რომელიც წარმოადგენს მეზენქიმურ მარკერს[13], [14].

ეპითელურ მეზენქიმური ტრანსფორმაციის პროცესი კანის სიმსივნეებში კონტროლდება სხვადასხვა ტრანსკრიპციის ფაქტორებით, რომლებიც ექსპრესირებს არამარტო სიმსივნურ უჯრედებზე, არამედ სიმსივნის მიკროგარემოშიც. სიმსივნის მიკროგარემო, რომელიც შედგება სიმსივნესთან ასოცირებული მაკროფაგებისგან, ფიბრობლასტებისგან, ლიმფოციტებისა და სხვა მრავალი იმუნური უჯრედისგან, ასევე ნაჩვენებია რომ მონაწილეობს სიმსივნეების პროგრესიასა და დისემინაციაში[11], [13], [15].

კანის ბრტყელუჯრედოვანი კარცინომის პროგრესიის პროცესში, ეპითელურ-მეზენქიმური ტრანსფორმაციის როლი ბოლომდე ნათელი არაა. რამოდენიმე კვლევით

ნაჩვენებია, რომ კანის ბრტყელუჯრედოვანი კარცინომის უჯრედებში აღინიშნება E-კადჰერინის ექსპრესიის შემცირება, შედარებით მის წინამორბედ დაზიანებებთან და კანის ნორმალურ ქსოვილთან. მემბრანული E-კადჰერინი დაკავშირებულია  $\beta$ -კატენინთან, რომელის გამოთავისუფლებაც ხდება E-კადჰერინის ექსპრესიის შემცირებისას. შემდეგ ხდება ბეტა-კატენინის ბირთვში რელოკალიზაცია და მის მიერ ისეთი გენების გააქტიურება, რომლებიც ხელს უწყობს უჯრედების პროლიფერაციასა და ინვაზიურ ზრდას. გარდა ამისა, ზოგიერთი კვლევები ასევე უჩვენებს, რომ E-კადჰერინის მემბრანული ექსპრესია კორელაციაშია სიმსივნის დიფერენციაციის ხარისხთან. კერძოდ მაღალდიფერენცირებულ სიმსივნეებში აღინიშნება მისი ექსპრესია, ხოლო კანის დაბალდიფერენცირებულ ბრტყელუჯრედოვან კარცინომებში კი E-კადჰერინის ექსპრესია შემცირებულია. სამაგიეროდ, დაბალდიფერენცირებულ სიმსივნეებში შესაძლებელია აღინიშნებოდეს E-კადჰერინის ციტოპლაზმური ექსპრესია. ამ მოლეკულის ასეთი ტრანსლოკაცია სავარაუდოდ მიუთითებს მისი ფუნქციის დაკარგვაზე [16], [17].

ეპითელურ მეზენქიმური ტრანსფორმაცია ასევე წარმოადგენს ბაზალურ უჯრედოვანი კარცინომის პროგრესიისა და მეტასტაზირების სავარაუდო გამომწვევ მიზეზს. რამოდენიმე კვლევით, ნაჩვენებია E-კადჰერინის დაკარგვა მეტასტაზურ ბაზალურუჯრედოვან კარცინომაში.

კანის არამელანომური სიმსივნეების პროგრესიისა და მკურნალობისადმი დაქვემდებარების განმსაზღვრელ ერთ-ერთ ფაქტორს ასევე შესაძლებელია წარმოადგენდეს ამ სიმსივნეების შიდა ჰეტეროგენულობა. არჩვენ სიმსივნის ჰეტეროგენულობის რამოდენიმე დონეს, რომელიც მოიცავს ჰეტეროგენულობას ქსოვილის, უჯრედის და მოლეკულურ დონეზე. კანის სიმსივნეების მოლეკულური ჰეტეროგენულობა ვლინდება მათი ფენოტიპური მახასიათებლების ცვლილებაში. თუმცა, ეს საკითხი კანის არამელანომურ სიმსივნეებში ჯერ-ჯერობით კარგად შესწავლილი არაა.

კანში კერატინოპოეზი ემყარება ღეროვან უჯრედებს, რომლებიც პასუხისმგებლები არიან ქსოვილის ხანგრძლივ შენარჩუნებაზე მათი თვითგანახლების პოტენციალის მეშვეობით. კანი არის რადიოაქტიური ქსოვილი, სადაც ვითარდება ყველა სახის რადიაციული დაზიანება და პათოლოგია, მათ შორის ადრეული რეაქციები, როგორცაა დისპლაზია და ეპიდერმისის გაშიშვლება და მოგვიანებითი რეაქციები, როგორცაა ფიბროზი დერმაში და აკანტოზი ეპიდერმისში. ასევე არსებობს ბაზალურუჯრედოვანი კარცინომის განვითარების რისკი, რომელიც წარმოიქმნება ეპიდერმული კერატინოციტებიდან, განსაკუთრებით PTCH1 ან TP53 გენებში ონკოგენური მუტაციის შემდეგ.

არსებობს კვლევები კანის ბრტყელუჯრედოვან კარცინომაში სიმსივნის ღეროვანი უჯრედების რამდენიმე განსხვავებული პოპულაციის თანარსებობის შესახებ. ამ პოპულაციების მიერ სიმსივნის ინიცირებისა და მეტასტაზირების პოტენციალი, შესაძლოა, განსხვავდებოდეს ერთმანეთისგან. ამიტომაც, ღეროვანი უჯრედების ბიოლოგიის გაგება მნიშვნელოვანია მიზნობრივი თერაპიის შერჩევითი ცუდი პროგნოზის მქონე პაციენტებში. როგორც ცნობილია, ნორმალური ღეროვანი უჯრედები პასუხისმგებლები არიან ქსოვილია რეგენერაციასა და შენარჩუნებაზე და აქვთ უნიკალური განმსაზღვრელი

მახასიათებლები, როგორცაა თვითგანახლების უნარი, ნელი უჯრედული ციკლი, დაბალი პროლიფერაციული აქტივობა, შვილელ უჯრედებთან შედარებით სიცოცხლის მეტი ხანგრძლივობა. ნორმალური ღეროვანი უჯრედები არადიფერენცირებულია, თუმცა, შეუძლიათ წარმოქმნან უჯრედების ერთი, ან რამდენიმე თაობა (მულტიპოტენცია, პლურიპოტენცია). ეპიდერმული ღეროვანი უჯრედები განლაგებულია თმის ფოლიკულების ბოლქვში, ინტერფოლიკულური ეპიდერმისის ბაზალურ შრესა და ცხიმოვანი ჯირკვლის ფუძეში და ჩვეულებრივ, წარმოქმნიან თმის ფოლიკულებს, თუმცა, ასევე შეუძლიათ ეპიდერმისისა და ცხიმოვანი ჯირკვლების რეგენერაცია კანის დაზიანების საპასუხოდ. რაც შეეხება, სიმსივნის ღეროვან უჯრედებს, ისინი განისაზღვრება ერთი ძირითადი კრიტერიუმით: სიმსივნის ინიცირების უნარი. სიმსივნის ღეროვანი უჯრედები წარმოქმნება ნორმალური ღეროვანი უჯრედებისგან, ან არადეროვანი უჯრედებისგან, რომელთაც გააჩნიათ რეგენერაციის უნარი. ჩვეულებრივი ღეროვანი უჯრედებისგან განსახვავებით, სიმსივნის ინიციატორი უჯრედები, შესაძლოა, არ იყოს მულტიპოტენტური და ისინი წარმოქმნიან ერთგვაროვან სიმსივნეებს, როგორცაა კანის ბრტყელუჯრედოვანი კარცინომა, ფოლიკულური სიმსივნის სხვადასხვა ტიპები, ან ცხიმოვანი ჯირკვლის სიმსივნეები.

სიმსივნის ღეროვანი უჯრედები შეიძლება დაიყოს უჯრედის ზედაპირული მარკერების მიხედვით. CD133 მარკერი, რომელიც სპეციფიკურია ჰემატოპოეზური ღეროვანი უჯრედებისთვის, იყო პირველი, რომელიც გამოყენებულ იქნა სიმსივნის ინიციატორი უჯრედების განსაზღვრისთვის კანის ბრტყელუჯრედოვანი კარცინომის შემთხვევაში. გარდა ამისა, გამოიყენება CD200, CD44 მარკერები. უჯრედის ზედაპირული მარკერების გარდა, კანის ბრტყელუჯრედოვან კარცინომებში სიმსივნის ღეროვანი უჯრედები შესაძლოა დაიყოს, ალდეჰიდდეჰიდროგენაზისა და ABC ტრანსპორტერის აქტივობის საფუძველზე [13], [18].

როგორც უკვე აღვნიშნეთ, დადასტურებულია, რომ ბაზალუჯრედოვანი კარცინომის განვითარებას საფუძვლად უდევს Hedgehog სასიგნალო გზის აქტივაცია (29). ამრიგად, სიმსივნის განვითარების ხელშემწყობი ამ სასიგნალო გზის აღმოჩენამ, ხელი შეუწყო არა მხოლოდ, კანის ბაზალურუჯრედოვანი კარცინომის პათოგენეზის გაგებას, არამედ ხელი შეუწყო სრულიად ახალი თერაპიული მიდგომის შემუშავებას. რამდენიმე პოტენციურ მუტაციაზე ზემოქმედებით, HH ინჰიბიტორმა, როგორცაა GDC-0449 უკვე მიაღწია პირველ პერსპექტიულ შედეგს კანის მეტასტაზური, ან ადგილობრივად განვითარებული ბაზალურუჯრედოვანი კარცინომი მკურნალობაში.

კანის ბაზალურუჯრედოვანი კარცინომის ქირურგიული გზით მკურნალობის შემდეგ ჰისტოპათოლოგიურად სიმსივნეზე პოზიტიური რეზექციის კიდებები, საკამათო საკითხია შემდგომი თერაპიის შერჩევის თვალსაზრისით. ზოგიერთი ავტორის აზრით, მკურნალობის ოპტიმალური ვარიანტია დაუყოვნებელი ხელახალი ქირურგიული ჩარევა, სხვა ავტორები კი უპირატესობას ანიჭებენ პერიოდულ დაკვირვებას. სხვადასხვა ლიტერატურის მიხედვით, რეციდივის რისკები მერყეობს 10%-დან 67%-მდე. ჩატარდა რეტროსპექტიული კვლევა (Hospital de Clínicas da Universidade Federal do Paraná) რეციდივის რისკის შესაფასებლად. გამოკვლეული იყო კანის ბაზალურუჯრედოვანი კარცინომის 402 ნიმუში. შეფასებულ იქნა ყველა შემთხვევის კლინიკური მახასიათებლები, როგორცაა სქესი, ასაკი, სიმსივნის ზომა, ლოკალიზაცია,

დაწყლულება, ჰისტოლოგიური ტიპი, რათა გამოვლენილიყო მათი კავშირი რეციდივის სიხშირესთან. ქირურგიული მკურნალობის შემდეგ რეზექციის კიდეების სიმსივნე-პოზიტიურობა აღმოჩენილ იქნა გამოსაკვლევი შემთხვევების 12,18%-ში, საიდანაც დაფიქსირდა რეციდივის ხუთი შემთხვევა. სიმსივნის ხელახალი ამოკვეთის შემთხვევაში კი რეციდივი გამოვლინდა სამ გამოსაკვლევ ნიმუშში. სიმსივნის ზომა, ადგილი, ჰისტოლოგიური ტიპი სტატისტიკურად არ განსხვავდებოდა.

როგორც უკვე აღვნიშნეთ, კანის ბაზალურუჯრედოვანი კარცინომის განვითარება გარემოს, ფენოტიპური და გენეტიკური ფაქტორების ურთიერთქმედების შედეგია, თუმცა, მისი ბიოლოგია და სისტემურ მკურნალობაზე რეზისტენტობის მექანიზმი არ არის საკმარისად შესწავლილი. ამ დრომდე, კანის ბაზალურუჯრედოვანი კარცინომის მკურნალობა ეყრდნობოდა დაზიანებული უბნის ქირურგიულ ამოკვეთას, თუმცა, მისი პროგრესირების პათოგენეზის გაგებამ საფუძველი ჩაუყარა მოლეკულურ სისტემაზე მოქმედი მკურნალობის მეთოდის შემუშავებას. აღმოჩნდა, რომ იმუნური სისტემის გააქტიურება, ან მოდულაცია აჩვენებს კარგ და სტაბილურ კლინიკურ გამოსავალს. დღესდღეობით FDA-ის მიერ დამტკიცებულია სამი ძირითადი იმუნომოდულატორი კანის ბაზალურუჯრედოვანი კარცინომის მკურნალობისთვის. ესენია: იმიქვიმოდი, სონიდეგიბი და ვისმოდეგიბი. რამდენიმე სხვა მედიკამენტის მოქმედების ეფექტურობა ამჟამად შესწავლის საგანია. მოსალოდნელია, რომ მომავალში იმუნოთერაპია მკვეთრად შეცვლის კანის ბაზალურუჯრედოვანი კარცინომის მკურნალობის სტანდარტს.

### გამოყენებული ლიტერატურა

- [1] R. L. Siegel, K. D. Miller, and A. Jemal, “Cancer statistics, 2020.,” *CA Cancer J Clin*, vol. 70, no. 1, pp. 7–30, 2020, doi: 10.3322/caac.21590.
- [2] D. Didona, G. Paolino, U. Bottoni, and C. Cantisani, “Non Melanoma Skin Cancer Pathogenesis Overview.,” *Biomedicines*, vol. 6, no. 1, Jan. 2018, doi: 10.3390/biomedicines6010006.
- [3] L. L. Griffin, A. Faisal, R. Ali, and J. T. Lear, “CMJv16n1-Griffin.indd,” 2016.
- [4] A. Combalia and C. Carrera, “Squamous Cell Carcinoma: An Update on Diagnosis and Treatment,” *Dermatol Pract Concept*, p. e2020066, Jun. 2020, doi: 10.5826/dpc.1003a66.
- [5] H. Rönisch and A. Bauer, “The Preventive Value of Sun Protection,” 2021, pp. 316–328. doi: 10.1159/000517641.
- [6] S. I. Goolamali, “Non-melanoma Skin Cancer in HIV Infection: the Role of Human Papillomavirus (HPV), Individual Immunogenotype (HLA ‘tissue type’) and Merkel Cell Polyomavirus (MCV),” 2020.
- [7] M.-M. Chren, E. Linos, J. S. Torres, S. E. Stuart, R. Parvataneni, and W. J. Boscardin, “Tumor Recurrence 5 Years after Treatment of Cutaneous Basal Cell Carcinoma and Squamous Cell Carcinoma,” *Journal of Investigative Dermatology*, vol. 133, no. 5, pp. 1188–1196, May 2013, doi: 10.1038/jid.2012.403.

- [8] Q.-J. Wu *et al.*, “Shift work and health outcomes: an umbrella review of systematic reviews and meta-analyses of epidemiological studies,” *Journal of Clinical Sleep Medicine*, vol. 18, no. 2, pp. 653–662, Feb. 2022, doi: 10.5664/jcsm.9642.
- [9] M. Wen, H. Ren, S. Zhang, T. Li, J. Zhang, and P. Ren, “CT45A1 promotes the metastasis of osteosarcoma cells in vitro and in vivo through  $\beta$ -catenin,” *Cell Death Dis*, vol. 12, no. 7, p. 650, Jul. 2021, doi: 10.1038/s41419-021-03935-x.
- [10] A. Dongre *et al.*, “Direct and Indirect Regulators of Epithelial-Mesenchymal Transition-Mediated Immunosuppression in Breast Carcinomas.,” *Cancer Discov*, vol. 11, no. 5, pp. 1286–1305, 2021, doi: 10.1158/2159-8290.CD-20-0603.
- [11] B. Wang, X. Li, L. Liu, and M. Wang, “ $\beta$ -Catenin: oncogenic role and therapeutic target in cervical cancer.,” *Biol Res*, vol. 53, no. 1, p. 33, Aug. 2020, doi: 10.1186/s40659-020-00301-7.
- [12] S. Ramón y Cajal *et al.*, “Clinical implications of intratumor heterogeneity: challenges and opportunities,” *Journal of Molecular Medicine*, vol. 98, no. 2. Springer, pp. 161–177, Feb. 01, 2020. doi: 10.1007/s00109-020-01874-2.
- [13] S. R. Georgescu *et al.*, “Tumour Microenvironment in Skin Carcinogenesis,” 2020, pp. 123–142. doi: 10.1007/978-3-030-36214-0\_10.
- [14] “Melanoma and nonmelanoma skin cancer.,” *Curr Opin Oncol*, vol. 3, no. 2, pp. 420–32, Apr. 1991, doi: 10.1097/00001622-199104000-00024.
- [15] M. L. Council, “Common Skin Cancers in Older Adults,” *Clin Geriatr Med*, vol. 29, no. 2, pp. 361–372, May 2013, doi: 10.1016/j.cger.2013.01.011.
- [16] V. Mittal, “Epithelial Mesenchymal Transition in Tumor Metastasis,” *Annual Review of Pathology: Mechanisms of Disease*, vol. 13, pp. 395–412, Jan. 2018, doi: 10.1146/ANNUREV-PATHOL-020117-043854.
- [17] K. T. Yeung and J. Yang, “Epithelial-mesenchymal transition in tumor metastasis,” *Mol Oncol*, vol. 11, no. 1, pp. 28–39, Jan. 2017, doi: 10.1002/1878-0261.12017.
- [18] S. Labiano, A. Palazon, and I. Melero, “Immune response regulation in the tumor microenvironment by hypoxia,” *Semin Oncol*, vol. 42, no. 3, pp. 378–386, Jun. 2015, doi: 10.1053/J.SEMINONCOL.2015.02.009.

# Problematic issues in Molecular Characterization, Risk of Progression and Recurrence of Basal Cell and Squamous Cell Carcinomas of the Skin

G. Arveladze R. Beriashvili Sh. Kepuladze G. Burkadze

Tbilisi State Medical University

## Abstract

Non-melanoma skin tumors are a fairly common. Squamous cell carcinoma of the skin is characterized by particularly high malignancy, which is due to a high ability to metastasize. However, it has also been shown that patients with basal cell carcinoma of the skin have an increased risk of developing squamous cell carcinoma. The molecular phenotype of these tumors, as well as markers of progression, are not well studied. There is also no clear opinion about the origin of these tumors, although it is assumed that both of them have a common progenitor cell, namely, basal cells of the skin appendages of basal cell carcinoma, and basal cells of the epidermis of squamous cell carcinoma. In the current literature, there are only sparse and conflicting data on molecular markers of non-melanoma skin tumors and the risk of their progression. In addition, the correlation between dermoscopic data and histopathological characteristics of nonmelanocytic skin tumors has not been studied. The molecular characteristics of non-melanoma skin tumors, basal cell carcinoma and squamous cell carcinoma of the skin need to be studied in detail, in particular the risk markers of progression and recurrence of these tumors. Correlation between dermoscopic and histopathological data can also reveal valuable information. Therefore, it is important to study the phenotypic characteristics of basal cells and use their molecular characteristics to assess the risk of recurrence and progression of the mentioned diseases.

**Key words:** *basal cell carcinoma; squamous cell carcinoma; molecular markers;*



## შფოთვითი ქცევის შესწავლა წყალბადის ზეჟანგით გამოწვეული ოქსიდაციური სტრესის პირობებში

რენიკო საკანდელიძე<sup>1</sup>, იზოლდა ლომსიანიძე<sup>2</sup>, ერეკლე ჯულაყიძე<sup>3</sup> ხათუნა რუსაძე<sup>4</sup>

<sup>1</sup>პროფესორი, აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი; <sup>2</sup>ასოც. პროფესორი, აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი; <sup>3</sup>ასოც. პროფესორი, აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი; <sup>4</sup>მოწვეული სპეციალისტი, ბიოლოგიის დოქტორი, აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

### ანოტაცია

ნებისმიერი სტრესული სიტუაცია ორგანიზმში შესაძლოა გახდეს თავისუფალი რადიკალების ინტენსიური წარმოქმნის მიზეზი. თავისუფალი რადიკალები, არიან მოლეკულები, ან ცალკეული ატომები, რომელთაც გარე ორბიტაზე აქვთ გაუწყვილებელი სავალენტო ელექტრონები, რომლებიც მაღალი რეაქტიულობით ხასიათდებიან და აზიანებენ უჯრედის ცილებს, ნუკლეინის მჟავებს, მემბრანულ ლიპიდებს. რამაც შეიძლება გამოიწვიოს მრავალი სახის პათოლოგიური პროცესის განვითარება. ამ პროცესის ყველა შესაძლო გამწვავი მექანიზმი ბოლომდე შესწავლილი არ არის. ცნობილია, რომ გარკვეულ პირობებში სტრესოგენული ფაქტორების საპასუხოდ ორგანიზმში ვითარდება ბიოლოგიურად დადებითი რეაქცია, იგულისხმება ადაპტური სტრეს-რეაქცია, რომელიც უზრუნველყოფს უჯრედების მდგრადობას ამ რეაქციის მასტიმულირებელი აგენტის უფრო ძლიერი (დამღუპველი) დოზებისადმი. კვლევის მიზანს წამოადგენდა ვირთაგვებზე ექსპერიმენტში შეგვესწავლა წყალბადის ზეჟანგით გამოწვეული ოქსიდაციური სტრესის დოზა-ეფექტით აღმოცენებული ჰორმონული მოვლენის გავლენა შფოთვის ფსიქო-ემოციურ მდგომარეობაზე. ექსპერიმენტი ტარდებოდა თეთრ ლაბორატორიულ მამრ ვირთაგვებზე. წყალბადის ზეჟანგით გამოწვეული ოქსიდაციური სტრესის ექსპერიმენტული მოდელის სახით ჩვენ გამოვიყენეთ მისი 0.1 % და 0.2% -იანი წყალხსნარის ცხოველებისათვის პერორალური გზით და განსხვავებული ხანგრძლივობით (10 და 25დღე) მიცემა მიღებული შედეგების ანალიზი ფასდებოდა სტიუდენტის t-კრიტერიუმის გამოყენებით.

ჩვენი შედეგების ანალიზი საშუალებას გვაძლევს აღვნიშნოთ, რომ ექსპერიმენტში მცირე დოზიანი სტრესოგენური ფაქტორის (წყალბადის ზეჟანგის H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 0.1%) ქრონიკული

მოქმედების პირობებში ადგილი აქვს შფოთვის ფსიქო-ემოციური მდგომარეობის გაუმჯობესებას და მის სტაბილურ შენარჩუნებას ნორმის მაქსიმალურ ფარგლებში, რაც გამოწვეულია უნდა იყოს ჰორმეზული ეფექტის გავლენით. სტრესოგენული ფაქტორის „დოზის“ შემდგომმა მატებამ ანუ გაორმაგებამ (წყალბადის ზეჟანგის 0.2% წყალხსნარის ქრონიკული მიცემა) გამოიწვია ჰორმეზის ფენომენის დათრგუნვა. აღმოჩნდა, რომ მოცემულ ექსპერიმენტულ მოდელში ოქსიდაციურ სტრესს შეუძლია შეასრულოს დადებითი როლი ნეიროპლასტიურობის, ფსიქო-ფიზიოლოგიური ადაპტაციის რეგულირებაში.

**საკვანძო სიტყვები:** შფოთვა, ოქსიდაციური სტრესი, თავისუფალი რადიკალები, ჰორმეზისი, წყალბადის ზეჟანგი, ქცევა.

ადამიანსა და ბუნებას შორის ევოლუციის პროცესში ჩამოყალიბებული ურთიერთობების დარღვევა, როგორც წესი, იწვევს სტრესული სიტუაციების განვითარებას. მათ დაგროვებას და ფაქტიურად, ცხოვრების განუყოფელ კომპონენტად ჩამოყალიბებას საბოლოო ჯამში მივყავართ ორგანიზმში სერიოზულ ფუნქციურ დარღვევებამდე. ნივთიერებათა და ენერგიის ცვლის დარღვევას, აქტიური დამაზიანებელი აგენტების - ე.წ. „თავისუფალი რადიკალების“ დაგროვებას, რაც იწვევს დაავადებების და ფსიქო-ემოციური დისკომფორტის განვითარებას, ეწოდა „ოქსიდაციური სტრესი“. ეს არის "მდგომარეობა, როდესაც ოქსიდაციური პროცესები ორგანიზმში აღემატება ანტიოქსიდაციური სისტემების შესაძლებლობებს და მათ შორის ირღვევა ბალანსი" (20,18). დადგენილია, რომ პროცესების ასეთი განვითარების ძირითადი მიზეზი ორგანიზმში არის სწორედ ე.წ. „თავისუფალი რადიკალები“, რომლებიც აჩქარებენ ორგანიზმის უჯრედების დეფორმაციას და დაზიანებას. თავისუფალი რადიკალები, არიან მოლეკულები, ან ცალკეული ატომები, რომელთაც გარე ორბიტაზე აქვთ გაუწყვილებელი სავალენტო ელექტრონები, რომლებიც მაღალი რეაქტიულობით ხასიათდებიან და აზიანებენ უჯრედის ცილებს, ნუკლეინის მჟავებს, მემბრანულ ლიპიდებს (1,4,6, 11,15). თავისუფალი რადიკალი წარმოიქმნება იმ მომენტში, როცა მეტაბოლიზმის პროცესში ჩართული ჟანგბადი კარგავს ელექტრონს. ცდილობს რა შეივსოს ეს დანაკლისი, თავისუფალი რადიკალი ართმევს ელექტრონს სხვა მოლეკულას (მაგ. უჯრედის მემბრანის ლიპიდებს). თვითონ აღდგება და ამ მოლეკულას კი გარდაქმნის ახალ თავისუფალ რადიკალად. ეს ჯაჭვური რეაქცია არღვევს უჯრედის მთლიანობას და გზას უხსნის მთელ რიგ დაავადებებს (1,22). ნებისმიერი სტრესული სიტუაცია შესაძლოა გახდეს ორგანიზმში მნიშვნელოვანი ფუნქციური დარღვევების საფუძველი, ირღვევა ნივთიერებათა ცვლა, ხდება თავისუფალი რადიკალების ინტენსიური წარმოქმნა, რამაც შეიძლება გამოიწვიოს მრავალი სახის პათოლოგიური პროცესის განვითარება (1,3,5,6,9,10,16). ამ პროცესის ყველა შესაძლო გამშვები მექანიზმი ბოლომდე შესწავლილი არ არის, ადრე თავისუფალ რადიკალებს განიხილავდნენ, როგორც ზიანის მომტან ფაქტორს, მაგრამ ამჟამად უკვე დაგროვილი ინფორმაციების საფუძველზე, შეიცვალა შეხედულება ოქსიდაციური სტრესის ეფექტებზე (1,18). ორგანიზმის ინფიცირების პირობებში განვითარებული იმუნური პასუხი წარმოადგენს ფაგოციტებიდან უძლიერესი ოქსიდანტის - წყალბადის ზეჟანგის „გამოტყორცნას“. ცნობილია აგრეთვე, რომ ოქსიდაციური სტრესისადმი რეზისტენტობის

მატება ასოცირდება სიცოცხლის ხანგრძლივობასთან. ფაქტიურად აქ ადგილი აქვს ისეთ მოვლენას, როგორცაა „ჰორმეზისი“ (1,17,18). ბიომედიცინის თვალსაზრისით ჰორმეზისით აღწერენ ისეთ მოვლენას, როდესაც დაბალი დოზის ტოქსინების, ან სხვა სტრესოგენული ფაქტორების საპასუხოდ ორგანიზმში ვითარდება ბიოლოგიურად დადებითი რეაქცია. იგულისხმება ადაპტური სტრეს-რეაქცია, რომელიც უზრუნველყოფს უჯრედების მდგრადობას ამ რეაქციის მასტიმულირებელი აგენტის უფრო ძლიერი (დამღუპველი) დოზებისადმი.

**შფოთვა** ნებისმიერი ჯამრთელი ადამიანისა და ძუძუმწოვარი ცხოველისათვის დამახასიათებელი ემოციური მდგომარეობაა, რომელსაც გარეგანი გამოხატულება ხშირად არ გააჩნია, მაგრამ მისი განცდა არსებითად, საფრთხის, მარცხის ან უსიამოვნების მოლოდინში გამოიხატება. შფოთვა სრულიად ნორმალური ემოციური მდგომარეობაა, რომელიც ნორმის ფარგლებში, სასიცოცხლოდ მნიშვნელოვანია (2,5). შფოთვის განცდა (ემოცია) უზრუნველყოფს ცხოველის მზადყოფნას სიცოცხლისათვის სახიფათო მოვლენისადმი. შფოთვა უნივერსალური “უარყოფითი” ემოციაა, იგი გარკვეულწილად გამოვლინების რეაქციის (arousal reaction) ნაირსახეობა და სავარაუდოდ, ამ ორი მდგომარეობის საწყისი ერთი და იგივეა- მეზენცეფალური ბადებრივი ფორმაცია (არასპეციფიკური გამაქტიურებელი სისტემა), ხოლო საბოლოო სამიზნეები ახალი ქერქი და ლიმბური სისტემაა (ჰიპოთალამუსის ჩათვლით).

შფოთვითი დარღვევების თანამედროვე კლასიფიკაცია საკმაოდ რთულია და ზოგჯერ, წინააღმდეგობრივი. დღეისათვის შეიძლება ჩავთვალოთ, რომ ამერიკის შეერთებული შტატების ფსიქიატრიული ასოციაციის მიერ მოწოდებული სადიაგნოზო კლასიფიკაცია საკმაოდ ამომწურავია. (2).

**კვლევის მიზანს** წამოადგენდა ვირთაგვებზე ექსპერიმენტში შეგვესწავლა წყალბადის ზეჟანგით გამოწვეული ოქსიდაციური სტრესის დოზა-ეფექტით აღმოცენებული ჰორმეზული მოვლენის გავლენა შფოთვის ფსიქო-ემოციურ მდგომარეობაზე. ამ საკითხის შერჩევა ეფუძნებოდა იმ მოსაზრებას, რომ წყალბადის ზეჟანგს, სხვადასხვა პათოლოგიური პროცესის დროს, ორგანიზმი იყენებს დაცვითი რეაქციების მიზნით (1) მიღებული შედეგები შესაძლებლობას მოგვცემდა გამოვლენილიყო თავის ტვინის ფუნქციების შესაძლო დარღვევები ოქსიდაციური სტრესის პირობებში და მასთან კავშირში განგვესაზღვრა შფოთვითი ქცევის დარღვევების ფიზიოლოგიური მექანიზმები. კვლევის მიზნიდან გამომდინარე დავსახეთ **ამოცანა** - წყალბადის ზეჟანგის განსხვავებული დოზა ფაქტორით გამოწვეული ოქსიდაციური სტრესისა და ამ გზით სტიმულირებული ე.წ. „ჰორმეზული ფენომენის“ შესაძლო როლის შესწავლა შფოთვითის ფსიქო-ემოციურ მდგომარეობაზე, რაც შეეხება წყალბადის ზეჟანგს, მისი დასაშვები კონცენტრაცია სასმელ წყალში არ უნდა აღემატებოდეს 0.1%-ს და მიღების ხანგრძლივობა კი - 1 თვეს.

ნაშრომის შესასრულებლად გამოყენებული იყო აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტის ზუსტ და საბუნებისმეტყველო მეცნიერებათა ფაკულტეტის ბიოლოგიის დეპარტამენტის ფიზიოლოგიის სასწავლო-ექსპერიმენტული ლაბორატორიის მატერიალური და ტექნიკური ბაზა და ცხოველთა ვივარიუმი. **კვლევის მასალა და მეთოდები.**ექსპერიმენტი

ტარდებოდა თეთრ მამრ ვირთაგვებზე, რომლებიც დაყოფილი იყო საკონტოლო და საექსპერიმენტო ჯგუფებად. (თიოეულ ჯგუფში ცხოველთა რაოდენობა  $n=5$ ), რომელთა წონა იყო 180 – 200 გრამი. წყალბადის ზეჟანგით გამოწვეული ოქსიდაციური სტრესის ექსპერიმენტული მოდელის სახით ჩვენ გამოვიყენეთ მისი 0.1 % და 0.2% -იანი წყალხსნარის ცხოველებისათვის პერორალური მიცემა სასმელი წყლის მაგივრად, განსხვავებული ხანგრძლივობით (10 და 25დღე). ამ მიზნით შექმნილი იყო ცხოველთა 5 ჯგუფი. წყალბადის ზეჟანგი ცხოველებს ეძლეოდათ ორი განსხვავებული დოზით და ორი განსხვავებული ხანგრძლივობით. ასეთ ხსნარებს პერორალურად იღებდა ცხოველების ოთხი საექსპერიმენტო ჯგუფი: II-ჯგუფი- 0.1% ხსნარს 10 დღე, III ჯგუფი - 0.2% ხსნარს 10 დღე, IV- ჯგუფი- 0.1% ხსნარს იღებდა 25 დღის განმავლობაში, V- ჯგუფი 0.2% წყალხსნარს 25 დღე. წყალბადის ზეჟანგის დადგენილი კონცენტრაციის ხსნარების მიცემა ხდებოდა ქცევითი ცდების



დაწყებამდე და განაგრძობდა მიღებას ცდების დასრულებამდე. საკონტროლო იყო I- ჯგუფი, მათ ეძლეოდათ მხოლოდ სასმელი წყალი.

#### **სურათი 1. ამაღლებული ჯვარედინი ლაბირინთი**

შფოთვის ფსიქო-ემოციური თანდაყოლილი ქცევის შესწავლა განხორციელდა ამაღლებულ ჯვრისმაგვარ ლაბირინთში (სურ.1) (7,8,14), რომლის იატაკი და კედლები დამზადებული იყო ხის მასალისაგან. ლაბირინთის მკლავების სიგანე 12.5 სმ., სიგრძე 46 სმ., დახურული მკლავის კედლის სიმაღლე) 40 სმ., ლაბირინთის სიმაღლე საექსპერიმენტო ოთახის იატაკიდან 0.7 მეტრი. ცხოველი თავსდებოდა ლაბირინთის ცენტრში და ეძლეოდა თავისუფლად გადაადგილების საშუალება 15 წუთის განმავლობაში. აღირიცხებოდა ღია და დახურულ მკლავებში შესვლათა რაოდენობა და თითოეულ მათგანში ჯამურად დაყოვნების ხანგრძლივობა, აღირიცხვა ხდებოდა ვიდუო კამერით. ყველა ჯგუფის ცხოველთა ქცევას

ვაკვირდებოდით მაქსიმალურად მსგავს პირობებში, დღის პირველ ნახევარში. ტესტირება ხდებოდა ერთჯერადად, რაც გამორიცხავდა ცხოველის მიჩვევას ცდის პირობებისადმი.

**სტატისტიკური ანალიზი.** მიღებული შედეგების ანალიზი (ცხოველთა ჯგუფებში დადგენილ მაჩვენებელთა საშუალო სიდიდეების და ჯგუფებს შორის გამოვლენილი სხვაობების სტატისტიკური სარწმუნობა) ცდებში ფასდებოდა სტიუდენტის t-კრიტერიუმის გამოყენებით (19).

წყალბადის ზეჟანგის ( $H_2O_2$ ) ძირითად წყაროს წარმოადგენს სუპეროქსიდ დისმუტაზა, რომელიც აკატალიზებს სუპეროქსიდ-ანიონ-რადიკალის გარდაქმნას წყალბადის ზეჟანგად და რომ ის წარმოადგენს უჯრედშიგა მესენჯერს. უნდა აღინიშნოს, რომ წყალბადის ზეჟანგი რკინის და სპილენძის იონების არსებობისას იშლება და წარმოშობს საკმაოდ აქტიურ და საშიშ ჰიდროქსილის რადიკალს. ამის შედეგად ორგანიზმში შესაძლოა განვითარდეს ოქსიდაციური სტრესი თავისი დადებითი თუ უარყოფითი შედეგებით. ზემოთქმულთან დაკავშირებით აუცილებლად მიგვაჩნდა გამოგვეკვლია ორგანიზმში პერორალური გზით წყალბადის ზეჟანგის მითითებული დოზების ქრონიკულად შეყვანით განვითარებული ოქსიდაციური სტრესისა და ე.წ. „ჰორმეზული ფენომენის“ გავლენა ცხოველთა შფოთვით ქცევაზე, რაც ჯერ აქამდე შესწავლილი არ არის.

#### **მიღებული შედეგები და მათი განხილვა.**

დიაგრამებზე წარმოდგენილია ის ძირითადი შედეგები, რომლებიც მიღებულია საკონტროლო და ექსპერიმენტული ჯგუფების ცხოველთა ლაბირინთში ქცევაზე დაკვირვებით. ნათლად ჩანს წყალბადის ზეჟანგის წყალხსნარის განსხვავებული დოზებით და განსხვავებული ხანგრძლივობით მიცემისას გამოწვეული ოქსიდაციური სტრესის ჰორმეზული ეფექტის ქცევითი გამოვლენა, კერძოდ, ჯვარედინი ლაბირინთის მკლავებში საექსპერიმენტო ცხოველების შესვლათა რაოდენობა და მათ მიერ ლაბირინთის დახურულ მკლავებში გატარებული დროის საერთო ხანგრძლივობა იმდენად შეცვალა, რომ მან მნიშვნელოვნად იმოქმედა შფოთვის ფსიქო-ემოციური მდგომარეობაზე. № 1 დიაგრამაზე წარმოდგენილია ძირითადი შედეგები, მიღებული საკონტროლო (I-ჯგ.) და ექსპერიმენტული II და III - ჯგუფის ცხოველების ლაბირინთში ქცევაზე დაკვირვებით, როცა ამ უკანასკნელთ 10 დღის განმავლობაში სასმელი წყლის მაგივრად პერორალურად ეძლეოდათ წყალბადის ზეჟანგის ( $H_2O_2$ ) განსხვავებული დოზების წყალხსნარები კერძოდ, მეორე ჯგუფს 0.1% -იანი წყალხსნარი და მესამე ჯგუფს 0.2% წყალხსნარი. დიაგრამაზე ნათლად ჩანს წყალბადის ზეჟანგის 0.1% წყალხსნარის 10 დღიანი მიღება (ცხოველთა II-ჯგუფი), მათი ქცევითი აქტივობიდან გამომდინარე, არ აღმოჩნდა საკმარისი ჰორმეზული მოვლენის სრულყოფილი სახით მისაღებად. ხოლო წყალბადის ზეჟანგის 0.2% წყალხსნარის 10 დღიანი მიღებით (ცხოველთა III-ჯგუფი) გამოწვეულმა ოქსიდაციურმა სტრესმა ნაწილობრივ გაზარდა საექსპერიმენტო ცხოველთა ლოკომოტორული აქტივობა, ჯვარედინი ლაბირინთის მკლავებში შესვლათა რაოდენობა და საკონტროლო ჯგუფის ცხოველებთან შედარებით, ლაბირინთის დახურულ მკლავებში გატარებული დროის ხანგრძლივობა, რაც მაჩვენებელია შფოთვის ფსიქო-ემოციური მდგომარეობის ნაწილობრივ გაუმჯობესების. აღნიშნული ფაქტი შეიძლება ჩაითვალოს ჰორმეზული ეფექტის ქცევით გამოვლინებად, ვინაიდან წყალბადის ზეჟანგს

ახასიათებს ორგანიზმში აკუმულაციის თვისება, რასაც შეიძლება პირდაპირი კავშირი ჰქონდეს ამ ჯგუფის ცხოველთა ქცევასთან.

ცხოველთა მე-4 ჯგუფში, რომლებიც სასმელი წყლის მაგივრად იღებდნენ წყალბადის ზეჟანგის 0.1%-იან წყალხსნარს 25 დღის განმავლობაში, გაიზარდა ჯვარედინი ლაბირინთის როგორც ღია ისე დახურულ მკლავებში შესვლათა რაოდენობა და ცხოველთა ლოკომოტორული აქტივობა, მნიშვნელოვნად მოიმატა დახურულ მკლავში გატარებული დროის საერთო ხანგრძლივობამ (დიაგრამა-2). რაც მაჩვენებელია შფოთვის ფსიქო-ემოციური მდგომარეობის საგრძნობლად ანუ ნორმის ფარგლებში მაქსიმალურად გაუმჯობესების. აღნიშნული ფაქტი უნდა ჩაითვალოს წყალბადის ზეჟანგის 0.1%-იანი წყალხსნარით გამოწვეული ოქსიდაციური სტრესის ჰორმეზული ეფექტის ქცევით გამოვლინებად,

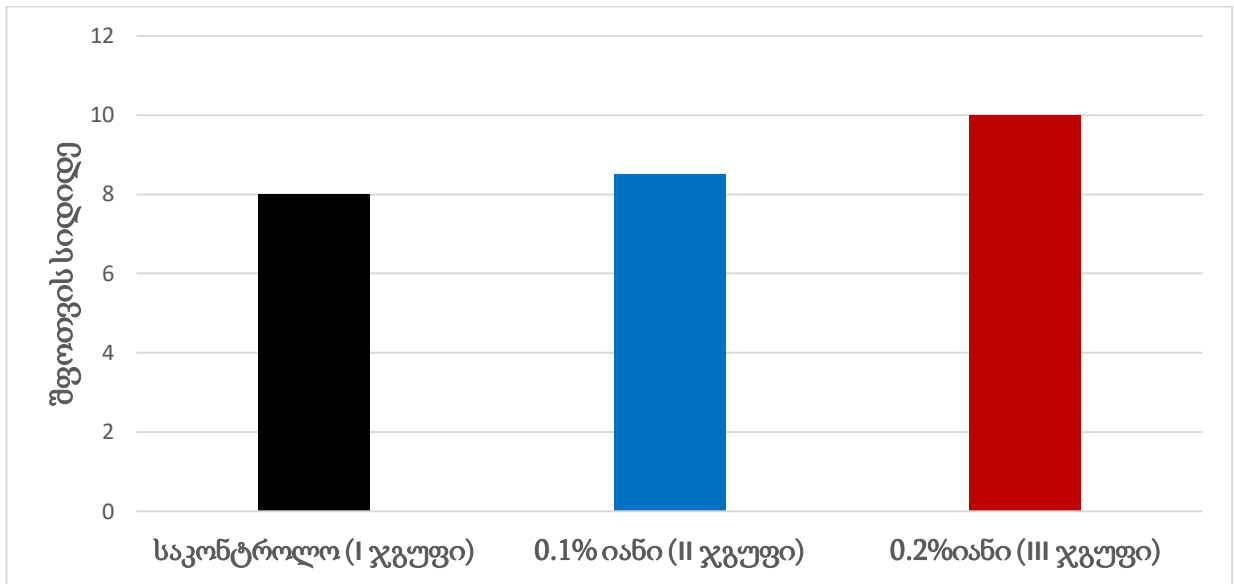
ცხოველთა მე-5 ჯგუფში, რომლებიც იღებდნენ წყალბადის ზეჟანგის 0.2%-იან წყალხსნარს 25 დღის განმავლობაში, ძალზედ გაზრდილია ჯვარედინი ლაბირინთის დახურულ მკლავში შესვლათა რაოდენობა და იქ გატარებული დროის საერთო ხანგრძლივობა, (დიაგრამა-2), ასევე აღინიშნება ლაბირინთში ცხოველთა ლოკომოტორული აქტივობის მკვეთრი შენელება და ისინი ძნელად ემორჩილებოდნენ ექსპერიმენტატორს დახურული სივრციდან მათი გამოყვანის მცდელობისას. აღნიშნული მდგომარეობა მაჩვენებელია შფოთვის ფსიქო-ემოციური მდგომარეობის მეტად გაძლიერების. ამ ჯგუფის ექსპერიმენტში მიღებულ შედეგებს თუ შევადარებთ მე-3 ჯგუფის ცხოველთა ექსპერიმენტის შედეგებთან, გაორმაგებული სტრესოგენური ფაქტორის (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 0.2% ხსნარი) 25 დღემდე გახანგრძლივება გახდა მიზეზი ქცევის ჰორმეზული ეფექტის რღვევისა და აგრესიული ქცევის გამოვლენის.

**ცხრილი 1**

ცხოველთა ჯგუფები	დრო ლაბირინთის დახურულ მკლავზე	დრო ლაბირინთის ღია მკლავზე
I ჯგ. საკონტროლო	8	7
II ჯგ. 0.1% იან H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	8.5	6.5
III ჯგ. 0.2% იან H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	10	5

წყალბადის ზეჟანგის 0,1% და 0,2% წყალხსნარის მიღება ქრონიკულად 10 დღე

**დიაგრამა 1**



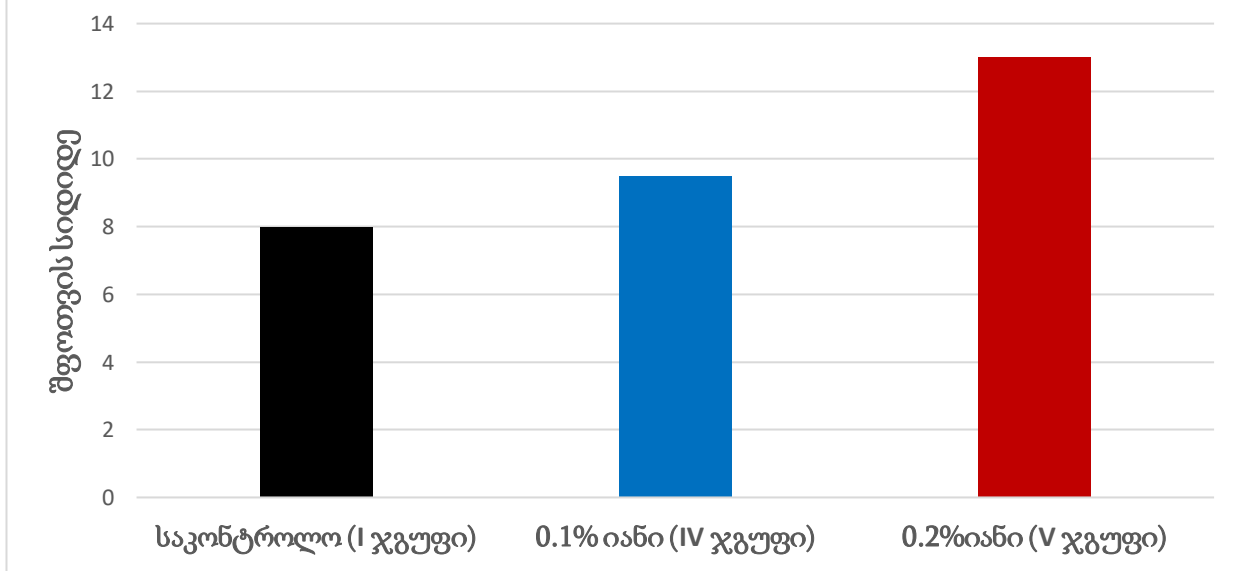
წყალბადის ზეჟანგის 0,1% და 0,2% წყალხსნარის მიღება ქრონიკულად 10 დღე.

**ცხრილი 2**

ცხოველთა ჯგუფები	დრო ლაბირინთის დახურულ მკლავზე	დრო ლაბირინთის ღია მკლავზე
I ჯგ. საკონტროლო	8	7
IV- 0.1% იან H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	9.5	5,5
V- 0.2% იან H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	13	2

წყალბადის ზეჟანგის 0,1 % და 0.2% წყალხსნარის მიღება ქრონიკულად 25 დღე

**დიაგრამა 2**



წყალბადის ზეჟანგის 0,1 % და 0.2% წყალხსნარის მიღება ქრონიკულად 25 დღე

**მონაცემების შეჯამება და დასკვნები**

მიღებული ექსპერიმენტული მონაცემების ანალიზი გვიჩვენებს:

წყალბადის ზეჟანგით ინდუცირებული ოქსიდაციური სტრესი, როდესაც მისი კონცენტრაცია სასმელ წყალში არ აღემატება 0.1%-ს და მიღების ხანგრძლივობა - 10 დღეს (II - ჯგუფი ) ჯერ კიდევ ვერ იწვევს საექსპერიმენტო ცხოველების ლოკომოტორული აქტივობის სტიმულირებას და შესაბამისად საკონტროლო ჯგუფთან შედარებით არ ხდება შფოთვის ფსიქო-ემოციური მდგომარეობის ცვლილება. წყალბადის ზეჟანგით ინდუცირებული ოქსიდაციური სტრესი, როდესაც მისი კონცენტრაცია სასმელ წყალში არ აღემატება 0.1% და მისი მიღების ხანგრძლივობა კი - 25 დღეს (IV-ჯგუფი), იწვევს ცხოველების ლოკომოტორული აქტივობის სტიმულირებას და შესაბამისად შფოთვის ფსიქო-ემოციური მდგომარეობის ნორმის ფარგლებში მაქსიმალურ გაუმჯობესებას. აღნიშნული ფაქტი დაკავშირებული უნდა იყოს ოქსიდაციური სტრესით გამოწვეული ჰორმონების ფენომენის აღმოცენებასთან, რამაც განაპირობა შფოთვის ფსიქო-ემოციური მდგომარეობის გაუმჯობესება და მისი სტაბილურად შენარჩუნება.

III-ჯგუფის ცხოველების მიმართ წყალბადის ზეჟანგის კონცენტრაციის გაორმაგებამ სასმელ წყალში ( $H_2O_2$  0.2% წყალხსნარი), რომლის მიღების ხანგრძლივობა იყო 10 დღე, საკონტროლო ჯგუფთან შედარებით, სტატისტიკურად გამოიწვია ლოკომოტორული აქტივობის ნაწილობრივი შემცირება და შესაბამისად შფოთვის ფსიქო-ემოციური მდგომარეობის ნორმის ფარგლებში გაუმჯობესება. ცხოველთა ამ ჯგუფში მიღებული შედეგი გვიჩვენებს, რომ სასმელ წყალში წყალბადის ზეჟანგის კონცენტრაციის გაორმაგებული დოზა, რომელსაც ახასიათებს ორგანიზმში აკუმულაციის უნარი, გახდა მიზეზი ოქსიდაციური სტრესის აღძვრის, რამაც თავის მხრივ განაპირობა ჰორმონების ფენომენის გამოვლენა და შესაბამისად შფოთვის ფსიქო-ემოციური მდგომარეობის გაუმჯობესება.

როგორც მოსალოდნელი იყო, წყალბადის ზეჟანგის კონცენტრაციის გაორმაგებამ სასმელ წყალში  $H_2O_2$  0.2% ხსნარი და მისი მიღების 25 დღიანმა ხანგრძლივობამ გამოიწვია ჰორმონების ფენომენის ქცევითი გამოვლენის სრული დარღვევა, ლოკომოციის შემცირება და შესაბამისად შფოთვის ფსიქო-ემოციური მდგომარეობის გაძლიერება.

ამრიგად, მიუხედავად იმისა, რომ ოქსიდაციური სტრესი ჩართულია მრავალი პათოლოგიური პროცესის განვითარებაში, აღმოჩნდა, რომ მას შეუძლია შეასრულოს დადებითი როლი ნეიროპლასტიურობის, ფსიქო-ფიზიოლოგიური ადაპტაციის რეგულირებაშიც. ჩვენი შედეგების ანალიზი საშუალებას გვაძლევს აღვნიშნოთ, რომ ექსპერიმენტში მცირე დოზიანი სტრესოგენური ფაქტორის (წყალბადის ზეჟანგის  $H_2O_2$  0.1%) ქრონიკული მოქმედების პირობებში ადგილი აქვს შფოთვის ფსიქო-ემოციური მდგომარეობის გაუმჯობესებას და მის სტაბილურ შენარჩუნებას ნორმის მაქსიმალურ ფარგლებში, გამოწვეულია ჰორმონების მოვლენის ქცევითი გამოვლინებით. სტრესოგენული ფაქტორის „დოზის“ მატებამ ანუ გაორმაგებამ (წყალბადის ზეჟანგის 0.2% წყალხსნარის ქრონიკული მიცემა) გამოიწვია ჰორმონების ფენომენის დათრგუნვა. ამით კიდევ ერთხელ დასტურდება ჰორმონების ფენომენის ძირითადი არსი, რომ სტრესოგენული ფაქტორის დაბალი დოზების დადებითი და მაღალი დოზების უარყოფითი ეფექტი შფოთვის ფსიქო-ემოციური მდგომარეობაზე.



ჩვენი მიერ მიღებული შედეგები და ლიტერატურაში გამოქვეყნებული ექსპერიმენტული მონაცემები საშუალებას იძლევა გავაკეთოთ შემდეგი

#### დასკვნა:

1. წყალბადის ზეჟანგის დაბალ დოზიანი (0.1% H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) ქრონიკული ზემოქმედებით გამოწვეული ოქსიდაციური სტრესის საპასუხოდ ადგილი აქვს ქცევითი აქტივობის ზრდასა და შფოთვის ფსიქო-ემოციური მდგომარეობის სტაბილურად გაუმჯობესებას;
2. წყალბადის ზეჟანგის დაბალ დოზიანი (0.1% H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) ქრონიკული ზემოქმედებით გამოწვეული ოქსიდაციური სტრესის და მისი დოზა-ეფექტით აღმოცენებული ე.წ. ჰორმეზული მოვლენა გახდა საფუძველი სტრეს-ფაქტორის დათრგუნვა/ადაპტაციის და შედეგად შფოთვის ფსიქო-ემოციური მდგომარეობის გაუმჯობესების;
3. წყალბადის ზეჟანგის მაღალ დოზიანი (0.2% H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> წყალხსნარი) ქრონიკული ზემოქმედებით გამოწვეული ოქსიდაციური სტრესის საპასუხოდ ადგილი აქვს ჰორმეზული ეფექტის დარღვევას, რაც გამოიხატება ქცევითი აქტივობის დაქვეითებასა და შესაბამისად შფოთვის ფსიქო-ემოციური მდგომარეობის გაძლიერებაში.

#### ლიტერატურა:

1. სალინაძე ნ; საკანდელიძე რ.; მითაგვარია ნ. ოქსიდაციური სტრესის დადებითი და უარყოფითი ეფექტები, ანუ თავისუფალი რადიკალების მოქმედების დუალური როლი (მოკლე მიმოხილვა). საქართველოს მეცნიერებათა ეროვნული აკადემიის მაცნე, ბიომედიცინის სერია № 5-6, ტ.42, თბილისი, 2016, 261-269;
2. ა. შალამბერიძე. რ. საკანდელიძე, ა.ქორელი. ცენტრალური მუსკარინული აგონისტისა და ანტაგონისტის გავლენა ვირთაგვების ქცევაზე ამალღებულ ჯვარედინ ლაბირინთზე. საქართველოს მეცნიერებათა ეროვნული აკადემიის მაცნე, ბიომედიცინის სერია A, № 5-6, ტ.29, თბილისი, 2003, 755-760;
3. Abe M.K., Chao T.S., Solway J. et al. Hydrogen peroxide stimulates mitogen-activated protein kinase in bovine tracheal myocytes: implications for human airway disease. Am J Respir Cell Mol Biol 1994; 11: 577-585.
4. Allen R.G, Tresini M. Oxidative stress and gene regulation. Free Rad Biol Med 2000; 28: 463-499.
5. Beck A.T. – Cognitive Therapy and the emotional Disorders. New York: Meridian, 1976.
6. Berlett B.S., Stadtman E.R. Protein oxidation in aging, disease, and oxidative stress. J Biol Chem 1997; 272: 20313-20316.
7. Cruz A.P.M; Frei F; Graeff F.G. – Ethopharmacological analysis of rat behavior on the elevated plus-maze. Pharmacol. Biochem. Behav; 1994, 49, 171-176.
8. Griebel G; Rodgers R.J; Perrault G; Sanger D.J. – Risk assessment behavior. Evaluation of utility in the study of 5-HT-related drugs in the rat elevated plus-maze test. Pharmacol. Biochem. Behav; 1997, 57, 817-827.

9. Hoidal J.R. Reactive oxygen species and cell signaling. *Am J Respir Cell Mol Biol* 2001; 25: 661-663.
10. Jeong Y.H, Park C.H., Yoo J. et al. Chronic stress accelerates learning and memory impairments and increases amyloid deposition in APP-CT100 transgenic mice, an Alzheimer's disease model. *The FASEB Journal*, 20 (2006) 729-731.
11. Kunsch C., Medford R.M. Oxidative Stress as a Regulator of Gene Expression in the Vasculature. *Circ Res* 1999; 85: 753-766.
12. Lane R.D; Nadel L. – *Cognitive Neuroscience of Emotion*. New York: Oxford University Press, 2000.
13. Nielsen F., Mikkelsen B.B., Nielsen J.B. et al. Plasma malondialdehyde as biomarker for oxidative stress: reference interval and effects of life-style factors. *Clin Chem* 1997; 43: 1209-1214.
14. Pello S. Chopin P; File S.E; Briley – Validation of open: closed arm entries in an alavated plus-maze as a measure of anxiety in the rat. *J. Neurosci. Methods*, 1985, 14, 149-167.
15. Practico D., Barry O.P., Lawson J.A. et al. IPF2 $\alpha$ -I: An index of lipid peroxidation in humans. *Proc Natl Acad Sci USA* 1998; 95: 3449-3454. Yoshikawa T., Naito Y. What is oxidative stress? *JMAJ*, 45 (2002) 271-276.
16. Reiter R.J. Melatonin: Lowering the High Price of Free Radicals. *News Physiol Sci* 2000; 15: 246-250.
17. [Ristow M](#), [Schmeisser S](#). Extending life span by increasing oxidative stress. [Free Radic Biol Med](#). 51 (2011) 327-336 0
18. Sakandelidze R.; Saginadze N., Mitagvaria N. - Поведенческие эффекты оксидативного стресса. *Georgian Medical News*; №3 (240) March 2015; p. 78-82;
19. Townsend J. – *Practical Statistics for Environmental and Biological Scientists*. Chichester, England: John Willy and Sond, 2003.
20. Yoshikawa T., Naito Y. What is oxidative stress? *JMAJ*, 45 (2002), 271-276.
21. Розанцев Э.Г., Шолле В Д. *Органическая химия свободных радикалов*. М., 1979
22. Эммануэль Н.М. *Цепные реакции окисления углеводов в жидкой фазе*. М, 1965.

## **A Study of Anxiety-Related Behavior under Conditions of Oxidative Stress Caused by Hydrogen Peroxide**

**Izolda Lomsianidze; Reniko Sakandelidze; Erekle Julakidze; Khatuna Rusadze;**

Akaki Tsereteli State University

### **A b s t r a c t**

Any stressful situation in the body can become the cause of intense formation of free radicals. Free radicals are molecules or individual atoms that have unpaired valence electrons in their outer orbit,

which are characterized by high reactivity and damage cell proteins, nucleic acids, membrane lipids, and can lead to the development of many types of pathological processes. All possible triggering mechanisms of this process have not been fully explored. It is known that under certain conditions, in response to stressogenic factors, a biologically positive reaction – adaptive stress response develops in the body which ensures the resistance of cells to stronger (lethal) doses of the stimulating agent of this reaction. The aim of the study was to explore the influence of the hormetic phenomenon on the psycho-emotional state of anxiety which arose from the dose-response of the oxidative stress caused by hydrogen peroxide in an experiment on rats. The experiment was conducted on white male lab rats. As an experimental model of oxidative stress caused by hydrogen peroxide, we used its 0.1% and 0.2% aqueous solutions and administered them orally to animals for different durations (10 and 25 days). The psycho-emotional state of anxiety was assayed by means of the elevated plus maze. The analysis of the obtained results was conducted using the student's t-criterion.

The analysis of our results allows us to note that in the experiment under the conditions of chronic action of a low dose of stressogenic factor (hydrogen peroxide  $H_2O_2$  0.1%), an improvement in the psycho-emotional state of anxiety and its stable maintenance within the maximum limits of the norm can be observed, which must be caused by the influence of the hormetic response. A further increase (doubling of the "dose") of the stressogenic factor (chronic administration of 0.2% aqueous solution of hydrogen peroxide) resulted in suppression of the hormesis. It was found that in this experimental model, oxidative stress can play a positive role in the regulation of neuroplasticity and psycho-physiological adaptation.

**Key words:** *anxiety, oxidative stress, free radicals, hormesis, hydrogen peroxide, behavior*

## ნაღვლის ბუშტის ლორწოვანი გარსის ანთებითი ცვლილებებისა და ჰორმონული ექსპრესიის თავისებურებების პრობლემური საკითხები დისპლაზია-კარცინომის განვითარებაში

თამთა ყველიაშვილი<sup>1</sup>, გიორგი დიდავა<sup>2</sup>, შოთა კეპულაძე<sup>3</sup>, გიორგიბურკაძე;

თბილისის სახელმწიფო სამედიცინო უნივერსიტეტი

### აბსტრაქტი

ნაღვლის ბუშტის კარცინომა წარმოადგენს ბილიარული ტრაქტის ყველაზე ხშირ სიმსივნეს. იგი შედარებით იშვიათად გვხვდება დასავლეთის ქვეყნებში. თუმცა, ფართოდაა გავრცელებული დედამიწის სხვადასხვა რეგიონებში, განსაკუთრებით კი განვითარებად ქვეყნებში. ნაღვლის ბუშტის კარცინომის მკურნალობის ყველაზე ეფექტური მეთოდია რადიკალური ქოლაციისტექტომია. თუმცა, სამწუხაროდ პაციენტთა მხოლოდ 10-30% ექვემდებარება აღნიშნულ მკურნალობის მეთოდს, შემთხვევათა 70-90%-ის შორსწასულ სტადიაზე დიაგნოსტიკის გამო. ნაღვლის ბუშტის კარცინომის განვითარება დაკავშირებულია სხვადასხვა გარემო და გენეტიკურ ფაქტორებთან. ნაღვლის ბუშტის კარცინომის განვითარება ასოცირდება ქრონიკული ანთების არსებობასთან და/ან სპეციფიკური ქიმიური ნივთიერებების, მძიმე მეტალების და საკვები ფაქტორების ზემოქმედებასთან. ზუსტი მექანიზმი, თუ როგორ ხდება ქოლელითიაზის ფონზე ნაღვლის ბუშტის კარცინომის განვითარება, ჯერ-ჯერობით ბოლომდე ნათელი არაა. ნაღვლის ბუშტის ანთებითი დაზიანებების დროს, ნაღვლის ბუშტის ეპითელიუმის პროლიფერაციული ინდექსის ცვლილებები ჯერ-ჯერობით შესწავლილი არაა. გარდა პროლიფერაციული მარკერებისა, ასევე ნაჩვენებია, რომ მრავალი სიმსივნის პათოგენეზში მნიშვნელოვან როლს ასრულებს უჯრედის აპოპტოზური აქტივობის შემცირება. თუმცა ნაღვლის ბუშტის კარცინომების აპოპტოზური აქტივობის შესახებ ლიტერატურული მონაცემები არასრული და ურთიერთწინააღმდეგობრივია.

**საკვანძო სიტყვები:** ნაღვლის ბუშტის კარცინომა ჰორმონული რეცეპტორები; პროლიფერაციულ-აპოპტოზური მარკერები;

ნაღვლის ბუშტის კარცინომა წარმოადგენს ბილიარული ტრაქტის ყველაზე ხშირ სიმსივნეს. იგი შედარებით იშვიათად გვხვდება დასავლეთის ქვეყნებში. თუმცა, ფართოდაა გავრცელებული დედამიწის სხვადასხვა რეგიონებში, განსაკუთრებით კი განვითარებად ქვეყნებში. მსოფლიოს მასშტაბით 100 000 მოსახლეზე ნაღვლის ბუშტის კარცინომის ინციდენტობა შეადგენს 2,3%-ს, ხოლო საქართველოს მასშტაბით კი 1,3%-ს. ნაღვლის ბუშტის კარცინომა დასაწყის ეტაპზე უსიმპტომოდ მიმდინარეობს რაც ართულებს მის გამოვლენას და მკურნალობას[1].

ნაღვლის ბუშტის კარცინომის მკურნალობის ყველაზე ეფექტური მეთოდია რადიკალური ქოლეცისტექტომია. თუმცა, სამწუხაროდ პაციენტთა მხოლოდ 10-30% ექვემდებარება აღნიშნულ მკურნალობის მეთოდს, შემთხვევათა 70-90%-ის შორსწასულ სტადიაზე დიაგნოსტიკის გამო. აღნიშნული შემთხვევები ძირითადად ექვემდებარებიან არაქირურგიული მკურნალობის მეთოდებს[2][3]. ნაღვლის ბუშტის კარცინომის არაქირურგიული მკურნალობის მეთოდებიდან ყველაზე ხშირად გამოიყენება ქიმიოთერაპია და სხივური თერაპია[4][5]. თუმცა, აღნიშნული მკურნალობის მეთოდები არაოპტიმალურია, რადგან იგი დაკავშირებულია სისტემურ ტოქსიურობასთან, სამკურნალო აგენტის არასაკმარის მოქმედებასთან და მკურნალობისადმი რეზისტენტობის განვითარებასთან[6]. აქედან გამომდინარე, დღეს-დღეობით მრავალი კვლევა მიმდინარეობს, რომელიც მიზნად ისახავს ნაღვლის ბუშტის კარცინომის ახალი მკურნალობის მეთოდების გამოვლენას. რის გამოც, განსაკუთრებული მნიშვნელობა ენიჭება ნაღვლის ბუშტის კარცინომის პათოგენეზის შესწავლას და მისი პროგრესიის პოტენციური ბიომარკერების გამოვლენას.

ნაღვლის ბუშტის კარცინომის განვითარება დაკავშირებულია სხვადასხვა გარემო და გენეტიკურ ფაქტორებთან. ნაღვლის ბუშტის კარცინომის განვითარება ასოცირდება ქრონიკული ანთების არსებობასთან და/ან სპეციფიკური ქიმიური ნივთიერებების, მძიმე მეტალების და საკვები ფაქტორების ზემოქმედებასთან. ასევე ნაჩვენებია, რომ ნაღვლის ბუშტის კარცინომა განსაკუთრებით მაღალი სიხშირით გვხვდება ქალებში, ძირითადად განვითარებად ქვეყნებში, რაც მიუთითებს, რომ გარკვეული გეოგრაფიული ფაქტორები, ასევე ჰორმონული ფაქტორები და ქოლესტერინი გავლენას ახდენს ნაღვლის ბუშტის კარცინომის განვითარებაზე. გარკვეულწილად, ესტროგენი იწვევს ნაღვლის ქოლესტეროლით გაჯერებას და შესაბამისად მონაწილეობს ნაღვლის ბუშტის კარცინომის პათოგენეზში[7]. ნაღვლის ბუშტის კარცინომის განვითარების მთავარ რისკ ფაქტორს წარმოადგენს ნაღველკენჭოვანი დაავადება, რომელიც თავის მხრივ იწვევს ქრონიკული ანთებითი პროცესის განვითარებას[8]. ქრონიკული ანთებითი პროცესი კი განპირობებულია უჯრედთა სიკვდილისა და ეპითელიუმის რეპარაციის უწყვეტი ციკლით[9]. ნაღველკენჭოვან დაავადებასა და ნაღვლის ბუშტის კარცინომას შორის კავშირი დადგენილია მრავალი კოჰორტული კვლევით[10]. კერძოდ ნაჩვენებია, რომ ნაღველკენჭოვანი დაავადების მქონე პაციენტები ხასიათდებიან ნაღვლის ბუშტის კარცინომის განვითარების 21%-დან 57%-მდე უფრო მაღალი სიხშირით, ვიდრე ნაღველკენჭოვანი დაავადების არმქონე პირები. ნაღვლის ბუშტის კარცინომის სხვა

რისკ ფაქტორები, როგორებიცაა ასაკი, მდედრობითი სქესი, შვილოსნობის სტატუსი და ეთნიკურობა ასევე წარმოადგენს ფაქტორებს, რომლებიც ხელს უწყობენ ნაღველკენჭოვანი დაავადების განვითარებას[11].

გენომის სექვენირების ტექნოლოგიით გამოვლენილია გენეტიკური აბერაციები, რომლებიც პოტენციურ სამიზენს წარმოადგენენ ნაღვლის ბუშტის კარცინომის განვითარების პროცესში. კერძოდ, უფრო და უფრო მნიშვნელოვანი ხდება იმუნომოდულატორული თერაპიული მიდგომა, რომელიც მიზნად ისახავს უჯრედის პროგრამირებული სიკვდილის პროტეინსა (PD-1) და პროგრამირებული სიკვდილის ლიგანდს (PD-L1) შორის ურთიერთქმედების გამოვლენას. PD-L1-აბერანტული ექსპრესია საშუალებას აძლევს სიმსივნურ უჯრედებს, რომ თავი დააღწიონ მასპინძლის იმუნურ სისტემას და გააგრძელონ პროლიფერაცია. შესაბამისად, PD-L1-ის გაზრდილ ექსპრესიას უარყოფითი გავლენა აქვს ნაღვლის ბუშტის კარცინომის პროგნოზულ გამოსავალზე [12].

ნაღვლის ბუშტში არჩევენ ავთვისებიანი ტრანსფორმაციის ორ ძირითად გზას: 1) მეტაპლაზია-დისპლაზია-კარცინომა თანმიმდევრობას და 2) ადენომა-კარცინომა თანმიმდევრობას. ნაღველკენჭოვან დაავადებასთან დაკავშირებული კარცინოგენეზი ძირითადად ვითარდება პირველი გზით.

ეპითელიუმის მეტაპლაზია განისაზღვრება როგორც ერთი ტიპის დიფერენცირებული უჯრედის/ქსოვილის მეორე ტიპით ჩანაცვლება. იგი ხშირად აღინიშნება ნაღვლის ბუშტის ეპითელიუმში, ნაღველკენჭოვანი დაავადებების დროს და ასოცირდება ქსოვილის დაზიანებასა და ანთების განვითარებასთან. გარდა ამისა, მეტაპლაზიისა და ანთების ხარისხი იზრდება ნაღვლის კენჭების ზომის პროპორციულად[13]. თუმცა, ზუსტი მექანიზმი, თუ როგორ ხდება ქოლელითიაზის ფონზე ნაღვლის ბუშტის კარცინომის განვითარება, ჯერ-ჯერობით ბოლომდე ნათელი არაა. ნაჩვენებია, რომ ქოლელითიაზის მქონე პაციენტების 83%-ში ვითარდება ეპითელიუმის ჰიპერპლაზია, 13,5%-ში ატიპური ჰიპერპლაზია და 3,5%-ში კარცინომა in situ[11].

დღესდღეობით ნაღვლის ბუშტის კარცინომა უფრო ხშირად დიაგნოსტირდება, რაც სავარაუდოდ განპირობებულია ლაპარასკოპიული ქოლეცისტექტომიის ფართო გამოყენებასთან. სწორი დიაგნოზის დასმისა და დიფერენციალური დიაგნოსტიკისთვის აუცილებელია ბილიარული ტრაქტის ნეოპლაზიების მორფოლოგიური მახასიათებლების გაგება. როგორც უკვე აღვნიშნეთ, ნაღვლის ბუშტის კარცინომის პათოგენეზი მეტაპლაზიიდან დისპლაზიამდე და შემდეგ კარცინომამდე სიმსივნის პროგრესიის შედეგია [14].

გასული ათწლეულის განმავლობაში მნიშვნელოვნად განვითარდა ნაღვლის ბუშტისა და სანაღვლე გზების სიმსივნური დაზიანების პრეკურსორების კლასიფიკაცია. შესწავლილია ორი ძირითადი ტიპი: არასიმსივნური (“ბრტყელი”) დისპლაზია, რომელიც ასევე მოიხსენიება, როგორც ბილიარული ინტრაეპითელიური ნეოპლაზია და პოლიპოიდურ-პაპილური პრეინვაზიური ნეოპლაზიები (სიმსივნური ინტრაეპითელიური ნეოპლაზია). არასიმსივნური დისპლაზია ძირითადად გხვდება დაბალი ხარისხით. მაღალი ხარისხის

დისპლაზია, ანუ კარცინომა In situ, მარტივად ექვემდებარება მკურნალობას, იშვიათად ახასიათებს რეციდივი და მეტასტაზების წარმოქმნა. პოლიპოიდურ-ჰაპილარული ნეოპლაზიები იყოფიან ინვაზიურ და არაინვაზიურ ჯგუფებად. არაინვაზიური ნეოპლაზიები ძირითადად განკურნებადია, იშვიათად ახასიათებს რეციდივი და მეტასტაზების წარმოქმნა. ინვაზიური ნეოპლაზიებისგან წარმოქმნილ კარცინომას კი ახასიათებს ნაკლებად აგრესიული ქცევა, ვიდრე ჩვეულებრივ ინვაზიურ კარცინომას [15].

მეტაპლაზია, როგორც წესი, დაკავშირებულია ანთეზასა და ქრონიკულ დაზიანებასთან. სანადვლე გზებში გვხვდება მეტაპლაზიის ორი ძირითადი ტიპი: გასტრული და ინტესტინული. გასტრული მეტაპლაზია ყველაზე გავრცელებული ტიპია და გვხვდება ქოლეცისტიტისა და ქოლელითიაზის გამო რეზეცირებული ნადვლის ბუშტის თითქმის 50%-ში. ინტესტინული მეტაპლაზია გვხვდება შემთხვევათა 30%-ში და მისი ინციდენტობა იზრდება ასაკის მატებასა და ნადველ-კენჭოვანი დაავადების ხანგრძლივობასთან ერთად. მორფოლოგიურად მეტაპლაზიური უჯრედები ავლენს ფსევდოსტრატიფიკაციასა და ზომიერ ბირთვულ ატიპიას. გარდა ამისა, შესაძლოა, ბილიარულ ტრაქტში გამოვლინდეს ბრტყელუჯრედოვანი მეტაპლაზია, რაც შემდგომში იწვევს ბრტყელუჯრედოვანი კარცინომის განვითარებას.

ბილიარული ტრაქტის დისპლაზია მიიჩნევა, როგორც პრეინვაზიური მდგომარეობა და აღინიშნება ინვაზიური კარცინომის მქონე პაციენტების 40-60%-ში, სკლეროზული ქოლანგიტის მქონე პაციენტების 30%-ში და ინციდენტურად ქოლეცისტექტომიის ნიმუშების 1-3.5%-ში. დისპლაზია მაკროსკოპულად ვლინდება გრანულური შესახედაობითა და კედლის გასქელებით, ხოლო მიკროსკოპულად ახასიათებს კუბური, ან ცილინდრული ეპითელიუმის ატიპური პროლიფერაცია, პოლარობის დაკარგვა და ფსევდოსტრატიფიკაცია. ნადვლის ბუშტის დისპლაზია იყოფა ორ კატეგორიად: დაბალი და მაღალი ხარისხის დისპლაზია. მაღალი ხარისხის დისპლაზია ხასიათდება ბირთვის ჰიპერქრომიით, მიტოზებითა და უჯრედთა პოლარობის დაკარგვით, რითაც ჰისტოლოგიურად ემსგავსება კარცინომა in situ-ს [14].

ნადვლის ბუშტის ინვაზიური კარცინომის 80%-ზე მეტი ვითარდება კარცინომა In situ-სა და დისპლაზიის კერებში. ნადვლის ბუშტის ადენომების დაბალი ინციდენტობა (ქოლეცისტექტომიების 0.14%) და მიმდებარე ლორწოვან გარსში ადენომატოზური ცვლილებების მქონე უბნების არსებობა კარცინომების 3%-ზე ნაკლებში, მიუთითებს ამ კანცეროგენული გზის შეზღუდულ მნიშვნელობაზე. ეპითელიური დისპლაზია, რომელიც არ არის დაკავშირებული ნადვლის ბუშტის კარცინომასთან, აღინიშნება სიმპტომური ლითიაზის გამო ჩატარებული ქოლეცისტექტომიების 1%-ში. მეტაპლაზია, დისპლაზია და კარცინომა In situ სიმსივნის მიმდებარე ლორწოვანში გვხვდება შემდეგი თანაფარდობით 66%, 81.3%, 69%. დასკვნის სახით შესაძლოა ითქვას, რომ მორფოლოგიური თვალსაზრისით, ნადვლის ბუშტის კარცინომის პათოგენეზის ყველაზე სარწმუნო გზაა დაზიანების პროგრესია დისპლაზიიდან კარცინომამდე [16].

კლინიკურ მონაცემებთან ჰისტოლოგიური კავშირის დასადგენად ჩატარდა კვლევა და შეფასდა 1689 პაციენტის ნაღვლის ბუშტი, რომელთაც ჩატარდათ ლაპარასკოპიული ქოლეცისტექტომია ქოლეცისტოლითიაზის გამო. შედეგების ანალიზმა აჩვენა, რომ ანთებითი დაზიანება უფრო ხშირი იყო მამაკაცებში, ხოლო დისპლაზია და სიმსივნე აღმოჩენილ იქნა მხოლოდ მდედრობითი სქესის პაციენტებში. ქოლესტეროზის, ადენომიომატოზისა და განგრენის სიხშირე უფრო მაღალი აღმოჩნდა ხანდაზმულ პაციენტებში. საშუალო ასაკის პაციენტებში დაფიქსირდა პილორული მეტაპლაზიის, ინტენსტინული მეტაპლაზიის, დისპლაზიისა და შემდეგ სიმსივნის პროგრესული ზრდა. ნაღვლის ბუშტის ჰისტოლოგიური ცვლილებები ასევე დაფიქსირდა უსიმპტომო პაციენტებშიც. ამ კვლევის შედეგებით სავარაუდოა, რომ არსებობდეს კავშირი ნაღვლის ბუშტის ჰისტოლოგიურ ცვლილებებსა და სიმსივნის განვითარებას შორის [17].

არაერთმა კვლევამ გამოავლინა მოლეკულური და გენეტიკური დეფექტების როლი ნაღვლის ბუშტის კარცინომის განვითარებაში. ჩვეულებრივ, კანცეროგენები გამოწვეულია გენეტიკური და ეპიგენეტიკური ცვლილებებით, რაც განაპირობებს ონკოგენების აქტივაციასა და სიმსივნის სუპრესორი გენების ინაქტივაციას. სიმსივნის სუპრესორი გენი მოქმედებს, როგორც უჯრედული ციკლის გამშვები მექანიზმი და შესაბამისად, შეუძლია გამოიწვიოს ავთვისებიანი ტრანსფორმაცია [18].

სხვადასხვა კვლევებით ნაჩვენებია, რომ ანთებითი პროცესის შედეგად შესაძლებელია მოხდეს სიმსივნის სუპრესორი გენის, *TP53*-ის ცვლილებები, რაც სავარაუდოდ განპირობებულია უჯრედთა გაძლიერებული სიკვდილითა და ახალი ურჯედების წარმოქმნით ასევე ოქსიდაციური სტრესით, თუმცა *TP53*-ის ცვლილებების ზუსტი მექანიზმი ანთების დროს უცნობია. ასევე ნაჩვენებია, რომ სხვა მრავალი სიმსივნის მსგავსად, ნაღვლის ბუშტის კარცინომის დამახასიათებელი ძირითადი მოლეკულური ცვლილებაა *TP53*-ის ინაქტივაცია, დელეციის ან სხვა სახის მუტაციების გზით. *TP53*-ის მუტაცია ასევე აღინიშნება ქრონიკული ქოლეცისტიტის დროს, ნაღვლის ბუშტის ჰისტოლოგიურად ნორმალური შესახედაობის ეპითელიუმშიც და მისი სიხშირე მნიშვნელოვნად იზრდება დისპლაზიის და კარცინომის დროს [19]. ნაღვლის ბუშტისა და ექსტრაჰეპატური სანაღვლე გზების კარცინომის უმეტესი ნაწილი იმუნოჰისტოქიმიური კვლევით აექსპრესიებს *TP53*-ს, თუმცა ექსპრესიის ხარისხის სხვადასხვაობა მიუთითებს მათ განსხვავებულ ეტიოლოგიასა და პათოგენეზურ მექანიზმზე [20].

გარდა ამისა, არსებობს კვლევები იმის შესახებ, რომ **ონკოგენი ბეტა-კატენინი** მონაწილეობს ნაღვლის ბუშტის კარცინომის პათოგენეზში. ბეტა-კატენინი წარმოადგენს უჯრედის ადჰეზიური სისტემის ძირითად რეგულატორს. მისი ბირთვული ექსპრესია მნიშვნელოვნად მაღალია ნაღვლის ბუშტის კარცინომის შემთხვევაში და კორელაციაშია სიმსივნის ხარისხსა და ინვაზიის სიღრმესთან [21].

სხვადასხვა კვლევებით ასევე ნაჩვენებია *Ki67*-ის გაზრდილი ექსპრესიის ასოციაცია ნაღვლის ბუშტის კარცინომასთან. *Ki67* წარმოადგენს უჯრედის პროლიფერაციულ მარკერს,



რომელიც ექსპრესირებს უჯრედის ციკლის ყველა ფაზაში G0 ფაზის გარდა. მთელი რიგი კვლევები მიუთითებს, რომ აღნიშნული მარკერის ექსპრესია მნიშვნელოვნად არის მომატებული სხვადასხვა ორგანოთა სიმსივნეებში და ძირითადად შეჭიდულია სიმსივნის ავთვისებიანობის პოტენციალთან [22]. Ojha და კოლეგების მიერ შესწავლილი იქნა Ki67-ის იმუნოჰისტოქიმიური ექსპრესია ნაღვლის ბუშტის კარცინომებში. კვლევის შედეგებმა აჩვენა, რომ Ki67-ზე პოზიტიურობა აღინიშნება ნაღვლის ბუშტის კარცინომების 88,64%-ში და მისი ექსპრესია მნიშვნელოვნად იზრდება დაზიანების ავთვისებიანობის ხარისხის ზრდასთან ერთად. რაც შეეხება ნაღვლის ბუშტის კარცინომის პრეკურსორ დაზიანებას, როგორცაა ნაღვლის ბუშტის ეპითელიუმის დისპლაზია. Halder და კოლეგების მიერ ნაჩვენები იქნა, რომ Ki67-ის ექსპრესია ასევე იმატებს დისპლაზიურ დაზიანებებში, ნაღვლის ბუშტის ნორმალურ ეპითელიუმთან შედარებით და მისი ექსპრესია მნიშვნელოვნად იზრდება სიმსივნურ დაზიანებებში [23]. რაც მიუთითებს იმაზე, რომ უჯრედის პროლიფერაციული აქტივობის მომატება დისპლაზიის ადრეულ ეტაპზე, შესაძლებელია წარმოადგენდეს დისპლაზიის კარცინომად პროგრესიის რისკ ფაქტორს. თუმცა, ამ მოსაზრების დასამტკიცებლად საჭიროა დამატებითი კვლევების ჩატარება. ნაღვლის ბუშტის ანთებითი დაზიანებების დროს, ნაღვლის ბუშტის ეპითელიუმის პროლიფერაციული ინდექსის ცვლილებები ჯერ-ჯერობით შესწავლილი არაა.

გარდა პროლიფერაციული მარკერებისა, ასევე ნაჩვენებია, რომ მრავალი სიმსივნის პათოგენეზში მნიშვნელოვან როლს ასრულებს უჯრედის აპოპტოზური აქტივობის შემცირება. თუმცა ნაღვლის ბუშტის კარცინომების აპოპტოზური აქტივობის შესახებ ლიტერატურული მონაცემები არასრული და ურთიერთწინააღმდეგობრივია. მაგალითად, ერთ-ერთი კვლევის მონაცემებით, ნაღვლის ბუშტის კარცინომების მხოლოდ 8%-ში ვლინდება აპოპტოზური ცილის, Bcl2-ის ექსპრესია, რაც მიუთითებს იმაზე, რომ ნაღვლის ბუშტის კარცინომების დიდ ნაწილში ადგილი აქვს აპოპტოზური აქტივობის დაკარგვას. მაშინ როდესაც, სხვა კვლევების მონაცემებით კი Bcl2-ის ექსპრესია ვლინდება ნაღვლის ბუშტის კარცინომების 34%-ში [24]. რაც შეეხება ნაღვლის ბუშტის ქრონიკულ ანთებას და დისპლაზიას მონაცემები Bcl2-ის ექსპრესიის შესახებ ცნობილი არაა.

**კარცინომებრიონული ანტიგენი (CEA)** წარმოადგენს ერთმანეთთან დაკავშირებული გლიკოპროტეინების ერთობლიობას, რომლებიც მონაწილეობენ უჯრედების ადჰეზიაში. ჩვეულებრივ წარმოიქმნება კუჭ-ნაწლავის ტრაქტის ქსოვილებში ნაყოფის განვითარების დროს და მისი წარმოქმნა წყდება დაბადებამდე. CEA არის კოლორექტული კარცინომის ძირითადი მარკერი, თუმცა, არსებობს რამდენიმე კვლევა მისი ნაღვლის ბუშტის კარცინომაში ექსპრესიის შესახებ. ნაღვლის ბუშტის კეთილთვისებიანი პათოლოგიების დროს CEA-ს ექსპრესია არ აღინიშნება, ან გვხვდება აპიკალურად, ხოლო პირველადი კარცინომების უმეტესობაში ფოკალურად ან დიფუზურად [25].

სავარაუდოა, რომ არსებობს კავშირი ნაღვლის ბუშტის კარცინომის იმუნოჰისტოქიმიური კვლევის მარკერების ექსპრესიისა და საშუალო გადარჩენის მაჩვენებელს შორის. კვლევებით დადასტურებულია, რომ P53 და CEA მარკერების მაღალი ხარისხის

ექსპრესია დაკავშირებულია ცუდ კლინიკურ გამოსავალთან. ასევე სავარაუდოა, რომ ამ მარკერების ექსპრესიის ეტაპობრივი ზრდა, შესაძლოა, ასახავდეს დაავადების პროგრესირებას In situ-დან ინვაზიურ მდგომარეობამდე. თუმცა, კვლევების სიმწირის გამო დღესდღეობით მათი გამოყენება დამოუკიდებელ პროგნოზულ მარკერად არ ხდება.

**ადჰეზიური მოლეკულების** ექსპრესიული ცვლილებები დაკავშირებულია ნაღვლის ბუშტის კარცინომის პროგრესირებასა და მეტასტაზების წარმოქმნასთან. ნაღვლის ბუშტის კარცინომის შემთხვევაში დაფიქსირდა ICAM-1, CEA და CD44v6 მარკერების გაზრდილი ექსპრესია CD99-ის დაქვეითებულ ექსპრესიასთან ერთად. ადენომის შემთხვევაში კი CD44v6 და CD56 მარკერების აბერანტული და E-კადჰერინის დაქვეითებული ექსპრესია. ნაღვლის ბუშტის დაბალი ხარისხის დისპლაზიისთვის დამახასიათებელია ალფა, ბეტა და გამა კატენინების დაქვეითებული ექსპრესია, თუმცა, ამ ადჰეზიური მოლეკულების ექსპრესია არ იცვლება მეტასტაზის დროს. ასევე მნიშვნელოვანია, რომ ICAM-1, CD99, CD56 და E-კადჰერინის ექსპრესია კორელაციაშია კლინიკურ სტადიასა და ლიმფურ კვანძებში მეტასტაზების წარმოქმნასთან [26].

არსებობს მოსაზრება, რომ **სასქესო ჰორმონები** და კერძოდ ესტროგენი მნიშვნელოვან როლს თამაშობს ნაღვლის ბუშტის კარცინომის განვითარებაში. ეს მოსაზრება მომდინარეობს იმ ფაქტიდან, რომ ნაღვლის ბუშტის კარცინომა გაცილებით უფრო ხშირია ქალებში, მამაკაცებთან შედარებით. Saranga და კოლეგების მონაცემებით, ნაჩვენებია, რომ ნაღვლის ბუშტის დისპლაზიურ პროცესებსა და პირველი სტადიის ნაღვლის ბუშტის კარცინომაში აღინიშნება ესტროგენის რეცეპტორის (ER) გაცილებით უფრო მაღალი ექსპრესია ვიდრე IV სტადიის კარცინომებში და ER-ის ექსპრესიის დაკარგვა ძირითადად კორელაციაშია დაზიანების პროგრესიის ხარისხთან [27]. თუმცა, ეს მონაცემები მეტი დაზუსტებისათვის საჭიროებს შემდგომ დამატებით კვლევას. რაც შეეხება მამაკაცის სასქესო ჰორმონებს, მათი როლი ნაღვლის ბუშტის კარცინომის პათოგენეზში უცნობია.

არსებობს მოსაზრება, რომ ნაღვლის ბუშტის კარცინომის პროგრესირებასა და მეტასტაზირებაში მნიშვნელოვან როლს ასრულებს **ეპითელურ-მეზენქიმური ტრანსფორმაცია (EMT)**[28]. ის წარმოადგენს რთულ ბიოლოგიურ პროცესს, რომლის დროსაც ეპითელური უჯრედები იძენენ მეზენქიმური უჯრედების მახასიათებლებს, რაც გულისხმობს გაძლიერებულ მიგრაციულ შესაძლებლობებს, ინვაზიურობას, აპოპტოზის მიმართ გაზრდილ წინააღმდეგობასა და უჯრედგარე მატრიქსის კომპონენტების გაზრდილ პროდუქციას. შესაბამისად, ეპითელურ-მეზენქიმური ტრანსფორმაციის დროს სიმსივნური უჯრედები ხდება უფრო მეტად აგრესიული და გააჩნიათ მიმდებარე ქსოვილებში მიგრაციის უნარი. ეს პროცესი მოიცავს მრავალ საფეხურს, როგორებიცაა ტრანსკრიფციის ფაქტორების გააქტიურება, უჯრედის ზედაპირზე სპეციფიკური ცილების ექსპრესია, ციტოქრომჩხის ცილების რეორგანიზაცია და ექსპრესია, უჯრედგარე მატრიქსის დამშლელი ფერმენტების წარმოება და სპეციფიკური მიკრო-რნმ-ების ექსპრესიის ცვლილებები. ეპითელურ-მეზენქიმური ტრანსფორმაციის ნიშნები როგორც ინ ვიტრო, ისე ინ ვივო არის: თითისტარისებური ფორმის უჯრედების წარმოქმნა, რომლებიც ემსგავსებიან

ფიბრობლასტებს; მეზენქიმური მარკერებისა და ექსტრაცელულური მატრიქსის კომპონენტების ჭარბი ექსპრესია და სპეციფიკური ეპითელური ზედაპირული მარკერების და ციტოჩონჩხის კომპონენტების ექსპრესიის შემცირება. გარდა ამისა ამ დროს ხდება სპეციფიკური ბირთვული ტრანსკრიპციის ფაქტორების ჭარბი ექსპრესიაც [29].

მიუხედავად იმისა, რომ ეპითელ-მეზენქიმური ტრანსფორმაციის შედეგი არის მეზენქიმური ტიპის მოძრავი უჯრედების წარმოქმნა, მისი ინდუქციისა და პროგრესირების მექანიზმები განსხვავდება. იმპლანტაციასთან, ემბრიოგენეზთან და ორგანოთა განვითარებასთან დაკავშირებული ეპითელურ-მეზენქიმური ტრანსფორმაცია (ტიპი 1) განპირობებულია ქსოვილების რეგენერაციის ევოლუციური საჭიროებით, რათა მოხდეს სწორი მორფოგენეზი და ფუნქციური ორგანიზმის წარმოქმნა. ამ ტიპის ტრანსფორმაცია შექცევადია და არ არის დაკავშირებული ანთებასთან, ფიბროზთან და სისტემურ გავრცელებასთან. ეპითელურ-მეზენქიმური ტრანსფორმაციის მეორე ტიპი ასოცირდება ქსოვილების რეგენერაციასა და ფიბროზთან და დამოკიდებულია ანთების გამომწვევ დაზიანებაზე. შესაბამისად ამ ტიპის ტრანსფორმაცია გრძელდება მანამ, სანამ დამაზიანებელი აგენტის გავლენა არ მოიხსნება. მეორე ტიპის ეპითელურ-მეზენქიმური ტრანსფორმაციისას წარმოიქმნება მეზენქიმური უჯრედები, განსაკუთრებით მიოფიბრობლასტები, რომლებიც წარმოქმნიან უჯრედგარე მატრიქსის კოლაგენით მდიდარ კომპონენტების გადაჭარბებულ რაოდენობას. მესამე ტიპის ეპითელურ-მეზენქიმური ტრანსფორმაცია საფუძვლად უდევს სიმსივნის ზრდისა და პროგრესირების პროცესს. ამ ტიპის ტრანსფორმაციას საფუძვლად უდევს სიმსივნური უჯრედების მიერ შექმნილი გენომური ცვლილებები [30]

ეპითელურ-მეზენქიმური ტრანსფორმაციით ინდუცირებული ტრანსკრიფციის ფაქტორების (EMT-TFs) დისრეგულაცია დაკავშირებულია ნაღვლის ბუშტის კარცინომის კლინიკოპათოლოგიასთან და პროგნოზთან [28]. ამიტომაც, ეპითელურ-მეზენქიმური ტრანსფორმაცია შესაძლოა იყოს მნიშვნელოვანი მოვლენა პროგრესირების, მეტასტაზების წარმოქმნისა და კლინიკური გამოსავლის პროგნოზისთვის.

რაც შეეხება ნაღვლის ბუშტის კარცინომის დიაგნოსტიკას, ოქროს სტანდარტად ითვლება ჰისტოპათოლოგიური გამოკვლევა. ულტრასონოგრაფიული გამოკვლევით, შესაძლებელია ნაღვლის ბუშტის კედლის სისქის შეფასება, რაც შესაძლოა წარმოადგენდეს ასევე ერთ-ერთ დიაგნოსტიკურად მნიშვნელოვან ტესტს ნაღვლის ბუშტის კარცინომის განვითარების პროგნოზის განსაზღვრისათვის. ნაღვლის ბუშტის სიმსივნეების ჰისტოპათოლოგიურად ხასიათდება მაღალი ჰეტეროგენულობით და მისი პროგნოზის განსაზღვრა რთულია. ამიტომ, როგორც ზემოთ იქნა აღნიშნული საჭიროა ახალი ბიომარკერების გამოვლენა, რომლებიც მოგვცემენ ამ დაზიანების პროგნოზის განსაზღვრისა და თერაპიული მიდგომების შემუშავების საშუალებას. ბოლო წლებში მნიშვნელოვანი როლი ენიჭება **სიმსივნის მაინფილტრირებელი ლიმფოციტების შესწავლას**, სხვადასხვა სიმსივნეებში, რადგან სიმსივნეები მაღალი ლიმფოციტური ინფილტრაციით წარმოადგენენ იმუნოთერაპიის კანდიდატებს. ამ მიმართულებით მხოლოდ მცირე მონაცემები არსებობს ნაღვლის ბუშტის კარცინომებში. თუმცა, ზოგიერთი კვლევით ნაჩვენებია, რომ ჭარბი

ლიმფოციტური ინფილტრაციის შემთხვევაში ნაღვლის ბუშტის კარცინომები ხასიათდებიან დადებითი პროგნოზით.

როგორც უკვე აღვნიშნეთ, ნაღვლის ბუშტის სიმსივნე სანაღვლე გზების ყველაზე გავრცელებული და აგრესიული სიმსივნეა. პოტენციურ სამკურნალო მიდგომად ითვლება სრული ქირურგიული რეზექცია ადრეულ ეტაპებზე. შარდის ბუშტის კარცინომის შემთხვევების უმრავლესობა დიაგნოსტირებულია პროგრესულ სტადიაზე, შესაბამისად, ტრადიციულ რადიოთერაპიასა და ქიმოთერაპიაზე რეაგირება უკიდურესად შეზღუდულია, რაც მნიშვნელოვან ნეგატიურ გავლენას ახდენს საერთო გადარჩენის მაჩვენებელზე [31].

თარგეტული თერაპიის ეფექტურობა ფართოდ იქნა გამოკვლეული მრავალი სიმსივნის შემთხვევაში. ამ დროს ხდება იმ სამიზნე მოლეკულების ბლოკირება, რომლებიც მჭიდროდ არიან დაკავშირებული სიმსივნური უჯრედების პროლიფერაციასთან, დიფერენციაციასთან, მიგრაციასთან, სისხძარღვთა ანგიოგენეზთან და ანტისიმსივნურ უჯრედულ პასუხთან. თარგეტული თერაპიის მედიკამენტები შედგება მცირე ზომის მოლეკულებისგან და იმუნიზირებული ანტისხეულებისგან. მცირე ზომის მოლეკულები ადვილად გადაიტანება უჯრედებში სპეციფიკური ცილებისა და ენზიმების ინაქტივაციისთვის, რაც აფერხებს სიმსივნური უჯრედების ზრდას, ხოლო თერაპიული ანტისხეულები უკავშირდებიან უჯრედის მემბრანის რეცეპტორებს, რათა დაარეგულირონ უჯრედის პროლიფერაცია, ან აპოპტოზი. ზოგიერთი მედიკამენტი შეიქმნა უჯრედგარე მოლეკულებზე ზემოქმედებისთვის, რომლებიც განაპირობებენ ანგიოგენეზს, ან იმუნურ პასუხს, რაც იწვევს სიმსივნის პროგრესირების, ანგიოგენეზისა და მეტასტაზების წარმოქმნის ინჰიბირებას [32].

ბოლო დროინდელმა პროგრესმა ნაღვლის ბუშტის კარცინომის მოლეკულური ალტერაციების გაგებაში, საფუძველი ჩაუყარა მკურნალობის უფრო ეფექტური მეთოდების შემუშავებას. ნაღვლის ბუშტის კარცინომის განვითარების პოტენციური სამიზნეებია Hedgehog, PI3K/AKT/mTOR, Notch, ErbB, MAPK სასიგნალო გზები და ანგიოგენეზი. დღესდღეობით, ამ საფეხურებზე მოქმედი მკურნალობის მეთოდები შესწავლის საგანია [31].

### გამოყენებული ლიტერატურა:

- [1] R. L. Siegel and K. D. Miller, “Cancer Statistics , 2020,” vol. 70, pp. 7–30, 2020.
- [2] F. Graur, E. Mois, S. Margarit, C. Hagi, and al Hajjar, “Gallbladder carcinoma. Surgical management of gallbladder carcinoma. An analysis of 37 cases,” vol. 89, pp. 501–506.
- [3] S. E. Lee et al, “Practical guidelines for the surgical treatment of gallbladder cancer.,” *J. Korean Med. Sci*, vol. 29, pp. 1333–1340, Oct. 2014.

- [4] v. Ostwal et al, "Treatment of advanced Gall bladder cancer in the real world-can continuation chemotherapy improve outcomes?," *J. Gastrointest. Oncol*, vol. 8, pp. 368–376, Apr. 2017.
- [5] V. Dilalla, G. Chaput, T. Williams, and K. Sultanem, "Radiotherapy side effects: integrating a survivorship clinical lens to better serve patients.," *Curr. Oncol.*, vol. 27, pp. 107–112, Apr. 2020.
- [6] K. Nurgali, R. T. Jagoe, and R. Abalo, "Editorial: Adverse Effects of Cancer Chemotherapy: Anything New to Improve Tolerance and Reduce Sequelae?," *Front Pharmacol*, vol. 9, p. 245, 2018.
- [7] A. Sharma, K. L. Sharma, A. Gupta, A. Yadav, and A.Kumar, "Gallbladder cancer epidemiology, pathogenesis and molecular genetics: Recent update.," *World J. Gastroenterol*, vol. 23, pp. 3978–3998, 2017.
- [8] S. Ryu, Y. Chang, K. E. Yun, H.-S. Jung, J. H. Shin, and H. Shin, "Gallstones and the Risk of Gallbladder Cancer Mortality: A Cohort Study.," *Am. J. Gastroenterol.*, vol. 111, pp. 1476–1487, Oct. 2016.
- [9] J. A. Espinoza et al., "The inflammatory inception of gallbladder cancer.," *Biochim. Biophys. Acta*, vol. 1865, pp. 245–254, Apr. 2016.
- [10] C. H. C. Pilgrim, R. T. Groeschl, K. K. Christians, and T. C. Gamblin, "Modern perspectives on factors predisposing to the development of gallbladder cancer.," *HPB (Oxford)*, vol. 15, pp. 839–844, Nov. 2013.
- [11] R. Hundal and E. A. Shaffer, "Gallbladder cancer: epidemiology and outcome.," *Clin. Epidemiol.*, vol. 6, pp. 99–109, 2014.
- [12] J. H. Kim *et al.*, "Programmed death-ligand 1 expression and its correlation with clinicopathological parameters in gallbladder cancer," *J Pathol Transl Med*, vol. 54, no. 2, pp. 154–164, 2020, doi: 10.4132/jptm.2019.11.13.
- [13] S. K. Mathur et al., "Correlation of gallstone characteristics with mucosal changes in gall bladder.," *Trop. Gastroenterol.*, vol. 33, pp. 39–44, 2012.
- [14] N. Katabi, "Neoplasia of Gallbladder and Biliary Epithelium."
- [15] Y. Xue, B. Quigley, G. Akkas, and V. Adsay, "Neoplastic precursors (dysplasia, intraepithelial neoplasia) of the gallbladder and biliary tract: Terminology, classification, pathologic diagnosis, and clinical significance," *Diagnostic Histopathology*, vol. 21, no. 8. Elsevier Ltd, pp. 323–331, Aug. 01, 2015. doi: 10.1016/j.mpdhp.2015.06.023.

- [16] I. Roa, X. de Aretxabala, J. C. Araya, and J. Roa, "Preneoplastic lesions in gallbladder cancer," in *Journal of Surgical Oncology*, Jun. 2006, vol. 93, no. 8, pp. 615–623. doi: 10.1002/jso.20527.
- [17] A. L. A. Meirelles-Costa, C. J. C. Bresciani, R. O. Perez, B. H. Bresciani, S. A. C. Siqueira, and I. Cecconello, "Are histological alterations observed in the gallbladder precancerous lesions?," *Clinics*, vol. 65, no. 2, pp. 143–150, 2010, doi: 10.1590/S1807-59322010000200005.
- [18] R. Dixit, V. K. Shukla, and M. Pandey, "World Journal of Pathology Molecular alterations in gallbladder cancer," 2012. [Online]. Available: [www.npplweb.com/wjp/fulltext/1/7](http://www.npplweb.com/wjp/fulltext/1/7)
- [19] H. Nakamura et al., "Genomic spectra of biliary tract cancer.," *Nat. Genet.*, vol. 127, pp. 175–186, Jun. 2015.
- [20] M. Teh, A. Wee, M. R. C. Path, and G. C. Raju, "An Immunohistochemical Study of p53 Protein in Gallbladder and Extrahepatic Bile Duct/Ampullary Carcinomas."
- [21] M. Ghosh, P. Sakhuja, S. Singh, and A. Agarwal, "P53 and beta-catenin expression in gallbladder tissues and correlation with tumor progression in gallbladder cancer," *Saudi Journal of Gastroenterology*, vol. 19, no. 1, pp. 34–39, Jan. 2013, doi: 10.4103/1319-3767.105922.
- [22] X. Sun and P. D. Kaufman, "Ki-67: more than a proliferation marker," *Chromosoma*, vol. 127, Jun. 2018.
- [23] S. Halder, S. Kundu, J. Chakraborty, and S. Chakrabarti, "Significance of HER2 and Ki-67 in Preneoplastic Lesions and Carcinoma of Gallbladder.," vol. 50, pp. 848–854, Dec. 2019.
- [24] Y. Shen et al., "Liensinine induces gallbladder cancer apoptosis and G2/M arrest by inhibiting ZFX-induced PI3K/AKT pathway.," *Acta Biochim.*, vol. 51, pp. 607–614, Jun. 2019.
- [25] S. K. Mondal, D. Bhattacharjee, P. K. Mandal, and S. Biswas, "Histopathological study of gallbladder carcinoma and its mimics with role of carcinoembryonic antigen immunomarker in resolving diagnostic difficulties," *Indian Journal of Medical and Paediatric Oncology*, vol. 38, no. 4, pp. 411–415, Oct. 2017, doi: 10.4103/ijmpo.ijmpo\_230\_15.
- [26] Y.-L. Choi *et al.*, "An Immunohistochemical Study of the Expression of Adhesion Molecules in Gallbladder Lesions," 2004. [Online]. Available: <http://www.jhc.org>
- [27] R. Saranga Bharathi et al., "Female sex hormone receptors in gallbladder cancer.," vol. 46, pp. 143–148, Jun. 2015.
- [28] Sunwang Xu, Ming Zhan, and Jian Wang, "Epithelial-to-mesenchymal transition in gallbladder cancer: from clinical evidence to cellular regulatory networks," Nov. 2017.
- [29] A. Dongre and R. A. Weinberg, "New insights into the mechanisms of epithelial–mesenchymal transition and implications for cancer," *Nat. Rev. Mol. Cell Biol*, vol. 20, pp. 69–84, 2019.

- [30] R. Kalluri and R. A. Weinberg, "The basics of epithelial-mesenchymal transition," *Journal of Clinical Investigation*, vol. 119, no. 6. pp. 1420–1428, Jun. 01, 2009. doi: 10.1172/JCI39104.
- [31] C. Bizama *et al.*, "Targeting specific molecular pathways holds promise for advanced gallbladder cancer therapy," *Cancer Treatment Reviews*, vol. 41, no. 3. W.B. Saunders Ltd, pp. 222–234, Mar. 01, 2015. doi: 10.1016/j.ctrv.2015.01.003.
- [32] X. Song, Y. Hu, Y. Li, R. Shao, F. Liu, and Y. Liu, "Overview of current targeted therapy in gallbladder cancer," *Signal Transduction and Targeted Therapy*, vol. 5, no. 1. Springer Nature, Dec. 01, 2020. doi: 10.1038/s41392-020-00324-2.

## **Problematic issues of the mucous membrane inflammatory changes of the gallbladder and the features of hormonal expression in the development of dysplasia-carcinoma consequence**

T. Kveliashvili; G. Didava Sh. Kepuladze; G. Burkadze;  
Tbilisi State Medical University

### **Abstract**

Gallbladder carcinoma is the most common tumour of the biliary tract. It is relatively rare in Western countries. However, it is widespread in different regions of the world, especially in developing countries. The most effective treatment method for gallbladder carcinoma is radical cholecystectomy. However, unfortunately, only 10-30% of patients are subject to this treatment method, since 70-90% of cases are diagnosed at an advanced stage. The development of gallbladder carcinoma is associated with various environmental and genetic factors, also the presence of chronic inflammation and/or exposure to specific chemicals, heavy metals, and nutritional factors. The exact mechanism of how gallbladder carcinoma develops in the background of cholelithiasis is still not completely clear. During inflammatory lesions of the gallbladder, changes in the proliferation index of the gallbladder epithelium have not been studied yet. In addition to proliferative markers, it has also been shown that the reduction of cell apoptotic activity plays an important role in the pathogenesis of many tumours. However, literature data on the apoptotic activity of gallbladder carcinomas are incomplete and contradictory.

**Keywords:** gallbladder carcinoma hormone receptors; proliferative-apoptotic markers;

## თეთრი და წითელი ვარდების სიმბოლიკა ოსკარ უაილდის ზღაპრებში

ლელა ებრალიძე

ივანე ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის  
ასისტენტ პროფესორი, ფილოლოგიის დოქტორი

<https://orcid.org/0000-0003-0802-4085>

### აბსტრაქტი

სტატიაში საუბარია თეთრი და წითელი ფერების, უფრო კონკრეტულად კი თეთრი და წითელი ვარდების სიმბოლურ დატვირთვაზე ოსკარ უაილდის ზღაპრებში. ხსენებულ ფერებთან დაკავშირებული ასოციაციების საილუსტრაციო მაგალითებში შეგვხვდა ბევრი შემთხვევა, როდესაც ერთმანეთის გვერდიგვერდ იყო ნახსენები თეთრი და წითელი ვარდები. შესაბამისად, გავეცანით კვლევებს არა მხოლოდ თეთრი და წითელი ფერების, არამედ ვარდის ზოგადი სიმბოლიკის შესახებ. ამის ფონზე განვიხილეთ, თუ რა კონოტატიურ მნიშვნელობათა მატარებელია თეთრი და წითელი ფერები, თეთრი და წითელი ვარდები ოსკარ უაილდის ნაწამორმოებებში. გამოიკვეთა მთელი რიგი მნიშვნელობები, როგორცაა, უმანკო თუ ვნებიანი სიყვარული, ცოდვის სისხლით გამოსყიდვა და სულიერი განწმენდა, ხელოვნება. ყოველივე ეს თავად ავტორის პიროვნებას და ცხოვრებას ასახავს და ნათელ წარმოდგენას გვიქმნის ამ გენიალური შემოქმედის პარადოქსულ ბუნებაზე.

**საკვანძო სიტყვები:** ოსკარ უაილდის ზღაპრები, თეთრი და წითელი ფერები, ვარდის სიმბოლიკა, კონოტატიური მნიშვნელობები

### შესავალი

ჩვენი კვლევის ობიექტად არჩეული მასალა ძირითადად ლიტერატურული ზღაპრის ჟანრს მიუკუთვნება და მიუხედავად იმისა, რომ ინდივიდუალიზმით გამორჩეული გენიალური ავტორის ქმნილებებს წარმოადგენს, მაინც გააჩნია საერთო თვისებები ხალხურ ზღაპართან. სახელდობრ, ნებისმიერი ზღაპარი „მხატვრულ გამონაგონსა და ფანტასტიკურ ამბავზეა დაფუძნებული“ [ჭილაია, 1984:107], ანუ, როგორც სულხან-საბა ორბელიანი



აღნიშნავდა, ეს არის „მოგონებული ტყუილი ამბავად შემჭერვებული და არა ქმნილი მყოფობით“ [ორბელიანი, 1991:291]. ზღაპრები ფანტასტიკურ სამყაროში გვამოგზაურებენ, მათთვის დამახასიათებელია ალეგორია, ხშირად ადამიანის თვისებები ცხოველებსა და ფრინველებს მიეწერებათ, გამოკვეთილია კონფლიქტი სიკეთესა და ბოროტებას შორის, რომელიც ხალხურ ზღაპრებში ყოველთვის სიკეთის გამარჯვებით მთავრდება, ხოლო რაც შეეხება ლიტერატურულ ზღაპარს, იგი ყოველთვის არ იზიარებს ხალხური ზღაპრისათვის დამახასიათებელ სწორხაზოვნებას, თხრობის სისადავეს, თავისებურ რიტმსა და ინტონაციას, მხატვრული სახეების სიმარტივეს, დასაწყისისა და დასასრულის მზა ფორმულებს და სხვა ნიშნებს.

ლიტერატურული ზღაპარი მხატვრული სახეების სიმრავლითა და ოდნავ ზეაწეული ელფერით ხასიათდება. ზეაწეულობა იქმნება მარკირებული ლექსიკით, რომელიც ხან პერსონაჟის გუნება-განწყობილების გამოხატვას ემსახურება, ხან კი ბუნების სურათების აღწერისთვისაა მოწოდებული. თავის მხრივ, პერსონაჟის სულიერი სამყაროთი დაინტერესება და მისთვის შესაფერისი გარემოს შექმნა არის ის ერთ-ერთი ძირითადი სტილისმიერი ნიშანი, რაც ლიტერატურულ ზღაპარს განასხვავებს ხალხური ზღაპრისაგან [ფანჯიკიძე, 1988:175-176].

ყოველივე ეს, ანუ ზეაწეული სტილი, ხატოვანება, პერსონაჟების განცდებისა და ბუნების სურათების ოსტატური აღწერა, უპირველეს ყოვლისა, დამახასიათებელია ოსკარ უაილდის ზღაპრებისათვის. როდესაც საუბარია აღწერაზე, ცხადია, აქ აუცილებლად მოიაზრება ატრიბუტული მსაზღვრელები, რომელთა შორის ჩვენთვის საინტერესოა ფერის გამომხატველი ზედსართავები. ფერები ამა თუ იმ თვისების სიმბოლოურად გამოსახატავად და მკითხველზე ემოციური ზემოქმედების საშუალებად ხალხურ ზღაპრებშიც არის გამოყენებული, თუმცა გაცილებით უხვად იყენებს ფერთა აღმნიშვნელ სიტყვებს ოსკარ უაილდი, რადგან მათი მეშვეობით უფრო გამომსახველად, ნათლად და შთამბეჭდავად აღწერს საგნებს, ბუნებას თუ ადამიანებს, მეორე მხრივ კი ფერების დახმარებით ფაქიზად მანიპულირებს მკითხველის აღქმასა და ემოციებზე. ამგვარ მანიპულაციას საფუძვლად უდევს ის ფაქტი, რომ მიუხედავად კულტურული და პიროვნული განსხვავებებისა, ადამიანთა უმეტესობისთვის კონკრეტული ფერები კონკრეტულ ასოციაციებს უკავშირდება.

ეს იმით აიხსნება, რომ საზოგადოდ, განსაკუთრებით დასავლურ სამყაროში, არსებობს, შეიძლება ითქვას, საყოველთაოდ მიღებული დამოკიდებულება ფერების მიმართ, რომლის მიხედვითაც თითოეული ფერი გარკვეულ ასოციაციებს იწვევს. მაგალითად, თეთრი სიწმინდესთან, უმანკოებასთან, ნეიტრალობასთან, ახალ წამოწყებასთან, უარყოფითი მნიშვნელობით სტერილურობასთან, სიცარიელესთან, გამოფიტვასთან, ზოგ კულტურაში კი გლოვასთან ასოცირდება; შავი დადებითი მნიშვნელობით - ელეგანტურობასა და ძალაუფლებასთან, თუმცა უფრო ხშირად უარყოფითი კონოტაციის მატარებელია და სიკვდილს, ბოროტებას, იდუმალებას გამოხატავს. წითელი სიყვარულისა და ვნების სიმბოლოა, ამასთან, სისხლის ასოციაციასაც იწვევს; ნარინჯისფერი და ყვითელი მხიარული, ოპტიმისტური ფერებია; მწვანე ბუნების, ჰარმონიის, სიმყუდროვის, ნაყოფიერების

აღმნიშვნელ ფერად მიიჩნევა; ლურჯი სიმშვიდესა და ინტელექტთან ასოცირდება, მეწამული სამეფო ფერია, ვარდისფერი - ქალურობისა და სინაზის სიმბოლო და ა.შ. [https://medium.com/@Render\_\_Forest/psychology-of-colors-b5c9fe5ffd3b]

### ფერების სიმბოლური დატვირთვა ოსკარ უაილდის ზღაპრებში

ფერებს საკმაოდ მნიშვნელოვნი სიმბოლური დატვირთვა აქვს ოსკარ უაილდის ნაწარმოებებში, თუმცა ჩვენი კვლევის სფერო ძირითადად ზღაპრებს მოიცავს და ფერებს შორისაც ყველაზე მეტად თეთრი და წითელი გვანტერესებს. ამიტომაც, მაგალითებს უაილდის ზღაპრების ორი კრებულიდან - “The Happy Prince and Other Tales” (ბედნიერი უფლისწული და სხვა ზღაპრები) და “A House of Pomegranates” („ბროწეულის სახლი“) - მოვიყვანთ. განვიხილოთ რამდენიმე ფერის სიმბოლიკა:

ბედნიერ უფლისწულის ქანდაკება ოქროსფრად ბრწყინავს. ინგლისურში ოქრო და ოქროსფერი ერთი და იმავე სიტყვებით - gold, golden – აღინიშნება. თავდაპირველად ქანდაკება მთლიანად ოქროს ფირფიტებით არის დაფარული, თვალები ლურჯი საფირონის აქვს, ხმლის ვადაში კი წითელი ლალი უელავს. იგი ლამაზი და ძვირფასია. ტექსტში არაერთხელ კეთდება აქცენტი მის მდიდრულ შესახედაობაზე: ბედნიერი უფლისწულის კვარცხლბეკზე ღამის გასათევად ჩამომჯდარი მერცხალი აღმოაჩენს, რომ მას ოქროს სამინებელი ჰქონია, ასევე აღწერილია, როგორ ჩამოუგორდება უფლისწულს ცრემლი ოქროს ლოყაზე. მით უფრო დიდია კონტრასტი, როდესაც, ოქროს ფირფიტების აცლის შემდეგ უფლისწული ნაცრისფერი და უსახური ხდება, იგი კარგავს დიდებულ იერს და ბრწყინვალეობას. ქალაქის მერი მის დანახვაზე წამოიძახებს: “Dear me! how shabby the Happy Prince looks!” („ღმერთო ჩემო! რა საცოდავად გამოიყურება ბედნიერი უფლისწული!“, შემდეგ კი ამბობს: “Little better than a beggar” [Wilde, 1979:37-38] („მთლად მათხოვარს დამსგავსების!“) [უაილდი, 1960:31].

ვერცხლისფერთან დაკავშირებული ასოციაციებია სიგრილე, სიკამკამე, სიცივე, გამჭვირვალობა. როდესაც მერცხალი თავის სატრფო ლერწამს ეარშიყება, მისი ფრთების შეხებისგან წყალზე ვერცხლისფერი ჭავლი ჩნდება. ზამთარი რომ დგება, ქუჩები ვერცხლისას ემსგავსება: „Then the snow came, and after the snow came the frost. The streets looked as if they were made of silver, they were so bright and glistening“ [Wilde, 1979:36-37] („ამასობაშიც თოვლიც მოვიდა, თოვლს ყინვა მოჰყვა. ქუჩები ისე ააბრწყვიალა ყინვამ, თითქოს ვერცხლით მოუჭედიათი“) [უაილდი, 1960:30].

ძალიან საინტერესოა თეთრი ფერის დატვირთვა. თეთრ წინსაფრებში არიან გამოწყობილი საქველმოქმედო სკოლის ბავშვები, რომელნიც ბედნიერ უფლისწულს ანგელოზს ადარებენ, თეთრი მარმარილოს ანგელოზები ამშვენებს საკათედრო ტაძრის კოშკს, ეგვიპტეში ვარდისფერი და თეთრი მტრედები ერთმანეთს შეჰლულუნებენ, თუმცა სიწმინდისა და სიმშვიდის ასოციაციების საპირისპიროდ, ნაწარმოებში ჩნდება დამშეული ბავშვების თეთრი სახეების ხატი, რომლის კონოტატიური მნიშვნელობებია უძლურება და გამოფიტულობა.

ზღაპარში “The Selfish Giant” („თავკერძა გოლიათი“) ვერცხლისფერი, თეთრი და ნაცრისფერი სუსხსა და სიმკაცრესთან ასოცირდება: “The Snow covered up the grass with her great white cloak, and the Frost painted all the trees silver. ... So the Hail came. ... He was dressed in grey, and his breath was like ice” [Wilde, 1979:48-49] („თოვლმა თავისი თეთრი წამოსასხამით დაფარა ბალახი და ყინვამ კი ვერცხლისფრად მოხატა ხეები. ... ასე მოვიდა სეტყვაც. ... მას ნაცრისფერი სამოსი ეცვა და ყინულისფერით ცივი სუნთქვა ჰქონდა“) [უაილდი, 1960:48-49]. ზღაპრის ბოლოს თეთრი დადებით ელფერს იძენს. გოლიათს თვალწინ საოცარი სურათი გადაეშლება: ბაღის შორეულ კუთხეში მშვენიერი, თეთრი ყვავილებით დაფარული ხე დგას, რომელსაც ოქროსფერი ტოტები აქვს და ვერხლის ხილი ასხია. მეორე დილით ბავშვები გოლიათს მკვდარს ნახავენ, თეთრი ყვავილებით დაფარულს. იგი პატარა ბიჭმა, რომელიც ქრისტეს განასახიერებს, თავის ბაღში, სამოთხეში წაიყვანა. ცხადია, თეთრი უკვე სიწმინდის და სიკეთის სიმბოლოდ გვევლინება.

ზღაპარში “The Star-Child” („ვარსკვლავ-ბიჭუნა“) თეთრი ფერი ცამეტჯერ არის ნახსენები. ზღაპრის დასაწყისში ბზეწვიები ჟღერტულბენ: “the old Earth is dead, and they have laid her out in her white shroud” [Wilde, 1979:178] („ბებერი დედამიწა მომკვდარა და მისთვის თეთრი სუდრა გადაუფარებიათ“) [უაილდი, 1960:225], გვრიტები კი ერთმანეთს გადაუჩურჩულებენ: “The Earth is going to be married, and this is her bridal dress,” [Wilde, 1979:179] („დედამიწა ჯვარს იწერს და ეს მისი საპატარძლო ტანსაცმელია“) [უაილდი, 1960:225]. შემდგომ გვხვდება გამოთქმები: “white as millers” [Wilde, 1979:178] (ფქვილში ამოგანგლულ მეწისქვილეებსა ჰგავდნენ) [უაილდი, 1960:226], “on the white snow” [Wilde, 1979:181] („თეთრ თოვლზე“) [უაილდი, 1960:228], “white and delicate a sawn ivory” [Wilde, 1979:183] („სპილოს ძვალისფერ თეთრი და ნაზი“) [უაილდი, 1960: 231]. თეთრი აქ სხვადასხვა სიტყვათშეთანხმებებში გვხვდება, რაც მის კონოტაციას განაპირობებს. საინტერესოა კონტრასტი ოქროსფერსა და თეთრს შორის: შეშისმჭრელები ხომ თოვლში რაღაც ოქროსფერად მოელვარე საგანს დაინახავენ. თეთრი თოვლის ფონზე ოქროქსოვილის მოსასხამის მოთავსებით უაილდი კონტრასტს ქმნის სითბოსა და სიცივეს შორის, მოსასხამის ელფერს ესადაგება ბავშვის ყელზე შებმული ქარვის მძივიც. თეთრ ფერთან ასოცირდება თავად ვარსკვლავი, პროტაგონისტი გმირის სახელი. ასევე, როდესაც ვარსკვლავ-ბიჭუნა ბოროტ გრძნეულს ჩაუვარდება ხელში, იგი მას სამი ოქროს ფულის მოტანას სთხოვს, რომელთაგან ერთი თეთრი ოქროსია, ერთი ყვითელი და ერთიც - წითელი. ამ სამ ფერს, განსაკუთრებით, თეთრსა და ყვითელს, განსაკუთრებული დატვირთვა აქვს ზღაპარში.

თეთრ ფერს არაერთგვაროვნად წარმოგვიჩენს უაილდი ზღაპარში “The Young King” („ახალგაზრდა მეფე“), სადაც მეტად შთამბეჭდავ ხატებს ვხვდებით: მთავარი გმირის დედა მოხსენიებულია როგორც “white girl” („თეთრი გოგონა“). იქმნება სილამაზის, სიწმინდისა და სიყმაწვილის შთაბეჭდილება, რასაც ტრაგიზმს ანიჭებს გოგონას სიკვდილი. ტრაგიზმი იგრძნობა მეტაფორაშიც “the white hands of Pain” („ტკივილის/ტანჯვის თეთრი ხელები“). მეფედ კურთხევის წინ, ყმაწვილი უარს ამბობს ოქროქსოვილის მანტიის მოსხმაზე, რანდან იგი ტანჯვის თეთრი ხელებით არის მოქსოვილი სევდის დაზგაზე. ცისკრის ვარსკვლავზე

უფრო თეთრია მარგალიტი, რომლის ზღვიდან ამოტანასაც მყვინთავი მონის სიცოცხლე ეწირება, მაგრამ ვინაიდან ამ მარგალიტის „გულში სიკვდილს დაუსადგურებია“, მომავალი მეფე არ დათანხმდება მისით შემკული კვერთხის ტარებაზე. უამრავი სიცოცხლე ეწირება მეფის გვირგვინისათვის ლალების მოპოვებასაც, ამიტომ მეფედ კურთხევის წინ ყმაწვილი არც მათ მიიღებს, რადგან „ლალის გულში სისხლი კიაფობს“ [უაილდი, 1960:118]. ამრიგად, ახალგაზრდა მეფე ძვირფას მანტიას მწყემსობისდროინდელ ცხვრის ქურქს ამჯობინებს, მარგალიტით შემკულ კვერთხს - მწყემსის კომბალს, ხოლო გვირგვინად მორკალულ ასკილის ტოტს გამოიყენებს. მოცემულ ზღაპარს მეტად ამაღლებული დასასრული აქვს: მწყემსურად გამოიყვობილ ჭაბუკს, რომელსაც აბუჩად იგდებენ და მოკვლასაც კი უპირებენ, ქრისტეს ხატის წინაშე ლოცვისას ეკლესიის სარკმლიდან თავზე მზის შუქი გადმოედვრება და მხრებზე მოსასხამად დაეფინება, გამხმარი კომბალი აყვავდება და მარგალიტზე თეთრ ვერცხლისდეროიან შროშანებს მოისხამს, ხოლო ასკილის დამჭკნარი შტო - ლალზე უფრო წითელ, ოქროსფოთლიან ვარდებს. აქ ოქროსფერი, თეთრი და წითელი უკვე სრულიად განსხვავებული ელფერის მატარებლებად წარმოგვიდგება. სხვათა შორის, აღსანიშნავია ალუზია შუა საუკუნეების რაინდ ტანჰოიზერზე, რომლის ღვთისაგან შეწყალების ნიშნად რომის პაპის გამხმარმა კვერთხმა ყვავილები გამოისხა.

„ახალგაზრდა მეფე“ არ არის ერთადერთი ზღაპარი, სადაც მსგავსი ალუზია გვხვდება. ზღაპარში “The Fisherman and His Soul” („მებადური და მისი სული“) განკიცხულთა ველზე დამარხული ეკლესიისაგან შერისხული მებადურისა და მისი სატრფო ქალთევზას საფლავებზე უმშვენიერესი, საოცრად სურნელოვანი ყვავილები ამოდის. ეს ზღაპარი საგულისხმოა თეთრ ფერთან დაკავშირებული მხატვრული შედარებებისა და მეტაფორების თვალსაზრისითაც. გავიხსენოთ შემდეგი ადგილი, სადაც თეთრი შავთან ერთად სასოწარკვეთას და გლოვას გამოხატავს: “The black sea came nearer, and the white foam moned like a leper. With white claws of foam the sea grabbed at the shore.” [Wilde, 1979:174] („კუპრივით შავი ზღვა ახლოს მოგორდა და კეთროვანივით მოსთქვამდა თეთრი ქაფი. ქაფის თეთრი კლანჭებით ჩასჭიდებოდა ზღვა ნაპირს“ [უაილდი, 1960:219]. ან კიდევ: “And the black waves came hurrying to the shore, bearing with them a burden that was whiter than silver. White as the surf it was, and like a flower it tossed on the waves.” [Wilde, 1979:173] („ნაპირისკენ შავი ტალღები მოგორავდნენ, თან რაღაც ტვირთი მოჰქონდათ. ვერცხლზე უფრო თეთრი, ქაფივით თეთრი იყო იგი და ტალღებზე ტივტივებდა, როგორც ყვავილი“.) [უაილდი, 1960:218]. ულამაზესი ხატია, სიწმინდის, მშვენიერების და მწუხრების გამომხატველი.

აქ დასაშვებად მიგვაჩნია მოკლედ შევეხოთ ტანჰოიზერზე ალუზიისა და თეთრი ფერის სიმბოლიკის თვალსაზრისით მნიშვნელოვან ნაწარმოებს, რომელიც ჩვენ მიერ განხილულ ჟანრს არ მიეკუთვნება. ეს გახლავთ ოსკარ უაილდის პოემა “The Ballad of Reading Gaol” („რედინგის ციხის ბალადა“), სადაც ავტორი პროტესტს გამოთქვამს ერთ-ერთი ტუსადის სიკვდილით დასჯის გამო და სჯერა, რომ უფალი მას შეიწყალებდა ისევე, როგორც პილგრიმი რაინდი შეიწყალა. ლეგენდის თანახმად, რომის პაპის კვერთხი, რომელზეც პაპს ნათქვამი ჰქონდა, რომ როგორც ის არ აყვავდებოდა, ისევე არ

მიეტევებოდა ტანჰოიზერს ცოდვები, აყვავდა. უაილდის ბალადაში ნათქვამია, რომ სიკდილით დასჯილი გვარდიელის საფლავზე წითელი და თეთრი ვარდები ამოვიდოდა:

It is not true! God's kindly earth  
Is kindlier than men know,  
And the red rose would but glow more red,  
The white rose whiter blow.  
Out of his mouth a red, red rose!  
Out of his heart a white!  
For who can say by what strange way,  
Christ brings His will to light,  
Since the barren staff the pilgrim bore  
Bloomed in the great Pope's sight? [უაილდი, 2017:43-44]

მათ არ იციან, რომ მიწაზე მადლი უფლისა  
ამოხეთქავდა ორ ტურფა ვარდად:  
თვალს მოგვტაცებდა სიკამუკაშით ერთის ალმური,  
ხოლო მეორის – ფერი ქათქათა.  
ვარდი წითელი ბაგეთაგან, და ვარდი თეთრი –  
გულიდან კაცის, ვინც აქ წევს მარად.  
ვინ გამოიცნობს, რა გზით გვამცნობს თვის ნებას ღმერთი,  
რა უცნაურად და იდუმალად,  
როცა პილიგრიმს მიეტევა, ხმელ კვერთხზე პაპის  
განა ყვავილი არ გაიშალა? [უაილდი, 2017:45-46]

რადგან წითელი და თეთრი ვარდი ვახსენეთ, აუცილებლად უნდა განვიხილოთ ზღაპარი “Nightingale and the Rose” („ბულბული და ვარდი“), სადაც უაილდი წითელი და თეთრი ფერების ურთიერთშეპირისპირებით ძლიერ მხატვრულ ეფექტს ქმნის. წითელი ფერი ვნების, მსხვერპლშეწირვის, მგზნებარე სიყვარულის სიმბოლოა, „რომელსაც სიკვდილი სრულყოფას ანიჭებს, ...რომელიც საფლავში არ ჰპოვებს ბოლოს“ [უაილდი, 1960:41], მაშინ როდესაც თეთრი ვარდი პირველ უმანკო სიყვარულს განასახიერებს, ყმაწვილისა და გოგონას გულში რომ იბადება. ზოგადად, ეს ზღაპარი გვთავაზობს კონტრასტს გრძნობასა და გონებას, ჭეშმარიტ სიყვარულსა და ფარისევლობას, თავგანწირვასა და უმადურობას შორის. მასში ბულბულის გზნება უფრო მკაფიოდ წარმოჩინდება ცივი მთვარის ფონზე: “All night long she sang, with her breast against the thorn, and the cold crystal Moon leaned down and listened.” [Wilde, 1979:44] („მთელი ღამე გალობდა ბულბული ეკალზე მკერდმიბჯენილი და ბროლივით ცივი მთვარე თავდახრილი უსმენდა მას“.) [უაილდი, 1960:41]. შემდეგ ნახსენებია „თეთრი მთვარე“, რომელიც თუმცა გულცივია, მაგრამ ბულბული იმდენად ტკბილად გალობს, რომ ისიც კი შეყოვნდება ცაში და განთიადის მოახლოება დაავიწყდება. მთვარის სითეთრესა და

სიცივესთან კონტრასტს ჰქმნის წითელი ვარდი, რომელმაც „აღტყინებისაგან ათრთოლებულმა დილის ნიავს გული გადაუშალა“ [უაილდი, 1960:43] (დედანიში ასე ჟღერს : „..it trembled all over with ecstasy, and opened its petals to the cold morning air“) [Wilde, 1979:45].

აღსანიშნავია, თუ რა ოსტატობით აღწერს მწერალი თეთრსა და წითელ ფერებს მხატვრული შედარების მეშვეობით. ასეთი შედარებისას უაილდი პარალელიზმს მიმართავს და ერთი შეხედვით არც ისე ორიგინალური ხატების გამოყენებით საოცარ ესთეტიკურ ეფექტს აღწევს: “My roses are white,” ...”as white as the foam of the sea, and whiter than the snow upon the mountain.” [Wilde, 1979:41] („მე თეთრი ვარდები მაქვს“... „თეთრი, როგორც ზღვის ქაფი და უფრო თეთრი, ვიდრე მთის თოვლი“ [უაილდი, 1960:37].

“My roses are red,” .. “as red as the feet of the dove, and redder than the great fans of coral that wave in the ocean-cavern.” [Wilde, 1979:42] („მე წითელი ვარდები მაქვს!“... „წითელი, როგორც მტრედის ტერფი და უფრო წითელი, ვიდრე მარჯნის მარაოები, ერთთავად რომ ირხევინან ზღვის წიაღში“ [უაილდი, 1960:38].

თეთრი და წითელი ფერებით თამაშობს უაილდი ზღაპარში “The Remarkable Rocket” („ღირსშესანიშნავი შუშხუნა“). ამ ზღაპარში რუსეთიდან ჩამოსულ პრინცესას, რომელზეც მეფის ვაჟი ქორწინდება, ყარყუმის თეთრი ბეწვის მოსახხამი აქვს წამოსხმული და თავზე ვერცხლისფერი ქსოვილის პატარა ქუდი ახურავს. ქალი ისეთი ფერმკრთალია, როგორც თოვლის სასახლე, სადაც იგი იქამდე ცხოვრობდა და მისი სინაზით მოხიბლული ხალხი მას თეთრ ვარდს ადარებს და აივნებიდან ყვავილებს ესვრის. უფლისწულის კომპლიმენტის მოსმენაზე პრინცესას ლოყები შეეფაკლება და ამის შემხედვარე პატარა პაჟი გვერდით მდგომს გადაულაპარაკებს, რომ მეფის ასული იქამდე თეთრი ვარდი იყო, ახლა კი წითელ ვარდს დაემსგავსა. ამ მახვილგონივრულ შედარებას მთელი სამეფო კარი აიტაცებს და მომდევნო სამი დღის განმავლობაში ყველას პირზე „თეთრი ვარდი“ და „წითელი ვარდი“ აკერია.

როგორც „ბულბულსა და ვარდში“, თეთრი ფერი აქაც უმანკოების, სინატიფის, ქალწულებრივი სინაზის სიმბოლოდ გვევლინება. შემთხვევითი არ არის არც ის, რომ ზღაპარში “The Birthday of Infanta” („ინფანტას დაბადების დღე“) ნორჩი ინფანტა ჯუჯას სწორედ თეთრ ვარდს ჩუქნის. აქვე გასათვალისწინებელია ვარდის სიმბოლური დატვირთვაც, რადგან ოსკარ უაილდის როგორც მწერლის უდიდესი ოსტატობა და ესთეტიზმი გამორიცხავს იმას, რომ მის ნაწარმოებებში რომელიმე ელემენტი შემთხვევით იყოს გამოყენებული.

### ვარდი როგორც სიმბოლო

ვარდი ნახსენებია ძველი აღთქმის წიგნების („ქებათა-ქება სოლომონისა“, „ესაია წინასწარმეტყველი“) ინგლისურ ვერსიაში:

“I am the rose of Sharon, and the lily of the valleys.”

[Song of Solomon 2:1,

<https://www.biblegateway.com/passage/?search=Song%20of%20Solomon%20%3A1&version=KJV>]

“The wilderness and the solitary place shall be glad for them; and the desert shall rejoice, and blossom as the rose.” [Isaiah 35:1-2,

<https://www.biblegateway.com/passage/?search=Isaiah%2035&version=NIV>]

ძველი ებრაული სიტყვა, რომელიც ინგლისურად გადმოტანილია როგორც „ვარდი“, გახლავთ “Chabatsteleth”. ამ სიტყვას ორი მნიშვნელობა აქვს: „წითელი“ და „ბოლქვი“. ვარდის არჩევა განპირობებულია იმ ფაქტით, რომ შარონის ველის ტერიტორიაზე ვარდი უხვად ხარობს, თანაც იგი ქრისტესთან ასოცირდება თავისი მეფურობის, გვირგვინის მცვენილობის, მშვენიერებისა და სურნელის გამო. ესაიას წინასწარმეტყველება, რომ უდაბნო ვარდით აყვავდება, ასევე ქრისტეზე მინიშნების შემცველია, რადგან ეს მხოლოდ ქრისტეს ძალუძს. მკვლევარები კიდევ ბევრ პარალელს ავლებენ ვარდსა და ქრისტეს შორის, რის გამოც ხსენებულ ყვავილს ქრისტეს სიმბოლოდ მიიჩნევენ [<https://bibleversesforyou.com/bible-verses-about-flowers/>].

საინტერესოა, რომ ძველი აღთქმის ქართულ ვერსიაში სხვა ყვავილები ფიგურირებს:

„მე ვარ ნარგიზი შარონისა და ღელეთა შროშანი“. [ქებათა-ქება სოლომონისა, თავი მეორე, <https://www.orthodoxy.ge/tserili/gadasatseri/dzveli/qeba/qeba-2.htm>]

„მოიღხენს უდაბნო და ხრიოკი, გაიხარებს ტრამალი და შროშანივით აყვავდება“.

[ესაია წინასწარმეტყველი, თავი 35,

<https://www.orthodoxy.ge/tserili/gadasatseri/dzveli/qeba/qeba-2.htm>]

უნდა აღინიშნოს, რომ საფუძველს მოკლებული არც ამგვარი ინტერპრეტაციაა, რადგან ვარდის მსგავსად გვირგვინოსანი, სილამაზით და სურნელით გამორჩეულია ნარგიზიც, რომელიც ასევე ხარობს სირიასა და პალესტინაში. ბიბლიური მცენარეა უმშვენიერესი შროშანიც.

დავუბრუნდეთ ვარდს და მის სიმბოლურ მნიშვნელობებს:

აი, რას წერს ვარდის შესახებ ნ. სულავა სტატიაში „ვარდის სახისმეტყველება ვეფხისტყაოსანში“: „სიმბოლოების ენციკლოპედიებსა და ლექსიკონებში ვარდს ურთიერთსაპირისპირო მნიშვნელობის სიმბოლოდ განმარტავენ. იგი გამოხატავს სილამაზეს, სრულყოფილებას, სისრულეს, დიდებულებას, მომხიბვლელობას, მშვენიერებას, სიხარულს, სიყვარულს, კმაყოფილებას, დიდებას, ხოტბა-ქებას, ღვთაებრიობას, ჰაეროვნებას, სურნელებას, სიამაყეს, ლოცვას, სიბრძნეს, მედიტაციას, საიდუმლოს, იდუმალებას, სიმშვიდეს, სიწყნარეს, უმწიკვლოებას, უმანკოებას, სიწმინდეს, მისწრაფებას, ვნებას, დაღვრილ სისხლს, წამებას, სიკვდილს, აღორძინებას, წარმავლობას, ცვალებადობას“ [<https://www.facebook.com/1028455497192343/posts/1029218263782733/>]. იმავე ნაშრომში

ნათქვამია, რომ მხატვრულ აზროვნებაში ვარდი ძირითადად სატრფოს, მის გარეგნობას და განცდებს - სიმორცხვესა თუ თავმომწონეობას, ვნებას თუ მიუკარებლობას გამოხატავს. „მნიშვნელობა ენიჭება ვარდის ფერს, ფურცლებს და მისი რიგის რაოდენობას, ფორმას - კოკორია თუ გაშლილი; სიმბოლური მნიშვნელობისაა ოქროსა და ვერცხლის ვარდები“ [ibid.]. უნდა აღინიშნოს, რომ თუკი ადრექრისტიანულ ლიტერატურაში ვარდი ამქვეყნიურ მშვენიერებასა და მიჯნურობასთან ასოცირდებოდა, ქრისტიანულ ლიტერატურაში იგი სიწმინდის, უმანკოების, ღვთაებრივი სიყვარულის, მაცხოვრის, ღვთისმშობლის სიმბოლოდ გვევლინება. წითელი ვარდი ქრისტეს ჯვარცმისას დაღვირლი სისხლის, წამებით ცოდვათაგან განწმენდის აღმნიშვნელად არის მიჩნეული. მეორე მხრივ, „აპოკრიფების მიხედვით, ვარდის სიწითლე აიხსნება ედემში მოსეირნე ევას მიერ ვარდის კოცნით, რის შედეგადაც ვარდი სიამოვნებისაგან აელვარდა და გაწითლდა“ [ibid.].

მონოგრაფიაში „გალაკტიონის Meri. პროტოტიპის ძიება“ ი. მერაბიშვილი საუბრობს იმ მნიშვნელობებზე, რომლითაც გალაკტიონი ვარდს იყენებს. ამ მნიშვნელობებიდან ყველაზე თვალსაჩინოა სამი: „**პირველი**, გახლავთ ვარდი, როგორც უმშვენიერესი ყვავილი. **მეორე**, არის ვარდი, როგორც მშვენიერების სიმბოლო. **დაბოლოს**, ვარდი, როგორც არტისტული შემოქმედების უმშვენიერესი ნაყოფი“ [მერაბიშვილი, 2012:125]. პირველი ორი მნიშვნელობა ისედაც ცხადია, საინტერესოა მესამე მნიშვნელობა, რომელიც წიგნის ავტორის აზრით დანარჩენ ორზე დომინირებს. ამის საილუსტრაციოდ ნაშრომში მოყვანილია არაერთი ციტატა. ერთ-ერთი ასეთი მაგალითია გალაკტიონის ლექსი „ვარდები“, სადაც პოეტი სარა ბერნარის შემოქმედებასთან დაკავშირებით ამბობს: „ქალის თვალებში იშლება ვარდი“. აქ სიტყვა „ვარდი“ უნიჭიერესი მსახიობი ქალის შემოქმედების ნაყოფს განასახიერებს [მერაბიშვილი, 2012:126]. ი. მერაბიშვილი განიხილავს სხვა შემთვევებსაც, სადაც „ვარდები“ გმირულ ბრძოლასა და თავგანწირვას გამოხატავს, მაგ.: „ომში მინახავს ცეცხლის ვარდები“ [მერაბიშვილი, 2012:128].

განსაკუთრებით საყურადღებოა წიგნში მოცემული მსჯელობა იმის თაობაზე, თუ რა იგულისხმება შემდეგ სტრიქონებში ნახსენებ „ვარდებში“:

დემონს აშინებს ვარდების ძალა: ერთ უკვდავ წიგნზე მოსჩანს ფიალა  
და ამის გვერდით არტისტული ვარდით მორთული სდგას თავის ქალა.

მეტად დამაჯერებლად ჟღერს ი. მერაბიშვილის მოსაზრება, რომ დემონს როგორც სატანურ საწყისს აშინებს ვარდი არა როგორც ხელოვნების მშვენიერი ნაწარმოები, არამედ როგორც ღვთისმშობლის სიმბოლო. „როგორც ცნობილია, საუკუნეების მანძილზე ვარდი ქრისტიანული რელიგიის სიმბოლოა და იგი ასოცირებულია ღვთისმშობელთან. ამიტომაც ფერწერაში ხშირად შეხვდებით მადონას, რომელიც ვარდით ხელშია გამოსახული, ან თავზე ვარდების გვირგვინი ადგას. ღვთისმშობლის გზით ვარდი ქრისტიანულ სიწმინდეს უკავშირდება“ [მერაბიშვილი, 2012:132]. ლექსში „სილაჟვარდე ანუ ვარდი სილაში“ პოეტი საკუთარი ცხოვრებს გზას ვარდს ადარებს, ვარდს, რომელიც რწმენას, შემოქმედებასა და ღვთისმშობლის სიწმინდეს ერთდროულად განასახიერებს:



როგორც ნაწვიმარ სილაში ვარდი,  
ჩემი ცხოვრების გზა სიზმარია  
და შორეული ცის სილაჟვარდე. [მერაბიშვილი, 2012:133].

### ვარდები ოსკარ უაილდთან:

ვიქტორიანულ ეპოქაში მიღებული იყო სხვადასხვა ყვავილებისთვის კონკრეტული მნიშვნელობების მიკუთვნება და გრძნობების „ყვავილების ენაზე“ გამოხატვა. ამიტომაც ბევრი მეცნიერი ოსკარ უაილდის რომანში “The Picture of Dorian Grey” („დორიან გრეის პორტრეტი“) ნახსენები თითოეული ყვავილის სიმბოლურ დატვირთვაზე საუბრობს. გავრცელებული შეხედულებით, ამ ნაწარმოებში ვარდი, უპირველეს ყოვლისა, სიყვარლის, ვნების, სურვილის სიმბოლოა. ლორდ ჰენრი არაერთხელ ახსენებს ვარდებს დორიან გრეისთან მიმართებაში. ლორდ ჰენრი ჭაბუკს სპილოს ძვლისა და ვარდის ფურცლებისაგან შექმნილ ყმაწვილ ადონისს ადარებს, სადაც სპილოს ძვალს სიწმინდის, დახვეწილობის, ვარდის ფურცლებს კი სიყვარულის უნარის სიმბოლოდ მიიჩნევენ. ვარდების სურნელით არის გაჟღენთილი ბეზილ ჰოლოუდის სტუდია. ერთ-ერთ სტატიაში ვკითხულობთ, რომ ვარდების მკვეთრ სურნელში სამი მამაკაცის სურვილი იგულისხმება: ლორდ ჰენრის სურვილი დორიანით მანიპულირებისა, დორიანის სურვილი ახალგაზრდობისა და სილამაზის მარად შენარჩუნებისა და ბეზილ ჰოლოუდის სურვილი დორიანისგან საპასუხო სიყვარულის მიღებისა. [https://chlodesign.medium.com/what-do-the-flowers-symbolize-in-the-novel-the-picture-of-dorian-gary-d5e5d1e804c0#:~:text=A%20rose%20is%20a%20symbol,Henry%20most%20of%20the%20time].

დორიანთან საუბრისას ლორდ ჰენრის მიერ გამოყენებული მეტაფორებიდან - “your rose-red youth and your rose-white boyhood”, “red and white roses of the painting, his rose-red lips” („თქვენი წითელი ვარდის მსგავსი სიჭაბუკე და თეთრი ვარდის მსგავსი ბიჭობა“, „პორტრეტის თეთრი და წითელი ვარდები“, „მისი ვარდივით წითელი ტუჩები“, ლ.ე.) - აშკარად ჩანს, რომ თეთრი ვარდები უმანკობას, წითელი ვარდები კი სიყვარულსა და ვნებას უნდა ნიშნავდეს.

Time is jealous of you, and wars against your lilies and your roses,” („დროს თქვენი შურს, იგი ებრძვის თქვენს ვარდებს და შროშანებს“, ლ.ე.) - აფრთხილებას ლორდ ჰენრი დორიანს. აქაც, თეთრი შროშანები სიწმინდის სიმბოლოა, ვარდები კი - სიყვარულისა და სილამაზის. [https://multighost.wordpress.com/2018/02/16/the-flowers-of-dorian-gray-part-one/].

გვინდა პარალელი გავავლოთ ზღაპართან "The Nightingale and the Rose" („ბულბული და ვარდი“), სადაც თეთრი ვარდი უმანკო, წითელი ვარდი კი ვნებიანი, მგზნებარე სიყვარულის გამომხატველია. თუმცა, ამ ზღაპარში ვარდი არაერთმნიშვნელოვან სიმბოლოდ გვევლინება. უპირველეს ყოვლისა, იგი წარმოადგენს ხელოვნებას, რადგან ბულბულის მშვენიერი სიმღერისა და თავგანწირვის ნაყოფია. ბულბული როგორც ხელოვანი საკუთარი სიმღერით ამოიყვანს მას და საკუთარი გულის სისხლით შეღებავს წითლად, ვარდი არის ხელოვნება,

რომელიც მსხვერპლს მოითხოვს ჭეშმარიტი ხელოვანისგან და ისიც სიცოცხლეს დაუფიქრებლად სწირავს, თუმცა დაუფასებელი რჩება. აქ იხატება თავად უაილდის პიროვნება, რომელიც ხელოვნებას ყველაფერზე მაღლა აყენებდა და სწორედ ხელოვნებასა და სილამაზეში ეძიებდა თავშესაფარს რეალური სამყაროს ფარისევლობისა და ვერცხლისმოყვარეობისაგან.

მეტად საგულისხმოა ის შემთხვევები, როდესაც უაილდი ვარდებს და ზოგადად ყვავილებს ცოდვებისაგან განწმენდისა და ღვთაებრივი სიყვარულის სიმბოლოდ იყენებს. გარდაცვლილი თავკერძა გოლიათის ცხედარს საკუთარ ბაღში თეთრი ყვავილებით დაფარულს პოულობენ მას შემდეგ, რაც პატარა ბიჭი, ქრიტეს რომ განასხიერებს, მას გამოეცხადება და სამოთხეში წაიყვანს; ზღაპარში “The Fisherman and his Soul” სიყვარულისათვის დაღუპული პატარა ქალთევზა ტალღებზე ტივტივებს როგორც ვერცხლზე უფრო თეთრი, ქაფივით თეთრი ყვავილი; თეთრი და წითელი ვარდები ერთად გვხვდება ზღაპარში “The Young King,” რომლის მთავარი გმირი ჭეშმარიტებას ეზიარება და სულიერად ამაღლებული უფლისაგან კურთხევას მიიღებს.

ოსკარ უაილდი იზარებს ქრისტიანულ ლიტერატურაში დამკვიდრებულ სიმბოლიკას, რომლის მიხედვითაც წითელი ვარდი წამებას, ჯვარცმას, ქრისტეს მიერ დაღვრილ სისხლს განასხიერებს, თეთრი ვარდს კი ამ გზით განწმენდის, მიტევების სიმბოლოდ წარმოგვიდგენს. ცოდვის სინანულით, სისხლით გამოსყიდვის თემა ყველაზე მეტად არის წინ წამოწეული პოემაში “The Ballad of Reading Gaol,” მწერლის უკანასკნელ მხატვრულ ნაწარმოებში, რომელიც ციხეში, უკვე სულიერად განადგურებულმა შექმნა:

For only blood can wipe out blood,  
And only tears can heal:  
And the crimson stain that was of Cain  
Became Christ's snow-white seal. [უაილდი, 2017:54]

მხოლოდ სისხლს ძალუმს ჩამორეცხოს სისხლი მოყვასის,  
და ცრემლებს ცხარეს, დადენილს ღვარად:  
შემდეგ, ღვთის მაღლით, ალისფერი ლაქა კაენის  
გამოქათქათდა კვლავ თოვლის დარად. [უაილდი, 2017:55]

ამ პოემაში არაერთხელ არის ნახსენები წითელი და თეთრი ვარდები აღნიშნულ კონტექსტში:

But neither milk-white rose nor red  
May bloom in prison air; [უაილდი, 2017:46]  
მაგრამ ვერც რძისფერ, ვერც მეწამულ ვარდს აქ ვერ ნახავთ,  
ციხის კედლებში ვარდი არ ხარობს; [უაილდი, 2017:47]

So never will wine-red rose or white,  
Petal by petal, fall [უაილდი, 2017:46]  
ასეთ ადგილას არასოდეს ვარდის ფურცლები  
თეთრად, ღვინისფრად არ დაიბნევა, [უაილდი, 2017:47]

მიკრო და მაკროკონტექსტიდან ნათლად ჩანს, თუ რას გულისხმობს ავტორი თეთრსა და წითელ ვარდებში: ეს არის სულიერი განწმენდა და მიტევება, ქრისტესმიერი სიყვარული, რომლის ადგილიც ციხის კედლებში არ არის.

### დასკვნა

სტატიაში განვიხილეთ ფერების, განსაკუთრებით თეთრი და წითელი ფერების სიმბოლური დატვირთვა ოსკარ უაილდის ზღაპრებში. იმაზე დაკვირვებისას, თუ როგორ იყენებს მწერალი ხსენებულ ფერებს, გამოიკვეთა არაერთი შემთხვევა, როდესაც ერთმანეთის გვერდიგვერდ გვხვდება წითელი და თეთრი ვარდების ხატები. სხვადასხვა წყაროებიდან შევისწავლეთ ვარდის სიმბოლიკა რელიგიასა თუ ლიტერატურაში და ასევე უაილდის შემოქმედებაში. მეტი თვალსაჩინოებისათვის კვლევის სფერო ცოტათი გავაფართოვეთ, გავცდით ზღაპრებს და პარალელები გავავლეთ მწერლის სხვა ნაწარმოებებთანაც, კერძოდ, მოვიშველიეთ რომანი „დორიან გრეის პორტრეტი“ და პოემა „რედიგის ციხის ბალადა“.

ამგვარი კვლევისა და დაკვირვების საფუძველზე მივედით დასკვნამდე, რომ თეთრი და წითელი ფერებისა და ვარდის სიმბოლურ მნიშვნელობათაგან უაილდთან გვხვდება სიწმინდის, უმანკო სიყვარულის, სიქალწულის, ვნებიანი, მგზნებარე სიყვარულის, ხელოვნების, ასევე ცოდვის სისხლით გამოსყიდვისა და ღვთიური სიყვარულის, მიტევების მნიშვნელობები. თეთრი ვარდი პირველ, უმანკო გატაცებას აღნიშნავს, წითელი ვარდი კი მგზნებარე, თავგანწირულ სიყვარულს. მეორე მხრივ, ვარდი როგორც სიმბოლო ხელოვნებას, შემოქმედებას განასახიერებს, რომელსაც ავტორი ისევე უძღვნის საკუთარ სიცოცხლეს, როგორც ბუღბული - წითელი ვარდის შექმნას.

იკვეთება კიდევ ერთი მნიშვნელობა - უაილდი იზიარებს რელიგიაში დამკვიდრებულ სიმბოლიკას, რომლის მიხედვითაც წითელი ვარდი ქრისტეს ჯვარცმისას დაღვრილ სისხლზე, ცოდვების სისხლით გამოსყიდვაზე მიგვანიშნებს. შესაბამისად, თეთრ ვარდს იგი სულიერად განწმენდის სიმბოლოდ იყენებს.

იხატება თავად ოსკარ უაილდის პორტრეტი, შემოქმედისა, რომელიც ხელოვნების დანიშნულებას მშვენიერების შექმნაში, სრულყოფილებისაკენ სწრაფვაში ხედავდა და მთელი არსებით ასეთ ხელოვნებას ემსახურებოდა. უნიჭიერესი პარადოქსების ავტორი თავად გახლდათ პარადოქსული პიროვნება - ერთდროულად ამორალური და ღვთისნიერი, მიწიერი, ცოდვიანი სიყვარულისთვის დასჯილი, სინანულით, უფლის სიყვარულით გამსჭვალული ხელოვანი, რომლის რთული პიროვნება და ცხოვრებაც მის გენიალურ შემოქმედებაში აისახა.

## გამოყენებული ლიტერატურა:

- გაჩეჩილაძე გ., „მხატვრული თარგმანის თეორიის საკითხები“, „განათლება“, თბილისი, 1959.
- კიკნაძე ზ., „ქართული ფოლკლორი“, თბილისის უნივერსიტეტის გამომცემლობა, თბილისი, 2007.
- მერაბიშვილი ი., „გალაკტიონის Meri. პროტოტიპის ძიება“, თბ., 2012
- ორბელიანი სულხან-საბა, „ლექსიკონი ქართული“, „მერანი“, თბილისი, 1991.
- უაილდი ო., „ბროწეულის სახლი“, თარგმნეს ინგლისურიდან ქეთევან კანდელაკმა და ნათელა ჩიგოგიძემ. საბჭოთა მწერალი, თბილისი 1960.
- უაილდი ო., „რედინგის ციხის ბალადა“, ინგლისურიდან თარგმნა ლელა ებრალიძემ. თბილისის უნივერსიტეტის გამომცემლობა, 2017.
- ფანჯიკიძე დ., „თარგმანის თეორია და პრაქტიკა“, „განათლება“, თბილისი, 1988.
- ჭილაია რ., „ლიტერატურათმცოდნეობის ცნებები“, თბილისი, 1984.
- Wilde, O., Fairy Tales by Oscar Wilde, Moscow, Progress Publishers 1979.
- სულავა ნ., ვარდის სახისმეტყველება „ვეფხისტყაოსანში“  
<https://www.facebook.com/1028455497192343/posts/1029218263782733/>
- [[https://medium.com/@Render\\_\\_Forest/psychology-of-colors-b5c9fe5ffd3b](https://medium.com/@Render__Forest/psychology-of-colors-b5c9fe5ffd3b)]
- [Song of Solomon 2:1,  
<https://www.biblegateway.com/passage/?search=Song%20of%20Solomon%20%3A1&version=KJV>]
- [Isaiah 35:1-2, <https://www.biblegateway.com/passage/?search=Isaiah%2035&version=NIV>]
- [<https://bibleversesforyou.com/bible-verses-about-flowers/>].
- [ქებათა-ქება სოლომონისა, თავი მეორე,  
<https://www.orthodoxy.ge/tserili/gadasatseri/dzveli/qeba/qeba-2.htm>]
- [ესაია წინასწარმეტყველი, თავი 35,  
<https://www.orthodoxy.ge/tserili/gadasatseri/dzveli/qeba/qeba-2.htm>]
- [<https://chlodesign.medium.com/what-do-the-flowers-symbolize-in-the-novel-the-picture-of-dorian-gary-d5e5d1e804c0#:~:text=A%20rose%20is%20a%20symbol,Henry%20most%20of%20the%20time>].
- [<https://multoghost.wordpress.com/2018/02/16/the-flowers-of-dorian-gray-part-one/>]

# Symbolism of white and red roses in Oscar Wilde's fairy tales

Lela Ebralidze

Ivane Javakhishvili Tbilisi State University Assistant Professor, Doctor of Philology

<https://orcid.org/0000-0003-0802-4085>

---

## Abstract

The present article deals with the symbolic meaning of white and red colors, particularly white and red roses in Oscar Wilde's fairy tales. Analysis of the examples illustrating the associations connected with the mentioned colors, revealed many cases where white and red roses were presented together. Respectively, we got familiar with the studies concerning the symbolism of white and red colors as well as the generally recognized symbolic meanings of the rose. In this light, we identified the connotative meanings of white and red colors and white and red roses in Oscar Wilde's works. The research enabled us to discover a number of meanings like innocent love, passionate love, atonement for sins and purification, as well as art. All that reflects the personality and life of Wilde himself and provides us with some insight into the paradoxical nature of the great author.

**Key words:** *Oscar Wilde's fairy tales, white and red colors, symbolic meaning of a rose, connotative meanings*

## კულტურული მემკვიდრეობის ქიმიისათვის

### (ნაწილი II- ქვის კონსერვაცია/რესტავრაციისათვის)

მამუკა მაცაბერიძე<sup>1</sup>, ინგა ჯანელიძე<sup>2</sup>

<sup>1</sup> პროფესორი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ქიმიური ტექნოლოგიის და მეტალურგიის ფაკულტეტი

<sup>2</sup> ასოცირებული პროფესორი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ქიმიური ტექნოლოგიის და მეტალურგიის ფაკულტეტი

### რეზიუმე

სტატიაში განხილულია ქვის, კულტურული მემკვიდრეობის ექსპონატების კონსერვაცია-რესტავრაციის აქტუალური საკითხები, რაც ინფორმაციული უზრუნველყოფის თვალსაზრისით საინტერესოა კულტურული მემკვიდრეობის მართვის დარგში მომუშავე სპეციალისტებისა და დარგობრივი ექსპერტებისათვის.

**საკვანძო სიტყვები:** კულტურული მემკვიდრეობა, ქართული ხელოვნება, აკად. ვახტანგ ბერიძე, ძეგლის კონსერვაციის მართვის გეგმა, ძეგლის/ექსპონატის კონსერვაციის დაგეგმვის საერთაშორისო პრაქტიკა, „ბურას ქარტია და მისი პროცედურა“, „ნარას დოკუმენტი ავთენტიკურობის შესახებ“, ICOMOS-ის „მეოცე საუკუნის კულტურული მემკვიდრეობის კონსერვაციის მიდგომები“, მადრიდი-ნიუ-დელის 2017 წ. დოკუმენტი, ქვის ძეგლის ზედაპირის გამწმენდი ქიმიური შემადგენლობები, ფირწარმომქმნელი პოლიმერული ხსნარები და ლატექსები, ქვის გამაგრებელი ქიმიური ნაერთები, სილოქსანები, სილაზანები, პოლიორგანოსილოზანი, პოლიბუთილ მეთაკრილატი (PBMA), ლაოკოონი.

ცნობილია, რომ **კულტურული მემკვიდრეობა** ადამიანის და მისი სამყაროსადმი კოგნიტურ-მხატვრული დამოკიდებულების სისტემური გამოვლინებაა. კულტურის მემკვიდრეობითობა მიგვითითებს ერის ტრადიციების, სარწმუნოების და სააზროვნო მიღწევების შესახებ. ასევე ცნობილია, რომ მატერიალური კულტურის ძეგლში მოიაზრება ფიზიკურად აღქმადი მემკვიდრეობა - ქალდაკება, მხატვრობის ნიმუში, ხელნაწერი ან შენობა/ნაგებობა და ა.შ. **კულტურული მემკვიდრეობის ცნება** დღეისათვის ტრანსფორმირებულია თავდაპირველ მნიშვნელობასთან შედარებით და მოიაზრებს ყოველივეს, რასაც საზოგადოება გამორჩეულ მნიშვნელობას ანიჭებს. სიტყვა - მემკვიდრეობის სემანტიკაში მოიაზრება როგორც კულტურული, ასევე ბუნებრივი მემკვიდრეობა და კულტურულ მრავალფეროვნებაში არაა განცალკევებული კულტურა ბუნებისაგან. კულტურა და ბუნება განუყოფელი სისტემაა, რის გამოც ადამიანის შეცვლილმა გარემომ ფუნდამენტური გავლენა იქონია შემოქმედებასა და კულტურაზე.

დღეს მემკვიდრეობის ფუნქციის მატარებელი ძეგლები იყოფა ორ მდგენელად - **კულტურულ და ბუნებრივ მემკვიდრეობად**, თუმცა ზოგიერთი ძეგლი ორივე კატეგორიას, ახალ ერთობაში აერთიანებს, რომლის სახელდებაცაა „შერეული მემკვიდრეობა“ (იხილე მსოფლიო მემკვიდრეობის კონვენცია<sup>13</sup> - კონვენციის მიზანია დაიცვას და შეინახოს ის ადგილები და ღირსშესანიშნაობანი, რომლიც წარმოადგენს მთელი კაცობრიობის მემკვიდრეობის განუმეორებელ ნაწილს. ამაში შედის ისტორიული და არქეოლოგიური ადგილები, მონუმენტები და ნაგებობები, ასევე ბუნებრივი მახასიათებლები, ბუნების ადგილები, გეოგრაფიული და ფიზიოგრაფიული ფორმირებები. კონვენცია ასევე განსაზღვრავს მისი ხელმძღვრეო ქვეყნების მოვალეობებს და აღნიშნავს თუ როგორ უნდა იქნას გამოყენებული მსოფლიო მემკვიდრეობის ფონდი სხვადასხვა დანიშნულებისთვის, კერძოდ, სწავლებისა თუ ტრენინგების დასახმარებლად, ტექნიკური კოოპერირებისა თუ საგანგებო სიტუაციების დროს დახმარების აღმოსაჩენად. 2012 წლის ივლისში გაეროს 189 ქვეყანამ მოახდინა კონვენციის რატიფიკაცია და მსოფლიო მემკვიდრეობის ჩამონათვალში შეყვანილ იქნა ათასამდე ღირსშესანიშნაობა.)

აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ არამატერიალური კულტურული მემკვიდრეობის ზოგიერთი დარგის ექსპონატი მატერიალურია, მაგალითად ტრადიციული ხელოსნობის ტექნოლოგიით მოქსოვილი ხალიჩა, რომელიც თავის მხრივ მოძრავ მატერიალურ მემკვიდრეობას წარმოადგენს. ხალხში გავრცელებული ხელოსნობის მათრეგანიზებელი ცოდნა და უნარი ზეპირსიტყვიერებით გადაეცემა თაობებს. ამგვარი მემკვიდრეობა საკუთარი ბუნებით და სემანტიკით არამატერიალური ღირებულებაა, რომელ სფეროშიც სიცოცხლისუნარიანობა ან სასიცოცხლო ციკლი ექსპონატის „ცოცხალი“ მატარებლებითაა განსაზღვრული [1,2].

კულტურული მემკვიდრეობის ნიმუში მოიცავს შემდეგ კატეგორიებს:

- არქიტექტურული ნაგებობები და ძეგლები;
- საისტორიო ცენტრები;

<sup>13</sup> მსოფლიო მემკვიდრეობის კონვენცია ეხება მსოფლიოს კულტურისა და ბუნებრივი მემკვიდრეობის დაცვას, მიღებულ იქნა 1972 წლის 16 ნოემბერს, იუნესკოს XVII გენერალური კონფერენციის მიერ.

- ნაგებობათა აგლომერაციები;
- მუზეუმები;
- არქივები;
- ბიბლიოთეკები;
- არქეოლოგიური ძეგლები;
- კლდეში ნაკვეთი საცხოვრისები;
- კულტურული ლანდშაფტები<sup>14</sup>;
- ისტორიული პარკები და ბაღები;
- ზოოლოგიური და ბოტანიკური ბაღები;
- ინდუსტრიული არქეოლოგიის<sup>15</sup> ექსპონატები;

არამატერიალური კულტურული მემკვიდრეობა<sup>16</sup> განფენილია შემდეგ სფეროებზე:

- ზეპირსიტყვიერების ტრადიციები და გამოხატვის ფორმები, მათ შორის ენა - როგორც ვერბალიზაციის საშუალება;
- საშემსრულებლო ხელოვნება;
- წეს-ჩვეულებები, დღესასწაულები, ხალხის მეხსიერებაში ჩაშენებული თარიღები;
- ბუნებისა და სამყაროს აღქმასთან დაკავშირებული ცოდნა და ჩვეულებები;
- ტრადიციული ხელოსნობის დარგებთან დაკავშირებული ცოდნა და უნარ-ჩვევები;

ბუნებრივ მემკვიდრეობას განეკუთვნება:

- თვითნაბადი მშვენიერების მქონე ლანდშაფტები;
- სამეცნიერო ან ესთეტიკური ღირებულების გეოლოგიური და ფიზიკური ფორმაციები;
- გადაშენების საფრთხის ქვეშ მყოფი ცხოველებისა და მცენარეების სამყოფელი ტერიტორიები;
- მღვიმეები.

ადამიანი საკუთარ იდენტობას კულტურული მემკვიდრეობის მეშვეობით ინარჩუნებს. ზოგადად, ესა თუ ის ქვეყანა გაიგივებულია მის რომელიმე ძეგლთან, მაგალითად, იტალია - პიზის კოშკთან, ვენეციასა ან ფლორენციასთან; ეგვიპტე - გიზის დიდ პირამიდასთან; ინდოეთი - ტაჯ-მაჰალთან; გაერთიანებული სამეფო - შექსპირთან და ლონდონის

<sup>14</sup> კულტურული ლანდშაფტი - (გერმ. "Land" - მიწა, "Schaft" - სახე, იერი) ბუნებრივ-გეოგრაფიული არეალი ან ბუნებისა და ადამიანის მოქმედებით შექმნილი მატერიალური და არამატერიალური ფასეულობის მომცველი სისტემა.

<sup>15</sup> ინდუსტრიული არქეოლოგია - წარსულის საწარმოო და ფიზიკური შრომის არსობრივი კვლევა დღემდე შენარჩუნებული დოკუმენტური და არტეფაქტული მტკიცებულებების შესწავლის საფუძველზე.

<sup>16</sup> **არამატერიალური კულტურული მემკვიდრეობის მატარებელი** - პირი ან პირთა ჯგუფია, რომელთაც გააჩნიათ არამატერიალურ კულტურულ მემკვიდრეობასთან დაკავშირებული ცოდნა ან უნარ-ჩვევები, რომლისთვისაც ეს ტრადიცია მისი ყოფისა და კულტურული იდენტობის განუყოფელი ნაწილია. გამორჩეული ცოდნისა და უნარ-ჩვევების მატარებლებს „ცოცხალ საუნჯედ“ მოიხსენიებენ და როგორც ტრადიციის საუკეთესო შემნახველთ, განსაკუთრებულ სტატუსს ანიჭებენ. **არამატერიალური კულტურული მემკვიდრეების სივრცე** - გეოგრაფიული არეალია, რომელიც დაკავშირებულია არამატერიალურ კულტურულ მემკვიდრეობასთან და წარმოადგენს არამატერიალური კულტურული მემკვიდრეების არსებობისათვის აუცილებელ გარემოს. [http://www.imsa.ge/webmill/data/file/ICOMOS-saxelm\(2\).pdf](http://www.imsa.ge/webmill/data/file/ICOMOS-saxelm(2).pdf)



ღირსშესანიშნაობებთან; საქართველო კი - სვეტიცხოველთან, ვარძიასთან, უფლისციხესთან, ღვინოსა და ნიკო ფიროსმანთან.

დღეისათვის გახშირდა იერიშები ქვეყნების იდენტობის მსაზღვრელი კულტურული მემკვიდრეობის საგანძურზე, მათი, როგორც ეროვნული სიმბოლოების განადგურების მიზნით. ასე მოხდა საომარი მოქმედებების დროს ყოფილ იუგოსლავიაში, საქართველოს ორ რეგიონში - აფხაზეთსა და ცხინვალის ზონაში, ავღანეთსა, ერაყსა და სირიაში. აღნიშნულის ფონზე კიდევ უფრო ცხადად ჩანს კულტურული მემკვიდრეობის შენარჩუნების მრავალმდგენელიანი ტექნოლოგიის მდგრადი განვითარების გადაუდებელი აუცილებლობა.

**აკად. ვახტანგ ბერიძე** მონოგრაფიაში „**ძველი ქართული ხუროთმოძღვრება**“ [3] წერდა: „საქართველოს მიწა - წყალზე მგონი არ მოიძებნება არც ერთი კუთხე, არც ერთი ხეობა და სოფელი, რომ წარსულის რაიმე ნაშთი არ იყოს დარჩენილი - ან ძველი ეკლესია და სამრეკლო, ან ციხის ნანგრევი, ან სადარაჯო კოშკი, ან ნასახლარი.

ჩვენი ქვეყნის მძიმე ისტორიული ხვედრის მოწმეებია ნასოფლარები და ნაქალაქარები, რომლებიც უმეტესად სამხრეთის რაიონებშია, იმ კუთხეებში, რომელთაც პირველად უხდებოდათ მტრის შეხვედრა და გამკლავება. თბილისისა და საქართველოს სხვა ქალაქების მუზეუმებში ინახება ოქრომჭედლობის, დეკორაციული ქანდაკების, გამოყენებითი ხელოვნების სხვადასხვა დარგთა მშვენიერი ნიმუშები, მრავალი ათასი ხელნაწერი წიგნი, რომელთაგან ბევრი ოსტატურად შესრულებული სამკაულებითა და მინიატურებითაა მორთული. ტაძრების კედლებმა შემოგვინახა სხვადასხვა დროის ფრესკები და მოზაიკები - ამ მხატვრობაში მარტო საღვთო წერილის სიუჟეტებს კი არ ვხვდებით, არამედ ისტორიულ პირთა - მეფეთა, ფეოდალთა, სასულიერო მოღვაწეთა საინტერესო პორტრეტებსაც.

ბოლო ათეული წლების არქეოლოგიურმა კვლევა-ძიებამ დიდად განავრცო ქართული ხელოვნების ქრონოლოგიური არე: მეცნიერებამ უკვე ჩააღწია ძველი წელთაღრიცხვის მეხუთე ათასწლეულამდე, როდესაც ჩვენი შორეული წინაპრები სრულიად პრიმიტიულ საცხოვრებლებს ქმნიდნენ, და, ამგვარად, პირველ ნაბიჯებს დგამდნენ სამშენებლო ხელოვნების დარგში (აღარაფერს ვამბობთ პირველყოფილ ადამიანთა ნაკვალევს შესახებ). ეს ყველაფერი მოწმობს, რომ მრავალი ათეული საუკუნის მანძილზე ჩვენი ხალხის შემოქმედება უწყვეტი და უშრეტი იყო.

საქართველოსთვის არსებითი მნიშვნელობა ჰქონდა მის გეოგრაფიულ მდებარეობას დიდი სავაჭრო გზების ჯვარედინზე, ევროპისა და აზიის მიჯნაზე, დასავლეთისა და აღმოსავლეთის უმნიშვნელოვანეს ცენტრთა შორის. მოხერხებულმა მდებარეობამ ბევრი გაჭირვება და უბედურება მოუტანა - მას გამუდმებით უხდებოდა დამოუკიდებლობისათვის ბრძოლა, მაგრამ ამავე მდებარეობის წყალობით, საქართველომ იმთავითვე შეძლო კულტურული ურთიერთობა დაემყარებინა სხვადასხვა ქვეყნებთან და ერებთან. იგი მოქცეული იყო წინა აზიისა და ხმელთაშუაზღვეთის სახელმწიფოთა და ხალხთა წრეში, ე.ი. არსებითად,

ცივილიზებული სამყაროს შუაგულში, მჭიდრო კავშირი ჰქონდა ჯერ აქემენელთა, შემდეგ კი სასანიანთა ირანთან, ელინისტურ აღმოსავლეთსა და რომთან.

ქართული სახელმწიფო იბერია ერთი პირველთაგანი იყო იმათ შორის, ვინც ქრისტიანობა ოფიციალურ სარწმუნოებად აღიარა. ამ გარემოებამ, რა თქმა უნდა, განსაზღვრა საქართველოს ორიენტაცია, მისი კავშირი ბიზანტიასა და სხვა ქრისტიანულ ქვეყნებთან.

იმავე დროს, უკვე VII ს-ში, საქართველოს მოუხდა ისლამურ სამყაროსთან შეჯახება: ჯერ არაბთა შემოსევის მსხვერპლი გახდა, შემდეგ, რამდენიმე საუკუნის მანძილზე, მათი განდევნისათვის იბრძოდა, ებრძოდა სელჯუკებსაც, დასასრულ, ურთიერთობა ჰქონდა გამაჰმადიანებულ ირანთან, არა მარტო როგორც მტერთან, არამედ როგორც გარკვეული კულტურული ტრადიციების მატარებელ ქვეყანასთანაც.

სხვა ერებთან, მათ კულტურასთან ურთიერთობის პროცესში ქართული ხელოვნება ბევრ რასმე ითვისებდა, მაგრამ თვითონაც შეჰქონდა წვლილი საერთო განვითარებაში; საუკუნეთა მანძილზე მან მკაფიოდ გამოსახული ეროვნული თავისებურება შეიმუშავა, და ეს თავისებურება არც არასოდეს არ დაუკარგავს; აყვავების ეპოქებში ქართული ხელოვნება მუდამ იდგა მოწინავე ქვეყნების მიერ დასახულ იდეურ და მხატვრულ ამოცანათა დონეზე, იგი თვითონვე იყო ერთ-ერთი დამსახველი და ამომხსნელი ამ ამოცანებისა. ქართულ ხელოვნებაში განსაკუთრებული ადგილი ეჭირა - მით უფრო, შუა საუკუნეთა მანძილზე - ხუროთმოძღვრებას. საქართველოს მცირე ტერიტორიაზე აღრიცხულია რამდენიმე ათასი ხუროთმოძღვრული ნაგებობა სხვადასხვა დანიშნულებისა - სამარხები, საკულტო შენობები, სამოქალაქო, სათავდაცვო, სამეურნეო, საინჟინრო ნაგებობანი.

ვისაც კი სერიოზულად აინტერესებს წინა აღმოსავლეთისა და ევროპის შუა საუკუნეთა არქიტექტურის შესწავლა, აუცილებლად უნდა გაეცნოს ქართულ ხუროთმოძღვრებას, განსაკუთრებით შუა საუკუნეების საეკლესიო ხუროთმოძღვრებას; სწორედ საქართველოში მოიძებნება ზოგი ისეთი ხუროთმოძღვრული თემისა და პრობლემის ძირები, რომლებიც საერთოა ყველა ქრისტიანული ქვეყნისათვის; საქართველოში შემონახულია "ქრისტიანული არქიტექტურის" ძალიან ადრეული ნიმუშები; ქართულ ძეგლებში ძალიან ადრე გვხვდება კონსტრუქციები, რომლებიც უფრო გვიან რომანულმა ხუროთმოძღვრებამ შეითვისა. ამას გარდა, ქართული ძეგლების გაცნობა საინტერესო შედარებათა საშუალებას გვამლევს, გვიჩვენებს, თუ რამდენად მრავალფეროვანი, ეროვნულად თავისებური შეიძლება იყოს ერთისა და იმავე ხუროთმოძღვრული თემის რეალური ხორცშესხმა.

აყვავების პერიოდებში ქართული ხუროთმოძღვრება ქმნიდა მხატვრულად მომწიფებულ ნაწარმოებთ, რომელნიც შეიძლება მივაკუთვნოთ შუა საუკუნეების მსოფლიო ხელოვნების საუკეთესო ნიმუშთა რიცხვს. მაგრამ ქართული არქიტექტურის ძეგლები მარტო სპეციალისტებისათვის კი არ არის საინტერესო. მათი მხატვრული ღირსებები, მათი მდებარეობა და ორგანული შერწყმა გარემო ბუნებასთან, მათი სიძველე, ამ "სიძველეთა სურნელება" არ შეიძლება არ იზიდავდეს ყოველ ადამიანს, ვისაც კი სილამაზე უყვარს, ვისაც

უყვარს და აღელვებს თავისი ქვეყნისა და ერის წარსული და გული შესტკივა მისი მომავლისათვის“.

თანამედროვე პირობებში, ძალზე მნიშვნელოვანია იმ დამდგარი რეალობის შეხსენება, რომ ძეგლის კონსერვაციის მართვის გეგმის შემუშავებისას გამოყენებული მეთოდოლოგია უნდა ემყარებოდეს ძეგლის/ექსპონატის კონსერვაციის დაგეგმვის საერთაშორისო პრაქტიკას, „ბურას ქარტიასა და მის პროცედურას“, „ნარას დოკუმენტს ავთენტიკურობის შესახებ“ და იზიარებდეს ICOMOS-ის „მეოცე საუკუნის კულტურული მემკვიდრეობის კონსერვაციის მიდგომების“, ე. წ. მადრიდი-ნიუ-დელის 2017 წ. დოკუმენტის სულისკვეთებას [4].

ზოგადად, ძეგლის კონსერვაციის მართვის გეგმა სისტემური დოკუმენტია, სადაც ყველა სტრატეგიაა მიმოხილული, რაც შენობის კონსერვაციისა და ადაპტაციის დეტალურ პოლიტიკასა და მეთოდოლოგიას ეხება და იძლევა რეკომენდაციებს შენობის ღირებულებათა ინტერპრეტირების, რეგულარული მოვლა-პატრონობისა და მართვის შესახებ. ესაა პრაქტიკული დოკუმენტი, რომელიც იქმნება ძეგლის/ნაგებობის მართვის, მისი მახასიათებლების და ღირებულებების კონსერვაციის პროცესში მარეგლამენტირებელი გამოყენებისათვის.

აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ 2010 წელს ICOMOS-ის მეოცე საუკუნის მემკვიდრეობის საერთაშორისო სამეცნიერო კომიტეტმა (ISC20C) დაიწყო სარეკომენდაციო დოკუმენტის შედგენა, რომელშიც მოცემულია ის პრინციპები, რომლებიც გამოყენებულ უნდა იქნას მეოცე საუკუნის მემკვიდრეობის ადგილებისა და ძეგლების მართვისა და ინტერპრეტირებისათვის. საერთაშორისო სტანდარტის დადგენა ძალზე ამბიციური მიზანი იყო. გაიმართა დებატები კომიტეტის წევრებს შორის, მათი მსოფლიოს ყველა რეგიონში დაგროვილი პრაგმატული გამოცდილების საფუძველზე. ჩატარდა საერთაშორისო კონფერენციები, შეხვედრები და კონსულტაციები. შეიქმნა დასკვნითი დოკუმენტი სახელდებით: **მეოცე საუკუნის არქიტექტურული მემკვიდრეობის შენარჩუნების მიდგომები, რომელსაც შემოკლებით მადრიდის დოკუმენტს უწოდებენ**, [5] აღნიშნული წარდგენილ იქნა პარიზში ICOMOS-ის მე-17 გენერალურ ასამბლეაზე და გავრცელდა ესპანურ, ფრანგულ და ინგლისურ ენებზე. ეს დოკუმენტი 2011-2014 წლებში ითარგმნა ათზე მეტ ენაზე, მათ შორის რუსულ, იტალიურ, ფინურ, გერმანულ, იაპონურ, პორტუგალიურ, ჩინურ, ჰინდი, ბასკურ და კატალანურზე. რაც ადასტურებს ამ დოკუმენტის საერთაშორისო სახელმძღვანელოდ საჭიროებას. მიღებული კომენტარების განხილვის შემდეგ ICOMOS-ის მე-18 გენერალურ ასამბლეაზე, ფლორენციაში, გამოიცა მეორე გამოცემა ოთხ ენაზე, თუმცა აშკარა იყო, რომ ძირეული რედაქტირება – და ახალი სათაური – აუცილებელი იყო იმისთვის, რომ ამ დოკუმენტში გათვალისწინებული ყოფილიყო მეოცე საუკუნის მემკვიდრეობის სხვა ისეთი ტიპოლოგიები, როგორებიცაა: **კულტურული ლანდშაფტები, ინდუსტრიული ადგილები და ურბანული არეალები**.

თანამშრომლობა ICOMOS-ის კულტურული ლანდშაფტების საერთაშორისო სამეცნიერო კომიტეტთან (ISCCL), ICOMOS-ის ისტორიული ქალაქებისა და სოფლების საერთაშორისო კომიტეტთან (CIVVIH), ინდუსტრიული მემკვიდრეობის დაცვის საერთაშორისო ტექნიკურ

კომიტეტთან (TICCIH) და ენერგეტიკის, მდგრადობისა და კლიმატის ცვლილების ICOMOS-ის საერთაშორისო სამეცნიერო კომიტეტთან (ISCES+CC) შედეგიანად დასრულდა და დოკუმენტმა მოიცვა მეოცე საუკუნის მემკვიდრეობის ღირსშესანიშნავი ადგილებისა და ძეგლების სრული ფართო სპექტრი.

მეოცე საუკუნის კულტურული მემკვიდრეობის კონსერვაციისათვის მთავარი სტრატეგიები/მიდგომები წარმოდგენილი იქნა ICOMOS-ის მე-19 გენერალურ ასამბლეაზე, დელიში, 2017 წლის დეკემბერში. ამ სტრატეგიის მიზანი ფორმულირებულია შემდეგნაირად: „მეოცე საუკუნის მემკვიდრეობის ადგილებისა და ღირსშესანიშნაობათა კონსერვაციისა და მართვის ვალდებულება ისეთივე მნიშვნელოვანია, როგორც წინა საუკუნეების მნიშვნელოვანი კულტურული მემკვიდრეობის დაცვა. მეოცე საუკუნის კულტურული მემკვიდრეობა საფრთხეშია დაფასებისა და ზრუნვის ნაკლებობის გამო.

უკვე ბევრია დაკარგული და უფრო მეტს საფრთხე ემუქრება. ეს არის ცოცხალი, განვითარებადი მემკვიდრეობა და აუცილებელია მისი კარგად გაგება, დაცვა, ინტერპრეტაცია და სწორი მართვა მომავალი თაობებისთვის. მიდგომები მეოცე საუკუნის კულტურული მემკვიდრეობის კონსერვაციისათვის მოწოდებულია, წვლილი შეიტანოს ამ მნიშვნელოვანი პერიოდის კულტურული მემკვიდრეობის სათანადო და საპატიო მართვაში.

აღიარებს რა მემკვიდრეობის კონსერვაციის არსებულ დოქტრინებს, მეოცე საუკუნის კულტურული მემკვიდრეობის კონსერვაციის მიდგომები გამოავლენს იმ მრავალ საკითხს, რომლებიც სპეციფიკურად ახლავს მეოცე საუკუნის მემკვიდრეობის შენარჩუნებას. იგი მოიცავს მემკვიდრეობის ტიპების ფართო სპექტრს, ჩვეულებრივ, დაცვის ღირსად აღიარებულს, როგორებიცაა: არქიტექტურა, ნაგებობები, ხალხური და სამრეწველო მემკვიდრეობა, კულტურული ლანდშაფტები ისტორიული პარკებისა და ბაღების ჩათვლით, ისტორიული ურბანული ლანდშაფტები, კულტურული მარშრუტები და არქეოლოგიური ძეგლები. ეს დოკუმენტი გამოსაყენებლად განკუთვნილია ყველასთვის, ვინც მონაწილეობს მემკვიდრეობის დაცვისა და მართვის პროცესებში, რომლებმაც შეიძლება გავლენა მოახდინონ მეოცე საუკუნის მემკვიდრეობის ადგილებსა და ღირსშესანიშნაობებზე“ [5].

XXI საუკუნის დასაწყისში რეკონსტრუირებულ **სარფის იოანე ღვთისმეტყველის დარბაზულ ეკლესიას** კულტურული მემკვიდრეობის ძეგლის სტატუსი აქვს. სალოცავი მაღალი ბორცვის მოსწორებულ მოედანზეა აღმართული, საიდანაც ზღვისა და სოფლის ულამაზესი ხედები იშლება [6]. ეკლესია ნაგებია დულაბის ფენაში ჩართული სხვადასხვა ფორმისა და ზომის ქვიშაქვის ფილებითა და დიდი ზომის რიყის ქვებით. კუთხეებში მოზრდილი ქვის ფილებია გამოყენებული. დასავლეთის კარის კიდეები ნაგებია სწორკუთხა ფორმის კარგად გათლილი ქვის კვადრებით. კედლების ქვედა ნაწილებში გამოყენებულია მაგარი ტიპის, სქელი ქვები. ეკლესია მოხატული ყოფილა, რასაც ადასტურებს ფრესკების კვალი ჩრდილოეთის კედლის დასავლეთ მონაკვეთში. ფრესკები შესრულებული იყო კედლის დაუმუშავებელ ზედაპირზე დადებული ბათქაშის თხელ ფენაზე ოხრანარინჯისფერი, ღვინისფერი, ცისფერი და იისფერი ტონებით.

საეკლესიო ხუროთმოძღვრების ზოგიერთი თავისებურება: მცირე ზომები, შვერილი ნახევარწრიული აფსიდი, სხვადასხვა ფორმის, ზომისა და სახეობის ჯიშის ქვებით შედგენილი კედლების ირეგულარული წყობა, წახნაგოვანი კაპიტელების მქონე ერთსაფეხურიანი პილასტრები, სარკმლის ნაკლებად დამრეცი წირთხლები ეკლესიის აგების თარიღს IX-X საუკუნეებით განსაზღვრავს. მოგვიანებით, სავარაუდოდ, გვიან შუა საუკუნეებში, განხორციელდა ეკლესიის განახლება და ფრესკებით შემკობა, რასაც მიანიშნებს კედლის დაუმუშავებელ ზედაპირზე დატანილი ბათქაშის თხელი ფენა. სარფის ეკლესიის თავისებურებას წარმოადგენს შვერილი აფსიდი, რაც, ძირითადად, შავი ზღვისპირეთის ეკლესიების დამახასიათებელი ნიშანია.

კულტურული მემკვიდრეობის აღნიშნული ძეგლის სამშენებლო მასალათმცოდნეობის კომპეტეციები შესაძლებელს ხდის ვიზრუნოთ ნახსენები და რეკონსტრუირებული **სარფის იოანე ღვთისმეტყველის დარბაზული ეკლესიის** - მატერიალური კულტურული მემკვიდრეობის შენარჩუნების უზრუნველსაყოფად, კერძოდ კი ამგვარი პრობლემის მართვისათვის საჭიროა სპეციალური ცოდნა, სატაძრო სამშენებლო მასალების კონსერვაციის და რესტავრაციის ტექნოლოგიათა შესახებ.

ზოგადად ქვის მასალები, ღია ცის ქვეშ სხვადასხვა ქიმიური და ფიზიკური აგენტის ზემოქმედების შედეგად თანდათან იშლებიან. ქიმიური აგენტების ზემოქმედებაში მოიაზრება - კარბონატული ნაერთების მიმართ რეაქციისუნარიანი და ატმოსფერულ ჰაერში მყოფი: გოგირდის ქანგი, აზოტის ორქანგი, ქლორწყალბადი, ნახშირორქანგი და სხვ. ფიზიკური აგენტების ზემოქმედებათ მიეკუთვნება: ტემპერატურის და ტენიანობის ცვლილებები, ქარის ნაკადის მიერ მოძრავი ნაწილაკების აბრაზიული(ხეხვითი) ცვეთა.

აღწერილი ზემოქმედებების შედეგად, იცვლება ძეგლის გარეგანი სახე, ყალიბდება მასალის ზედა შრის ფორიანობა, ჩნდება ბზარები. ძეგლის მასალის ზედაპირი იწოვს ტენს ჰაერიდან, რაც ტემპერატურის ცვლილებისას განაპირობებს მასალის რღვევას. ჭვარტლი და ტალახი აღწევს ძეგლის ფორებსა და ბზარებში 1,5 მმ-ისა და ზოგჯერ უფრო მეტ სიღრმეზეც, ძეგლის სამშენებლო მასალის ზედაპირიდან. გარდა აღნიშნულისა, ძალზე რთულია ბაქტერიათა ცხოველმყოფელების პროდუქტების კვალის მოხსნა, რომლებიც ძეგლის ზედაპირს ფარავენ მუქი ფერის ლაქებით, რისი მოხსნაც დაკავშირებული შეიძლება იყოს ძეგლის ზედაპირის დეფორმირებასთან. ზოგიერთ შემთხვევაში ბაქტერიული ცხოველმყოფელებით განპირობებული დაბინძურების მოხსნა შეუძლებელიც კია.

ქვის ნაკეთობების რესტავრაცია რამდენიმე სტადიისაგან შედგება, რომელთა თანმიმდევრობა შეიძლება შეიცვალოს ქვის ობიექტის/ექსპონატის მდგომარეობიდან გამომდინარე, ასეთი სამუშაოები იწყება და მიმდინარეობს შემდეგი თანამიმდევრობით:

1. მასალის ზედაპირიდან დაბინძურების მოხსნა;
2. მასალის ბზარების შელესვა, გამაგრება, დაკარგული ნაწილების შევსება;
3. მასალის შემდგომი რღვევისგან დაცვა;

ჭუჭყისგან გამწმენდი საშუალებები უნდა მოქმედებდნენ მხოლოდ დაბინძურებაზე და უნდა იყვნენ ინერტულნი ძეგლის მასალის მიმართ. თუ ძეგლი იშლება შეხებისას, გასუფთავებამდე ის უნდა გამაგრდეს, თუმცა ამგვარი გამაგრება კიდევ უფრო ართულებს დაბინძურების მოხსნას.

### ქვის ძეგლის ზედაპირის გამწმენდი ქიმიური შემადგენლობები

ქვის ზედაპირის გასასუფთავებლად წარმატებით გამოიყენება კომპლექსონები, ძირითადად კი „ტრილონ ბ“ . ზოგჯერ გამოიყენება „ტრილონ ბ“-ს შემცველი პასტა, რომლის შემადგენლობაში ასევე არის ამონიუმის ჰიდროკარბონატი, ნატრიუმის კარბოქსიმეთილცელულოზა, ანტისეპტიური ნივთიერება და წყალი. ამ პასტით იფარება გასაწმენდი ქვის ზედაპირი და ტოვებენ გაშრობამდე(ეს პროცესი შესაძლოა გაგრძელდეს რამდენიმე საათიდან ორ-სამ დღემდე). შემდეგ ამ გამშრალი პასტის ფენის მოცილება ქვის ზედაპირიდან ხდება წყალში დასველებული ჯაგრისით, აღსანიშნავია, რომ ამ მეთოდით ორგანული დაბინძურების მოხსნა არ ხდება, მაგრამ ხდება გარკვეულწილად სორბირება ამ ორგანული დამაბინძურებლისა ნახსენები პასტით.

ამ მეთოდის არასასურველი გამოვლინებაა „ტრილონ ბ“-ს მიერ, გასაწმენდი ქვის შედგენლობაში მყოფი კალციუმის წყალში ხსნად ფორმაში გადაყვანა, რაც შესაძლოა წარიმართოს ქვის გამაჭუჭყიანებელი არაორგანული მარილების წყალში ხსნად ფორმაში გადაყვანის პარალელურად.

არქეოლოგიური გათხრებით მოძიებული სკულპტურების რესტავრაციის მოსამზადებელ ეტაპზე საჭიროა კარბონატული დანაშრევების მოცილება, რა მიზნითაც ხდება სკულპტურული ექსპონატის ჩამორეცხვა შემდეგი შემადგენლობის ხსნარით: დისტილირებულ წყალს დამატებული ეთილის სპირტი ან 1-2% ამიაკი, ზედაპირულად აქტიური ნივთიერებები - ბავშვის საპნიდან, ასევე გამოიყენება **დამატენიანებელი საშუალებები**<sup>17</sup> (დამხმარე ნივთიერებები).

საყურადღებოა, რომ ანტიკური სკულპტურის ჩამორეცხვისას გამოყენებული იქნას წყლის მინიმალური რაოდენობა, რათა გამოირიცხოს წყლის მოხვედრა მცირე ბზარებშიც კი. მარმარილოს ზედაპირიდან რკინის ოქსიდის ლაქების (ანუ ე.წ. „ჟანგის“) მოსაცილებლად გამოიყენება ხსნარები - მჟაუნმჟავასთან, ჰიდროფთორმჟავასთან (ფტორწყალბადის წყალხსნარი), ლიმონმჟავასთან, ორთოფოსფორმჟავასთან. ამ ხსნარებით მუშაობისას სიფრთხილეა საჭირო, რომ ნახსენები მჟავები არ მოხვდნენ მარმარილოს სიღრმეში, თუმცა გასათვალისწინებელია რომ მარმარილოს ზედაპირის გაპრიალება(ე.წ. „პოლირება“) პრობლემური ხდება მჟავებთან კალციუმის შესაბამისი მარილების წარმოქმნით, რის გამოც

<sup>17</sup> ეს არის მსუბუქი, ზეთის მსგავსი სითხე ან პასტა. **დამატენიანებელი აგენტის** ფერი მერყეობს ღია ყვითელიდან ღია ყავისფერამდე. **დამატენიანებელი აგენტები** არის არაიონური ზედაპირულად აქტიური ნივთიერებები. დამატენიანებელი აგენტები კარგად ხსნადია წყალში, აქვთ არამემარჯობელი სუნი და ოდნავ ტუტე რეაქცია. **დამატენიანებელი საშუალებები** მიიღება მონო- და დიალკილფენოლების ეთილენის ოქსიდით დამუშავებისას.

მჟავების გამოყენება მხოლოდ გადაუდებელი აუცილებლობისას უნდა მოხდეს. ასეთ შემთხვევებში საერთოდ გამორიცხულია მარილმჟავის ან გოგირდმჟავის გამოყენება რამეთუ აღნიშნულნი კარბონატული მასალის რღვევას იწვევენ.

სკულპტურიდან „ჟანგის“ ფენა იხსნება „ტრილონ ბ“-ს ფრთხილი გამოყენებით. ყველაზე უსაფრთხოდ ითვლება რკინის ოქსიდის ლაქების გაუფერულება ნატრიუმის ციტრატის (ლიმონმჟავა ნატრიუმი) 15%-იანი ხსნარით, რასაც ახორციელებენ ამ ხსნარში დასველებული ბამბის კომპრესებით ან მარლით.

სპილენძის ჟანგის, მწვანე ფერის ლაქა, უნდა მოიხსნას შემდეგი შედგენლობის პასტის გასაწმენდ ზედაპირზე დადებით - პასტის შედგენილობა ასეთია: ამონიუმის ქლორიდის ერთი მასური წილი, ოთხი მასური წილი ტალკი<sup>18</sup> და 25% ამიაკის ხსნარი. პასტას ქვის ზედაპირზე აყოვნებენ გამრობამდე და ამასთან ლაქა თანდათანობით უფერულდება. ქვის ზედაპირიდან ობის, ლიქენის და მელნის ლაქებს აცილებენ ეთილის სპირტის ან ამიაკის სუსტი ხსნარის გამოყენებით. ზოგჯერ გამოიყენება მჟანგველები - ქლორამინ T<sup>19</sup>-ს 2%-იანი ან წყალბადის ზეჟანგის 6%-იანი ხსნარები.

ფისების, ზეთების, კანიფოლის, ბიტუმის, შელაკის<sup>20</sup>, ცვილის ლაქები მარმარილოს ზედაპირიდან ამოღებადია - ქვის ორგანული გამხსნელებით დამუშავებისას.

ქვის ზედაპირის გასაწმენდად გამოიყენება, როგორც ინდივიდუალური გამხსნელები (სპირტები, კეტონები, ალკანური და არომატული ნახშირწყალბადები, რთული ეთერები), ისე მათი ნარევი. გაწმენდის პროცედურისას ჩვეულებრივ ქვის ზედაპირის ლაქებს ადებენ გამხსნელში დასველებულ ბამბის ტამპონებს ან პასტებს, რომლებიც მზადდება გამხსნელთა შერევით ისეთ ინერტულ ნივთიერებებთან, როგორებიცაა:

ცარცი, ტალკი და სახამებელი (ე.წ. „კრახმალი“), რა დროსაც გამხსნელთა აორთქლების შესანელებლად ქვის დასამუშავებელ ზედაპირს ფარავენ პოლიეთილენის ან ლავსანის<sup>21</sup> ფენით.

<sup>18</sup> ტალკი -  $Mg_3Si_4O_{10}(OH)_2$ , მინერალი, კრისტალური ნივთიერებაა. წარმოადგენს ცხიმოვან ფხვიერ ფხვნილს, აქვს თეთრი ფერი (არსებობს მწვანეც). სამრეწველო მიზნებისთვის არსებობს დაფხვნილი ტალკი, მიკროტალკი.

<sup>19</sup> Chloramin T - უნივერსალური ფხვნილოვანი სადეზინფექციო საშუალება აქტიური ქლორის საფუძველზე.

<sup>20</sup> შელაკი [ჰოლანდ. schellak] - ბუნებრივი ფისი, რომელსაც გამოყოფს ზოგიერთი ტროპიკული მცენარე ინდოეთსა და სამხრეთ-აღმოსავლეთ აზიაში.

<sup>21</sup> ლავსანი - ხელოვნური ბოჭკო, რომელსაც იღებენ ნავთობის გადამუშავების პროდუქტებისაგან.

## ფირწარმომქმნელი პოლიმერული ხსნარები და ლატექსები<sup>22</sup>

სკულპტურის ზედაპირიდან დაბინძურების მოხსნის ეფექტური და უსაფრთხო მეთოდია პოლიმერთა ფირწარმომქმნელი ხსნარების ან ლატექსების დატანა. პოლიმერის ხსნარს ან ლატექსს დაიტანენ გასაწმენდ ზედაპირზე და ტოვებენ გამხსნელის აორთქლებამდე. ზოგჯერ გამწმენდი სითხის ფენაზე ადებენ ზამბას ან მარლას, გამრობის შემდგომ ჩამოყალიბებული ფირის უფრო ადვილად მოსახსნელად. გამხსნელის აორთქლების შემდგომ ფირს ხსნიან მასზე ადსორბირებულ ჭუჭყთან ერთად. ამგვარი მეთოდი გამოირიცხავს სკულპტურის ზედაპირის დამუშავებას მექანიკური მეთოდებით (ჯაგრისი, გამწმენდ ნივთიერებაში დასველებული ტამპონი) და აღარაა ალბათობა იმისა, რომ გამხსნელი მოხვდეს ქვის მასალის ფორებში. გარდა აღნიშნულისა, პოლიმერული ფირის ადსორბირების თვისება თანაბრად ნაწილდება ექსპონატის მთელ ზედაპირზე.

აღწერილი ფუნქციის პოლიმერები უნდა აკმაყოფილებდნენ შემდეგ პირობებს:

ქიმიური ინერტულობა ექსპონატის მასალის მიმართ;

1. ფართოდ გავრცელებულ გამხსნელებში ხსნადობა;
2. ქიმიურად ინერტულ პლასტიფიკატორებთან შეთავსებადობა;
3. პოლიმერის იმგვარი სიბლანტის ხსნარის დამზადების შესაძლებლობა, რომლის ჩამოდენა ძეგლის ვერტიკალური ზედაპირიდან არ მოხდება;
4. ელასტიური ფირების შექმნის უნარი, რისი მეშვეობითაც გამოირიცხება ქვის არამკვრივი ზედაპირის რღვევა;
5. ექსპონატის მასალისადმი მცირე ადგეზიურობა, რაც გააადვილებს პოლიმერული ფირის ადვილად მოხსნას;
6. ფირის იმგვარი სიმტკიცე, რაც საკმარისი იქნება, გაუგლეჯავად მისი მოხსნისათვის ძეგლის ზედაპირიდან;
7. პოლიმერის სტრუქტურა და მოლეკულური წონა უნდა გამოირიცხავდეს მის შეღწევას ექსპონატის ქვის ფორებში.

ამგვარ მოთხოვნებს აკმაყოფილებენ წყალში ხსნადი მაღალმოლეკულური პოლიმერები: **ნატრიუმის კარბოქსიმეთილცელულოზა და პოლივინილის სპირტი**. ამ პოლიმერებს იყენებენ წყალხსნართა სახით, სადაც მოლეკულურ მასაზე დამოკიდებული პოლიმერის შემცველობა შეიძლება მერყეობდეს 5-დან 30% მდე.

ფირების პლასტიფიცირებისათვის პოლიმერების გახსნისას, და ასევე ფირის ქვასთან ადგეზიის შესამცირებლად, წყალში ამატებენ გლიცერინს ან პოლიგლიკოლებს, მაგალითად პოლიეთილენგლიკოლს შემდეგი თანაფარდობით - წყალი: მრავალატომიანი სპირტი = 90:10 ან 70:30. გამოყენებული პლასტიფიკატორის რაოდენობა დამოკიდებულია გასაწმენდი ქვის ზედაპირის სიმტკიცეზე, რომელიც უნდა დაექვემდებაროს გასუფთავებას,

<sup>22</sup> **ლატექსი** (**ლათ.** Latex – სითხე, წვენი) - **პოლიმერული ხსნარი**. ბუნებაში გვხვდება როგორც სქელი სითხე, რომელსაც შეიცავს სხვადასხვა მცენარე.



პლასტიფიკატორის რაოდენობა იზრდება ანთროპოგენული მიზეზებით დასუსტებული მასალებისათვის.

ქვის ჭვარტლით დაბინძურების პოლიმერული ფირით გასაწმენდად, გამწმენდ ხსნარში ამატებენ 10-15% ეთილის სპირტს ან 5-10% ამიაკს. ნატრიუმის კარბოქსიმეთილცელულოზის ფირისწარმომქმნელი ხსნარის წილობრივი შედგენილობაა:

ნატრიუმის კარბოქსიმეთილცელულოზა	5 – 10
გლიცერინი	5 – 30
წყალი	60 – 90

ქვაზე დადებული ხსნარის გამრობისას წარმოიშობა ფირი რამდენიმე საათიდან ორ დღე-ღამემდე. თუ ამგვარი პროცედურით დაბინძურება არ ცილდება ქვის მასალას, იყენებენ პოლიმერების 3-5% ფირწარმომქმნელ ორგანულ ხსნარებს, მაგალითად პოლივინილბუტირალის<sup>23</sup> ან სპირტში ხსნადი პოლიამიდი. აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ პლასტიფიკატორისა და ანტიადჰეზიური დანამატების სახით ხსნარებში შეყავთ გლიცერინი - პოლიმერის მასის 10%-მდე რაოდენობით.

კარბონატული და სულფატური ნადებების მოცილება მარმარილოს ან კირქვის ექსპონატიდან უაღრესად რთული პროცესია. აღნიშნული მიზნით ხშირად იყენებენ მექანიკურ მეთოდს და ქვის<sup>24</sup> ზედაპირიდან დანაფარებს ეტაპობრივად ხსნიან სკალპელის გამოყენებით. ასევე შეიძლება ნახსენები ნადებების დაფარვა კარბოქსილშემცველი პოლიმერებით [7-8-9-10], მაგალითად პოლიმეთაკრილმჟავით, რომელიც თანაპოლიმერია მეთაკრილმჟავის ნატრიუმის მეთაკრილატით პროპორციით 1:3, თანაპოლიმერი სტიროლისა, მალენ მჟავისა და ნატრიუმის მალეინატი თანაფარდობით 2:1:1, ასევე გამოიყენება, ამავე მიზნებით, სტირომალა - სტიროლის და მალეინის ანჰიდრიდის თანაპოლიმერი. კიდევ უფრო რბილი ზემოქმედებისათვის ექსპონატის ზედაპირზე, პოლიმერების კარბოქსილური ჯგუფებს ანეიტრალებენ ნატრიუმის ან მაგნიუმის ჰიდროქსიდით - pH ხსნარისა უნდა იყოს 4,5-5. პოლიაკრილატების მოლეკულური მასა უნდა იყოს შეძლებისდაგვარად არც თუ ისე მაღალი - პოლიმერიზაციის ხარისხი 300-400.

აქვე აღსანიშნავია, რომ შრომის [10] ავტორებმა ჩაატარეს შესატყვისი ლიტერატურის ვრცელი მიმოხილვა, 1986-2018 წლებში რეცენზირებული სტატიების მიხედვით ბუნებრივ ბიოციდებთან დაკავშირებით ქვის ბიოდაბინძურების კონტროლისათვის, გამოკვლევამ

<sup>23</sup> პოლივინილ ბუტირალი (PVB) არის ფხვნილი, უფერო პოლიმერი. ხსნადი სპირტებში, კეტონებში, ეთერებში. მის გამსხნელად გამოიყენება არომატული ნახშირწყალბადები, ეთერები. სრულად ხსნადი მეთილში, ეთილში, პროპილში, იზოპროპილში, ბუტილში და იზობუტილის სპირტებში.

<sup>24</sup> ქვის კულტურული მემკვიდრეობის კონსერვაციის სახელმძღვანელო მითითებების ევროპული სტანდარტი დამტკიცებულია CEN-ის მიერ 2015 წლის 7 თებერვალს - <https://standards.iteh.ai/catalog/standards/cen/ef51ab49-a927-4e13-bccf-f1fa6eef79d1/en-16515-2015>

აჩვენა 61 ბუნებრივი ნივთიერების, ძირითადად ეთერზეთების ეფექტურობა ბიოდაბინძურების ნეიტრალიზებისათვის.

### ქვის გამაგრებელი ქიმიური ნაერთები

ქვის გასამაგრებლად იყენებენ ან ექსპონატის ზედაპირის დასაცავ დასაფარებს, ან ქვის ფორებში შეყავთ კონსერვაციის ფუნქციის მქონე და ჰიდროფობიზებადი ნივთიერებები, რომელნიც ზრდიან ქვის მასალის სიმტკიცეს.

ქვის ზედაპირის დასაცავად გამოიყენება რამდენიმე მეთოდი, მაგალითად „ფლუატირება“ - რომლის დროსაც ქვის ზედაპირს ამუშავებენ სილიციუმის ფტორიდის, მაგნიუმის, თუთიის ან ალუმინის ხსნარებით:



ამ პროცესისას წარმოშობილი  $\text{SiO}_2$  ხვდება რა ქვის ფორებში, ზრდის ქვის ზედაპირული შრის სიმკვრივეს, თუმცა ცვლის ექსპონატის „გარეგნობას“. აქვე არ უნდა გამოგვრჩეს მხედველობიდან, რომ ქვეს ზედაპირზე ახლად შექმნილი ნაერთები, ფიზიკური თვისებებით, განსხვავდებიან ქვის ექსპონატის მასალისგან, რის გამოც ტემპერატურის და ტენიანობის მკვეთრი ცვლილებისას ხდება მათი განშრეება და იწყება ექსპონატის რღვევა.

მველი დროიდან, მარმარილოს ამუშავებენ **გათეთრებული ცვილით**<sup>25</sup> - ქვის ექსპონატს შეათბობენ და მის ზედაპირზე დაიტანენ ცვილის 10%-იან ხსნარს სკიპიდარში (გამხსნელი პინენი) ან პეტროლეინის ეთერში<sup>26</sup>, ამგვარი დამუშავებისას მარმარილო იცვლის ფერს, ხოლო ქვის ზედაპირის დაბინძურება ეწებება ცვილს და ცვილთან ერთად იხსნება.

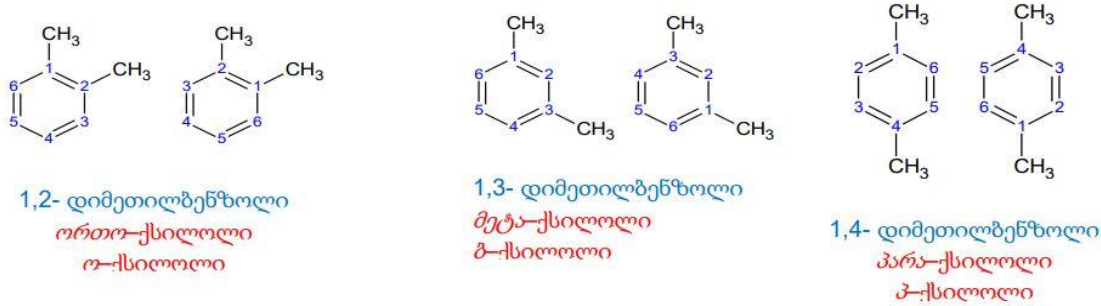
ატმოსფერული ზემოქმედების თავიდან ასაცილებლად ქვის ექსპონატს ამუშავებენ **პოლიეთილენიანი ცვილით (Polyethylene wax)**, რომელიც წარმოადგენს მყარ და ქიმიურად ინერტულ ნივთიერებას, რომელიც არ იჭრება ქვის ფორების გავლით მასალის სიღრმეში. **პოლიეთილენიანი ცვილი** გამოიყენება პასტის სახით **უაიტ-სპირიტის**<sup>27</sup> ან მყარი ნივთიერების

<sup>25</sup> **ცვილის გაუფერულების** ყველაზე უსაფრთხო მეთოდი მზის სხივებია, მაგრამ ეს მეთოდი ყველაზე შრომატევადი და შრომატევადია. ამგვარი გაუფერულების დროს ცვილს ჭრიან ძალიან თხელ ფირფიტებად და ათავსებენ მზის შუქზე რამდენიმე საათის განმავლობაში, ზედა ფენა თანდათან იწყებს გათეთრებას. შემდეგ ცვილს აბრუნებენ ან ურევან და ისევ დიდხანს ტოვებენ მზის ქვეშ. ყველა ამ პროცედურის შემდეგ ცვილი თუ არ აღმოჩნდება მთლიანად თეთრი, შიგნით რჩება ისეთივე ყვითელი, როგორიც იყო მზეზე მოთავსებამდე, პროცესს აგრძელებენ. ცვილის მზეზე გათეთრების პროცედურა გრძელდება მანამ, სანამ ცვილი არ მიიღებს თეთრ ფერს.

<sup>26</sup> პეტროლეინის ეთერი (40-60) ანუ პეტროლეინბენზინი (40-60). Name in Chemical Abstracts - Naphtha (petroleum), hydrotreated ligh - <https://www.oc-praktikum.de/nop/ka-substance-223>

<sup>27</sup> სინთეტიკური ემალის, ზეთოვანი და ანტიკოროზიული ნადებების მოსაცილებელი გამხსნელი (ინგლ. **white spirit**).

(10-15%) შემცველი ქსილოლის<sup>28</sup> თანაობისას, სურ.1.-ზე მოცემულია ორთო- მეტა და პარა - ქსილოლების მოლეკულების სტრუქტურული სქემები:



სურ.1. ორთო- მეტა და პარა- ქსილოლების მოლეკულების სტრუქტურული სქემები; გრაფიკული ინფორმაციის წყარო: <http://mastsavlebeli.ge/uploads/qimia/organuli%20naertebi.pdf>

ზემოთაღნიშნულის გაგრძელების ნაწილში - პოლიეთილენიანი ცვილის პასტას დაიტანენ და რბილი ქსოვილით შეაზელენ ქვის ზედაპირზე. პოლიეთილენიანი ცვილის ფენა მარმარილოს ზედაპირზე პრაქტიკულად არ ჩანს, ასეთ პირობებში ექსპონატს შეუძლია „სუნთქვა“ და იძენს ჰიდროფობიურ თვისებას. შესაძლოა, 3 ან 5 წლის შემდეგ „პროცედურის“ განმეორება გახდეს საჭირო. პოლიეთილენური ცვილი ადვილად ცილდება ექსპონატს ნაჯერი ან არომატული ნახშირწყალბადების [11] გამოყენებით.

ქვის ექსპონატის ფორიანობის შესამცირებლად და მისი ჰიდროფობიურობის უზრუნველყოფისათვის ექსპონატის ჩამორეცხვისა და გაშრობის შემდგომ მასზე დაიტანენ სინთეზურ პოლიმერებს, ისეთებს როგორებიცაა:

ა). პოლიბუთილ მეთაკრილატის (PBMA) 25% ხსნარი. პოლიბუთილ მეთაკრილატი (PBMA) არის მყარი კრისტალური პოლიმერი, ხსნადი ეთერებში, არომატულ ნახშირწყალბადებში, უაიტ-სპირიტიში, პინენში. მასალა ხასიათდება სხვადასხვა სუბსტრატებთან მაღალი ადგეზიის უნარიანობით; მაღალი ბიო, სინათლის და ცვალებადი ამინდის მიმართ მდგრადობით; ინარჩუნებს სრულ ხსნადობას „დაბერების“ შემდგომ, ე.ი. არის შექცევადი ფუნქციის მატარებელი მასალა. პოლიბუთილ მეთაკრილატი (PBMA) ფართოდ გამოიყენება ორგანულ გამხსნელებში ხსნარების სახით ნახატებისა და გამოყენებითი ხელოვნების აღდგენა/კონსერვაციისას: კედლის მხატვრობის ფრაგმენტების დასაწებებლად, კედლებიდან მოხსნილი ფერწერული ფრაგმენტების ახალ ბაზაზე დასამაგრებლად; არქეოლოგიური ობიექტების საველე კონსერვაციისთვის, ხის, კერამიკის, ფაიფურის და სხვა მასალებით შექმნილი გამოყენებითი ხელოვნების ობიექტების აღდგენისთვის. ბ). პერქლორვინილის<sup>29</sup>

<sup>28</sup> ქსილოლი - დიმეთილბენზოლი (ქიმიური ნაერთი, უპირატ. გამოიყენება საღებრების სინთეზისას და საღებავების, ლაქების და მისთ. გამხსნელად; აგრ. [xylol](http://xylol), dimethylbenzene).

<sup>29</sup> პერქლორვინილი – სუბსტანცია, რომელიც მიიღება 100-115°C ტემპერატურის პოლიმერის აირადი ქლორით დაქლორვისას. შეიცავს 60-68% ქლორს. კარგად იხსნება კეტონებში, როტულ ეთერებში, არომატულ ნახშირწყლებში. გამოიყენება წებოს დასამზადებლად, რომელიც ფართოდ მოიხმარება ავეჯის წარმოებაში ორგანული და ხელოვნური მასალის მერქანზე დასაწებებლად.

15% ხსნარი, რომელიც შეიცავს თეთრ ცემენტს<sup>30</sup> და მარმარილოს ფხვნილს თანაფარდობით (10:1). მყარი ნივთიერებების თანაფარდობა პოლიმერის ხსნარებში შეირჩევა იმგვარად, რომ ხსნარების ექსპონატის ზედაპირზე დადება ადვილად მოხერხდეს. ექსპონატის ზედაპირზე დამცავი ფენის ჩამოყალიბების შემდგომ ნამეტ ფენას ხსნიან ხსნარში დასველებული კომპონენტებით.

საყურადღებოა, რომ პოლიბუთილ მეთაკრილატით დაფარული ექსპონატი ინტენსიურად იმტვერება და ხდება რუხი ფერის. პერქლორვინილიანი დანაფარები ხასიათდებიან მაღალი სიმტკიცით, ელასტიურობით, ქიმიური, ატმოსფერული და ცეცხლმედეგობით, მიუხედავად აღნიშნულისა ნახსენები დანაფარები განიცდიან „დაბერებას“.

ქვის ექსპონატების კონსერვაციისა და ჰიდროფობიზაციის საუკეთესო საშუალებებად მიჩნეულია სილიციუმორგანული ნაერთები - სილოქსანები, განსაკუთრებით კი სილაზანები. ქვის ექსპონატის ზედაპირს ამუშავებენ, ფუნჯის საშუალებით, 2% პოლიორგანოსილოზანის გამამაგრებელი ხსნარით (ბენზინთან ან ტოლუოლთან), ამგვარ „პროცედურას“ იმეორებენ 2 ჯერ, რომლის დროსაც ქვის ექსპონატის გარეგანი სახე არ იცვლება. ექსპონატის ქვის მასალის დესტრუქციიდან გამომდინარე ნახსენები ხსნარი ხვდება ქვაში 1,5 – 2 სმ-ის სიღრმეში. პოლიორგანოსილოზანის გამამაგრებელი ხსნარის ჰიდროფობიზირებადი ფუნქცია ნარჩუნდება რამდენიმე წლის განმავლობაში.

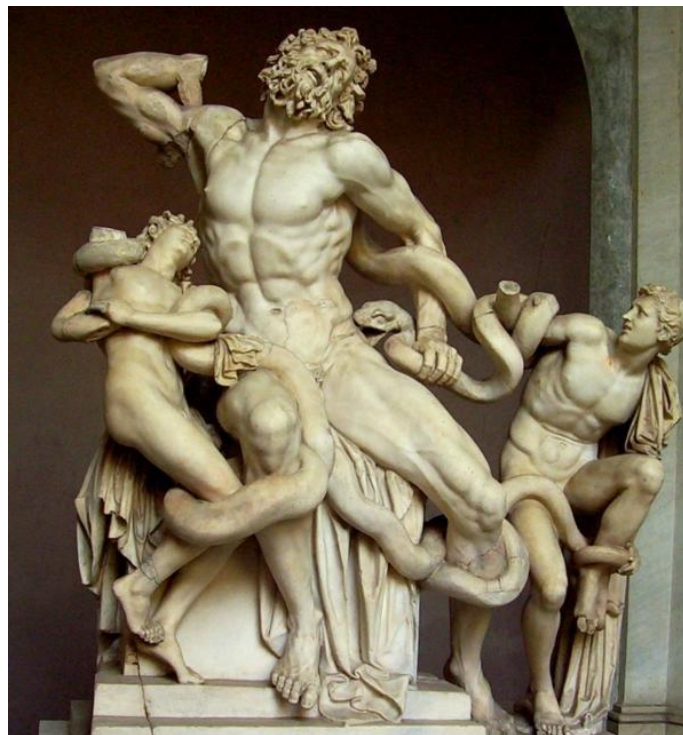
პოლიორგანოსილოქსანები არის მაღალმოლეკულური ნაერთები, რომელთა ძირითადი ჯაჭვი შედგება სილიციუმის და ჟანგბადის ატომების მონაცვლეობით სხვადასხვა ჩამნაცვლებელი ჯგუფებით ან ორგანული რადიკალებით სილიციუმის ატომთან.

პოლიორგანოსილოქსანები იყვენ მაკრომოლეკულური ნაერთების პირველი წარმომადგენლები მოლეკულების არაორგანული ძირითადი ჯაჭვებით, რომლებიც გარშემორტყმულია ორგანული ჯგუფებით. ამ პოლიმერებმა შექმნეს ახალი არეალი, რომელსაც ქიმიურ-ტექნოლოგიური მეცნიერება ახლა ავითარებს, ბუნებრივი ნივთიერებების ან მასალების კოპირების გარეშე, რადგან ასეთი შემადგენლობის პოლიმერები ბუნებაში არ არსებობს და ამგვარი პოლიმერები თავიდან ბოლომდე ლაბორატორიაშია შემუშავებული. ხაზგასასმელია ის რეალობა, რომ ელემენტ-ორგანული მაკრომოლეკულური ნაერთების ინტენსიური კვლევები მიმდინარებს ყველა ინდუსტრიულად განვითარებულ ქვეყანაში.

ყველაზე საფუძვლიანად შესწავლილი და ყველაზე ფართოდ გამოყენებული პოლიმერებია პოლიორგანოსილოქსანები, პოლიმეტალოორგანოსილოქსანები და პოლიორგანოსილაზანები [13].

<sup>30</sup> თეთრი ცემენტი არის ყინვა გამძლე. თეთრი ცემენტი შეიძლება გამოყენებულ იქნას როგორც ღია ცის ქვეშ, ასევე შენობაში. ხასიათდება სწრაფი გამკვრივებით და ბეტონების მაქსიმალური სიმაგრით. არაა საზიანო გარემოსა და ადამიანის ჯანმრთელობისთვის. ამ ტიპის ცემენტი დამზადებულია ბუნებრივი მინერალოგიური კომპონენტებისგან.

ზოგადად რესტავრაციის კლასიკურ მაგალითად შეიძლება ელინისტური ხანის, **ლაოკოონის**<sup>31</sup> ქანდაკებასთან დაკავშირებული შემთხვევა დასახელდეს. ქანდაკება 1506 წელს მიწიდან ამოიღეს. ამ ქანდაკებაზე ყველაზე ადრეული აღდგენა **მიქელანჯელოს** ინიციატივით მოქანდაკე **ჯოვანი მონტორსოლმა** 1532 წელს განახორციელა - მან მიაწება ფრაგმენტები და ცენტრალური ფიგურის დაკარგული ხელის რეკონსტრუქცია მოახდინა მანიერიზმის<sup>32</sup> სტილში. ამასთან ერთად კომპოზიციას მთლიანობაც დაუბრუნდა. ქანდაკება ანტიკური პლასტიკით - მსოფილოში ცნობილ ნაწარმოებად გადაიქცა და ამგვარ ფორმაში XX საუკუნემდე რჩებოდა. 1920 წელს ლუდვიგ პოლაკმა **ლაოკოონის** ხელის ნამდვილი ფრაგმენტი აღმოაჩინა. მხოლოდ 1955-1957 წლებში ჯოვანი მონტორსოლის რესტავრაციის ფრაგმენტები მოშორებულ იქნა და ორიგინალი ფრაგმენტი თავის ადგილას დაუბრუნდა. დღესდღეობით სკულპტურულმა ჯგუფმა, არც თუ ისე სრული, მაგრამ მეტად ორიგინალური ფორმა შეიძინა. ამ მაგალითზე ცხადი ხდება, რომ ავთენტურობის ფორმის პრიორიტეტს ის ფაქტი ხსნის, რომ რესტავრაცია, თავდაპირველი სახის წარმოდგენების თანახმად ხშირად ნაკლებად ახლოა ორიგინალურ ნამუშევართან [14], რის გამოც თანამედროვე პრაქტიკა მეტ უპირატესობას ფრაგმენტების რეინტეგრაციას და არა „სანდლობას“ ანიჭებს.



<sup>31</sup> კუნძულ როდოსზე, დაახლოებით ძვ.წ პირველი საუკუნის შუა ხანებში, მოქანდაკეების აგესანდროსის, ათენოდოროსისა და პოლიდოროსის მიერ შექმნილი ქანდაკება - **ლაოკოონი**. სიუჟეტი ჰომეროსის პოემიდან არის აღებული, რომლის მიხედვითაც აქაველებმა ტროას ბჭესთან დიდი ხის ცხენი დადგეს შიგ დამალული მეომრებით. ქალაქის მცხოვრებნი, რომლებსაც ცხენის ქალაქში შეყვანა სურდათ, ტროელმა ქურუმმა, **ლაოკოონმა**, მოსალოდნელი საფრთხის შესახებ გააფრთხილა. ამისთვის აპოლონმა, აქაველების მფარველმა, იგი სასტიკად დასაჯა და ზღვიდან გამოსული გველები მიუსია მას და მის ორ ვაჟს.

<sup>32</sup> **მანიერიზმი** - მიმდინარეობა XVI საუკუნის დასავლეთ ევროპის ხელოვნებაში. მისი ძირითადი ესთეტიკური კრიტერიუმებია მხატვრული სახის სუბიექტური „მინაგანი იდეა“.

სურ. 2. კუნძულ როდოსზე, დაახლოებით ძვ.წ პირველი საუკუნის შუა ხანებში, მოქანდაკეების აგესანდროსის, ათენოდოროსისა და პოლიდოროსის მიერ შექმნილი ქანდაკება - ლაოკონი.

გრაფიკული ინფორმაციის წყარო: “ლაოკონის ქანდაკება.” InterMedia.ge - ინტერმედია. Accessed October 28, 2022.

<https://intermedia.ge/%E1%83%A1%E1%83%A2%E1%83%90%E1%83%A2%E1%83%98%E1%83%90/88296-%E1%83%9A%E1%83%90%E1%83%9D%E1%83%99%E1%83%9D%E1%83%9D%E1%83%9C%E1%83%98%E1%83%A1-%E1%83%A5%E1%83%90%E1%83%9C%E1%83%93%E1%83%90%E1%83%99%E1%83%94%E1%83%91%E1%83%90/84/user:%E1%83%9A%E1%83%90%E1%83%9A%E1%83%98%20%E1%83%93%E1%83%90%E1%83%97%E1%83%A3%E1%83%90%E1%83%A8%E1%83%95%E1%83%98%E1%83%9A%E1%83%98:show:channel>

### გამოყენებული ლიტერატურა:

1. Monuments of cultural heritage and historical protection of cities. Help guide for teachers in Georgia (in Georgian). © UNESCO-ICCROM 2003, 2006. © ICOMOS Georgia, 2014. Tbilisi 2014. 160 pages. [http://www.imsa.ge/webmill/data/file/ICOMOS-saxelm\(2\).pdf](http://www.imsa.ge/webmill/data/file/ICOMOS-saxelm(2).pdf)
2. Recognition of Japan's cultural and natural heritage by the world. [https://www.ge.emb-japan.go.jp/files/japan\\_fact\\_sheet/World%20heritage%20list.pdf](https://www.ge.emb-japan.go.jp/files/japan_fact_sheet/World%20heritage%20list.pdf)
3. Vakhtang Beridze. Old Georgian Architecture (in Georgian) Tbilisi 1974. [http://saunje.ge/index.php?id=932&option=com\\_content&lang=en](http://saunje.ge/index.php?id=932&option=com_content&lang=en)
4. Conservation management plan (in Georgian). Tbilisi 2021. [https://www.getty.edu/foundation/pdfs/kim/chess\\_palace\\_alpine\\_club\\_georgia\\_cmp\\_geo.pdf](https://www.getty.edu/foundation/pdfs/kim/chess_palace_alpine_club_georgia_cmp_geo.pdf)
5. The manual was created within the project “Conservation of Modernist Architecture and its Sustainable Use in Georgia“ supported by the Getty Foundation through its Keeping It Modern initiative. Georgian National Committee of the Blue Shield, 2020. [http://blueshield.ge/wp-content/uploads/2020/12/%E1%83%A0%E1%83%9D%E1%83%92%E1%83%9D%E1%83%A0-%E1%83%93%E1%83%90-%E1%83%A0%E1%83%90%E1%83%A2%E1%83%9D%E1%83%9B-%E1%83%A3%E1%83%9C%E1%83%93%E1%83%90-%E1%83%93%E1%83%90%E1%83%95%E1%83%98%E1%83%AA%E1%83%95%E1%83%90%E1%83%97-%E1%83%9B%E1%83%9D%E1%83%93%E1%83%94%E1%83%A0%E1%83%9C%E1%83%98%E1%83%A1%E1%83%A2%E1%83%A3%E1%83%9A%E1%83%98-%E1%83%90%E1%83%A0%E1%83%A5%E1%83%98%E1%83%A2%E1%83%94%E1%83%A5%E1%83%A2%E1%83%A3%E1%83%A0%E1%83%90\\_Online.pdf](http://blueshield.ge/wp-content/uploads/2020/12/%E1%83%A0%E1%83%9D%E1%83%92%E1%83%9D%E1%83%A0-%E1%83%93%E1%83%90-%E1%83%A0%E1%83%90%E1%83%A2%E1%83%9D%E1%83%9B-%E1%83%A3%E1%83%9C%E1%83%93%E1%83%90-%E1%83%93%E1%83%90%E1%83%95%E1%83%98%E1%83%AA%E1%83%95%E1%83%90%E1%83%97-%E1%83%9B%E1%83%9D%E1%83%93%E1%83%94%E1%83%A0%E1%83%9C%E1%83%98%E1%83%A1%E1%83%A2%E1%83%A3%E1%83%9A%E1%83%98-%E1%83%90%E1%83%A0%E1%83%A5%E1%83%98%E1%83%A2%E1%83%94%E1%83%A5%E1%83%A2%E1%83%A3%E1%83%A0%E1%83%90_Online.pdf)
6. Maia Tchitchileishvili. MONUMENTS OF CULTIC ARCHITECTURE. <https://www.openjournals.ge/index.php/nbi/article/download/3820/4090>
7. Veeran Gowda Kadajji and Guru V. Betageri / Water Soluble Polymers for Pharmaceutical Applications. Received: Published: 11 November 2011. *Polymers* 2011, 3 (4), 1972-2009. <https://doi.org/10.3390/polym3041972>
8. Edna Johana Boli'var-Monsalve and its. / Engineering bioactive synthetic polymers for biomedical applications: a review with emphasis on tissue engineering and controlled release / Received 31'st January 2021, Accepted 2 nd May 2021 DOI: 10.1039/d1ma00092f / Mater. Adv., 2021, 2, 4447-4478.

9. Conservation of Cultural Heritage - Guidelines to characterize **natural stone** used in cultural heritage - <https://standards.iteh.ai/catalog/standards/cen/ef51ab49-a927-4e13-bccf-f1fa6eef79d1/en-16515-2015>
10. Maria Rosaria Fidanza, Giulia Caneva / Natural biocides for the conservation of stone cultural heritage: A review / Department of Science, Roma Tre University, Rome, Italy. Received 13 November 2018, Accepted 10 January 2019, Available online 8 February 2019, Version of Record 15 June 2019.  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1296207418308434?via%3Dihub>
11. **How to name organic compounds? (In Georgian)**  
<http://mastsavlebeli.ge/uploads/qimia/organuli%20naertebi.pdf>
12. Sh. Samsonia, M. Gevdtsiteli, I. Chikvaidze, L. Kvirikadze. Organic chemistry. Publishing House of Tbilisi State University 2017; 259 pages.
13. A range of polymer bioconjugation or custom synthesis services for companies and research institutions. <https://polymer.bocsci.com/products/silicones-4189.html>
14. Ella Saakian. Restoration of the statue / several types of restoration. Tbilisi State Art Academy 2017-18; 30 pages.

## For the chemistry of cultural heritage (Part II - for stone conservation/restoration)

Mamuka Matsaberidze<sup>1</sup>, Inga Janelidze<sup>2</sup>

Professor, Faculty of Chemical Technology and Metallurgy of Georgian Technical University

Association Professor, Faculty of Chemical Technology and Metallurgy of Georgian Technical University

---

### Abstract

The article discusses current issues of conservation and restoration of stone, cultural heritage exhibits, which is interesting from the point of view of information provision for specialists and industry experts working in the field of cultural heritage management.

**Keywords:** cultural heritage, Georgian art, Acad. Vakhtang Beridze, Monument Conservation Management Plan, International Practice of Monument/Exhibit Conservation Planning, "Bura Charter and its Procedure", "NARA Document on Authenticity", ICOMOS "Twentieth Century Cultural Heritage Conservation Approaches", Madrid-New Delhi 2017. The document, stone monument surface cleaning chemical compositions, film-forming polymer solutions and latexes, stone hardening chemical compounds, siloxanes, silazanes, polyorganosilosane, poly butyl methacrylate (PBMA), Laocoone.

## კელოიდისა და ჰიპერტროფიული ნაწიბურის ჰისტოპათოლოგიური და ფენოტიპური თავისებურებების პრობლემური საკითხები ჭრილობის კომპრესიული და არაკომპრესიული ძაფებით დახურვის დროს

კონსტანტინე სულამანიძე<sup>1</sup>, ზურაბ ჩხაიძე<sup>2</sup>, გიორგი ბურკაძე<sup>3</sup>

<sup>1</sup>თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის Phd სტუდენტი; პლასტიკური ქირურგი; <sup>2</sup>ივანე ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის პროფესორი, გადაუდებელი ქირურგიისა და კრიტიკული მედიცინის კათედრის ხელმძღვანელი; <sup>3</sup> თბილისის სახელმწიფო სამედიცინო უნივერსიტეტის პროფესორი, მოლეკულური პათოლოგიის დეპარტამენტის ხელმძღვანელი;

### აბსტრაქტი

კელოიდები და ჰიპერტროფირებული ნაწიბურები ფიბროპროლიფერაციული დარღვევებია, რომლებიც გამოწვეულია ჭრილობის არანორმალური შეხორცებით. ისინი ვრცელდებიან პირველადი ჭრილობის საზღვრებს გარეთ, სპონტანურად არ რეგრესირებენ და ამოკვეთის შემდეგ მიდრეკილნი არიან თავიდან განვითარებისკენ. ყოველწლიურად განვითარებულ ქვეყნებში დაახლოებით 100 მილიონი ადამიანს ექმნება ნაწიბურებთან დაკავშირებული პრობლემები. ჰიპერტროფირებული ნაწიბურები და კელოიდები, რომლებიც მნიშვნელოვან გავლენას ახდენენ პაციენტის ცხოვრების ხარისხზე, ფიზიკურ მდგომარეობასა და ფსიქოლოგიურ ჯანმრთელობაზე. ჭრილობის დახურვისათვის ტრადიციულად კლინიკურ პრაქტიკაში გამოიყენება კომპრესიული ძაფები. კომპრესიულ ძაფებში იგულისხმება რეგულარული საკერავი ძაფები, რომლის გამოყენებითაც ჭრილობის დახურვა ხორციელდება კვანძოვანი ნაკერის საშუალებით, რაც იწვევს ქსოვილის კომპრესიას. არაკომპრესიულ ძაფებში იგულისხმება უნიკალური ტექნოლოგიით დამუშავებული ჩვეულებრივი შემადგენლობის ძაფები, რომელთაც გააჩნიათ ბუსუსოვანი აგებულება და ამ ბუსუსების ხარჯზე ახორციელებენ ჭრილობის დახურვას კვანძების წარმოქმნის გარეშე. მათი გამოყენების შემთხვევაში კელოიდებისა და კანის ნაწიბურების განვითარების ჰისტოპათოლოგიური და ფენოტიპური თავისებურებები არაკომპრესიულ ძაფებთან შედარებით საჭიროებს მეტ კვლევას. ისტოპათოლოგიურ პრაქტიკაში ის ჰისტოპათოლოგიური მაჩვენებლები რომელიც შესაძლებლობას მოგვცემს განვსაზღვროთ კელოიდებისა და ჰიპერტროფიული ნაწიბურის განვითარების მაღალი და დაბალი რისკის ჯგუფები ჯერ კიდევ არ არის კარგად შესწავლილი; რასაც დიდი კლინიკური ღირებულება



შესაძლოა გააჩნდეს რადგანაც Punch-ბიოფსიის საფუძველზე კელოიდის შესაძლო განვითარების მაღალი და დაბალი რისკის გამოვლენის საშუალებას მოგვცეს. კელოიდის წარმოქმნის კომპლექსური მექანიზმები დღემდე უცნობია და სავარაუდოდ დამოკიდებულია ერთი მხრივ ორგანიზმის თავისებურებაზე უპასუხოს დაზიანებას და მეორე მხრივ გარემო ფაქტორებზე, მათ შორის კომპრესიული ძაფების გამოყენებაზე.

**საკვანძო სიტყვები:** *კელოიდი; ჰიპერტროფიული ნაწიბური; არაკოპრესიული ძაფები;*

კანი შედგება ექტოდერმული წარმოშობის შრეებისგან და წარმოადგენს ძირითად ბარიერს ქვეშეშდებარე კუნთების, ძვლების, ნერვული დაბოლოებებისა და შინაგანი ორგანოების გარემო ფაქტორების დამაზიანებელი ზემოქმედებისგან დაცვისთვის. არსებობს მრავალი დესტრუქციული გარეგანი სტიმული, რომელმაც შეიძლება გამოიწვიოს კანის დაზიანება, როგორცაა ტრავმა, დამწვრობა, ქირურგიული ჩარევა, ჰერპეს-ვირუსული ინფექციები და მწერის ნაკბენიც კი. კანის ზედაპირული დაზიანებების უმეტესობა არ ტოვებს მნიშვნელოვან ნაწიბურებს, კანის განსაკუთრებულად მაღალი რეგენერაციული პოტენციალიდან გამომდინარე, მაგრამ ღრმა დაზიანება ისეთ სერიოზულ პრობლემებს იწვევს, როგორცაა ჰიპერტროფირებული ნაწიბურები და კელოიდები, რომლებიც მნიშვნელოვან გავლენას ახდენენ პაციენტის ცხოვრების ხარისხზე, ფიზიკურ მდგომარეობასა და ფსიქოლოგიურ ჯანმრთელობაზე [1].

ჭრილობის შეხორცება წარმოადგენს ფიზიოლოგიურ, რთულ და კარგად რეგულირებულ პროცესს, რომელიც მოიცავს უჯრედების მიგრაციის, ანთების, ინერვაციისა და ანგიოგენეზის პროცესების ერთობლიობას.

ჭრილობის შეხორცების პროცესი შედგება ხუთი ძირითადი ფაზისგან. ესენია ჰემოსტაზი, ანთება, პროლიფერაცია, რე-ეპითელიზაცია და რემოდელირება[2]. დაზიანების შემდგომ დაუყოვნებლივ ხდება თრომბოციტების მობილიზება და თრომბის წარმოქმნა, რომელიც საჭიროა სისხლდენის შეჩერებისათვის. მეორე საფეხურზე დაზიანებული ქსოვილები, მათ შორის, გააქტიურებული თრომბოციტები ახდენენ ანთებითი რეაქციის ინიცირებას და დაზიანების კერაში იზიდავენ იმუნურ უჯრედებს, როგორცაა ნეიტროფილური ლეიკოციტები და მაკროფაგები. მას შემდეგ რაც ანთებითი ფაზა დასასრულს უახლოვდება, ჩნდება ახალი სისხლმილები და შემაერთებული ქსოვილი. პროფილერაციის ფაზაში ხდება ე.წ. ჭრილობის არის პირველადი დაჭიმვა, რაც გულისხმობს ჭრილობის არის შეჭმუხვნას. კერატინოციტების მიგრაციის შედეგად დგება რე-ეპითელიზაციის ფაზა. ეს სტადია მოიცავს ახლადწარმოქმნილი სისხლმილების რეგრესიასა და უჯრედგარე მატრიქსის რეკონსტრუქციას, რაც საბოლოოდ მთავრდება დაზიანებულ უბანში ორგანიზებული კოლაგენური ბოჭკოების ჩალაგებით. თითოეული სტადია ჭრილობის შეხორცებაში მოიცავს უჯრედთა პოპულაციების სინქრონიზებულ რეგულაციას.

დარღვევამ რომელიმე სტადიაზე შესაძლოა გამოიწვიოს ქრილობის შეხორცების პათოლოგიები, როგორცაა შეუხორცებელი ქრილობები, ან ჰიპერტროფიული ნაწიბურები და კელოიდები.

კოლაგენის დაგროვება, როგორც წესი, პიკს აღწევს ქირურგიული ჩარევიდან სამ კვირაში და შემდეგი ექვსი თვის განმავლობაში გადის რემოდელირების ფაზას სტაბილურად მზარდი კოლაგენის ორგანიზაციით.

ნორმალურ ნაწიბურსაც კი ახასიათებს ფაზა, როდესაც უმწიფარია, რაც კლინიკურად გამოიხატება ვარდისფერი შეფერილობითა და შემუპებით. საბოლოოდ, ყველა ნაწიბურში ქრება ერთემა, თუმცა, გარკვეულ პროცენტში ხანგძლივდება და ორ წელზე მეტი დრო სჭირდება, ჰიპერტროფიული ნაწიბურების შემთხვევაში კი ამ ფაზის ხანგრძლივობა ათ წელს აღწევს. ნაწიბურის მომწიფება ვიზუალურად გამოიხატება ერთემის გაქრობით. ამ ეტაპზე ანთებითი უჯრედები, ენდოთელური უჯრედები და ფიბრობლასტები განიცდიან აპოპტოზს და და ეპითელიუმი გამოიყურება სრულიად ნორმალურად მიმდებარე დაუზიანებელ კანთან შედარებით.

ზოგიერთ შემთხვევაში ნაწიბური, შესაძლოა, გახდეს ატროფიული. ეს ხდება მაშინ, როდესაც კოლაგენის სინთეზი დაქვეითებულია, ხოლო ანთებითი რეაქციის ინტენსივობა შემცირებული. ატროფიული ნაწიბურების მაგალითია სტრიები, რასაც იწვევს სისტემური სტეროიდების ჭარბი რაოდენობა მათი ეგზოგენურად მიღების, ან კუმინგის დაავადებით განპირობებული ენდოგენური ჰიპერპროდუქციის გამო.

ხშირ შემთხვევაში, ნაწიბურები ვერ გადადის უმწიფარი ფაზიდან მომწიფების ფაზაზე, რის გამოც კოლაგენი აგრძელებს დაგროვებას და ნაწიბური იზრდება ზომაში, რაც საბოლოოდ განაპირობებს კელოიდებისა და ჰიპერტროფიული ნაწიბურების განვითარებას.

კელოიდები და ჰიპერტროფირებული ნაწიბურები პათოგენეზის მიხედვით ფიბროპროლიფერაციული დარღვევებია, რომლებიც გამოწვეულია ქრილობის არანორმალური შეხორცებით. ისინი ვრცელდებიან პირველადი ქრილობის საზღვრებს გარეთ, სპონტანურად არ რეგრესირებენ და ამოკვეთის შემდეგ მიდრეკილნი არიან თავიდან განვითარებისკენ [2]. ყოველწლიურად განვითარებულ ქვეყნებში დაახლოებით 100 მილიონი ადამიანს ექმნება ნაწიბურებთან დაკავშირებული პრობლემები.

მიუხედავად იმისა, რომ კელოიდები და ჰიპერტროფიული ნაწიბურები წარმოიქმნება სპონტანურად, ან ტრავმის შემდეგ, მის განვითარებაში გენეტიკურ და გარემო ფაქტორების ზემოქმედებას გარკვეული წილი მიძღვის.

ძარკვეული კვლევების გამოვლენილია კავშირი კანის პათოლოგიური ნაწიბურების წარმოქმნასა და სხვადასხვა დემოგრაფიულ რისკ-ფაქტორებს შორის, კერძოდ, გეოგრაფიულ რეგიონსა და ეთნიკურ კუთვნილებას შორის [3]. თუმცა, კლინიკური ინფორმაცია ამ დემოგრაფიული ფაქტორების გავლენისა კელოიდებისა და ჰიპერტროფიული ნაწიბურების ეპიდემიოლოგიური კვლევის სიმცირისა და შეუსაბამობის გამო შეზღუდულია. ამ საკითხთან

დაკავშირებული კვლევები დამატებით ხელს შეუწყობს ეფექტური თერაპიული მიდგომების განვითარებას.

ჭარბად გამოხატული დანაწიბურება განპირობებულია უჯრედგარე მატრიქსის ანომალური პროლიფერაციითა და ფიბრობლასტების დიფერენციაციით. განსხვავება ჰიპერტროფიულ ნაწიბურებსა და კელოიდებს შორის მდგომარეობს მათ პროგნოზსა და კლინიკურ გამოსავალში. პირველი ვითარდება ძირითადად ჭრილობის საზღვრებში და დროთა განმავლობაში, შესაძლოა, განიცადოს რეგრესია, ხოლო მეორე ხასიათდება შეუზღუდავი ზრდითა და იშვიათად რეგრესირებით [3].

კელოიდებისა და ჰიპერტროფიული ნაწიბურების განვითარების მექანიზმი არ არის სრულყოფილად შესწავლილი. კვლევათა უმეტესობის თანახმად, ძირითად განმსაზღვრელ ფაქტორს წარმოადგენს ანთებითი რეაქცია, რომელიც ჩართულია კოლაგენის სინთეზის მოდულირებაში და მისი ინტენსივობა პოზიტიურ კორელაციაშია წარმოქმნილი ნაწიბურის ზომასთან [2].

როგორც უკვე აღვნიშნეთ, ჭრილობის შეხორცების პროცესი ხასიათდება უწყვეტი და ჰისტოლოგიურად ლოკალიზებული ანთებით. შედეგად, კელოიდებისა და ჰიპერტროფიული ნაწიბურების რეტიკულური შრე შეიცავს ანთებით უჯრედებს, ფიბრობლასტების გაზრდილ რაოდენობას, ახლად წარმოქმნილ სისხლძარღვებსა და კოლაგენის დეპოზიტებს. გარდა ამისა, პრო-ანთებითი ფაქტორები, როგორებიცაა ინტერლეიკინი (IL)-1 $\alpha$ , IL-1 $\beta$ , IL-6 და სიმსივნის ნეკროზის ფაქტორი  $\alpha$ , ჭარბობს კელოიდურ ქსოვილებში. ამან, შესაძლოა, თავის მხრივ ხელი შეუწყოს ქრონიკულ ანთებას, რაც იწვევს კელოიდების ინვაზიურ ზრდას. პრო-ანთებითი ფაქტორების სიჭარბის გათვალისწინებით, რის გამოც სავარაუდოა, რომ კელოიდები და ჰიპერტროფიული ნაწიბურები წარმოადგენენ არა სიმსივნურ, არამედ რეტიკულური დერმის ანთებით დაზიანებებს [4].

კელოიდებისა და ჰიპერტროფიული ნაწიბურების განვითარებაში ანთებით უჯრედებს, ანთებით მედიატორებსა და ზოგადად, სიგნალის გადაცემის მოლეკულურ გზებს, შესაძლოა ერთმანეთისაგან დამოუკიდებელი და განსხვავებული პოტენციური როლი გააჩნდეს, რაც ამ ეტაპზე კარგად შესწავლილი არ არის. სავარაუდოა, რომ კლინიკური განსხვავება კელოიდებსა და ჰიპერტროფიულ ნაწიბურებს შორის, განპირობებულია სწორედ ანთების ინტენსივობით, სიხშირითა და ხანგრძლივობით. ამ მექანიზმის შემდგომი შესწავლა მნიშვნელოვანია ახალი თერაპიული სტრატეგიების შემუშავებისთვის, რაც მიზნად ისახავს ანთების რომელიმე საფეხურის, ან მონაწილე რგოლის სპეციფიკურ სუპრესიას [2].

კელოიდებისა და ჰიპერტროფიული ნაწიბურების წარმოქმნა ასევე დამოკიდებულია ადგილობრივ ფაქტორებზე, როგორებიცაა ჭრილობის დაგვიანებული შეხორცება, დაზიანების სიღრმე და კანის დაჭიმულობა ნაწიბურის გარშემო. ნაწიბურების სიმძიმე კი დამოკიდებულია ამ ლოკალური ფაქტორების ურთიერთქმედებაზე გენეტიკურ და სისტემურ ფაქტორებთან, კერძოდ, ჰიპერტენზიასა და სქესობრივ ჰორმონებთან. ჭრილობის ირგვლივ კანის დაჭიმულობა იწვევს ანთების გახანგრძლივებულ, ან განმეორებით ეპიზოდებს, რაც

განაპირობებს დიდი რაოდენობით სისხლძარღვების, ნერვული დაბოლოებებისა და კოლაგენის მობილიზებას. საბოლოოდ კი ხდება ნაწიბურის განვითარება ენდოთელური დისფუნქციის გზით. ამ ჰიპოთეზის სასარგებლოდ მეტყველებს ის ფაქტი, რომ კელოიდების მკურნალობაში ეფექტური საშუალებები, როგორებიცაა სხივური და ლაზერული თერაპია, სტეროიდები ნაწილობრივ მოქმედებენ სისხლძარღვების დათრგუნვის გზით.

ამჟამად, კელოიდები კლასიფიცირდება, როგორც ძლიერი ანთებითი ნაწიბური, ხოლო ჰიპერტროფიული ნაწიბურები ითვლება მსუბუქ ანთებით ნაწიბურებად. რიგი კვლევებით ნაჩვენებია, რომ ეს ორი პათოლოგია განსხვავდება მხოლოდ ენდოთელიუმის დისფუნქციის ხარისხით და შესაბამისად ანთებითი რეაქციის ინტენსივობით რის მიხედვითაც, მოწოდებულია პათოლოგიური ნაწიბურების კლასიფიკაცია, იმ ფაქტორების მიხედვით, რომლებიც იწვევენ ენდოთელიუმის დისფუნქციას [5].

ამრიგად, პირველადი ნაწიბურები გამოწვეულია თანდაყოლილი ენდოთელური დისფუნქციით, ხოლო მეორეული ნაწიბურები კი დაბერებით, აორტული სკლეროზით, ან ძლიერი მექანიკური ძალის ზემოქმედებით გამოწვეული ენდოთელური დისფუნქციით. შესაბამისად, პირველადი კელოიდები ვითარდება ახალგაზრდა ასაკის პაციენტებში, ხოლო მეორეული კი გვხვდება ყველა ასაკში და განსხვავდება კლინიკური სიმძიმით [5].

**ფიბრობლასტები** დერმის ძირითადი უჯრედები არიან, რომლები მონაწილეობენ უჯრედგარე მატრიქსის წარმოქმნაში და მნიშვნელოვან როლს ასრულებენ ჭრილობის შეხორცებასა და ნაწიბურების წარმოქმნის პროცესში. ჭრილობის შეხორცებისას ეს უჯრედები დიფერენცირდებიან მიოფიბრობლასტებად. ეს უკანასკნელი უჯრედები აწარმოებენ დიდი რაოდენობით უჯრედგარე მატრიქსის კომპონენტებს და შეიცავენ გლუვი კუნთების შეკუმშვის პროტეინს ( $\alpha$ SMA). მისი შემცველობა გამოიხატება ნაწიბურის ირგვლივ კანის დაჭიმულობით [6].

ეპიგენეტიკა, რომელიც წარმოადგენს გენეტიკურ და გარემო რისკ-ფაქტორებს შორის რთული ურთიერთქმედების შედეგს, ამჟამად ინტენსიური შესწავლის საგანია. ნაჩვენებია, რომ მრავალფეროვანი და შექცევადი ეპიგენეტიკური მოდიფიკაცია, რაც გამოიხატება დნმ-ის მეთილაციით, ჰისტონების მოდიფიკაციითა და არამაკოდირებელი რნმ-ებით (ncRNA), გადამწყვეტ როლს თამაშობს კელოიდებისა და ჰიპერტროფიული ნაწიბურების წარმოქმნაში. მნიშვნელოვანია, რომ გარკვეული კვლევების თანახმად პათოლოგიური ეპიგენეტიკური მოდიფიკაცია გავლენას ახდენს კელოიდური წარმოშობის ფიბრობლასტების ქცევაზე, მათ შორის, პროლიფერაციაზე, მიგრაციაზე, აპოპტოზსა და დიფერენციაციაზე თუმცა, ეს საკითხები ჯერ კიდევ შესწავლის საგანია [7].

კელოიდების წარმოქმნის ფუნდამენტური მოლეკულური მექანიზმი ჯერ კიდევ გაურკვეველი რჩება, თუმცა, არსებობს ვარაუდი, რომ TGF- $\beta$ 1 სასიგნალო გზა წარმოადგენს მათი განვითარების ძირითად მექანიზმს. TGF- $\beta$ 1 სასიგნალო გზა ცნობილია, როგორც ძირითადი ფიბროზული ციტოკინი უჯრედგარე მატრიქსის წარმოქმნისა და ქსოვილის ფიბროზის გამძლიერებისთვის [8]. კელოიდურ ფიბრობლასტებში ნაჩვენებია TGF- $\beta$  პირველი

და მეორე ტიპის (TGF-bR1 და TGF-bR2) რეცეპტორების ექსპრესიის ზრდა ნორმალურ ფიბრობლასტებთან შედარებით. მიუხედავად ამისა, არ არსებობს დასკვნა იმის შესახებ, TGF-b რეცეპტორების ჭარბი ექსპრესია წარმოადგენს კელოიდების განვითარების მიზეზსა, თუ შედეგს. TGF-b-ის სასიგნალო კასკადის გადაჭარბებული ექსპრესია შესაძლოა კელოიდის ფორმირების პრინციპულ მექანიზმად მივიჩნიოთ.

TGF-b1 ლიგანდი გადასცემს ინტრაცელულურ სიგნალს ორი ტრანსმემბრანული სერინ/თრეონინკინაზას რეცეპტორით, TGF-b ტიპი 1 და ტიპი 2 რეცეპტორებით (TGF-bR1 და TGF-bR2). ლიგანდის TGF-bR2-თან დაკავშირება აინდუცირებს TGF-bR1-ის მოზიდვას და ფოსფორილირებას, რაც იწვევს Smad-ის რეცეპტორების მიერ უკუსიგნალის ჩართვას. Smad ცილები ფუნქციურად სამ ჯგუფად იყოფა: R-Smad-ები, Co-Smad-ი და I-Smad-ები. R-Smad-ები ან რეცეპტორ-რეგულირებული Smad-ები, როგორცაა Smad2 და Smad3, პირდაპირ ფოსფორილირდებიან TGF-bR1-ით. შემდეგ R-Smad-ები აფორმირებენ ჰეტეროგენურ კომპლექსს Co-Smad-ით (Smad4) და ტრანსლოცირდებიან უჯრედის ბირთვში. ბირთვში Smad-ების კომპლექსი (Smad2/3/4) უკავშირდება სპეციფიურ დნმ-თან დაკავშირებულ სხვადასხვა ცილებს, რათა დაარეგულირონ ტრანსკრიფციული პასუხები. ამის საკონტრასტოდ, Smad-ების მესამე კლასი, ინჰიბიტორული Smad-ი (I-Smad) რომელიც მოცავს Smad7-ს, მოქმედებს R-Smad-ების საპირისპიროდ და იგი TGF-b-ს სასიგნალო გზის ანტაგონისტია.

მიუხედავად იმისა, რომ კელოიდი განისაზღვრება, როგორც კეთილთვისებიანი ფიბროპროლიფერაციული პროცესი, ავლენს სიმსივნისთვის დამახასიათებელ ბევრ თვისებას, როგორებიცაა პროგრესირებადი, უკონტროლო ზრდა, სპონტანური რეგრესიის ნაკლებობა და რეციდივის მაღალი მაჩვენებლები [9]. ფენოტიპურად კელოიდი შეესაბამება კანის კეთილთვისებიან სიმსივნეს, რომელიც გამოწვეულია კოლაგენის გადაჭარბებული წარმოქმნით და არ ახასიათებს მეტასტაზი.

არსებობს ბევრი მტკიცებულება კელოიდებში სიმსივნური ინიციაციისა და სუპრესიის ფაქტორების ურთიერთქმედების შესახებ, რითაც შეიძლება აიხსნას მათი აგრესიული კლინიკური გამოხატულება. სიმსივნესა და კელოიდებს შორის არსებული მსგავსების ყველაზე დამაჯერებელ მტკიცებულებას წარმოადგენს საერთო ბირთვული ბიოენერგეტიკა, ეპიგენეტიკური მეთილაცია და ეპითელურ-მეზენქიმური ტრანსფორმაცია [9].

კელოიდური ფიბრობლასტები ავლენენ სიმსივნის მსგავს ბიოენერგეტიკას ATP-ის გლიკოლიზის შედეგად წარმოქმნის გამო, რაც დემონსტრირდება ლაქტატის გაზრდილი პროდუქციით. ამის საპირისპიროდ, ნორმალურ ფიბრობლასტებში ATP-ის წარმოქმნა მიმდინარეობს ოქსიდაციური ფოსფორილირებით. კელოიდურ ფიბრობლასტებში ჰექსოკინაზასა და ლაქტატდეჰიდროგენაზას აქტივობა ასევე მნიშვნელოვნად გაზრდილია ნორმალურ ფიბრობლასტებთან შედარებით [10].

არსებობს გარკვეული რაოდენობის კვლევა შედეგად დაგროვილი მოსაზრებები კელოიდებისა და ჰიპერტროფიული ნაწიბურების პათოგენეზის შესახებ, თუმცა ზუსტი

მექანიზმი ჯერ კიდევ უცნობია. შესაბამისად, მკურნალობის მეთოდის შერჩევა საკამათო საკითხია. ამჟამად, TGF- $\beta$ /Smad წარმოადგენს კელოიდებისა და ჰიპერტროფიული ნაწიბურების განვითარების ფუნდამენტურ სასიგნალო გზას და მისი უწყვეტი გააქტიურება იწვევს ფიბრობლასტებისა და მოფიბრობლასტების ხანგრძლივ აქტივაციას, რაც აუცილებელია ნაწიბურებში კოლაგენის წარმოქმნისთვის [11]. კელოიდებისა და ჰიპერტროფიული ნაწიბურების სამკურნალოდ შემუშავებულია ორი ძირითადი მეთოდი, რომელთა სამიზნესაც წარმოადგენს სწორედ TGF- $\beta$ /Smad სასიგნალო გზა. პირველი მათგანი მოიცავს მედიკამენტოზურ მკურნალობას, მეორე კი გენეტიკურ და უჯრედულ თერაპიულ საშუალებებს.

შესწავლილია რამდენიმე ფაქტორი, რომლებიც გავლენას ახდენენ პრო-ფიბროზულ და ანტი-ფიბროზულ გზებზე. სავარაუდოა, რომ ჰიპოქსიური გარემო დაკავშირებულია კელოიდებისა და ჰიპერტროფიული ნაწიბურების წარმოქმნასთან. ჰიპოქსია განაპირობებს პრო-ფიბროზულ მდგომარეობას TGF- $\beta$ 1/SMAD3 სასიგნალო გზის მეშვეობით. ნაწიბურების პათოგენეზში მნიშვნელოვან როლს ასრულებს ასევე პერიოსტინი. ის წარმოადგენს უჯრედგარე მატრიქსის ცილას, რომელიც გვხვდება ბაზალურ მემბრანაში, დერმაში და თმის ფოლიკულებში. ტრავმიდან რამდენიმე დღის შემდეგ პერიოსტინის ექსპრესია იზრდება და პიკს აღწევს მეშვიდე დღეს. მისი ექსპრესია პათოლოგიურად იმატებს კელოიდებსა და ჰიპერტროფიულ ნაწიბურებში. გარდა ამისა, პათოლოგიური ნაწიბურის წარმოქმნის პროცესში მნიშვნელოვანია მიკრო რნმ-ები (miRNAs). ამჟამად, მისი მოქმედების მექანიზმი კარგად შესწავლილი არ არის, თუმცა ბევრი მკვლევარის აზრით, მიკრო რნმ-ები მნიშვნელოვან როლს ასრულებენ როგორც კანის ავთვისებიანი სიმსივნეების განვითარებაში, ასევე კელოიდებისა და ჰიპერტროფიული ნაწიბურების წარმოქმნაში. ამ ფაქტორების მოქმედების ზუსტი მექანიზმი შესწავლა მნიშვნელოვანია კლინიკურ პრაქტიკაში მკურნალობის ახალი სტრატეგიების დასაწერად.

ნაწიბურის წარმოქმნა მჭიდროდ არის დაკავშირებული ჭრილობის შეხორცების პროცესთან, შესაბამისად, პაციენტების მართვა იწყება საფუძვლიანი, ინფორმირებული თანხმობით. ამ დროს, პაციენტი ეცნობა ნაწიბურის წარმოქმნის არამოდიფიცირებად და მოდიფიცირებად ფაქტორებს. პირველ მათგანს მიეკუთვნება ასაკი, ეროვნება და ანამნეზში პათოლოგიური ნაწიბურების არსებობა[12]. ნაწიბურების პროფილაქტიკაში ერთადერთ მოდიფიცირებად ფაქტორს წარმოადგენს ჭრილობის დაჭიმულობა პროლიფერაციისა და რემოდელირების ფაზების განმავლობაში, რაც განისაზღვრება განაკვეთის ფორმით. ქირურგიული ჭრილობის მართვა არ მთავრდება ნაკერების მოხსნისას და პაციენტის მონაწილეობა უმნიშვნელოვანესია ოპტიმალური შედეგის მისაღწევად. აუცილებელია, პოსტოპერაციული ვიზიტები ნაწიბურის ჰიპერტროფიის ნიშნების აღმოსაჩენად. ადრეული ჩარევა წარმოადგენს ჰიპერპლასტიკური რეაქციის კონტროლის მთავარ მექანიზმს. ჰიპერტროფიული ნაწიბურები, რომლებიც დადებით დინამიკას არ აჩვენებენ ექვსი თვის მანძილზე, უნდა იმართონ როგორც კელოიდები და აუცილებელია, რომ დაიწყოს მათი მართვა სტეროიდების ინექციებით, ან ალტერნატიული მეთოდებით [12].

ვინაიდან კელოიდებისა და ჰიპერტროფიული ნაწიბურების წარმოქმნის პროცესი ჯერ კიდევ არ არის ბოლომდე შესწავლილი, მკურნალობისა და პრევენციის სტრატეგიები მიმართულია ანთებითი რეაქციის შემცირებისკენ. სხვა თერაპიის სახეები, რომელთა სამიზნესაც წარმოადგენს გენები და მოლეკულები, საჭიროებს მეტ შესწავლას კლინიკურ პრაქტიკაში დანერგვამდე [13].

მიუხედავად იმისა, პაციენტი ავლენს თუ არა მიდრეკილებას პათოლოგიური ნაწიბურების წარმოქმნისკენ, პრევენციისთვის შეუცვლელ მეთოდს წარმოადგენს დაბინძურებული ქსოვილის მოშორება, ადეკვატური ჰემოსტაზის უზრუნველყოფა ჰემატომისა და აბსცესების წარმოქმნის თავიდან ასარიდებლად და ჭრილობის სწრაფი დახურვა. ჭრილობის ეპითელიზაცია, რომელიც გრძელდება 10-14 დღეზე მეტ ხანს, ზრდის ჰიპერტროფიული ნაწიბურების განვითარების რისკს.

როგორც უკვე აღვნიშნეთ, ჭრილობის შეხორცება გულისხმობს სისხლძარღვოვანი გრანულაციური ქსოვილის წარმოქმნას, რომელიც ხურავს კანში არსებულ ნაპრალს. ამის შემდეგ, გრანულაციურ ქსოვილზე იქმნება ეფექტური ეპიდერმული ბარიერი. ჭრილობები, რომლებშიც ნაკერები მიახლოებული კიდეებს, ნაკლებად განიცდიან გრანულაციას იმ ღია ჭრილობებთან შედარებით, რომლებიც უნდა შეხორცდნენ მეორადი დაჭიმვით. ორივე შემთხვევაში, დროთა განმავლობაში ძლიერდება ჭრილობის კიდეების ადჰეზია და დაახლოებით სამ თვეში გაჭრილი კანი აღიდგენს მიმდებარე ნორმალური კანის სიმტკიცის 80%-ს .

კლინიკური მონაცემების მიხედვით, მექანიკური სტრესი ასრულებს მნიშვნელოვან როლს ნაწიბურების განვითარებაში. კოლაგენური ბოჭკოები კანის უჯრედგარე მატრიქსში განლაგებულია სპეციფიკური ნიმუშით და აყალიბებს ე.წ ლანგერის ხაზებს, რაც განსაზღვრავს კანის დაჭიმულობის მიმართულებას. ცნობილია, რომ ამ ხაზების პარალელურად გატარებული განაკვეთი ხასიათდება შედარებით მცირე ზომის ნაწიბურის წარმოქმნით ლანგერის ხაზების პერპენდიკულარულ ჭრილობებთან შედარებით.

სახსრების მიმდებარე ჭრილობები ხასიათდებიან ჰიპერტროფიული ნაწიბურების განვითარებით. ეს განპირობებულია იმით, რომ სახსრის მოძრაობა იწვევს ჭრილობის მიმდებარე კანის ძლიერ ციკლურ დაჭიმულობას. ეს დაჭიმულობა განაპირობებს დერმის ქრონიკულ ანთებას, კერძოდ, ანთებითი უჯრედების განუწყვეტელ შემოდინებასა და აქტივაციას, სისხლძარღვებისა და ნერვული ბოჭკოების მუდმივ წარმოქმნას, გააქტივებული ფიბრობლასტების მიერ კოლაგენის ჰიპერპროდუქციას. ქრონიკული ანთება ბლოკავს რემოდელირების პროცესით გრანულაციური ქსოვილის დერმის მსგავს ქსოვილად გარდაქმნას და იწვევს მოუმწიფებელი, ჰიპერტროფიული ნაწიბურის წარმოქმნას, რომელიც ძლიერ მტკივნეულია. შესაბამისად, ოპერაციის შემდეგ პათოლოგიური ნაწიბურების

განვითარების თავიდან ასაცილებლად, აუცილებელია იმის უზრუნველყოფა, რომ ჭრილობის კიდეები ერთმანეთს უკაშვირდებოდნენ დაჭიმვის გარეშე მაშინაც კი, როცა მასზე ძლიერი გარეგანი ძალები მოქმედებს. ეს საშუალებას მისცემს გრანულაციურ ქსოვილს გარდაიქმნას დერმის მსგავს ქსოვილად მინიმალური ნაწიბურის წარმოქმნით [13].

პათოლოგიური ნაწიბურების განვითარების რისკი, შესაძლოა, მნიშვნელოვნად შემცირდეს **კანქვეშა/ფასციალური ნაკერების** გამოყენებით [13]. ამ ტიპის ნაკერი დერმის მინიმალური დაჭიმვის პირობებში შეუფერხებლად აამაღლებს ჭრილობის კიდეებს. მხოლოდ ამის შემდეგ უნდა იქნეს გამოყენებული ზედაპირული ნაკერები. ძალიან მნიშვნელოვანია იმის გაგება, რომ კანის ნაკერები დამოუკიდებლად ვერ შეამცირებენ დერმის დაჭიმულობას. ეს კონცეფცია ოპერაციის შემდეგ პათოლოგიური ნაწიბურის წარმოქმნის თავიდან აცილების საფუძველი შეიძლება გახდეს [14].

მაღალი დაჭიმულობის უბნებში პათოლოგიური ნაწიბურების განვითარების თავიდან აცილების კიდევ ერთი მეთოდია ზიგზაგისებური ნაკერების ტექნიკის გამოყენება, როგორცაა Z-პლასტიკა [15]. ეს მეთოდი განსაკუთრებით ხელსაყრელია სახსრებისა და კიდურების ქირურგიისთვის. ამ უბნებში ცხიმოვანი ქსოვილი თხელია, რაც იმას ნიშნავს, რომ გამწვანებულია ზედაპირული ფასციის პოვნა და კანქვეშა/ფასციალური ნაკერების გამოყენება. Z-პლასტიკის კიდევ ერთ უპირატესობას წარმოადგენს ის, რომ სეგმენტირებული ნაწიბურები უფრო სწრაფად მწიფდება, ვიდრე გრძელი, ხაზოვანი ნაწიბურები. ამრიგად, თუ ნაწიბური, ან ჭრილობა კვეთს სახსარს, ზიგზაგისებური ნაკერი მნიშვნელოვნად შეამცირებს პათოლოგიური ნაწიბურის რეციდივის რისკს.

Z-პლასტიკის ტექნიკა გულისხმობს, რომ ყოველი სამკუთხედის გვერდი უნდა იყოს 7-10მმ სიგრძის და მათ შორის დამორება უნდა შეადგენდეს 2-4სმ-ს, რაც დამოკიდებულია ჭრილობის მთლიან სიგრძეზე. დერმალური ნაკერების დადება შესაძლებელია მას შემდეგ, რაც დადასტურდება, რომ სამკუთხა ნაკერების კიდეები სრულად არის ამაღლებული.

ასევე უნდა აღინიშნოს, რომ რადგანაც ჰიპერტროფიულ ნაწიბურებთან შედარებით კელოდებისთვის დამახასიათებელია ბევრად ინტენსიური ანთებითი რეაქცია, მათი რევიზიული ქირურგიის დროს, უმჯობესია, გამოყენებულ იქნას როგორც დაჭიმულობის შემამცირებელი ნაკერი, ასევე Z-პლასტიკა. ეს მნიშვნელოვნად შეამცირებს რეციდივის რისკს. რეციდივის თავიდან ასაცილებლად ძალიან ეფექტურ მეთოდს წარმოადგენს ასევე პოსტოპერაციული სხივური თერაპია [15].

ჭრილობის დახურვისათვის ტრადიციულად კლინიკურ პრაქტიკაში გამოიყენება კომპრესიული ძაფები. **კომპრესიულ ძაფებში** იგულისხმება რეგულარული საკერავი ძაფები, რომლის გამოყენებითაც ჭრილობის დახურვა ხორციელდება კვანძოვანი ნაკერის საშუალებით, რაც იწვევს ქსოვილის კომპრესიას. არაკომპრესიულ ძაფებში იგულისხმება უნიკალური ტექნოლოგიით დამუშავებული ჩვეულებრივი შემადგენლობის ძაფები [13],



რომელთაც გააჩნიათ ბუსუსოვანი აგებულება და ამ ბუსუსების ხარჯზე ახორციელებენ ქრილობის დახურვას კვანძების წარმოქმნის გარეშე. ქათი გამოყენების შემთხვევაში კელოიდებისა და კანის ნაწიბურების განვითარების ჰისტოპათოლოგიური და ფენოტიპური თავისებურებები არაკომპრესიულ ძაფებთან შედარებით საჭიროებს მეტ კვლევას. ჰისტოპათოლოგიურ პრაქტიკაში

ის ჰისტოპათოლოგიური მაჩვენებლები რომელიც შესაძლებლობას მოგვცემს განვსაზღვროთ კელოიდებისა და ჰიპერტროფიული ნაწიბურის განვითარების მაღალი და დაბალი რისკის ჯგუფები ჯერ კიდევ არ არის კარგად შესწავლილი; რასაც დიდი კლინიკური ღირებულება შესაძლოა გააჩნდეს რადგანაც Punch-ბიოფსიის საფუძველზე კელოიდის შესაძლო განვითარების მაღალი და დაბალი რისკის გამოვლენის საშუალებას მოგვცეს.

კელოიდის წარმოქმნის კომპლექსური მექანიზმები დღემდე უცნობია და სავარაუდოდ დამოკიდებულია ერთი მხრივ ორგანიზმის თავისებურებაზე უპასუხოს დაზიანებას და მეორე მხრივ გარემო ფაქტორებზე, მათ შორის კომპრესიული ძაფების გამოყენებაზე.

#### გამოყენებული ლიტერატურა:

- [1] T. Zhang *et al.*, “Current potential therapeutic strategies targeting the TGF- $\beta$ /Smad signaling pathway to attenuate keloid and hypertrophic scar formation,” *Biomedicine and Pharmacotherapy*, vol. 129. Elsevier Masson s.r.l., Sep. 01, 2020. doi: 10.1016/j.biopha.2020.110287.
- [2] Z. C. Wang *et al.*, “The Roles of Inflammation in Keloid and Hypertrophic Scars,” *Frontiers in Immunology*, vol. 11. Frontiers Media S.A., Dec. 04, 2020. doi: 10.3389/fimmu.2020.603187.
- [3] A. Shaheen, “Comprehensive Review of Keloid Formation,” *Journal of Clinical Research in Dermatology*, vol. 4, no. 5, pp. 1–18, Oct. 2017, doi: 10.15226/2378-1726/4/5/00168.
- [4] R. Ogawa, “Keloid and hypertrophic scars are the result of chronic inflammation in the reticular dermis,” *International Journal of Molecular Sciences*, vol. 18, no. 3. MDPI AG, Mar. 10, 2017. doi: 10.3390/ijms18030606.
- [5] R. Ogawa and S. Akaishi, “Endothelial dysfunction may play a key role in keloid and hypertrophic scar pathogenesis – Keloids and hypertrophic scars may be vascular disorders,” *Med Hypotheses*, vol. 96, pp. 51–60, Nov. 2016, doi: 10.1016/j.mehy.2016.09.024.
- [6] Walraven M., “Cellular and molecular mechanisms involved in scarless wound healing in the fetal skin.” *Amsterdam: VU university medical center*, 2016.

- [7] W. Lv *et al.*, “Epigenetic modification mechanisms involved in keloid: current status and prospect,” *Clinical Epigenetics*, vol. 12, no. 1. BioMed Central Ltd, Dec. 01, 2020. doi: 10.1186/s13148-020-00981-8.
- [8] T. Unahabhokha, A. Sucontphunt, U. Nimmannit, P. Chanvorachote, N. Yongsanguanchai, and V. Pongrakhananon, “Molecular signalings in keloid disease and current therapeutic approaches from natural based compounds,” *Pharmaceutical Biology*, vol. 53, no. 3. Informa Healthcare, pp. 457–463, Mar. 01, 2015. doi: 10.3109/13880209.2014.918157.
- [9] S. Tan, N. Khumalo, and A. Bayat, “Understanding keloid pathobiology from a quasi-neoplastic perspective: Less of a scar and more of a chronic inflammatory disease with cancer-like tendencies,” *Frontiers in Immunology*, vol. 10. Frontiers Media S.A., 2019. doi: 10.3389/fimmu.2019.01810.
- [10] A. S. Vincent, T. T. Phan, A. Mukhopadhyay, H. Y. Lim, B. Halliwell, and K. P. Wong, “Human skin keloid fibroblasts display bioenergetics of cancer cells,” *Journal of Investigative Dermatology*, vol. 128, no. 3, pp. 702–709, 2008, doi: 10.1038/sj.jid.5701107.
- [11] T. Zhang *et al.*, “Current potential therapeutic strategies targeting the TGF- $\beta$ /Smad signaling pathway to attenuate keloid and hypertrophic scar formation,” *Biomedicine and Pharmacotherapy*, vol. 129. Elsevier Masson s.r.l., Sep. 01, 2020. doi: 10.1016/j.biopha.2020.110287.
- [12] D. Son and A. Harijan, “Overview of surgical scar prevention and management,” *Journal of Korean Medical Science*, vol. 29, no. 6. Korean Academy of Medical Science, pp. 751–757, 2014. doi: 10.3346/jkms.2014.29.6.751.
- [13] Harn HI, Ogawa R, Hsu CK, Hughes MW, Tang MJ, and Chuong CM, “The tension biology of wound healing.,” *Exp Dermatol.*, 2017.
- [14] L. Téot, T. A. Mustoe, E. Middelkoop, and G. G. Gauglitz, “State of the Art Management and Emerging Technologies Textbook on Scar Management 123.”
- [15] Arima J, Dohi T, Kuribayashi S, Akaishi S, and Ogawa R, “Z-plasty and postoperative radiation therapy for anterior chest wall, keloids: an analysis of 141 patients.,” *Plast Reconstr Surg Glob*, 2019.

# The histopathological and phenotypic characteristics of keloid and hypertrophic scar during wound closure with compressive and non-compressive sutures

Critical Review

Konstantin Sulamanidze<sup>1</sup>, Zurab Chkhaidze<sup>2</sup>, Giorgi Burkadze<sup>3</sup>

<sup>1</sup>PhD student at Tbilisi State University, Plastic surgeon; <sup>2</sup> MD, PhD Professor at Tbilisi state university; <sup>3</sup>Professor at Tbilisi State Medical University, Head of the Department of Molecular pathology

## Abstract

Keloids and hypertrophic scars are fibroproliferative disorders caused by abnormal wound healing. They extend beyond the borders of the primary wound, do not regress spontaneously, and tend to recur after excision. Every year in developed countries, about 100 million people face problems related to scars. Hypertrophied scars and keloids have a significant impact on the patient's quality of life, physical condition and psychological health. Compression sutures are traditionally used for wound closure in clinical practice. Compression sutures mean regular sutures, which are used to close the wound with a knotted suture, which causes tissue compression. Non-compressive sutures are sutures of ordinary composition treated with a unique technology, which have a tufted structure, and at the expense of these tufts, they close the wound without forming knots. In case of their use, the histopathological and phenotypic features of the development of keloids and skin scars compared to compressive threads require more research. In histopathological practice, the histopathological indicators that will allow us to determine the high and low risk groups for the development of keloids and hypertrophic scars are still not well studied; Which may have a great clinical value because it allowed us to identify the high and low risk of possible development of keloid based on Punch-biopsy. The complex mechanisms of keloid formation are still unknown and probably depend on the body's ability to respond to damage on the one hand and environmental factors, including the use of compression threads, on the other hand.

**Key words:** keloid; hypertrophic scar; non-compressive threads;

## Physicochemical characteristics of fresh and lyophilized Georgian royal jelly and Formulation bentonite-based cream

Lia Tsiklauri<sup>1</sup>\*, Malkhaz Getia<sup>1</sup>, Aliosha Bakuridze<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Tbilisi State Medical University, I.Kutateladze Institute of Pharmacochemistry, 36 P. Sarajishvilist, 0159, Tbilisi, Georgia.

<sup>2</sup>Tbilisi State Medical University, 33, Vaja-Pshavela Ave. 0186, Tbilisi, Georgia

\*Corresponding author e-mail:l.tsiklauri@tsmu.edu; 577418414; ORCID 0000-0002-7808-5329

### ABSTRACT

Royal Jelly (RJ) is one of the most valued and studied bee products used in medicine and cosmetics due to its diverse pharmacological properties. Chemical composition and biological activity of RJ depends on many factors, including constitution and geographical distribution of plants, the harvest time and bee species. The objective of the present study was physico-chemical characterization and comparison of fresh and lyophilized RJ; and development dermatological formulation by incorporating RJ in Tikha Ascane base.

The evaluations of RJ and RJ loaded formulations were performed by oven-dry, titrimetric, potentiometric, FTIR methods; 10-hydroxy-2-decenoic acid (10-HDA) was determined by high-performance liquid chromatography. In addition, the physical stability of the developed formulations was investigated by examining viscosity, spreadability, thermal and colloidal stabilities, pH, homogeneity and appearance.

Lyophilized RJ displayed up to similar physico-chemical properties (solubility, pH, acidic number) as fresh RJ. The chromatographic analysis showed alike fingerprints and the existence of 10-HAD in tested samples. No spectral differences (in the range of 3600–2800 cm<sup>-1</sup> and 1750–950 cm<sup>-1</sup>) were observed in FTIR measurements after lyophilization.

The study shows that prepared formulations were found to be stable. The tested samples had appealing appearance with smooth texture and no signs of separation. Viscosity, homogeneity, spreadability, pH and release profile of RJ from the formulations were acceptable.

**KEYWORDS:** *Royal Jelly, bentonite clay –Tikha Ascane, Royal Jelly cream.*

## Introduction

Bee products are actively used for medicinal purposes and in the manufacture of cosmetics. Special attention has been paid to royal jelly (RJ), which contains variety of chemical compounds exhibiting several pharmacological properties including anti-aging, anti-inflammatory, and antioxidant /1/.

The chemical composition and biological activity of RJ depends on many factors, such as, constitution and geographical distribution of plants, the harvest time and bee species /2, 3/. Comparative examination of the bee species revealed that RJ from Georgian bees had the highest biological activity /4/. Fresh RJ has a limited shelf-life at ambient temperature; to ameliorate the storability, freeze drying is the most common technological method for this purpose however, some studies indicate on the changes in RJ that may occur by reason of lyophilisation /5- 6/.

Clays and particularly bentonites are used in pharmaceutical and cosmetics industry not only as excipients (thickening and emulsifying agent, carriers and releaser of active ingredients, disintegrates, diluent and binder) but also as active components, because of their curative and cosmetic effects /7-8/. Preparation Tikha Ascane, obtained and investigated at the I. Kutateladze Institute of Pharmacochemistry, TSMU from Georgian bentonite clay, is approved by the National healthcare authorities for the medical and pharmaceutical application /9-10/. Various emulsion and suspension type semisolids and dry ointment concentrates were elaborated on the bases of Tikha Ascane /11, 12/. This bentonite compound does not cause allergy and skin sensibilization /10, 12/.

The objective of the present study was physico-chemical characterization and comparison of fresh and lyophilized RJ and development dermatological formulation by incorporating RJ in Tikha Ascane base.

## Material and Methods

*RJ was obtained directly from beekeepers from eastern region of Georgia. Samples of fresh royal jelly were collected from the hives with colonies of the honeybee species *Apis mellifera caucasia* (Georgian) from May to August 2020 located in Shida Kartli (Georgia). Lyophilized RJ was obtained after lyophilization process of the fresh one, using a lyophilizator (LyoQuest - Telstar®). Bentonite Clay - Tikha Ascane, was provided by the Direction of Pharmaceutical Technology (I. Kutateladze Institute of Pharmacochemistry, TSMU). All the other chemicals or solvents used were commercially available and of reagent grade.*

### Chemical Characterization of raw materials

The following parameters were determined for Fresh and lyophilized RJ: water content by lyophilization and oven-dry methods, pH values – by potentiometric (model pH 100), total acidity by titration with 0.1 N NaOH /3, 13/.

10-Hydroxy-trans-2-decenoic acid (10-HAD), also known as royal jelly acid, is the major and unique acid of RJ; it was determined by high-performance liquid chromatography (Agilent

technologies 1260) at 215 nm /14/. For the separation an Eclipse Plus C18 column (4.6 mm x250 mm; 5  $\mu$ m, 100°A) was used. The mobile phase was a mixture of methanol, pure water, and formic acid (50:50:0.1, v/v/v). The mixture was eluted using an isocratic elution over a period of 25 min at a flow-rate of 1.0 mL/min. The injection volume was 10  $\mu$ L. The samples were dissolved with 5mL of methanol (HPLC grade) in 25 mL volumetric flasks, diluted to volume with Milli-Q water.

### Formulation of cream

The cream was formulated by incorporating RJ into base prepared from Tikha Ascane aqueous gel and glycerin. The formula of the cream with good consistency, appearance and stability was optimized and selected for further study.

### Evaluation of cream

The homogeneity of all the formulations (blank and drug loaded) was tested visually for the presence of any aggregates or clumps and for appearance /15/.

The microscopic features of the optimized samples were studied under Light microscopy (ZEISS Jeneval Microscope CF250; 3,2x/0,06 GF planachromat 40x/0,65 GF Planachromat) and photomicrographs were captured on a laboratory PC /15, 16/.

Fourier transform infrared (FT-IR) spectra of the samples were recorded using a Jasco 600 FT-IR spectrometer operating in the region 4000–350  $\text{cm}^{-1}$ , equipped with a deuterated triglycine sulphate detector (DTGS) with KBr beam splitter /6/.

Rheological experiments were conducted to measure the viscosity and rheology of the optimized formulations. Measurements were performed at room temperature using a Visco QC 300 Anton Paar rotational viscometer /15, 16/.

The spreadability of the cream was measured using two sets of glass plates (20 X 20 cm) on a scale of graph paper: 0.5 g samples were placed on a glass slide in a pre-marked circle with a diameter of 1 cm; second glass plate was placed on it forming a sandwich arrangement. Afterwards a 500 g weight was positioned on the glass slides for 5 min and the increase in diameter was measured. Using Formula (1), results were expressed in regard to applied mass and spreading area /17, 18/

$$Ei = d^2 \frac{\pi}{4} \quad (1)$$

Where: Ei = spreadability of the sample ( $\text{mm}^2$ );

d = diameter (mm).

Spreadability factor (Sf) was calculated using Formula (2):

$$Sf = \frac{A}{W} \quad (2)$$

Where: A = total area ( $\text{mm}^2$ ); W = total weight (g).

Centrifugation test was carried out by placing samples, in the centrifuge tube and rotated for 10 min, at 3000 rpm in laboratory centrifugation machine /16/. At the end of the centrifugation period the formulations were examined for phase separation which is an indication of samples instability.

The thermal stability studies were conducted at  $25^{\circ} \pm 2^{\circ}\text{C}$  and at  $40^{\circ} \pm 2^{\circ}\text{C}$ .

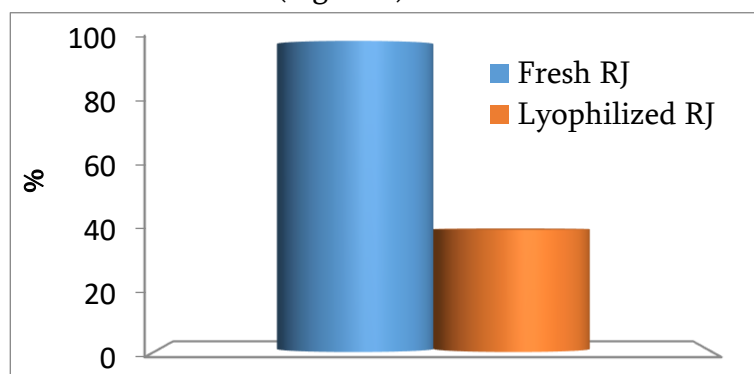
The release of drug from the gel was determined using a dialysis method with a molecular porous membrane /15, 16/.

All analyses were performed in triplicate. Average values and standard deviations were calculated using Microsoft Excel 2016 (Microsoft Corp.) software.

## Results and Discussion

### Chemical Characterization of raw materials

Fresh RJ was whitish to yellow, thick and milky substance, partially soluble in water; the lyophilized RJ was a light-coloured, highly hygroscopic powder with an acid-specific odour. The yield of lyophilized RJ from fresh one was 39.19% (Figure 1).



**Figure 1.** The yield of lyophilized RJ from fresh RJ

Moisture content is an important quality criterion of RJ and its determination is essential for each sample. Water amount in fresh RJ varies from 57 to 70% /14 /. Freeze drying extracts the water from RJ and enhance its storage stability. We evaluated the water content in samples by vacuum oven and sublimation drying methods (Table 1).

Table 1. Moisture content of fresh and lyophilized RJ

Sample		Moisture content, %
Fresh RJ	vacuum oven method	67.44
	sublimation drying method	61.09
Lyophilized RJ		3.97

Similar results on moisture content (67 and 61 %) of fresh RJ were obtained from different methods in our experiments. In freeze dried samples water content was reduced to 3.97% (Table 1). These data are in correlation with Boselli et al /19/.

### **Formulation and Preparation of cream**

On the basis of preliminary studies combination of Tikha ascane aqueous gel and glycerin was selected as the suitable cream base for the incorporation of RJ. This base is well investigated and used for the formulation of semisolid dosage forms with various pharmacologically active substances in the Direction of Pharmaceutical Technology (I. Kutateladze Institute of Pharmacochemistry, TSMU) /9, 11/. Amount of RJ was selected on the basis of published data /6, 15/. The final concentration of RJ was 3%, Tikha Ascane - 15% and glycerin - 10% (w/w). Similarly, were prepared the cream base samples without any active components.

### ***Evaluation of cream***

Results showed that the creams were light yellowish gray, homogenous mass with no signs of phase separation, non- greasy and had a smooth feeling on application. From the results, it was concluded that the formulated cream showed good appearance and homogeneity.

Total acidity and pH of RJ depend on the storage conditions. According to the obtained data presented in Table 2, the values of total acidity for RJ samples correspond to the normal range given in the published literature: 3–6 ml 0.1 n NaOH/g. The pH value was found to be 7.53 for base and was decreased to 5.92 when the active ingredient was incorporated. The pH of the tested samples was similar to the skin's normal value (4.5 – 6), therefore, low risk of irritation, drying and alterations in skin hydration with the formulation is expected /20/.

Table 2. pH and total acidity of tested samples

Samples	RJ	Blank formulation	RJ loaded formulations
pH (mean ± SD)	3.57± 0.02	7.53 ± 0.01	5.92 ± 0.01
total acidity	3.062 ±0.85		0.51±0.05

The presence and distribution homogeneity of RJ in the formulations were investigated by microscopy. The microphotographs of the samples provided in Fig.2 indicate the homogenous and uniform distribution of RJ in cream formulation.



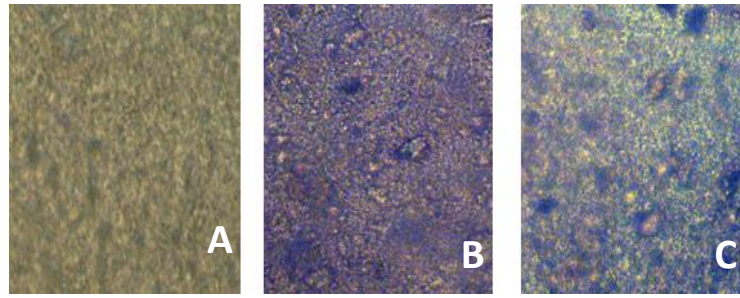


Figure 2. Light microphotographs of tested samples. A – RJ; B base; C – RJ loaded cream (3% w/w).

Infrared spectroscopy (IR) is a method for qualitative and quantitative analysis of compounds in complex matrices. In the FT-IR spectrum of composites two sharp peaks were observed in the range of  $3600\text{--}2800\text{ cm}^{-1}$  and  $1750\text{--}950\text{ cm}^{-1}$  (Fig. 3). Absorption spectra in  $3600\text{--}2800\text{ cm}^{-1}$  region indicate the presence of N – H and –CH<sub>2</sub>– groups of primary and secondary amines. The band which varied between 1750 and  $950\text{ cm}^{-1}$  matches to N-H bending of Amide I due to protein content [6]. Furthermore, in the IR spectra of RJ cream, the absorption areas characteristics for bentonite clay were also revealed. Thus, it can be concluded, that the incorporation of RJ in the bentonite does not cause qualitative changes of the active substance and RJ is not chemically bound with base, hence the release profile of the active substance will not be affected by Tikha Ascane.

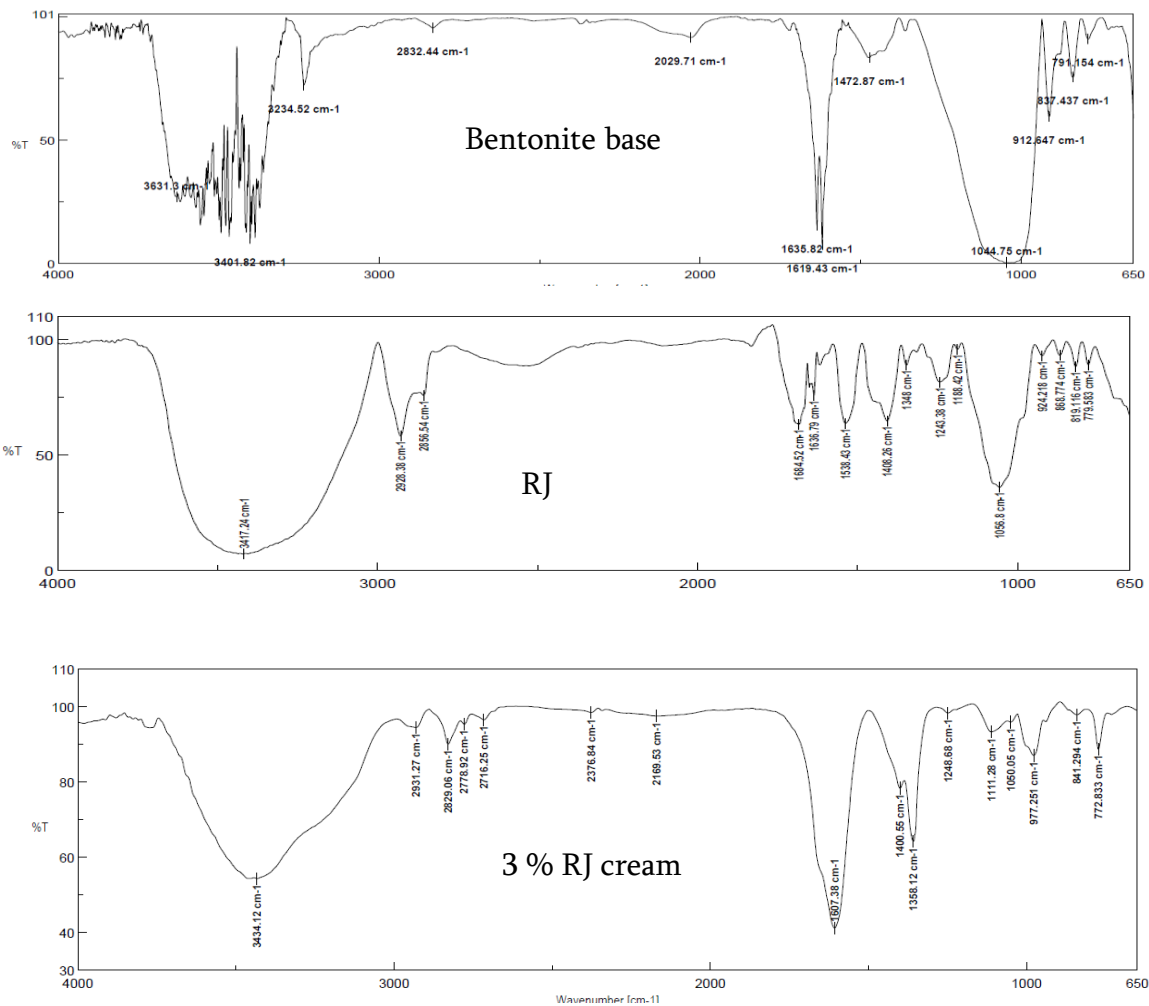


Figure 3. IR spectra of the tested samples.

The viscosity of the formulations was determined at varying shear stresses using a Brookfield viscometer and was reported in a unit of centipoise (cPs). Fig. 4 shows the apparent viscosity vs. RPM and share rate for the samples. A non-Newtonian behaviour with pseudoplastic flow was observed in the tested formulations as expected. It is undoubtedly to note from Fig. 4.A. that as the speed raise, the viscosity reduced in the samples. Also, formulation with RJ exhibited a lower viscosity than cream base. The incorporation of RJ affects on the structural viscosity of the system and decreases this value for drug-loaded formulation. The rheograms in Fig. 4B depict, that formulations show the thixotropic behaviours, since the down curve shifted to the above of the upcurve when viscosity was plotted against share rate. Thus, tested samples are shear thinning - rheopectic systems.

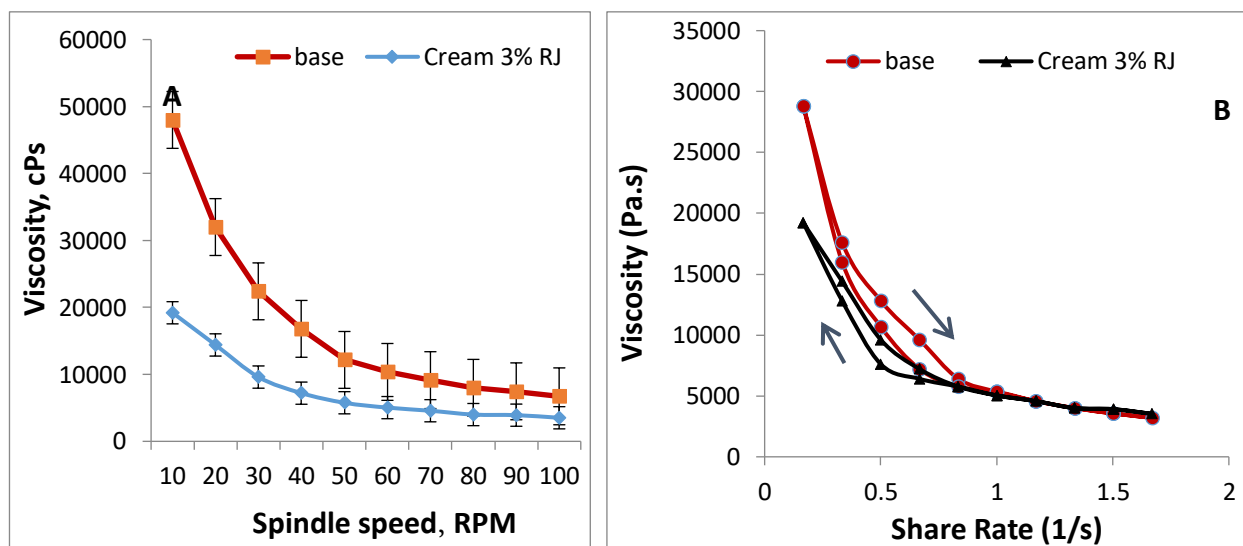


Figure 4. A - Viscosity data versus RPM and B - Viscosity data versus share rate of formulations with and without RJ.

Spreadability is a major characteristic of semisolid preparations for consistent drug delivery and patient compliance. It defines the appropriate distribution and uniform application of the topical formulation on the target area [18, 21]. According to the obtained results (Fig. 5), formulation with RJ is characterized by good spreadability: the average diameter of the spread is  $5.67 \pm 0.55$  cm, and the spreadability factor is  $5.41 \pm 0.04$  mm<sup>2</sup>/g. It should be noted as well that incorporation RJ into Tikha Ascane base increases the spreadability factor by 1.5 times (Fig. 5).

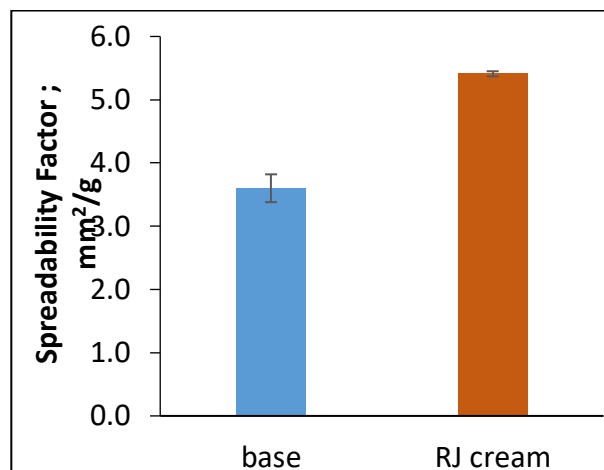


Figure 5. A - Spreadability data of formulations with and without RJ

10H2DA represents the principal lipid component in royal jelly and is considered as a biomarker of this product. In these studies, the chromatographic profile of the tested samples displayed identical fingerprints and the existence of 10H2DA in all samples (fresh RJ, lyophilized RJ and RJ cream), indicating that the lyophilization process and its incorporation into the bentonite base did not alter the fatty acid (Figure 6).

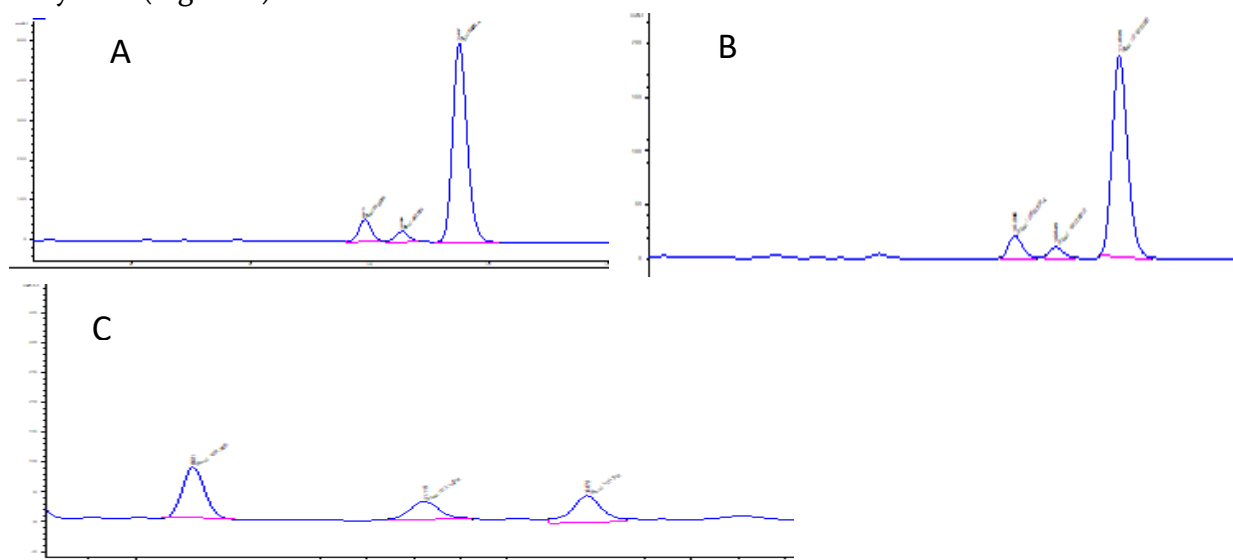


Figure 6. Chromatographic profile of 10H2DA in the tested samples: A – fresh; B - lyophilized RJ; C- RJ cream.

We determined the RJ content in the cream, which was in the range of 2.93-3.15% (Fig. 6).

The stability of the samples was evaluated according to the methods reported in section Materials and Methods. All samples showed good mechanical properties and passed the centrifugation test. No observable changes in colour and stability (physical appearance, phase separation, texture, homogeneity) were detected for creams.

The release of the active substance from tested samples was investigated by in vitro method. The cream (1 g, exact weight) placed in the dialysis membrane was incubated in purified water at 37 ° C with stirring at 20 ± 2 rpm. Samples were taken after 0, 0.5, 1.5 and 3 hours and the area was filled with

the same volume of water. The active substance was determined by a HPLC method. According to the results obtained, 82.2% of the active substance is released within 3 h.

## Conclusion

Main physico-chemical properties were evaluated for Georgian RJ and concluded that this characteristics are not changed after lyophilization process; Tikha Ascane-glycerine base was deemed optimal for incorporation RJ; the formulated cream fulfilled quality requirements in terms of texture, appearance, stability, pH values, technological properties and drug release profile.

## References

1. Ahmad S, Campos MG, Fratini F, Altaye SZ, Li J. New Insights into the Biological and Pharmaceutical Properties of Royal Jelly. *Int J Mol Sci.* 2020 ; 8;21(2):382.
2. Khazaei M, Ansarian A, Ghanbari E. New Findings on Biological Actions and Clinical Applications of Royal Jelly: A Review. *J Diet Suppl.* 2018; 15(5):757-775.
3. Kausar SH, More VR. Royal Jelly: Organoleptic characteristics and physicochemical properties. *Lipids.* 2019; 6(2):20-4.
4. Kirkitadze G, Japoshvili G. Renewed checklist of bees (Hymenoptera, Andrenidae) from Georgia. *Annals of agrarian science.* 2015; 13: 20-32.
5. Maghsoudlou A, Mahoonak AS, Mohebodini H, Toldra F. Royal Jelly: Chemistry, Storage and Bioactivities, *Journal of Apicultural Science.* 2019; 63 (1):17-40.
6. Lazarevska S, Makreski P. Insights into the infrared and Raman spectra of fresh and lyophilized royal jelly and protein degradation IR spectroscopy study during heating, *Macedonian Journal of Chemistry and Chemical Engineering.* 2015; 34(1): 87–93.
7. Babahoum, N., Ould Hamou, M. Characterization and purification of Algerian natural bentonite for pharmaceutical and cosmetic applications. *BMC Chemistry* 15, 50 (2021).  
<https://doi.org/10.1186/s13065-021-00776-9>
8. Cervini-Silva J, Antonio-Nieto-Camacho, Kaufhold S, Ufer K, de Jesús ER. (The anti-inflammatory activity of bentonites. *Applied Clay Science.* 2015; 118:56–60.  
<https://doi.org/10.1016/j.clay.2015.08.039>
9. Tsagareishvili GV. Some results of research and application of bentonites of Georgia in pharmacy and medicine" - Tbilisi. "Metsniereba". 1974. 130 (in Russian).
10. Aladishvili V.A. The use of bentonite of the Askane deposit in medicine. Tbilisi. 1969. 24-27 (in Russian) .
11. Tsiklauri L, Dadeshidze I, Tsagareishvili G. Study of the Stability and Specific Activity of the Emulsion Containing Sea-Buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) Oil and Ticha - Ascanae. *Bulletin of the Georgian Academy of Sciences.* 1998; 157(2):251-253.

12. Tsiklauri L, Tsagareishvili G. Gastroenterological and dermatological soft drug formulations containing Georgian bentonite clay preparation – Thicha-ascanae. Tbilisi. “Universal”. 2011, 89, (ISBN 978-9941-17-458-2) (in Georgian).
13. Kanelis D, Tananaki C, Liolios V, et al. A suggestion for royal jelly specifications. Arh Hig Rada Toksikol. 2015; 66(4):275-284. doi:10.1515/aiht-2015-66-2651
14. Balkanska R. Determination of Trans-10-Hydroxy-2-Decenoic Acid in Royal Jelly by High Performance Liquid Chromatography after Different Bee Feeding. Int. J. Curr. Microbiol. App.Sci. 2018; 7(4): 3738-3743
15. Bocho-Janiszewska A, Sikora A, Rajewski J, Łobodzin P. Application of royall jelly in moisturizing creams. Pol. J. Cosmetol. 2013; 16: 314–320
16. Chen M X, Alexander K., Baki G. Formulation and Evaluation of Antibacterial Creams and Gels Containing Metal Ions for Topical Application. Journal of Pharmaceutics, 2016; 1–10. doi:10.1155/2016/5754349
17. Knorst M.T., Desenvolvimento tecnológico de forma farmacêutica plástica contendo extrato concentrado de *Achyrocline satureioides*. (Lam). DC. Compositae. (Marcela), M. Sc. thesis, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1991, p. 257
18. Khan MFA, Ur.Rehman A, Howari H, Alhodaib A, Ullah F, Mustafa Zu, Elaissari A, Ahmed N. Hydrogel Containing Solid Lipid Nanoparticles Loaded with Argan Oil and Simvastatin: Preparation, In Vitro and Ex Vivo Assessment. Gels. 2022; 8(5):277. <https://doi.org/10.3390/gels8050277>
19. Boselli E, Caboni MF, Sabatini AG, Marcazzan GL, Lercker G. Determination and changes of free amino acids in royal jelly during storage, Apidologie. 2003; 34: 129 – 137
20. Ali, S.M. and G. Yosipovitch, Skin pH: from basic science to basic skin care. Acta dermatovenereologica, 2013; 93(3): 261-269
21. Pattanayek S, Puranik S. Formulation and Evaluation of Ketoprofen Loaded Nanoparticulate Gel for Topical Delivery. IJPPR. 2018; 11(3):1–11.

## ქართული ფუტკრის ნედლი და ლიოფილიზებული რძის და ბენტონიტურ ფუტკრე მომზადებული მისი შემცველი კრემის ფიზიკურ-ქიმიური მახასიათებლები

ლია წიკლაური<sup>1\*</sup>, მალხაზ გეთია<sup>1</sup>, ალიოზა ბაკურიძე<sup>2</sup>

<sup>1</sup>თბილისის სახელმწიფო სამედიცინო უნივერსიტეტი, ი.ქუთათელაძის ფარმაცოქიმიის ინსტიტუტი, პ.სარაჯიშვილის 36, 0159, თბილისი, საქართველო. <sup>2</sup> თბილისის სახელმწიფო სამედიცინო უნივერსიტეტი, ვაჟა-ფშაველას გამზ. 33, 0186, თბილისი, საქართველო

ფუტკრის რძე (ფრ) ერთ-ერთი ყველაზე ღირებული და კარგად შესწავლილი პროდუქტია, რომელიც ფართოდ გამოიყენება მედიცინასა და კოსმეტოლოგიაში მისი მრავალფეროვანი ფარმაცოლოგიური თვისებების გამო. ფრ-ის ქიმიური შემადგენლობა და ბიოლოგიური

აქტივობა დამოკიდებულია მრავალ ფაქტორზე, მათ შორის მცენარეების შემადგენლობასა და გეოგრაფიულ გავრცელებაზე, შეგროვების დროსა და ფუტკრის სახეობებზე. წარმოდგენილი კვლევის მიზანი იყო ნედლი და ლიოფილიზებული ფრ-ის ფიზიკურ-ქიმიური თვისებების შესწავლა და შედარება; აგრეთვე მისი შემცველი დერმატოლოგიური კრემის ოტიმალური რეცეპტურისა და მომზადების ტექნოლოგიის შემუშავება თიხა ასკანის ფუძეზე.

ფუტკრის რძის და მისი შემცველი ნიმუშების თვისობრივი და რაოდენობრივი შეფასება ჩატარდა ტიტრიმეტრიული, პოტენციომეტრული, მიკროსკოპული, ინფრაწითელი სპექტროსკოპული და მაღალეფექტური სითხური ქრომატოგრაფიული მეთოდებით; შესწავლილ იქნა შემუშავებული კრემის ტექნოლოგიური მახასიათებლები: სიბლანტე, რეოლოგია, წაცხებადობის უნარი, ერთგვაროვნება, თერმული და კოლოიდური სტაბილურობა.

დადგინდა, რომ ნედლი და ლიოფილიზირებული ფუტკრის რძის ფიზიკურ-ქიმიური თვისებები (ხსნადობა, pH, მჟავური რიცხვი) და ინფრაწითელი სპექტრები თითქმის იდენტურია  $600-2800 \text{ სმ}^{-1}$  და  $1750-950 \text{ სმ}^{-1}$  დიაპაზონში; ქრომატოგრაფიულმა ანალიზმა აჩვენა საკვლევი ობიექტების მსგავსი პროფილი და 10 ოსქიდეცენის მჟავის (10H2DA) არსებობა ნიმუშებში.

მიღებული შედეგების მიხედვით შემუშავებული ნიმუშები გამოირჩევიან ჰომოგენურობით და მაღალი სტაბილურობით; სიბლანტე, pH და ფრ-ის გამოთავისუფლების პროფილი შესაბამისობაშია რბილი წამლის ფორმებისადმი წაყენებულ მოთხოვნებთან.

**საკვანძო სიტყვები:** *ფუტკრის რძე, ბენტონიტური თიხა –თიხა-ასკანე, ფუტკრის რძის კრემი.*



## ბარძაყის ძვლის თავის ოსტეოქონდრული ერთეულისა და სინოვიური გარსის სტრუქტურულ-მოლეკულური თავისებურებები და პროგრესიის და რეციდივის მახასიათებლები სხვადასხვა ტიპის ოსტეოართრიტების დროს

კრიტიკული მიმოხილვა

ნინო ქავთარაძე<sup>1</sup>; ელენე ქართველიშვილი<sup>2</sup>, შოთა კეკულაძე<sup>3</sup>, გიორგი ბურკაძე<sup>4</sup>

<sup>1</sup>თბილისის სახელმწიფო სამედიცინო უნივერსიტეტის Phd სტუდენტი; <sup>2</sup>თბილისის სახელმწიფო სამედიცინო უნივერსიტეტის ემერიტუს პროფესორი; <sup>3</sup>თბილისის სახელმწიფო სამედიცინო უნივერსიტეტის Phd სტუდენტი; ექიმი პათოლოგანატომი; <sup>4</sup>თბილისის სახელმწიფო სამედიცინო უნივერსიტეტის პროფესორი, მოლეკულური პათოლოგიის დეპარტამენტის ხელმძღვანელი

### აბსტრაქტი

ოსტეოართრიტი, იგივე სახსრების დეგენერაციული დაავადება, წარმოადგენს სახსრების ყველაზე ხშირ პათოლოგიას. როგორც დეგენერაციული დაავადება ოსტეოართრიტი შესაძლებელია განვითარდეს ნებისმიერ სახსარში. ოსტეოართრიტის ფართო კლასიფიკაცია მოიცავს ორ ძირითად ტიპს, როგორცაა პირველადი და მეორეული ოსტეოართრიტი. პირველადი ოსტეოართრიტი იდუაბათიური წარმოშობისაა, ანუ მისი გამომწვევი მიზეზი უცნობია და ჩვეულებრივ ხასიათდება სახსრების მრავლობითი დაზიანებით. რაც შეეხება მეორეულ ოსტეოართრიტს, იგი ჩვეულებრივ ვითარდება ერთ სახსარში. დღეს-დღეობით არ არსებობს აღნიშნული დაზიანებების ერთგვაროვანი კლინიკური მენეჯმენტი. გარდა ამისა ცნობილია, რომ აღნიშნული დაზიანებები პროგრესული ბუნებისაა და შესაძლებელია რეციდივის განვითარება მკურნალობის შემდეგ. დიდი მნიშვნელობა ენიჭება ოსტეოართრიტის პროგრესიის ჰისტოპათოლოგიური და მოლეკულური მახასიათებლების გამოვლენას, რადგან ამ დაზიანებათა პროგნოზის განსაზღვრა მხოლოდ კლინიკური კვლევებით შეუძლებელია. სადღეისოდ არსებული ლიტერატურული მონაცემები ოსტეოართრიტების ჰისტოპათოლოგიური მახასიათებლებისა და მოლეკულური მარკერების შესახებ ძალიან მწირია. თითქმის არ არსებობს ლიტერატურა ოსტეოართრიტის პროგრესიის და რეციდივის რისკის მახასიათებლების შესახებ.

საკვანძო სიტყვები: ოსტეოართრიტი; პროგრესია; რეციდივის რისკი; სინოვიური გარსი;

ოსტეოართრიტი, იგივე სახსრების დეგენერაციული დაავადება, წარმოადგენს სახსრების ყველაზე ხშირ პათოლოგიას ამერიკის შეერთებულ შტატებში. ამ პათოლოგიით დაახლოებით 27 მილიონი ამერიკელია დაავადებული [1]. როგორც დეგენერაციული დაავადება ოსტეოართრიტი შესაძლებელია განვითარდეს ნებისმიერ სახსარში. ოსტეოართრიტის ფართო კლასიფიკაცია მოიცავს ორ ძირითად ტიპს, როგორცაა პირველადი და მეორეული ოსტეოართრიტი [2]. პირველადი ოსტეოართრიტი იდუპათიური წარმოშობისაა, ანუ მისი გამომწვევი მიზეზი უცნობია და ჩვეულებრივ ხასიათდება სახსრების მრავლობითი დაზიანებით. რაც შეეხება მეორეულ ოსტეოართრიტს, იგი ჩვეულებრივ ვითარდება ერთ სახსარში [2].

მენჯ-ბარძაყის სახსარი წარმოადგენს სხეულის ყველაზე დიდ სახსარს და მისი დაზიანება ოსტეოართრიტით საკმაოდ ხშირია [3]. თანამედროვე გაგებით მენჯ-ბარძაყის სახსრის ოსტეოართრიტი აზიანებს არა მხოლოდ სახსრის ხრტილს, არამედ მთლიან სახსარს. ოსტეოართრიტის პროცესი მოიცავს ხრტილის პროგრესულ კარგვას, სუბქონდრული ცისტების და ოსტეოფიტის ფორმირებას, ზოგჯერ ანთებითი რეაქციის განვითარებით.

ოსტეოართრიტის განვითარება დაკავშირებულია რამდენიმე რისკ-ფაქტორთან, როგორცაა ასაკი, სქესი, სიმსუქნე, გენეტიკა და სხვა ადგილობრივი რისკ-ფაქტორები [4]. ოსტეოართრიტი ძირითადად გავრცელებულია ქალებში. თუმცა, მაღალ ასაკობრივ ჯგუფში მისი პრევალენტობა ასევე იზრდება მამაკაცებშიც. კაცებში ოსტეოართრიტის პრევალენტობა შედარებით უფრო მაღალია 50 წელს გადაცილებულ ასაკში, მაშინ როდესაც ქალებში იგი უფრო ხშირია 50 წლამდე ასაკში. დაავადების კონტროლისა და პრევენციის სხვადასხვა ცენტრების მონაცემებით, მენჯ-ბარძაყის სახსრის ოსტეოართრიტის განვითარების რისკი წარმოადგენს 18,5%-ს მამაკაცებში და 28,6%-ს ქალებში.

მძიმე ფიზიკური დატვირთვა იდენტიფიცირებულია, როგორც მენჯ-ბარძაყის ოსტეოართრიტის პროფესიული რისკ-ფაქტორი. ამის საპირისპიროდ, იმ სუბიექტებს, რომლებიც დღის მანძილზე ორ საათს მაინც ატარებენ მჯდომარე მდგომარეობაში, ნაკლებად უვითარდებათ მენჯ-ბარძაყის სახსრის ოსტეოართრიტი. საყრდენ-მამოძრავებელი აპარატის ნებისმიერი დაზიანებაც ასევე წარმოადგენს ოსტეოართრიტის განვითარების პროგნოზულ ფაქტორს, მაგალითად, მოტეხილობამ, რომელიც მოიცავს სასახსრე ზედაპირს, შესაძლოა, გამოიწვიოს მეორადი ოსტეოართრიტის განვითარება [5]. გარდა ამისა, ისეთი მდგომარეობები, როგორცაა სახსრის დისპლაზია და განვითარების სხვა დარღვევები, რომლებიც იწვევენ სახსრების სტრუქტურულ ანომალიებს, მნიშვნელოვან როლს ასრულებს მენჯ-ბარძაყის სახსრის ოსტეოართრიტის განვითარებაში. მსუბუქი დისპლაზიური ცვლილებები, შესაძლოა, შეუმჩნეველი დარჩეს და განაპირობოს ოსტეოართრიტის განვითარება [6].

მრავალი კვლევა არსებობს ოსტეოართრიტის განვითარებაში გენეტიკური წინასწარგანწყობის როლის შესახებ. მემკვიდრეობითობის შეფასებით აღმოჩნდა, რომ მენჯ-ბარძაყის სახსრის ოსტეოართრიტის განვითარების პროგნოზი შეადგენს 65%-ს. ეპიდემიოლოგიურმა კვლევებმა გამოავლინა ოსტეოართრიტის არამენდელური



დამემკვიდრების ნიმუში [5]. მიუხედავად იმისა, რომ ამ კვლევებმა აჩვენა მნიშვნელოვანი გენეტიკური წინასწარგანწყობის წვლილი ოსტეოართრიტის განვითარებაში, დღემდე გამოვლენილ გენეტიკურ ვარიენტებს აქვთ მხოლოდ მცირე ეფექტები, რაც მიუთითებს მის რთულ, პოლიეტიოლოგიურ ბუნებაზე. ასევე დადგენილია, რომ გენეტიკური ფაქტორები მოქმედებენ სქეს-სპეციფიკური მექანიზმით, რაც სავარაუდოდ, მოდულირებულია გარემო და ადგილობრივი ბიომექანიკური ფაქტორებით და განსხვავებულად არის განაწილებული ქალებსა და მამაკაცებში [5].

სინოვიური სახსრები და მათ შორის მენჯ-ბარძაყის სახსარი წარმოადგენს კომპლექსურ სტრუქტურას, რომელიც ხელს უწყობს ძვლების მოძრაობას. ჰიალინურ ხრტილს, რომელიც მოთავსებულია ბარძაყის ძვლის თავში, გააჩნია უნიკალური შესაძლებლობა გაუძლოს დიდ დაწოლას და ამასთანავე შეინარჩუნოს მოძრაობის უნარი. ძალის გადანაწილება ხდება სუბქონდრულად მდებარე ძვალზე და მიიჩნევა, რომ ამ ძვლის მორფოლოგიური შენება პირდაპირ ასახავს მის ფუნქციას [7]. ხრტილსა და ხრტილისქვეშ მდებარე ძვალს ერთად ეწოდება **ოსტეოქონდრული ერთეული**. ოსტეოქონდრულ ერთეულში ჰიალინური ხრტილი დაკავშირებულია სუბქონდრულ ძვალთან კალციფიცირებული ხრტილოვანი ზონით, რომელსაც ეწოდება სუბქონდრული ფირფიტა [8]. ოსტეოქონდრული ერთეული ყალიბდება ოსიფიკაციის საბოლოო ეტაპზე. დაავადების განვითარების პროცესში ოსტეოქონდრული ერთეულის ერთი ნაწილის დაზიანება გავლენას ახდენს მის დანარჩენ ნაწილებზე. ნაჩვენებია, რომ ოსტეოართრიტის პროგრესიის პროცესში ხდება ხრტილის ნახეთქების ფორმირება. ამ დროს შესაძლებელია წარმოიქმნას ახალი სისხლძარღვები, რომლებიც პენეტრირებს კალციფიცირებულ ხრტილში და აძლიერებს სასიგნალო მოლეკულების გაცვლას ძვალსა და ხრტილს შორის [9]. შესაბამისად, შესაძლებელია ვივარაუდოთ, რომ ოსტეოართრიტის პათოგენეზში მნიშვნელოვან როლს თამაშობს ოსტეოქონდრული ერთეულის სხვადასხვა ნაწილებს შორის მჭიდრო კავშირი.

ქონდროციტი წარმოადგენს სასახსრე ხრტილის ჰომეოსტაზურ სენსორს და მნიშვნელოვან როლს ასრულებს ნორმალური ფიზიოლოგიური სტრუქტურისა და ფუნქციის შენარჩუნებაში. ბოლო დროინდელმა კვლევებმა აჩვენა, რომ სასახსრე ქონდროციტების ჰომეოსტაზის დარღვევას იწვევს მრავალი ფაქტორი, მათ შორის არანორმალური მექანიკური დატვირთვა და დაბერება. გარდა ამისა, გენეტიკურმა ცვლილებებმა TGF- $\beta$ /Smad, Wnt/ $\beta$ -catenin და Ihh სასიგნალო გზებში, შესაძლოა, დაარღვიოს ბალანსი ანაბოლურ და კატაბოლურ აქტივობას შორის და განაპირობოს უჯრედგარე მატრიქსის შეუქცევადი დეგრადაცია [10].

ენდოქონდრული ოსიფიკაციის დროს ქონდროციტების დიფერენციაცია და მომწიფება რეგულირდება რამდენიმე ძირითადი ზრდის ფაქტორით, მათ შორის TGF- $\beta$ -ით. ვინაიდან, TGF- $\beta$  აფერხებს ქონდროციტების მომწიფებასა და დიფერენციაციას, ამ სასიგნალო გზის დათრგუნვა წარმოადგენს ოსტეოართრიტის განვითარების პოტენციურ მექანიზმს. TGF- $\beta$  სასიგნალო გზის დათრგუნვა დაკავშირებულია ქონდროციტების ჰიპერტროფიასთან, რაც საბოლოოდ იწვევს ხრტილის დეგენერაციას. ამიტომაც, შემოთავაზებულია, ოსტეოართრიტის დროს TGF- $\beta$  სასიგნალო გზის ფარმაკოლოგიური გააქტიურება სასახსრე ხრტილის მთლიანობის შესანარჩუნებლად. თუმცა, ამ სტრატეგიის გამოყენებისას,

გასათვალისწინებელია, რომ ხანდაზმულ პაციენტებში ანაბოლური ALK5-Smad2/3 სასიგნალო გზა იცვლება კატაბოლურ ALK1-Smad1/5/8 გზამდე, შესაბამისად, TGF- $\beta$ -ს გააქტიურებამ, შესაძლოა, გააძლიეროს ხრტილის დეგრადაცია [10].

Wnt/ $\beta$ -catenin სასიგნალო გზა ჩონჩხისა და სახსრების განვითარების პროცესზე, შესაბამისად, შესაძლოა ჩართული იყოს ოსტეოართრიტის პათოგენეზშიც. ინ ვიტრო კვლევებმა აჩვენა, რომ აქტიური  $\beta$ -catenin-ის ჭარბი ექსრესია იწვევს ქონდროციტების ფენოტიპის დაკარგვას, მათ აბერანტულ ჰიპერტროფიას და ამით განაპირობებს მენჯ-ბარძაყის სახსრის ოსტეოართრიტის განვითარებას.

გენეტიკურმა კვლევებმა ასევე აჩვენა, რომ Ihh სასიგნალო გზის გააქტიურება იწვევს ქონდროციტების ჰიპერტროფიასა და შემდგომში სასახსრე ხრტილის სისქისა და პროტეოგლიკანის შემცველობის შემცირებას. რნმ-ის ინტერფერენცია (RNAi) განაპირობებს Ihh სასიგნალო გზის დაბლოკვას ქიმიური ინჰიბიტორებით გამოწვეული მძიმე გვერდითი ეფექტების გარეშე. თუმცა, ეს მექანიზმი, კლინიკურ პრაქტიკაში დანერგვამდე, საჭიროებს დამატებით კვლევებს.

ზემოთ ჩამოთვლილი ფაქტორების შემდგომი შესწავლა მნიშვნელოვანია ოსტეოართრიტის პროგრესირების რეგულირებისთვის. გარდა ამისა, ამ მექანიზმებმა, შესაძლოა, მნიშვნელოვანი როლი შეასრულოს სასახსრე ხრტილის რეგენერაციის პროცესში.

მენჯ-ბარძაყის სახსრის ოსტეოართრიტის პათოგენეზური მექანიზმები ჯერ-ჯერობით ბოლომდე ცნობილი არაა, თუმცა, ვარაუდობენ, რომ მნიშვნელოვან როლს ასრულებს სინოვიური გარსის დაზიანება. კერძოდ, სინოვიტი წარმოადგენს ერთ-ერთ ძირითად ფაქტორს რომელიც შესაძლებელია ასოცირდებოდეს ოსტეოართრიტის პროგრესიასთან, ხრტილის დაკარგვასა და დაავადების სიმპტომატიკის განვითარებასთან. ამჟამად, საკამათო საკითხს წარმოადგენს, თუ რატომ ხდება სინოვიტი ოსტეოართრიტის დროს. ყველაზე დამაჯერებელ ჰიპოთეზას წარმოადგენს ის, რომ დეგრადირებული ხრტილის ფრაგმენტები ხვდებიან სახსარში. სინოვიური გარსის უჯრედები მათ აღიქვამენ, როგორც უცხო სხეულს და რეაგირებენ ანთებითი მედიატორების წარმოქმნით. ეს მედიატორები ააქტიურებენ ხრტილის ზედაპირულ შრეში არსებულ ქონდროციტებს, რაც იწვევს მეტალოპროტეინაზას სინთეზასა და საბოლოოდ, ხრტილის დეგრადაციას. მედიატორებს ასევე შეუძლიათ გაააქტიურონ სინოვიური ანგიოგენეზი და გაზარდონ სინოვიური უჯრედების მიერ ანთებითი მედიატორებისა და მატრიქსის მეტალოპროტეინაზების სინთეზი [11].

როგორც უკვე აღვნიშნეთ, ანთებითი მედიატორების ადგილობრივი პროდუქცია ხელს უწყობს სინოვიური უჯრედების გააქტიურებასა და ხრტილის დეგრადაციას. თუმცა, ახალი კვლევებით დადასტურებულია, რომ ოსტეოართრიტიან პაციენტებში ეს ცვლილებები, შესაძლოა, გახდეს სისტემური და ანთებითი რეაქცია გავრცელდეს სახსრის გარეთ, პლაზმასა და პერიფერიული სისხლის ლეიკოციტებში [11].

ანთებითი რეაქცია გამოწვეულია, როგორც უჯრედგარე მედიატორებით, როგორცაა ციტოკინები და პროტეაზები, ასევე შიდა უჯრედული მექანიზმებით. ეს განაპირობებს ანთებითი მედიატორების რაოდენობის გაზრდასა და დაჟანგული ცილების ელიმინაციის შემცირებას. საინტერესოა, რომ ოქსიდაციურ სტრესს შეუძლია, ხელი შეუწყოს უჯრედების,

მათ შორის, ქონდროციტების ფიზიოლოგიურ დაბერებას. უჯრედულ დონეზე, დაბერება შეიძლება დაიყოს ორ ძირითად კატეგორიად: რეპლიკაციური და სეკრეტორული. ბევრ უჯრედს აქვს შეზღუდული პროლიფერაციული უნარი და მათი გაყოფის სიჩქარე პროლიფერაციის შემდეგ მცირდება (რეპლიკაციური დაბერება). თუმცა, უჯრედების სხვა ტიპებს, როგორცაა ქონდროციტი, აქვს გაყოფის დაბალი უნარი, რაც რეპლიკაციური დაბერების საშუალებას ნაკლებად იძლევა. თუმცა, ამ უჯრედებს აქვთ ხსნადი მედიატორების სინთეზის მაღალი უნარი, რაც მათ სეკრეტორულ დაბერებას განაპირობებს. დაბერებული ქონდროციტები კი ოსტეოართრიტის განვითარებას უწყობენ ხელს.

ოსტეოართრიტის სიხშირე იმატებს მენოპაუზის შემდეგ. ამ მექანიზმის შესასწავლად ჩატარდა კვლევა ოსტეოართრიტის პათოგენეზში ესტროგენის როლის დასადგენად. ესტროგენის რეცეპტორები გვხვდება ქონდროციტებში, სუბქონდრულ ოსტეობლასტებსა და სინოვიური გარსის უჯრედებში. მათი გააქტიურება დამოკიდებულია ესტროგენის კონცენტრაციაზე და ძირითადი ეფექტი გამოხატულია სახსარში IL-1-ის ექსპრესიისა და სეკრეციის დათრგუნვით. მეტიც, საკვერცხის ფუნქციის დათრგუნვას თან ახლავს პრო-ანთებითი ციტოკინების დონის სპონტანური მატება, რამაც, შესაძლოა, მონაწილეობა მიიღოს ზემოთ აღწერილი სინოვიტის განვითარებაში. თუმცა, ამ მოსაზრების დადასტურებისთვის დამატებითი კვლევებია საჭირო.

როგორც უკვე აღვნიშნეთ, სინოვიტი განაპირობებს ოსტეოართრიტის პათოფიზიოლოგიასა და სიმპტომებს ანთებითი ციტოკინების, ქემოკინებისა და სხვა მედიატორების პროდუქციის გაზრდის გზით. ამიტომაც, სინოვიალური ანთების აგრესიული ფორმების მკურნალობა წარმოადგენს ოსტეოართრიტის სიმპტომებისა და სტრუქტურის მოდიფიკაციის საფუძველს [12].

გარდა ამისა, ოსტეოართრიტის პათოგენეზში მნიშვნელოვან როლს თამაშობს როგორც თანდაყოლილი, ისე შეძენილი იმუნური სისტემის კომპონენტები. ნაჩვენებია, რომ თანდაყოლილი იმუნური სისტემის კონფიგურაციის ამომცნობი რეცეპტორები ამოიცნობენ არამხოლოდ ორგანიზმში მოხვედრილ უცხო პათოგენებს, არამედ ისინი ასევე რეაგირებენ ქსოვილის ლოკალურ დაზიანებაზეც, გამოიცნობენ რა დაზიანებასთან ასოცირებული მოლეკულურ ცვლილებებს. მსგავსი ცვლილებების ამოცნობის შემთხვევაში კონფიგურაციის ამომცნობი რეცეპტორების მიერ ხდება მრავალი სხვადასხვა ანთებითი სასიგნალო გზის გააქტიურება, რომელიც ჩვეულებრივ უზრუნველყოფს იმუნური რეაქციის განვითარებას და ქსოვილის აღდგენას, თუმცა აღნიშნული სასიგნალო გზის ხანგრძლივი დროის მანძილზე აქტივაცია ან მისი რეგულაციის მოშლა შესაძლებელია გახდეს ქრონიკული ანთების და ოსტეოართრიტის განვითარების მიზეზი. ოსტეოართრიტის პათოგენეზთან ასოცირდება სულ მცირე ოთხი ტიპის დაზიანებასთან ასოცირებული მოლეკულური ცვლილებები [13]. ესენია: 1) ექსტრაცელულური მატრიქსის დაშლის პროდუქტები, 2) პლაზმის ცილები, 3) შიდაუჯრედული ალარმინები (განგაშის გამშვები ციტოკინები), რომლებიც გამოთავისუფლდება დაზიანებული უჯრედების მიერ და 4) მიკროსკოპული ზომის კრისტალები, რომლებიც გამოთავისუფლდება ხრტილის დაზიანების შედეგად. ამ დროს გააქტიურებული კონფიგურაციის ამომცნობი რეცეპტორების ტიპია თოლლ-მსგავსი

რეცეპტორები (Toll Like Receptors - TLRs), რომელთა სტიმულაციაც ააქტიურებს სხვადასხვა ანთებით ტრანსკრიპციულ გზებს. ადამიანის 10 ტიპის TLR-დან, ოსტეოართრიტის მქონე პაციენტების სინოვიურ გარსში ყველაზე ხშირადაა გამოვლენილი TLR9. გარდა აღნიშნული მოლეკულებისა, ნაჩვენებია რომ დაზიანებასთან ასოცირებული მოლეკულური ცვლილებების საპასუხოდ ასევე ხდება მაკროფაგების აქტივაცია [14]. რაც შეეხება ადაპტაციურ იმუნურ სისტემას, მისი როლი ოსტეოართრიტის ჩამოყალიბების პროცესში ნაკლებადაა შესწავლილი და თითქმის არ არსებობს მონაცემები ამ საკითხის გარშემო.

**Notch და NF-κB** სასიგნალო გზები არეგულირებს სახსრის ქონდროციტების ჰომეოსტაზს და მონაწილეობენ ოსტეოართრიტის განვითარებაში სხვადასხვა მექანიზმით. ძვლის ჰომეოსტაზში Notch სასიგნალო გზები განაპირობებს ძვლის ტვინში მეზენქიმური წინამორბედი უჯრედების შენარჩუნებას ოსტეობლასტების დიფერენციაციის სუპრესიის გზით. ამ სასიგნალო გზის არასწორმა აქტივაციამ, შესაძლოა, გამოიწვიოს შუამდებარე და ღრმა შრის ქონდროციტების დეგენერაციული ცვლილებები [15]. ბევრმა ექსპერიმენტულმა კვლევამ დაადასტურა, რომ ქონდროციტებსა და სინოვიურ უჯრედებში NF-κB სასიგნალო გზის გააქტიურება იწვევს ანთებითი ციტოკინებისა და კატაბოლური ფერმენტების გაძლიერებულ წარმოებას. NF-κB სასიგნალო გზა აქტიურდება ოსტეოართრიტულ ქონდროციტებში დაბერებისა და ანთების დროს და ჩართულია მის პათოგენეზში. ეს სასიგნალო გზა მონაწილეობს ანთებასთან დაკავშირებული ფაქტორების, მათ შორის, MMP ცილების, აზოტის ოქსიდის სინთაზას (iNOS), IL-1β და TNFα-ს ინდუცირებაში. ინდუცირებული ციტოკინები კი მეტად ააქტიურებენ სასიგნალო მოლეკულების კასკადს [16].

სხვადასხვა კვლევებით ასევე ნაჩვენებია, რომ ოსტეოართრიტის პათოგენეზში მნიშვნელოვან როლს ასრულებს სისხლძარღვების ზრდის ფაქტორის მონაწილეობას (vascular endothelial growth factor (VEGF)). ანთებითი სინოვიური გარსის მიერ წარმოქმნილმა VEGF-მა შესაძლებელია ხელი შეუწყოს ანგიოგენეზს და შესაბამისად სახსრის ინფილტრაციას იმუნური უჯრედებით, რომლებიც ხელს უწყობენ ანთების განვითარებას. ცხოველების მოდელებზე ჩატარებული კვლევებით, ნაჩვენებია, რომ VEGF დამიზნებითი თერაპია მნიშვნელოვნად ამცირებს ოსტეოართრიტის პროგრესიას [17].

Schmidt და კოლეგების მიერ მოწოდებულია ანთებითი ინდექსის შეფასება არაანთებითი ანთებითი და რევამტოიდული ართრიტის დიფერენციული დაიგნოსტიკის მიზნით, რომელიც ძირითადად ეფუძნება ოსტეოართრიტების დროს იმუნური ინფილტრატის რაოდენობის შეფასებას. თუმცა ეს არის სადღეისოდ არსებული ერთადერთი კვლევა და საჭიროა დამატებითი კვლევები ანთებითი ინდექსის როლის შესახებ აღნიშნული დაზიანებების დიფერენციულ დიაგნოსტიკაში [18]. გარდა ამისა ანთებითი ინდექსი შესაძლებელია გამოყენებული იქნას სხვადასხვა ტიპის ოსტეოართრიტების პროგრესიის და რეციდივის რისკის შესაფასებლად, თუმცა ამ მიმართულებით კვლევები ჯერ-ჯერობით ჩატარებული არაა.

აღნიშნული ფაქტორების გარდა ოსტეოართრიტის პათოგენეზში ასევე შესაძლებელია მონაწილეობდნენ ღეროვანი უჯრედები. მაგალითად, Haynes და კოლეგების მიერ ნაჩვენებია, რომ სინოვიურ გარსში ვლინდება ღეროვანი უჯრედების მთავარი მარკერის CD44-ის

ექსპრესია. აღნიშნული მარკერის ექსპრესია 10-ჯერ ოსტეოართრიტის დროს. თუმცა, როგორც სხვა დანარჩენი დაკვირვებები, აღნიშნულიც საჭიროებს დამატებით შესწავლას.

ბოლო რამდენიმე წლის განმავლობაში გაჩენილი მტკიცებულებები ადასტურებენ, რომ ოსტეოართრიტი წარმოადგენს ჰეტეროგენულ დაავადებას მრავალი კლინიკური და მოლეკულური ფენოტიპით. ამ ფენოტიპების ზუსტი იდენტიფიცირება ამჟამად კვლევის საგანია. მათი შესწავლა მნიშვნელოვანია ოსტეოართრიტის პათოგენეზის ზუსტი მოლეკულური მექანიზმების გასაგებად, რაც შემდგომში განაპირობებს პრევენციისა და მკურნალობის ეფექტური მეთოდების შემუშავებას [19].

ბევრი რამ არის შესწავლილი სტრუქტურული და მოლეკულური ცვლილებების შესახებ, რომელიც მიმდინარეობს ოსტეოართრიტული ხრტილის უჯრედგარე მატრიქსსა და ქონდროციტებში. იმ სტრუქტურულ ცვლილებებს, რომელიც ვლინდება გამოსახულებითი ტექნიკის გამოყენებით სასახსრე ხრტილში, სუბქონდრულ ძვალსა და სხვა პერიარტიკულარულ ქსოვილებში, წინ უსწრებს მოლეკულური ფაზა, რომელიც ფარულად მიმდინარეობს წლების განმავლობაში [19]. არსებობს მთელი რიგი მოლეკულური ცვლილებები, რომელიც ხდება ქონდროციტებსა და უჯრედგარე მატრიქსში. უახლესმა კვლევებმა გამოავლინა ფენოტიპური ცვლილებები უჯრედულ დონეზე, მეტაბოლური ცვლილებები მიტოქონდრიულ და გლიკოლიზურ დონეზე. ხრტილის უჯრედგარე მატრიქსში უფრო მნიშვნელოვანი ცვლილებები ხდება დაავადების შუა და გვიან ეტაპებზე და მათი მონიტორინგი შესაძლებელია უჯრედგარე მატრიქსის დაშლის შედეგად მიღებული ბიოქიმიური მარკერების ანალიზის გამოყენებით [20].

გამოკვლევისთვის ღირებული ბიოქიმიური მარკერები უნდა აკმაყოფილებდნენ შემდეგ კრიტერიუმებს: მათი მიღება შესაძლებელი უნდა იყოს არაინვაზიური პროცედურით, უნდა უზრუნველყოფდნენ დაავადების გამოსავლის პროგნოზსა და გააჩნდეთ პოტენციური თერაპიული მიზნები. ამჟამად, ოსტეოართრიტის დიაგნოსტიკისთვის გამოიყენება სისხლის, შარდისა და სინოვიური სითხის ნიმუშები. სისხლისა და შარდის გამოკვლევა პრიორიტეტულია, რადგან მასალა ადვილად ხელმისაწვდომია, თუმცა, სინოვიური სითხის გამოკვლევით, ცვლილებები, შესაძლოა, ადრეულ ეტაპზე გამოვლინდეს[21].

ცვლილებები, რომელიც მიმდინარეობს ოსტეოართრიტის დროს, საუკეთესოდ გამოვლინდება შრატის ბიომარკერების შესწავლისას. არსებობს სარწმუნო მონაცემები შრატის სხვადასხვა ინტერლეიკინის ოსტეოართრიტის ბიომარკერებად გამოყენების მხარდასაჭერად. როგორც ცნობილია, IL-21 და IL-17a სეკრეტირდებიან T-უჯრედების მიერ და წარმოადგენენ იმუნური პასუხის მედიატორებს. მათი ექსპრესია მკვეთრად არის გაზრდილი ოსტეოართრიტის დროს. შესწავლილია კიდევ ერთი ციტოკინი - IFN- $\gamma$ , რომლის ექსპრესიაც ასევე მომატებულია ოსტეოართრიტის დროს. თუმცა, IFN- $\gamma$  პასუხისმგებელია MHC I კლასის მოლეკულების პროდუქციაზე, ამიტომაც, მისი რაოდენობა იზრდება ასეპტიკური ვირუსული ართრიტების დროსაც. შესაბამისად, ის, შესაძლოა, არ წამოადგენს ოსტეოართრიტის სპეციფიკურ ბიომარკერს[21].

შრატის სხვა ცილებიდან მნიშვნელოვანია Fibulin-3, COMP და ColX. Fibulin-3 წარმოადგენს მნიშვნელოვან ბიომარკერს, რადგან მისი ექსპრესია კორელაციაშია დაავადების

გამოსავალთან, შესაბამისად, იძენს პროგნოზულ მნიშვნელობას [22]. COMP ცილასაც პროგნოზული მნიშვნელობა აქვს და უარყოფით კორელაციაშია დაავადების გამოსავალთან. ამ მარკერის გამოყენებისას, გასათვალისწინებელია ის ფაქტი, რომ მისი რაოდენობა იმატებს ოსტეოართრიტის დროსაც. თუმცა, ეს უკანასკნელი ასოცირდება სხვა მარკერებთან, მათ შორის რევმატოიდულ ფაქტორთან და ანტი-ციტრულინის ანტისხეულებთან. რაც შეეხება ColX ცილას, წარმოადგენს პოტენციურ ბიომარკერს ოსტეოართრიტისთვის, მაგრამ მისი ექსპრესიის გაზრდა არ ფიქსირდება დაავადების ადრეულ ეტაპზე. ColX ცილის ექსპრესია დამახასიათებელია იმ პაციენტებისთვის, რომელთა KL ქულა >2-ზე [21].

სადღეისოდ არსებული ლიტერატურული მონაცემები ოსტეოართრიტების ჰისტოპათოლოგიური მახასიათებლებისა და მოლეკულური მარკერების შესახებ ძალიან მწირია. თითქმის არ არსებობს ლიტერატურა ოსტეოართრიტის პროგრესიის და რეციდივის რისკის მახასიათებლების შესახებ.

დღეს-დღეობით არ არსებობს აღნიშნული დაზიანებების ერთგვაროვანი კლინიკური მენეჯმენტი. გარდა ამისა ცნობილია, რომ აღნიშნული დაზიანებები პროგრესული ბუნებისაა და შესაძლებელია რეციდივის განვითარება მკურნალობის შემდეგ. დიდი მნიშვნელობა ენიჭება ოსტეოართრიტის პროგრესიის ჰისტოპათოლოგიური და მოლეკულური მახასიათებლების გამოვლენას, რადგან ამ დაზიანებათა პროგნოზის განსაზღვრა მხოლოდ კლინიკური კვლევებით შეუძლებელია.

#### გამოყენებული ლიტერატურა:

- [1] E. R. Vina and C. K. Kwok, "Epidemiology of osteoarthritis: literature update.," *Curr. Opin. Rheumatol.*, vol. 30, pp. 160–167, 2018.
- [2] M. Cucchiari, "Basic science of osteoarthritis.," *J. Exp. Orthop.*, vol. 3, Sep. 2016.
- [3] M. J. Lespasio, "Hip Osteoarthritis: A Primer.," *Perm. J.*, vol. 22, 2018.
- [4] K. M. Lee, "Risk factors for osteoarthritis and contributing factors to current arthritic pain in South Korean older adults.," *Yonsei Med. J.*, vol. 56, pp. 124–131, 2015.
- [5] B. Yucesoy, L. E. Charles, B. Baker, and C. M. Burchfiel, "Occupational and genetic risk factors for osteoarthritis: A review," *Work*, vol. 50, no. 2. IOS Press, pp. 261–273, 2015. doi: 10.3233/WOR-131739.
- [6] Murphy NJ, Eyles JP, and Hunter DJ, "Hip osteoarthritis: Etiopathogenesis and implications for management. ," *Adv Ther*, vol. 33, Nov. 2016.

- [7] v. M. old M and Munjal A, “Anatomy, Bony Pelvis and Lower Limb, Hip Joint.,” *Treasure Island (FL): StatPearls Publishing*, 2020.
- [8] B. M. Saltzman and J. C. Riboh, “Subchondral Bone and the Osteochondral Unit: Basic Science and Clinical Implications in Sports Medicine.,” *Sports Health*, vol. 10, p. 412418, 201AD.
- [9] S. R. Goldring and M. B. Goldring, “Changes in the osteochondral unit during osteoarthritis: structure, function and cartilage-bone crosstalk.,” *Nat. Rev. Rheumatol.*, vol. 12, pp. 632–644, Nov. 2016.
- [10] B. Xia, di Chen, J. Zhang, S. Hu, H. Jin, and P. Tong, “Osteoarthritis Pathogenesis: A Review of Molecular Mechanisms,” *Calcified Tissue International*, vol. 95, no. 6. Springer Science and Business Media, LLC, pp. 495–505, Nov. 21, 2014. doi: 10.1007/s00223-014-9917-9.
- [11] F. Berenbaum, “Osteoarthritis as an inflammatory disease (osteoarthritis is not osteoarthritis!),” *Osteoarthritis and Cartilage*, vol. 21, no. 1. pp. 16–21, Jan. 2013. doi: 10.1016/j.joca.2012.11.012.
- [12] A. Mobasheri, S. Saarakkala, M. Finnilä, M. A. Karsdal, A. C. Bay-Jensen, and W. E. van Spil, “Recent advances in understanding the phenotypes of osteoarthritis,” *F1000Research*, vol. 8. F1000 Research Ltd, 2019. doi: 10.12688/f1000research.20575.1.
- [13] L. M. Mullen, G. Chamberlain, and S. Sacre, “Pattern recognition receptors as potential therapeutic targets in inflammatory rheumatic disease.,” pp. 1–10, 2015.
- [14] G. Barreto, M. Manninen, and K. K Eklund, “Osteoarthritis and Toll-Like Receptors: When Innate Immunity Meets Chondrocyte Apoptosis.,” *Biology (Basel)*, vol. 9, Mar. 2020.
- [15] Liu Z *et al.*, “Notch signaling in postnatal joint chondrocytes, but not subchondral osteoblasts, is required for articular cartilage and joint maintenance. *Osteoarthritis Cartilage.*,” vol. 24, 2016.
- [16] Taku Saito and Sakae Tanaka, “Molecular mechanisms underlying osteoarthritis development: Notch and NF- $\kappa$ B,” May 2017.
- [17] M. Nagao, “Vascular Endothelial Growth Factor in Cartilage Development and Osteoarthritis.,” *Sci. Rep.*, vol. 7, Oct. 2017.
- [18] T. Schmidt, “General synovitis score and immunologic synovitis score reflect clinical disease activity in patients with advanced stage rheumatoid arthritis.,” *no*, pp. 1–9, Apr. 2019.
- [19] Bierma-Zeinstra SM and van Middelkoop M, “Osteoarthritis: In search of phenotypes.,” *Nat Rev Rheumatol.* , 2017.
- [20] R. D. Bay-Jensen AC and Kjølgaard-Petersen CF, “Osteoarthritis year in review 2015: soluble biomarkers and the BIPED criteria.,” *Osteoarthritis Cartilage.*, vol. 24, 2016.

- [21] A. Munjal, S. Bapat, D. Hubbard, M. Hunter, R. Kolhe, and S. Fulzele, “Advances in Molecular biomarker for early diagnosis of Osteoarthritis,” *Biomol Concepts*, vol. 10, no. 1, pp. 111–119, 2019, doi: 10.1515/bmc-2019-0014.
- [22] Runhaar J, Sanchez C, Taralla S, Henrotin Y, and Bierma-Zeinstra SM, “Fibulin-3 fragments are prognostic biomarkers of osteoarthritis incidence in overweight and obese women. Osteoarthritis and Cartilage.” *Osteoarthritis Cartilage*, vol. 24, 2016.

## **Structural-molecular features of the osteochondral unit of the femur head and the synovial membrane and characteristics of progression and relapse in different types of osteoarthritis**

A critical review

**Nino Kavtaradze<sup>1</sup>; Elene (Dodo) Qartvelishvili<sup>2</sup>, Shota Kepuladze<sup>3</sup>, Giorgi Burkadze<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>PhD Student at Tbilisi State Medical University; <sup>2</sup> Emeritus Professor at Tbilisi State Medical University;

<sup>3</sup>PhD Student at Tbilisi State Medical University, Clinical Pathologist; <sup>4</sup>Professor at Tbilisi State Medical University, Head of the Department of Molecular pathology;

---

### **Abstract**

Osteoarthritis, also known as degenerative joint disease, is the most common joint pathology. As a degenerative disease, osteoarthritis can develop in any joint. Broad classification of osteoarthritis includes two main types such as primary and secondary osteoarthritis. Primary osteoarthritis is of idiopathic origin, i.e. its cause is unknown and is usually characterized by multiple joint damages. Secondary osteoarthritis, usually develops in one joint. Currently, there is no uniform clinical management of these injuries. In addition, it is known that the mentioned lesions are progressive in nature and relapse is possible after treatment. The histopathological and molecular characteristics of the progression of osteoarthritis are of great importance because the prognosis of these lesions cannot be determined only by clinical studies. Currently, available literature data on histopathological characteristics and molecular markers of osteoarthritis are very scarce. There is almost no literature on risk factors for osteoarthritis progression and relapse.

**Key words:** *osteoarthritis; progress; risk of relapse; synovial membrane;*



---

## Introduction of the classification in accident Risk Factors, its information control and response elements at the National Center for Tuberculosis and Lung Diseases.

### Accident Risk Factors

**Davit Kukhalashvili**

Head of the Infection Control, Monitoring and Occupational Safety Supervision Service at National Center for Tuberculosis and Lung Diseases. Ph.D. student in the doctoral program "Occupational Safety and Health" of the Faculty of Mining and Geology at the Georgian Technical University.

---

#### Abstract

The current situation in terms of labor safety in the country are directly reflected in the process of stable development of the state. It is significantly connected to maintaining the skilled and strong working population in the state, establishing and preserving a safe investment environment, which makes this field the most important one for the national security of the country. National Center for Tuberculosis and Lung Diseases is trying to create and improve a safe working environment based on state position. This research also serves to share foreign experience and respect the legislation of own state. Increasing awareness of information related to risk factors of the accidents, occupational safety and risk assessment processes will further improve labor safety at the National Center for Tuberculosis and Lung Diseases.

**Key words:** occupational safety, infection control, accident risk factors, information control, National Center for Tuberculosis and Lung Diseases.

In order to create sustainable national security within the states, complex measures are aimed at creating and strengthening a system of preventive labor safety. All employees have an obligation to take important preventive actions in the workplace and on the ground to prevent accidents, occupational diseases, to protect the health and life of the employees and others. In the process of organizing a safe working environment, special attention is paid to the identification of accident risk factors and the establishment of an information security process characterized by timeliness, reliability and completeness. Accordingly, since we will have a definite accident risk classifier, we can formulate

a solid information security system. Such approaches help organizations, companies and manufacturing establishments to avoid any accidents in the workplace, respectively financial, moral and legal damage.

National Center for Tuberculosis and Lung Diseases systematically plans and implements preventive measures based on the legislation of Georgia and international experience, processes of the incident and failed accident investigation, video training, video instruction, systematic procedures and instructions. The already mentioned opinion is confirmed by the statistical data, according to which: [1] The following measures were taken by the National Center for Tuberculosis and Lung Disease Infection Control, Monitoring and Occupational Safety Service for January-November 2021:

In terms of occupational safety, 1137 incidents were reported (including 2 incidents belonging to the minor accident category, a team investigation process was conducted around the failed 43 accident cases). In order to prevent a recurrence of incidents, the target groups and their leaders received 90 instructions, 193 training (including 84 video training). There were established 47 units of work safety procedures/instructions, and an electronic library regarding labor safety. Systematically, the results of assessing the situation and risks were sent to employees by e-mail. Employees of all ranks, industry specialists and trade union representatives participated in all these processes.

It should be noted that since January 2020 [2] the assessment of the workplace / on-site situation is carried out taking into account the physical, chemical and biological risk factors, which are based on Finnish experience and do not conflict with Georgian legislation, according to which: [3]

**Physical factors** are: temperature, humidity, air velocity, heat radiation, ionizing and non-ionizing radiation, industrial noise, ultrasound, infrared, vibration, predominantly fibrogenic aerosols (dust), lighting, aerosols, electrodes;

**Chemical factors** include: chemical substances obtained, some substances of a biological nature (antibiotics, vitamins, hormones, enzymes, protein preparations) and/or substances for the control of which chemical analysis and detection methods are used;

**Biological factors** are viruses, living cells and spores, pathogenic microorganisms, microorganisms in preparations - produces.

The analysis of the mentioned sources shows that the risk factors of accidents are not taken into account in the Georgian legislation. Consequently, the need to assess the situation and risks is not on the agenda. According to the labor safety policy of the National Center for Tuberculosis and Lung Diseases, the center is constantly striving to create and improve safe working conditions. Based on this principle, the classification of accident risk factors is prioritized on the agenda and it is introduced in the center.

Nowadays they [4] differentiate risk factors for accidents:

1. **Danger of slipping.** Such a danger may arise when exposed to the workspace, in certain when: there is a risk of slipping on the floor, stairs and corridor due to a faulty sorting-cleaning process. The

same danger is posed by ignoring the process of proper clearing of the roadway that is exposed to frost. The probability of danger increases when food and water are spilled on the floor and it is not possible to clean them in time. The danger is on the face, the floor is wet, and the place is not fenced, no proper warning sign is placed;

**2. Danger of falling.** Such a danger may arise when faced with a workplace with the following situation: the carriage of a cargo of certain size when its transporter's field of vision is limited. The probability of danger is increased when the use of a damaged staircase in the workspace/place, the space and the place where the floor is damaged, which increases the probability of raising the foot, turning the foot. The danger is expected when obstructive objects are fixed at the places / exits, and when the employee is walking on the stairs with a load, the employee makes a sharp turn, which is an important reason for the loss of balance. The danger may arise while ensuring the timely completion of the work process by the employee, at a pronounced speed, while moving a large number of items at once.

**3. Fall from heights, ascents and descents.** Such a hazard may arise when there is a need to ascend and descend at the workplace / site and there is a risk of damage due to: faulty road, frozen, wet surface, lack of dams, road and general warning signs and railings. The probability of danger is increased if depreciated stairs are used during the work, as well as when there is insufficiency of personal protective equipment. Danger may arise when using non-factory scaffolding in the workplace, in case it is not designed correctly, in case of non-standard height of the scaffolding railing someone might fall.

**4. Density between subjects.** Such a danger may arise when there are moving objects in the workplace that can cause full body/partial mutilation in the process of movement;

**5. Danger of staying indoors.** Such a danger may arise when there is a very small exit in the workspace, which is a reason to inspire the risk of being stuck in a narrow and cold building;

**6. Electrical appliances and static electricity.** Such a danger may arise when we come across the use of faulty equipment in the workplace, which poses a risk of electrical damage or a high probability of a fatal outcome;

**7. Cargo shipments and other movements.** Such a danger may arise in the workplace: when transporting cargo, we might see damaged / amortized transport equipment, where there are no pedestrian path and road safety signs. **The probability of danger** is increased if a significant part of the road surface is damaged on the road section.

**8. Oxygenless or lack of oxygen.** Such a danger may arise when loads / items in the workplace / workplace, indoors, as well as in closed containers are distinguished by oxygen uptake.

**9. Danger of getting into the water.** Such a danger may arise when there is no salvation despite the high probability of drowning.

**10. Dangers of falling objects / items.** Such a danger may arise when objects and things fall into the workplace and fall on the employee / other people, there is a high probability of getting injured in the form of a wound and a cut;

**11. Lack of individual and collective remedies.** Such a threat may arise when there are no individual and collective remedies to prevent an accident in the workplace, or they exist but are not being used.

**12. Dangerous jobs and risks.** Such a danger may arise when the workplace is faced with the thought of organizing work in a high-risk environment, using hazardous methods, excluding compliance with procedures and instructions, and refusing to use protective equipment.

**13. Special situations and disadvantages.** Such a threat may arise when appropriate work is carried out in the workplace/on-site to eliminate special situations and deficiencies, at which time there is still a high probability of an accident occurring because the work is being carried out in violation of safety norms and requirements.

**14. Alcohol and drug use.** Such a threat may arise when the employees at workplace are in a state of a hangover or under alcohol and drug use.

**15. Deficiencies in emergency alarms and rescue equipment.** Such a threat may arise when faced with an inoperable security system at work / on-site, with inadequate faulty alarms, or with faulty rescue equipment;

**16. Disadvantages in the first aid system.** Such a danger may arise when there is no person in charge of first aid detection in the workplace / on-site or there is no training provided in this area, and there are no first-aid facilities on-site.

After defining the classification of accident risk factors, we can describe the important segments of information provided as follows:

## **1. Physical and video monitoring of the Center for Tuberculosis and Lung Diseases:**

### **1.1. Infection Control, Monitoring and Occupational Safety Supervision Service:**

**1.1.1. Supervisor** (actions to obtain information: workplace visits, analysis of daily reports, telephone, radio communication);

**1.1.2. Video monitoring specialist** (actions to obtain information: workplace visits, video monitoring, telephone, radio communication);

**1.1.3. Physical monitoring specialist** (actions to obtain information: bypassing workplaces, using telephone, radio);

**1.1.4. Occupational Safety Specialist** (actions to obtain information: planned and necessary visits to workplaces, telephone, radio communication);

**1.1.5. Epidemiologist** (actions to obtain information: planned and necessary rotation of workplaces, telephone, radio communication);

**1.1.6. Specialist-Analyst Supervisor** (actions to obtain information: analysis of daily reports, by telephone, using radio communication);

**1.1.7. Specialist in the field of environmental protection** (actions to obtain information: Planned bypassing workspaces, using telephone, radio communication);

(Means of providing information: internal telephone connection, mobile communication means, service e-mail, radio communication, daily, report on work performed, etc.).

**2. Contractor of the Center, Relevant service of the Security Police Department of the Ministry of Internal Affairs**, whose function includes physical and video monitoring of the center's perimeter (means of providing information: internal telephone connection, mobile communication, service e-mail, radio communication, daily work report, etc).

**3. Head of all departments of the Center and employees of the Center**, on the basis of personal notification (means of providing information: internal telephone connection, mobile communication, e-mail of the service, report card, verbal / written statement, etc.);

**4. Other (contractor, visitor, principal, etc.) and third-party (patient)** in the center's workspace on the basis of a personal message (means of providing information: internal telephone connection, mobile communication, service e-mail, verbal / written application and Other);

If the collection of information on the above risk factors during physical monitoring is simplified, incomplete coverage of video monitoring in compliance with Georgian legislation becomes an important favorable condition for information restriction. Nevertheless, the above-listed information sources appear to be limited circumstances for the information vacuum.

Good understanding, timely retrieval and accurate analysis of information on accident risk factors provide an important opportunity to avoid accidents in a timely manner. For example:

**Case 1 - Danger of slipping.** Video and physical monitoring specialists on duty noticed that the workspace of the center was covered with snow at 05:30, including the section of the road used for traffic - downhill. Due to the rapid variability of temperature, the road froze and the entry of vehicles by 08:30 hours increased the likelihood of road accidents. 30 minutes before the start of the service, the specialists make a decision to completely restrict traffic until the danger is eliminated. This will be the right thing to do, as documenting and forwarding information to the management team carries some risk, and if traffic continues, there is a high probability that an accident will occur.

**Case 2 - Danger of falling.** At 12:30 pm at the reception of the center, the employees left the folding stairs at the workplace after use, which created a danger of falling due to the high intensity of the movement of third parties - patients in this area. The video surveillance officer created a document confirming the incident to be entered and sent to the "Analytical Report of the work to be performed"

the next day. **This was not a correct action**, because according to the principles of timely prevention of danger, a specialist could carry out the process of informing a competent person by telephone or radio to rectify the situation (timely removal of the ladder).

Upon receipt of the information on accident risk factors, the occupational safety specialist / specialist-analyst sends a warning / instruction document to the target groups on specific factors to ensure timely rectification of the situation, at the same time, a risk assessment is being organized and a group investigation with the qualification of "failed accident" is being carried out (including with the participation of a trade union representative).

At present, the National Center for Tuberculosis and Lung Diseases provides the highest quality information on physical, chemical, biological and ergonomic risk factors, according to the "Situation Study Document" [5], which is the supporting document for risk assessment by the center's divisions. As for accident risk factors, they are not separated and are linked to physical hazard factors. Therefore, it would be appropriate to separate accident risk factors from other types of hazards and to properly complete and review the assessment document.

Nowadays, group investigations are underway at the Center into "Accidents" [6] and "Failed Accidents" [7]. Accordingly, it should be considered acceptable to make an appropriate change in the form already adapted according to the research sub-directions: **"Danger of slipping", "Danger of falling", "Falling from a height, ascents and descents", "Density between objects", "Danger of staying indoors", "Electrical appliances and static electricity", "Cargo shipping and other movements", "Oxygenless or lack of oxygen", "Danger of getting into the water", "Dangers of falling objects", "Lack of individual and collective remedies", "Dangerous jobs and risks", "Special situations and shortcomings", "Alcohol and drug use", "Deficiencies in emergency alarms and rescue equipment", "Disadvantages in the first aid system"**.

One of the most important processes is to control the implementation of the recommendations given as a result of risk assessment and/or warning instruction on accident risk factors, which is a favorable condition for the elimination of hazards in the research direction. Therefore, according to the research, **the facts of non-correction of the situation should be considered as the basis for the investigation** of the incident with the qualification of "accident risk factors".

**Thus we can conclude the following:**

1. The assessment of the workplace situation should be carried **out in conjunction with the physical**, chemical and biological risk factors for accident risk factors, based on Finnish experience and not in conflict with Georgian law.
2. Gathering, generalization and analysis of information on risk factors for accidents in the workplace will be carried out through the classifier referred to in the study, including the use of physical and video monitoring;

3. The occupational safety specialist will carry out the risk assessment process based on site risk assessment document using the Accident Risk Factor Classifier.

4. **Regarding the risk factors of accidents**, it will be possible to make the change in the existing form for the investigation of group "accident" and "failed accident" in the center, in compliance with the sub-directions of the investigation. This will be significant for the analytical processes.

5. Similar to existing hazards, existing control mechanisms will be implemented to monitor compliance with the risk assessment and/or warning-instruction recommendations, which will be a favorable condition for excluding hazards in the study area. Therefore, according to the research directions, **the facts of non-correction of the situation will be considered** as the basis for the investigation of the incident, qualified as "accident risk factors";

6. By creating the situation described in paragraphs 1-5, a favorable environment will be created in the center to improve safe working conditions;

## References

1. Analytical document on the work done by the National Center for Tuberculosis and Lung Diseases, Infection Control, Monitoring and Occupational Safety Supervision Service from January to November 2021, 4985/05 - 30 .11.21;

2. Occupational safety assessment methodology (instruction “) N 64 / 05-18.01. 2020. National Center for Tuberculosis and Lung Diseases. Page 3;

3. Organic Law of Georgia: "On Labor Safety",  
<https://matsne.gov.ge/document/view/4486188?Publication = 1;>

4. Workplace risk assessment (practical guide). Edition 1. The Finnish Experience. 2016. Georgian Employers' Association (GEA). Page 70.;

5. "Methodology for assessing the situation at the facility in terms of occupational safety (instruction)" N 64 / 05-18.01. 2020. National Center for Tuberculosis and Lung Diseases. 3 pages;

6. "Procedure for investigation and registration of accidents (incidents) that failed at the workplace / place", N 691 / 05-20.02.2020. National Center for Tuberculosis and Lung Diseases. 9 pages;

7. "Rules for registration, investigation and reporting of accidents at work / on-site", N 2147 / 05-27.05.2021. National Center for Tuberculosis and Lung Diseases. 16 pages;

# უბედური შემთხვევების რისკის ფაქტორების კლასიფიკატორის დანერგვა, მისი ინფორმაციული კონტროლის და მასზე რეაგირების ელემენტები სს ტუბერკულოზისა და ფილტვის დაავადებათა ეროვნულ ცენტრში

## დავით კუხალაშვილი

სს ტუბერკულოზისა და ფილტვის დაავადებათა ეროვნული ცენტრის, ინფექციის კონტროლზე, მონიტორინგზე და შრომის უსაფრთხოებაზე მეთვალყურეობის სამსახურის უფროსი. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის სამთო-გეოლოგიური ფაკულტეტის სადოქტორო პროგრამის „პროფესიული უსაფრთხოება და ჯანმრთელობა“ დოქტორანტი.

## აბსტრაქტი

სახელმწიფოში შრომის უსაფრთხოების კუთხით არსებული ვითარება პირდაპირ ასახავს პოპულაციას სახელმწიფოს სტაბილური განვითარების პროცესზე. იგი პირდაპირ უკავშირდება სახელმწიფოში შრომისა და ბრძოლის უნარიანი მოსახლეობის შენარჩუნებას, უსაფრთხო საინვესტიციო გარემოს შექმნა-შენარჩუნებას, რაც ამ დარგს ქვეყნის ეროვნული უსაფრთხოებისათვის უმნიშვნელოვანესი დარგის სტატუსს სძენს. სს ტუბერკულოზისა და ფილტვის დაავადებათა ეროვნული ცენტრი, სახელმწიფოებრივი პოზიციებიდან გამომდინარე დღეისათვის ცდილობს უსაფრთხო შრომის გარემოს შექმნა-გაუმჯობესებას. აღნიშნული კვლევა, უცხოური გამოცდილების გაზიარებასა და საკუთარი სახელმწიფოს კანონმდებლობის პატივისცემას ემსახურება. უბედური შემთხვევების რისკის ფაქტორებთან დაკავშირებით ინფორმაციული უზრუნველყოფის, შრომის უსაფრთხოების კუთხით ვითარებისა და რისკების შეფასების პროცესების დანერგვა, სს ტუბერკულოზისა და ფილტვის დაავადებათა ეროვნულ ცენტრში შრომის უსაფრთხოების პროცესის კიდევ უფრო გაუმჯობესებას შეუწყობს ხელს.

**საკვანძო სიტყვები:** შრომის უსაფრთხოება, ინფექციის კონტროლი, უბედური შემთხვევების რისკის ფაქტორები, ინფორმაციული კონტროლი, ტუბერკულოზისა და ფილტვის დაავადებათა ეროვნული ცენტრი



## New normality of agriculture against the background of infodemia (Georgian example)

Natia Kuprashvili<sup>1</sup>, Nino Chalaganidze<sup>2</sup>, Irma Choladze<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Ivane Javakhishvili Tbilisi State University, Doctor of Journalism, Associated Professor; <sup>2</sup>Ivane Javakhishvili Tbilisi State University, Doctor of Journalism, Associated Professor; <sup>3</sup> Doctoral Candidate of the Caucasus International University, Invited Specialist of the Samtskhe-Javakheti University

### Abstract

Growing technological development in the last decades and a traditional media environment modified due to the stated reason has placed Journalism before absolutely new challenges, mainly before necessity of struggling with false information and propagandistic narrative. On the first hand, it should solely select information source, moreover, personally create and share a definite information, and, on the another hand it created a real opportunity of spreading of media materials burdened with propaganda and hate speech.

The key functions for which, many centuries ago, journalism was created, its social objective is primarily based on informing of audience. Information has a vital significance for each separate individuum, as well as for the whole community. Well-known word-painting definition determines its significance and essence as of the “democracy currency”. However, operative information is valuable only when it preserves all obligatory features (factuality, actuality, specificity and others), and, simultaneously, obtains new features, that is conditioned by specifics of descriptive means of its channels of transmission (printed, broadcasting, digital media).

Accurate, fact-based information supports absolute participation of an individuum in a contemporary life that is expressed by correct objectives in social relations and creation of one’s own construction of the world perception. In contradiction with the stated, disinformation and spreading of false news really work; they are targeted at misleading of the auditory, manipulating with a social opinion and having an impact on the informed choice of a user.

Target of the present thesis is to make analysis of the agricultural sector, the so called “new normality”, against the background of the current infodemia, which will be discussed by us as replacing of the behavioral norms generated by separate individuum and organizations during thousands of years with new forms of relations.

The definition “infodemia” is set as flooding of online and offline information and by an attempt of intended spreading of false news its aim is to support alternative agendas of separate groups and individuum.

A task of the research is to make an analyze of communication channels forms for an access to the market and links with the users in new normality conditions on the example of activity of small and average farmers of Georgia.

A target of the research is to analyze the so called “new normality” of the agricultural sector against the background of infodemia. The “new normality” in this research is considered as replacing of behavioral norms generated within thousands of years by human beings and organization with new forms of relations.

A task of the research is, on the example of activity of small and average farms of Georgia, in terms of new normality, to analyze communication channels and forms of communication with users and access to the market.

### **Methodology of the Research**

Qualitative analysis, on top of the indepth interviews with small and average farmers and focus groups, is based on the so called “table analysis”, in frames of which we have studied the media and obtained qualitative and quantitative data.

A significant part of the research is a content analysis. The table research revealed that necessity of digital skills among average and small farmers particularly became distinctive against the background of problems caused by Covid 19 pandemics. Accordingly, we, for the purpose of content analysis, obtained materials about farmers’ problems while pandemics using the searching terms and time filters. We used the following key words: Covid 19 pandemics, farmer, problem and time filter in the period since the 1<sup>st</sup> of March, 2020 – till the 1<sup>st</sup> of October, 2021. As a result of the stated, we selected 75 media publications dedicated to farmers’ problems.

Results of the content analysis, on their hand, revealed a methodology selected for the research – a specter of conducting of deepen interviews. The analyze demonstrated that a significant part of the specter of employers of digital skills is self-employed; also, the small and average farmers include business operators in the agricultural field who have routine communication with journalists as they report their activity. Accordingly, in frames of the research, in addition to the profound interviews with employers and self-employees in the agricultural sector, we formed a focus group including experts and journalists working in the agricultural sector. A target of the focus group was to identify necessities of the actors employed in the agricultural sector from the viewpoint of digital skills in terms of the “new normality”.

### **Review of sources**

International Commission of Toxicomany of Viruses (ICTV) and the United Nations Food and Agricultural Organization (FAO) (the State of Food Security and Nutrition in the World, 2021), cooperatively, examined an impact of the COVID-19 on the agriculture and in 2021 they published the following data: currently approximately 820 ml people suffer from chronical starvation. Vulnerable

groups are small farmers, illegal (self-employed) workers involved in different agricultural activities who lost the work, however the food markets still can preserve stability. Probably, in the nearest future production of expensive products (fruit, vegetables) will be decreased, supply of new products due to obstacles in transportation that will necessarily cause increasing of food residues and losses (particularly fish, marine products).

Agricultural sector always played a focal role in the Georgian economics, which is directly connected with more than 3500 villages on its territory, being historically formed territorial units (Kuprashvili, Chalaganidze, 2020). They are populated with more than half of the country's whole population; their small agricultural premises have a significant impact on preservation of minimal standards of life of the majority of population.

In the beginning of the Covid 19 pandemics, Georgia was one of the first country, together with other countries, where the so called "Lockdown" was established, intercity movement was suspended and farmers were placed before serious problems on the first stage of the pandemics.

The Cambridge Dictionary determines a term of "infodemia" as a situation where false information is spread by harmful ways.

One of the first authorities who connected ingress of infection with the crisis caused by spreading of Covid 19 virus, was personally the World Health Organization (WHO -Managing the COVID-19 infodemic: Promoting healthy behaviours and mitigating the harm from misinformation and disinformation Joint statement by WHO, UN, UNICEF, UNDP, UNESCO, UNAIDS, ITU, UN Global Pulse, and IFRC, 2020), who, in its articles published on the web-site, underscored necessity of handling with wide-spread flow of disinformation in pandemics.

At the World Health Assembly, in May, 2020, members of the WHO adopted WHA73.1 Resolution – Covid 19 Respond. The resolution recognizes, that management of infodemia is a significant part of the control over COVID-19 pandemics; the resolution urges the member-states to submit a COVID-19 "reliable content", calling different countries to mke all efforts against disinformation.

The WHO states that the Covid 19 pandemics is the first thing that is closely connected with infodemia (Walter, 2020) and is expressed in active application of channels of social media as well as media generally, for avoiding of virus spreading, and vice versa, misleading of citizens with false information. A problem of tracing of a path in the information labyrinth is especially aggravated during the pandemics when disinformation may have a negative impact on human health, and, individuums and organizations may make incorrect decision which, on top of the health, worsens their social-economic background.

Our research is based on the theory of "new normality. This term is interpreted by the Collins Dictionary, as a "state before unusual which unexpectedly becomes standard or typical". The term was applied prior to the Covid 19 pandemics (Begg, 2021), however the pandemics "new formality" made it globally actual. In this context, the terms are used to show if how the pandemics had modified existence of a human beings in different fields, such as professional identity, economic livelihood, work and family, education management and others which require stimulation of scientific debates.

Our research is focused on the agricultural sector against the background of the “new normality”. A group of American scientists in their scientific Article “Agricultural communications: prospects from experts” (Kurtzo, Hansen, Rucher, 2016) considers that agro communication as a field was transformed into a wide specter of communication and it requires a relevant studying. Authors of the article name as skills necessary for agricultural communicators, not only technical knowledge of the art of communications but they think that they need a general knowledge about the agriculture as of the sector.

One of the last work in this direction was dated by 2020. The Article “Impact of agricultural communication intervention on improvement of agricultural productivity in Malawi” (Masambuka, Rodgrigues, Buck, Niewoehner, 2020) reports about failure of farmers in handling with their problems only using their local resources and existing knowledge. Thus, scientists recommend to review technologies enabling farmers to apply efficient communication channels for sharing of their ideas and innovations.

Existing scientific works and articles say that problems of agricultural communications exist even in such developed countries, as the USA. Scientists see a precondition of development of the field in development of the communication field and consider that the most efficient and useful communication channel among contemporary entrepreneurs are social networks.

## **Results of the research**

As a result of the content analysis we formulated a list of the problems which are actual for average farmers as a result of impact of the pandemics. These problems are divided into two general groups:

1. A problem of conducting of agricultural works, which include availability of relevant inventory as well as a problem of means and movement.
2. A problem of an access to consumers; a general market of general harvest for small farmers had been represented by local agricultural markets which had been closed.

To study the problem in Georgia, we selected two farmers whose cases were reviewed in details by means of a indepth interviews.

## **Case study 1**

Merab Tsulukidze, a cultivator of floristic greenhouse (Astromeria greenhouse) in Batumi (Western Georgia) was placed before a risk of serious financial loss in March of the last year. The small entrepreneur says that a comparatively large harvest of flowers being the only one source of incomes for his multi-child family faced against a risk of destruction – selling of flowers was not the only one confirmed method.

Prior to the pandemics, the entrepreneur was selling his flowers only in floristic shops, but in February these shops were closed due to the lock-down. Losing of one-year harvest for the family was a tragedy and the entrepreneur was forced to search for alternative ways of marketing of the products, and it was online trading.

For this purpose, the entrepreneur created a simple Facebook page, a profile (it was not a like page), with a simple heading “Flowers on site”. The entrepreneur says that this method had a very good result. Moreover, the small entrepreneur discovered that online marketing of flowers is much more profitable than their delivery to shops. By this way the family gained an income which was 3 times more than the previous one as flowers via internet were sold at more expensive prices (3 times) in comparison with the cost paid by the shop owner.

The entrepreneur has a one-year experience of online marketing; however, he thinks that he is a pioneer in this field and has much to study. He says that forms of delivery of products to clients have been improved, and he vividly sees a fashion, taste of consumers and their requirements. All this requires studying.

## **Case study 2**

The pandemics created a problem of marketing of strawberries to young entrepreneurs. A couple of young people had a greenhouse of strawberry “American Albion” in their garden in Kutaisi (Western Georgia) and for the last 3 years they have been cultivating hybrid species of strawberry. Prior to the pandemics, they mainly sold their products in baker’s shops, as a result of the pandemics, holidays events were decreased and the baker’s shops were closed.

To avoid financial problems, Inga decided to use her Facebook page with many subscribers for business purposes and started online marketing of strawberry. She says that she almost had no any loss, moreover, marketing was simplified and today, when baker’s shops continued operation her general source of incomes is the online marketed strawberry.

The family thinks that enriching of knowledge is necessary and a field of their knowledge and interest is prolongation of the harvest and improvement of the product’s quality. They consider that a source of knowledge and a method of marketing are social network and online trainings and according to the young farmers, the knowledge gained by this way is more efficient and, that is the most important, it will save their time and money.

## **Profound interviews and results of focus group**

According to the experts, Covid 19 created new challenges for small and average farmers involved in the agricultural business and a scale of digitalization requires additional digital skills for access to the resources necessary for production as well as of the communication from the field – to the table. Digital skills are particularly undeveloped in regions. Many researches demonstrated a digital distance between the center and regions.

In-depth interviews with experts and focus groups with participation of journalists enabled us to form a list of the skills, in frames of the research, which are deficient and require educational intervention. Against the background of the new normality and infodemia, a list of needs in the agricultural sector is as follows:

- Skills of searching of the information necessary for farmers in the digital world;

- Skills of checking of the searched information;
- Skills of digital communication;
- Skills of digital packaging of agricultural products (labelling, production of QR codes and others);
- Skills of an access of potential clients to the social networks;
- Skills for creating and operating of own web space for small and average farmers;
- Based skills of the so called “desk research” of the potential market;
- Based skills of digital marketing;
- Based skills of photo and video recording;
- Skills of self-PR and self-promoting.

## References

The State of Food Security and Nutrition in the World, 2021 „The world is at a critical juncture" - <https://www.fao.org/state-of-food-security-nutrition>

N. Kuprashvili, N. Chalaganidze, 2020 “Constructional Agrojournalism” JRC

Cambridge Dictionary - <https://dictionary.cambridge.org/dictionary/english/infodemic>

WHO - Managing the COVID-19 infodemic: Promoting healthy behaviors and mitigating the harm from misinformation and disinformation Joint statement by WHO, UN, UNICEF, UNDP, UNESCO, UNAIDS, ITU, UN Global Pulse, and IFRC. 23 September 2020

Walter De Caro. Infodemia and COVID-19: a text mining analysis Volume 30, Issue Supplement\_5, September 2020,- European Journal of Public Health 2021. <https://bit.ly/3iE4VXp>

Collins Dictionary - <https://www.collinsdictionary.com/dictionary/english/the-new-normal>

**Iain Begg.** Fecha: abril 2021. „ **The post Covid-19 new normal, a time for the decidedly abnormal: an opportunity for modern monetary theory?** <https://www.funcas.es/articulos/the-post-covid-19-new-normal-a-time-for-the-decidedly-abnormal-an-opportunity-for-modern-monetary-theory/>

Fawn Kurtzo, Maggie Jo Hansen, K.Jill Rucher, Leslie D. Edgar. 2016. “Agricultural Communication: Perspectives From the Experts”. Journal of Applied Communications.

Fallys masambuka, Mary Rodrigues, Emily Buck, Jera Niewoehner. 2020. "Impact of agricultural Communication Interventions on Improving Agricultural Productivity in Malawi". Journal of Agricultural and Extension Education.

## სოფლის მეურნეობის დარგის ახალი ნორმალობა ინფოდემიის ფონზე (საქართველოს მაგალითი)

ნათია კუპრაშვილი<sup>1</sup>, ნინო ჭალაგანიძე<sup>2</sup>, ირმა ჭოლაძე<sup>3</sup>

<sup>1</sup>ივანე ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი, ჟურნალისტიკის დოქტორი, ასოცირებული პროფესორი; <sup>2</sup>ივანე ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი, ჟურნალისტიკის დოქტორი, ასოცირებული პროფესორი; <sup>3</sup>კავკასიის საერთაშორისო უნივერსიტეტის დოქტორანტი, სამცხე-ჯავახეთის უნივერსიტეტის მოწვეული სპეციალისტი

### რეზიუმე

უკანასკნელ ათწლეულებში მზარდმა ტექნოლოგიურმა განვითარებამ და აღნიშნული მიზეზით სახეცვლილმა ტრადიციულმა მედიაგარემომ ჟურნალისტიკა სრულიად ახალი გამოწვევების - მცდარ/ყალბ ინფორმაციასა და პროპაგანდისტულ ნარატივთან ბრძოლის საჭიროების წინაშე დააყენა. ციფრული მედიის განვითარებამ აუდიტორიას შესაძლებლობა მისცა, ერთი მხრივ, თავად აერჩია ინფორმაციის წყარო, მეტიც, თავადვე შეექმნა და გაეზიარებინა ინფორმაცია, მეორე მხრივ კი - გადაუმოწმებელი, ყალბი, პროპაგანდისტული და სიმულვილის ენით დატვირთული მედიამასალების გავრცელების რეალური შესაძლებლობა შექმნა.

ის ძირითადი ფუნქციები, რისთვისაც, საუკუნეების წინ ჟურნალისტიკა შეიქმნა, მისი საზოგადოებრივი დანიშნულება, უპირველესად, აუდიტორიის ინფორმირებას ეფუძნება. ინფორმაციას როგორც ცალკეული ინდივიდის, ისე მთლიანად საზოგადოებისათვის სასიცოცხლო მნიშვნელობა აქვს. ცნობილი ხატოვანი დეფინიცია ინფორმაციის მნიშვნელობასა და არსს „დემოკრატიის ვალუტად“ განსაზღვრავს. თუმცა ოპერატიული ინფორმაცია ფასეული მხოლოდ მაშინაა, თუკი ის ინარჩუნებს ყველა საჭირო ნიშანს (ფაქტობრივობა, აქტუალურობა, კონკრეტულობა და სხვ.) და, ამავდროულად, იძენს ახალ თვისებებსაც, რაც მისი გადაცემის არხის (ბეჭდური, სამაუწყებლო, ციფრული მედია) გამოსახვით საშუალებათა სპეციფიკითაა განპირობებული.

გადამოწმებული, ფაქტებზე დამყარებული ინფორმაცია ხელს უწყობს ინდივიდის სრულფასოვან მონაწილეობას თანამედროვე ცხოვრებაში, რაც საზოგადოებრივ ურთიერთობებში სწორი ორიენტირებით გამოიხატება და სამყაროს აღქმის საკუთარი კონსტრუქციის შექმნაში უწყობს ხელს. აღნიშნულის საპირისპიროდ მუშაობს დეზინფორმაცია და ყალბი ამბების გავრცელება, რომელიც მიზნად ისახავს აუდიტორიის

შეცდომაში შეყვანას, საზოგადოებრივი აზრით მანიპულაციასა და მომხმარებლის ინფორმირებულ არჩევანზე გავლენას.

წინამდებარე ნაშრომის მიზანია მიმდინარე ინფოდემიის ფონზე სოფლის მეურნეობის დარგის ე. წ. „ახალი ნორმალობის“ ანალიზი, რომელსაც განვიხილავთ, როგორც ცალკეული ინდივიდებისა და ორგანიზაციების მიერ ათასწლეულების განმავლობაში გამომუშავებული ქცევის ნორმების ჩანაცვლებას ურთიერთობის ახალი ფორმებით.

თავად ტერმინი ინფოდემია კი, ონლაინ და ოფლაინ ინფორმაციის მოზღვავებად განისაზღვრება და ცრუ ცნობების განზრახ გავრცელების მცდელობით მიზნად ისახავს ცალკეული ჯგუფებისა და ინდივიდების ალტერნატიული დღის წესრიგის ხელშეწყობას.

კვლევის ამოცანა საქართველოს მცირე და საშუალო ფერმერების საქმიანობის მაგალითზე, ახალი ნორმალობის პირობებში, მომხმარებელთან კავშირისა და ბაზრის წვდომისთვის, კომუნიკაციის არხებისა და ფორმების ანალიზია.



## კინემატიკური წყვილების მოდელირება 3D გრაფიკული რედაქტორებით

გიორგი ხატიაშვილი

(საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის საინჟინრო გრაფიკისა და ტექნიკური მექანიკის დეპარტამენტის ასოც. პროფესორი)

### აბსტრაქტი

სტატიაში წარმოდგენილია ჩვენს მიერ კონსტრუირებული მექანიზმი, რომელიც პრაქტიკაში ფართოდ გავრცელებული კინემატიკური წყვილებისაგან შედგება და ფურცლის ავტომატურ მობრუნებას უზრუნველყოფს. ნაშრომში ნაჩვენებია კინემატიკური წყვილების აგების თანმიმდევრობა, სამ განზომილებიანი გრაფიკული რედაქტორის მეშვეობით. წარმოდგენილი აგების შემდეგ შექმნილია ანიმაციური კადრები და აღწერილია პროცესი, რომელიც ჩვენს მიერ კონსტრუირებული კინემატიკური წყვილების მოძრაობებს უზრუნველყოფს. მოდელირებული მექანიზმის უპირატესობაა მარტივი შეთანხმებული მოძრაობით ფურცლის ნებისმიერი კუთხით მობრუნების შესაძლებლობა.

**საკვანძო სიტყვები:** მექანიზმი, კინემატიკური წყვილი, მოდელირება, გრაფიკული რედაქტორები.

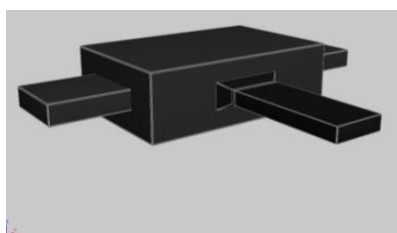
ტექნიკის განვითარების ეტაპები ითვალისწინებს სულ უფრო ბევრ მოთხოვნილებებს ახალ და შედარებით თანამედროვე მექანიზმების მიმართ.

სივრცითი ბერკეტული მექანიზმები თანამედროვე საინჟინრო და წარმოების ტექნოლოგიების მნიშვნელოვანი კომპონენტია. ამ ტექნიკური ობიექტების კონსტრუირება ამჟამად ხორციელდება CAD სისტემების გამოყენებით და უნდა აღინიშნოს, რომ 3D მოდელირებისა და კონსტრუირების მეთოდები აქტიურად ანაცვლებს ტრადიციულ მეთოდებს რომელზედაც დაყრდნობით ბერკეტული მექანიზმების კინემატიკის მოდელირება ხასიათდება მაღალი გეომეტრიული სირთულით და სიზუსტით, რაც განსაზღვრავს საბოლოო პროდუქტის ხარისხს, მისი დამზადებისა და ექსპლუატაციის ღირებულებას.

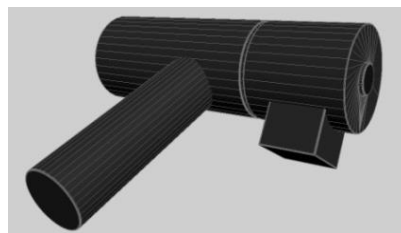
სტატიაში ჩვენ შევეცადეთ შეგვექმნა მექანიზმი, რომელიც ძირითადად გამოიყენება საბეჭდ აპარატებში და ფურცლის ავტომატურ მობრუნებას შეძლებს. ამ მექანიზმის სტრუქტურული სქემა პრაქტიკაში ფართოდ გავრცელებული კინემატიკური წყვილებისაგან

შედგება, რომლის სქემებიც ნახ. 1-ზეა წარმოდგენილი. როგორც ამ სქემიდან ნათლად ჩანს, მექანიზმი ბრუნვითი, ცილინდრული, წინსვლითი, ხრახნული, სფერული, კინემატიკური წყვილებისაგან არის კონსტრუირებული.

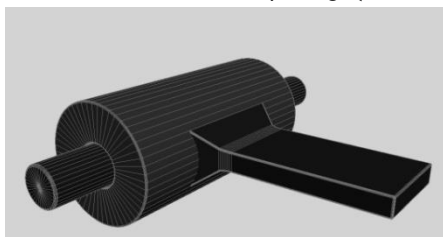
ბუნებაში ფართოდ გავრცელებული კინემატიკური წყვილების აგების თანმიმდევრობას ვახდენთ სამ განზომილებიანი გრაფიკული რედაქტორის 3D max-ზე ორიენტირებული კომპიუტერული სისტემის საფუძველზე. დაგეგმარებას ვიწყებთ სამუშაო მაგიდაზე Top (ზედხედი) Front (წინხედი) Left (მარცხენა ხედი) Perspective (თვალსაჩინო) ხედების გასწორებით. პროექტირების ფანჯარა, რომელშიც ვიწყებთ მუშაობას, შემოსაზღვრულია ყვითლად და ნიშნავს, რომ ის აქტიური ფანჯარაა. ხაზვას ვიწყებთ Left ხედით, რომელსაც ვააქტიურებთ. აქტიურ ფანჯარას მთელ ეკრანზე გამლას ვახდენთ ღილაკ min/max TOGGLE (პროექტირების ფანჯრის მინიმალიზაცია / მაქსიმალიზაცია) საშუალებით.



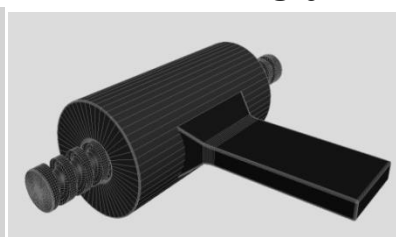
1. წინსვლითი



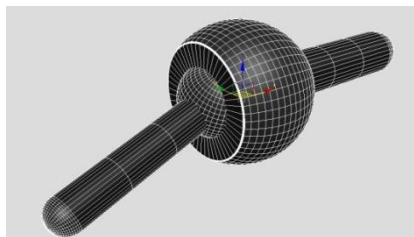
2. ბრუნვითი.



3.ცილინდრული



4. ხრახნული



5.სფერული

ნახ.1 . მექანიზმის რგოლების შემაერთებელი კინემატიკური წყვილები

კინემატიკური წყვილებიდან თავდაპირველად ვიწყებთ ბრუნვითი კინემატიკური წყვილების აგებას. ბრუნვითი კინემატიკური წყვილი შედგება ორი ცილინდრისა და ღერძისაგან, რომელიც მიერთებულია რგოლთან და უზრუნველყოფს მათ ურთიერთ გადაადგილებას. left ხედში რომელიც გააქტიურებულია და მთელს ეკრანზეა გამლილი, სამგანზომილებიანი გეომეტრიული ფიგურებიდან ცილინდრის საშუალებით ვაგებთ ღერძის ხაზს. ცილინდრის ფორმას ვიღებთ ყველაზე ხშირად გამოყენებადი ბრძანების პანელის

CREATE (შექმნა) ჩანართიდან. მოცემულ ჩანართს გააჩნია სამგანზომილებიანი გეომეტრიული ფიგურების სხვადასხვა ვარიანტები. ცილინდრების ასაგებად საჭიროა ჩანართში ვააქტიურებთ CYLINDER ფანჯარას. left ხედში დავხაზავთ ცილინდრს. ცილინდრის ზომების რეგულირებას ვახდენთ ბრძანების პანელის Modify-ის საშუალებით, სადაც მოცემულია ობიექტის Radius (რადიუსი), Height (სიმაღლე). მივანიჭებთ ობიექტს ზომებს და გავასწორებთ X,Y,Z XY, YZ,XZ მიმართულებით. ობიექტის გადაადგილების კოორდინატების მითითება ხდება MOVE TRANSFORM TYPE-IN (გადაადგილების მნიშვნელობის შეყვანა), რომელიც გამოდის F12 ღილაკზე მოქმედებით. პროექტირების ფანჯარაში გვიწევს ობიექტების გადაადგილება ერთმანეთთან გათანასწოებისათვის. პროექტირების ფანჯარებში ვახდენთ ობიექტის მობრუნებას, კონტექსტური მენიუდან ინსტრუმენტთა პანელის Move (გადაადგილება) საშუალებით.

ბრუნვითი კინემატიკური წყვილის ღერძის ხაზის გამოხაზვის შემდეგ ვიწყებთ ორი ცილინდრის ხაზვას. ცილინდრის გამოხაზვის დროსაც ვიყენებთ ზუსტად იმ თანმიმდევრობას, რაც ღერძის ხაზის დროს გავიარეთ. განსხვავება მათ შორის ისაა, რომ ღერძის ხაზის რადიუსი შედარებით ნაკლებია ვიდრე აღნიშნული ცილინდრებისა.

პროექტირების ფანჯარაში უკვე გამზადებულია ბრუნვითი კინემატიკური წყვილის ღერძი და ორი ცილინდრი. ახლა ვიწყებთ ბრუნვითი კინემატიკური წყვილის რგოლების აგებას. რგოლების გამოსახაზად ბრძანებების პანელის CREATE ჩანართიდან ვირჩევთ BOX (კუბი, პარალელოგრამი) რგოლებს პარამეტრებს ვანიჭებთ Modify ბრძანებების პანელიდან: Length (სიგრძე), Width (სიგანე), Height (სიმაღლე). რგოლების გამოხაზვის შემდეგ ობიექტებს ვაერთებთ, ვასწორებთ ერთმანეთთან და ვიღებთ ბრუნვით კინემატიკურ წყვილს.

შემდეგ კინემატიკურ წყვილს წარმოადგენს ხრახნული კინემატიკური წყვილი. ხრახნული კინემატიკური წყვილი შედგება ხრახნისაგან, ცილინდრისაგან, რომელიც მიერთებულია რგოლთან.

პროექტირების ფანჯარაში ვიწყებთ ხრახნის გამოხაზვას. ბრძანებების მენიუდან GEOMETRY ვააქტიურებთ HOSE ფანჯარას და Left ხედში ვხაზავთ ხრახნს. Modify ბრძანებების პანელიდან ვუთითებთ ხრახნის პარამეტრებს: Height (სიმაღლე). შემდეგი ოპერაცია ცილინდრის აგებაა, Left ხედში CREATE ჩანართიდან ვირჩევთ და ვააქტიურებთ Cylinder (ცილინდრი) ფანჯარას ვხაზავთ ცილინდრს და ინსტრუმენტთა პანელის Move (გადაადგილება) და ინსტრუმენტთა პანელის Rotate (მობრუნება) საშუალებით ვასწორებთ ობიექტს. გასწორების შემდეგ ვაერთებთ ერთმანეთთან ობიექტებს და ვიღებთ ხრახნულ კინემატიკურ წყვილს.

შემდეგ კინემატიკურ წყვილს წარმოადგენს ცილინდრული კინემატიკური წყვილი. იგი შედგება ღერძისა და ცილინდრისაგან, რომელიც მიერთებულია რგოლთან. ღერძს ვაგებთ ცილინდრის გამოსახულებით CREATE (შექმნა) ჩანართიდან ვააქტიურებთ Cylinder (ცილინდრი) ფანჯარას. ღერძის შემდგომ ცილინდრსაც იგივე პრინციპით ვხაზავთ. ცილინდრის შემდგომ CREATE (შექმნა) ჩანართიდან ვააქტიურებთ Box ფანჯარას. ობიექტებს ვასწორებთ ინსტრუმენტთა პანელის Move (გადაადგილება) და ინსტრუმენტთა პანელის Rotate (მობრუნება) საშუალებით და ვიღებთ ცილინდრულ კინემატიკურ წყვილს.

შემდეგ კინემატიკურ წყვილს წარმოადგენს სფერული კინემატიური წყვილი. იგი შედგება ორი სფეროსაგან მამოძრავებელი სახელებისაგან, რომელიც მიერთებულია რგოლზე. ბრძანებების პანელის CREATE (შექმნა) ჩანართიდან ვაქტიურებთ Sphere (სფერო) front (წინხედი) ხედში გამოვხაზავთ ორ ერთმანეთისგან განსხვავებული რადიუსით სფეროს. მათ შევაერთებთ ერთმანეთთან და შიდა სფეროზე ცილინდრის საშუალებით მივამაგრებთ სახელებს. ობიექტებს გავასწორებთ ერთმანეთთან და მივიღებთ სფერულ კინემატიკურ წყვილს.

სფერულის შემდგომ იგება სფერული თითით კინემატიკური წყვილი. მისი აგების წესი სწორედ ისეთია, როგორც სფერული კინემატიკური წყვილისა. განსხვავება იმაში მდგომარეობს, რომ სფერულ თითით კინემატიკურ წყვილს აქვს დამატებით მამოძრავებელი თითი. შეწყვილებული სფეროს გარეთა სფეროს აქვს ჭრილი რომელიც ობიექტის ლოგიკური ამოჭრის შედეგად მივიღეთ. ამის შედეგად სფეროზე ჩნდება ღრმული, რომელიც თითის მოძრაობას უზრუნველყოფს.

წარმოდგენილი აგების შემდეგ მივმართავთ ანიმაციური კადრების შექმნას, რომელიც ჩვენს მიერ კონსტრუირებული კინემატიკური წყვილების შესაძლო მოძრაობებს უზრუნველყოფს. ეს ასეთნაირად ხდება. თავდაპირველად კინემატიკური წყვილის იმ წყვილების დაჯგუფება ხდება, რომელთა მოძრაობის მიმართულებაც იდენტურია. ანიმირების გაკეთების დროს სამგანზომილებიან პროგრამაში ანიმაციის სამართავი ღილაკი „Auto Key“ ირთება. ანიმაციის კადრების რაოდენობა 101-ის ტოლია. მოცემული კადრების რაოდენობის გადანაწილება ხდება სამოძრავებელი კინემატიკური წყვილის მდებარეობის რაოდენობაზე.

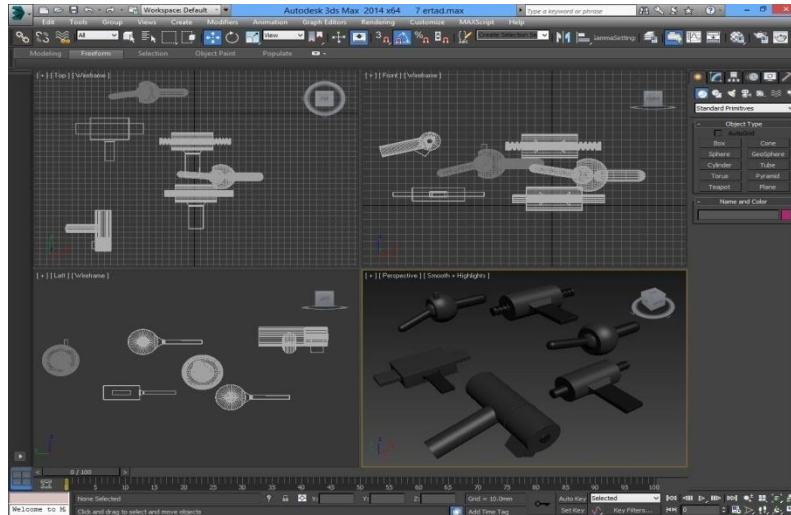
ბრუნვითი კინემატიკური წყვილის შემთხვევაში ცილინდრების მოძრაობის ოცი მდებარეობა გამოვხაზოთ ყოველ კადრზე ცილინდრების მოძრაობა Rotate (მობრუნება) საშუალებით განვახორციელებთ. ცილინდრები ასრულებენ ბრუნვით მოძრაობებს.

ხრახნული კინემატიკური წყვილის მოძრაობა თხუთმეტ მდებარეობაზეა განაწილებული. ინსტრუმენტთა პანელის Move (გადაადგილება) და ინსტრუმენტთა პანელის Rotate (მობრუნება) საშუალებით. ხრახნი ასრულებს ბრუნვით, წინსვლით და უკუსვლით მოძრაობებს. ხრახნული კინემატიკური წყვილის მოძრაობა თვრამეტ მდებარეობაზეა განაწილებული.

სფერულ კინემატიკურ წყვილის მოძრაობა 22 მდებარეობაზეა განაწილებული: სფერო უზრუნველყოფს მასზე მიბმული რგოლის ყოველი წერტილის სფეროზე გადაადგილებას.

სფერული კინემატიკური წყვილი თითით მოძრაობა 20 მდებარეობაზეა განაწილებული. მსგავსად წინა შემთხვევისა ყველა წერტილი სფეროზე გადაადგილდება. განსხვავება იმაშია, რომ თითის შესრულებულ მოძრაობაშია.

კინემატიკური წყვილები იწყებენ ჩვენს ზემოთ აღწერილ შესაბამის მოძრაობებს. ანიმაციის გაკეთების შემდეგ ვრთავთ ჩაწერილ კადრებს ინსტრუმენტთა პანელის Play Animation-ს მემუვობით და კინემატიკური წყვილები იწყებენ მოძრაობას.

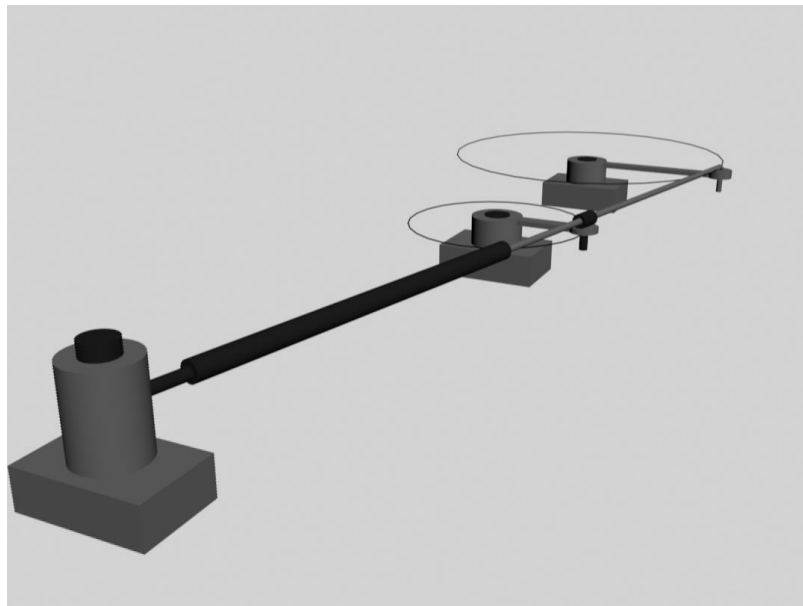


## ნახ2. . კინემატიკური წყვილების 3D-ში რედაქტირება

ნახ.3-ზე ნაჩვენებია მექანიზმი 3D-შია გამოხაზული. მექანიზმებიდან ნათლად ჩანს, რომ წამყვანი და ამყოლი რგოლის მოძრაობები ურთიერთსაპირისპირო ვექტორებით არის მიმართული. ეს ინვერსიის თვისებაზეა შექმნილი და ჩვენი მიმართულების მეცნიერთა ჯგუფის მიერ არის კონსტრუირებული.

მექანიზმის კონსტრუირებას ვიწყებთ სამ განზომილებიანი გრაფიკული რედაქტორის საშუალებით. კინემატიკური წყვილებისაგან შემდგარი მექანიზმი რომელიც ინვერსიის საფუძველზეა კონსტრუირებული შედგება: სამი ბრუნვითი კინემატიკური წყვილისგან, ტელესკოპური და წამყვანი და ამყოლი რგოლებისგან.

თავაპირველად ვამზადებთ სამუშაო დაფებს, ესენია: Top (ზედ) front (წინ) left (მარცხენა) perspective (თვალსაჩინო) ხედები. მაუსის მოქმედებით ყვითლდება და ვააქტიურებთ იმ ხედს, რომელშიც ვიწყებთ მექანიზმის აგებას.



ნახ. 3. ინვერსიული მოძრავი მექანიკური სისტემა

Top (ზედხედი) ხედში ვიწყებთ დგარის გამოხაზვას. ბრძანების პანელიდან CREATE (შექმნა) ჩანართიდან ვააქტიურებთ Box ფანჯარას და პარალელოგრამის ხაზვას ვიწყებთ TOP(ზედხედი) ხედში. Modify ბრძანების პანელიდან ვუთითებთ პარამეტრებს. ობიექტებს ვასწორებთ Move (გადაადგილება) და Rotate (მობრუნება) საშუალებით ცენტრის მიმართ. ზუსტი პარამეტრების მითითებას X,Y,Z XY, YZ, XZ კოორდინატთა ღერძებზე ვახდენთ MOVE TRANSFORM TYPE-IN (გადაადგილების მნიშვნელობის შეყვანა) საშუალებით.

დგარების შემდგომ ვიწყებთ ღერძების აგებას CREATE ჩანართიდან ვირჩევთ და ვააქტიურებთ Cylinder (ცილინდრი) ფანჯარას. Left ხედში ვაგებთ ღერძს დგარის პერპენდიკულარულად. დგარის გარედან ჩამოცმული აქვს ცილინდრი, რომელიც წამყვანი ამჟამინდელი რგოლების მუშაობას განაპირობებს. ცილინდრის ხაზვასაც ღერძის მსგავსად აგებას CREATE ჩანართიდან Cylinder (ცილინდრი) ფანჯრის გააქტიურებით ვახდენთ. განსხვავება ღერძებსა და ცილინდრებს შორის რადიუსსა და სიმაღლეშია. რომლის მოდიფიკაციასაც Modify ბრძანებების პანელიდან ვასრულებთ. იმისთვის რომ სივრცეში დავიცვათ სიზუსტე, აღნიშნული დგარიდან ვახდენთ წრფეების Shap ჩანართიდან Line (ხაზი) ფანჯრის გააქტიურებით ვიწყებთ, ვუთითებთ ზომას და ვხაზავთ საჭირო კუთხით ხუთ წრფეს. წრეწირის გამოხაზვას ვახდენთ Top (ზედ) Shap ჩანართიდან Circle (წრეწირი) ფანჯრის გააქტიურებით. წრეწირის ცენტრის პარამეტრებს ვამთხვევთ ბრუნვითი კინემატიკური წყვილის ცენტრს. წრეწირის პარამეტრებს ვარეგულირებთ Modify ბრძანებების პანელის საშუალებით. ბრუნვითი კინემატიკური წყვილის O,O' ცენტრზე შემოხაზული წრეწირები საშუალებას გვაძლევს წამყვანი და ამჟამინდელი რგოლების მდებარეობები გავანაწილოთ მისი გეომეტრიული მდებარეობის მიხედვით.

წამყვანი და ამჟამინდელი რგოლების M,M' აგებას Top (ზედ) CREATE ჩანართში Cylinder (ცილინდრი) ფანჯრის გააქტიურებით ვიწყებთ. Modify ბრძანებების პანელიდან ვუთითებთ ცილინდრის ზომებს და Move (გადაადგილება) საშუალებით ვასწორებთ წრეწირის მიმართ.

რგოლები ბრუნვით კინემატიკურ წყვილებთან დაკავშირებულია სხვადასხვა ფორმის რგოლებით. ღერძის გამოსახაზად გამოვიყენეთ პრიზმული და ცილინდრული ფორმის რგოლები, რომელიც CREATE (შექმნა) ჩანართში BOX ფანჯრის გააქტიურებით TOP (ზედ) ხედში გამოვხაზეთ. პარამეტრები წამყვანი და ამჟამინდელი რგოლებსა და ბრუნვით კინემატიკურ წყვილებს შორის Modify საშუალებით გავასწორეთ.

წამყვანი და ამჟამინდელი რგოლები ერთმანეთთან დავაკავშირეთ მონაკვეთით. მონაკვეთი გამოხაზულია Shap ჩანართიდან Line(ხაზი) ფანჯრის გააქტიურებით. ხაზს სისქე მივანიჭეთ Modify-Redering-Display Redering Mesh ფანჯრის გააქტიურებით. წამყვანი და ამჟამინდელი რგოლების მოძრაობა ურთიერთსაპირისპირო ვექტორებით არის მიმართული, ამიტომ აღნიშნულ მონაკვეთს უხდება სიგრძის პარამეტრების ცვლილება. ამისთვის გამოვიყენეთ ტელესკოპური მოწყობილობა, რომელიც იძლევა მონაკვეთის სიგრძის რეგულირების საშუალებას. ტელესკოპურ მოწყობილობას აქვს ცილინდრის ფორმა იგი CREATE ჩანართიდან Cilinder (ცილინდრი) ფანჯრის გააქტიურებით Top (ზედ) ხედში გამოვხაზეთ. Modify ბრძანებების პანელიდან გავსწორეთ პარამეტრები.

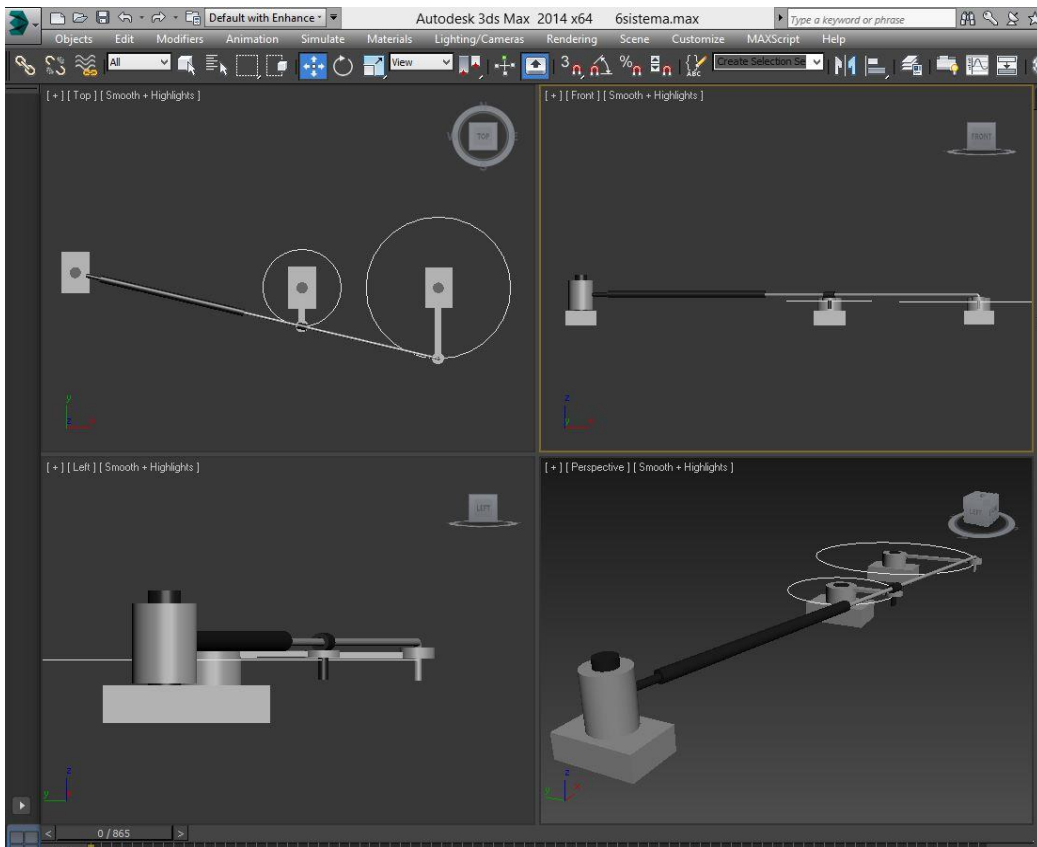
მექანიზმის აგების დასრულების შემდეგ იწყება მისი ანიმაცია, რომელიც ჩვენს მიერ კონსტრუირებული მექანიზმის შესაძლო მოძრაობებს უზრუნველყოფს. ეს ასეთნაირად ხდება; თავდაპირველად იმ ობიექტების დაჯგუფება ხდება, რომელთა მოძრაობის მიმართულებაც იდენტურია. ანიმირების გაკეთების დროს სამგანზომილებიან პროგრამაში ანიმაციის სამართავი ღილაკი “Auto key” ირთვება. ანიმაციას ვიწყებთ ბრუნვითი კინემატიკური წყვილების ამოძრავებით, რომლებიც ბრუნვით მოძრაობებს ასრულებენ. ინსტრუმენტთა პანელის Rotate (მობრუნება) საშუალებით ღერძების მიმართ ვახდენთ მის მობრუნებას. ბრუნვითი კინემატიკური წყვილს გააჩნია 8 მდებარეობა.

ბრუნვითი კინემატიკური წყვილის მოძრაობას მოყვება მასზე მიბმული რგოლების მობრუნება ინსტრუმენტთა პანელის Rotate (მობრუნება) საშუალებით. მას გააჩნია 14 მდებარეობა.

შემდეგ წამყვანი და ამყოლი რგოლების მოძრაობას ვიწყებთ წრეწირის გარშემო ინსტრუმენტთა პანელი Move (გადაადგილება) საშუალებით.

რგოლებს მოყვება ბრუნვითი კინემატიკური წყვილის და წამყვანი და ამყოლი რგოლების შემაერთებელი მონაკვეთი. რომელიც ინსტრუმენტთა პანელის Rotate (მობრუნება) საშუალებით გადაადგილდება. ტელესკოპური მოწყობილობა ინსტრუმენტთა პანელის Move (გადაადგილება) საშუალებით წინსვლით და უკუსვლით მოძრაობებს ასრულებს. ტელესკოპურ მოწყობილობას 10 მდებარეობა გააჩნია.

კადრების გადაადგილების შემდგომ იწყება მისი ამოძრავება ინსტრუმენტთა პანელის Play Animation-ს მეშვეობით.



ნახ. 4. მექანიზმის აგება

ჩვენ ეს მექანიზმი სივრცით მოწყობილობებში გამოვიყენეთ და წარმოდგენილია ნახ. 4-ზე. მექანიზმი შედგება ბრუნვითი და სფერული კინემატიკური წყვილებისაგან. აქ წარმოდგენილია ინვერსიით შექმნილი შეწყვილებული მექანიზმი, რომელიც უზრუნველყოფს მუშა რგოლების ურთიერთსაწინააღმდეგო მიმართულებით ბრუნვას. ეს კი ფურცლის ნებისმიერი კუთხით მობრუნებას მარტივად შეძლებს.

#### გამოყენებული ლიტერატურა:

1. ვ. ასათიანი, ნ. თოდუა- გეომეტრიული მოდელირება და მანქანური გრაფიკა. ნაწ. II;
2. ნ. ნოზაძე, გ. ჩიტაიშვილი - საინჟინრო კომპიუტერული გრაფიკა ნაწ. II Auto cad;
2. Denavit J, Hartenberg R A- kinematic notation for lower-pair mechanisms based on matrices.

## Modeling of kinematic pairs with 3D graphic editors

Giorgi Khatiashvili

### Abstract

The article presents a mechanism constructed by us, which consists of kinematic pairs widely used in practice and provides automatic turning of the sheet. In the work, the sequence of building kinematic pairs is shown through a three-dimensional graphic editor. After the presented construction, animated frames are created and the process that provides the movements of the kinematic pairs constructed by us is described. The advantage of the modeling mechanism is the ability to turn the sheet at any angle with a simple coordinated movement.

**Keywords:** mechanism, kinematic pair, modeling, graphic editors.



## მხრის რბილი ქსოვილების ტრავმების ფიზიოთერაპიული მკურნალობის შემდეგ განმეორებითი დაზიანებების შემთხვევების შესწავლა სპორტსმენებში

ვ. ფოცხვერია, ლ. მასხულია, ნ. პავლიაშვილი, ვ. ახალკაცი, მ. მათიაშვილი

*თსსუ-ის ფიზიკური მედიცინის დეპარტამენტი, თსსუ-ის სპორტული მედიცინისა და რეაბილიტაციის კლინიკური ცენტრი*

### აბსტრაქტი

მხრის რბილი ქსოვილების ტრავმული დაზიანებები სპორტსმენებში, მხრის ტკივილის და დისფუნქციის გავრცელების ძირითადი მიზეზია. ეს დაზიანებები სერიოზულ გავლენას ახდენს სპორტსმენის შრომისუნარიანობასა და ცხოვრების ხარისხზე, რაც ხშირად სპორტსმენების საწვრთნო და საშეჯიბრო პროცესებიდან ჩამოშორების მიზეზი ხდება. თანამედროვე მოთხოვნების გათვალისწინებით, სპორტულ მოღვაწეობაში ხანგრძლივი პაუზა თითქმის შეუძლებელია, რადგან შემთხვევათა უმრავლესობაში ეს უკანასკნელი პროფესიული კარიერის დასრულების ტოლფასია. უნდა აღინიშნოს, რომ მხრის რბილი ქსოვილების ტრავმული დაზიანებების (ორთავა კუნთის გრძელი თავის ტენდინიტი, როტატორული სარტყლის სტრუქტურების, სასახსრე ბაგის ნაწილობრივი დაზიანება) კონსერვატიული მკურნალობის შემდეგ არცთუ იშვიათად ადგილი აქვს განმეორებით დაზიანებებსა და რეციდივებს, რაც კიდევ უფრო მეტად ართულებს სპორტსმენის მხრის ფუნქციის სრულად აღდგენას და საწვრთნო პროცესიდან სპორტსმენის ჩამოშორება კიდევ უფრო ხანგრძლივდება.

წინამდებარე კვლევის მიზანს წარმოადგენს მხრის რბილი ქსოვილების ტრავმების ფიზიოთერაპიული მკურნალობის შემდეგ განმეორებითი დაზიანებებისა და ტკივილის რეციდივების შემთხვევების შეფასება სპორტსმენებში.

კვლევა მოიცავს სპორტსმენების მხრის რბილი ქსოვილების ტრავმების ფიზიოთერაპიული მკურნალობის შემდეგ განმეორებითი დაზიანებებისა და ტკივილის რეციდივის აღმოცენების რაოდენობრივ და ხარისხობრივ შეფასებას სპორტსმენტა ჩვეულ აქტივობაში დაბრუნებიდან 8 და 12 კვირის შემდეგ. მონიტორინგი განხორციელდა 52 სპორტსმენზე, თსსუ-ის სპორტული მედიცინისა და რეაბილიტაციის კლინიკურ ცენტრში. სპორტსმენტა საშუალო ასაკი -  $23 \pm 2$  წელი.

კვლევაში მონაწილე სპორტსმენები რანდომულად გადანაწილდა სამ ჯგუფში: I (ძირითადი), II და III საკონტროლო ჯგუფები და განხორციელდა შესაბამისი სარეაბილიტაციო ინტერვენციები.

კვლევაში მონაწილე სამივე ჯგუფის პაციენტებში, ჩვეულ სპორტულ აქტივობაში ჩართვიდან 8 და 12 კვირის შემდეგ, შესწავლილი იქნა მხრის ფუნქციის შეზღუდვის და ტკივილის აღმოცენების შემთხვევები PSS (The Penn Shoulder Score) მხრის ტკივილის და SSPS (Subjective Sport Performance Satisfaction) ფიზიკური შესაძლებლობების სუბიექტური შეფასების სკალებისა და კერლან-ჯოების მხრისა და იდაყვის ორთოპედიული კლინიკური სკალების (Kerlan-Jobe Orthopedic Clinical shoulder and elbow score - KJOC) მიხედვით.

კვლევის შედეგად მიღებული მონაცემებიდან გამომდინარე, 52 სპორტსმენის სპორტული აქტივობის დაწყებიდან 8 კვირის შემდეგ გამოვლინდა ადრეული განმეორებითი დაზიანებების შემთხვევები სპორტსმენთა 35%-ში, ხოლო 12 კვირის შემდეგ დანარჩენი 34 სპორტსმენიდან (65%) გვიანი განმეორებითი დაზიანებების შემთხვევები დაფიქსირდა 25%-ში. 52 სპორტსმენის სპორტული აქტივობის დაწყებიდან 8 კვირის შემდეგ, განმეორებითი ადრეული დაზიანებების 18 შემთხვევა აღინიშნა, დარჩენილი 34 სპორტსმენიდან 12 კვირის შემდეგ განმეორებითი გვიანი დაზიანებების შემთხვევები გამოვლინდა 8 სპორტსმენში.

კვლევა მოიცავს სპორტსმენთა სპორტულ აქტივობაში ჩართვიდან 8 და 12 კვირის შემდეგ I-II და I-III ჯგუფებში განვითარებული განმეორებითი დაზიანებების შემთხვევების შესწავლას, შეფასებას და შედარებით ანალიზს მითითებული სკალების საშუალებით.

კვლევამ ცხადყო, რომ კომბინირებული ფიზიკური აგენტებით მკურნალობა საგრძნობლად ამცირებს სპორტსმენებში განმეორებითი დაზიანებების შემთხვევების რაოდენობას; ასევე გამოვლინდა აღმოცენებული ტკივილის რეციდივის სარწმუნოდ დაბალი მაჩვენებელი, რაც უზრუნველყოფს სპორტსმენის შრომისუნარიანობისა და სპორტული აქტივობის ოპტიმიზაციას.

### **საკვანძო სიტყვები:** *მხრის ტრავმა; ტკივილის რეციდივი, მხრის ფუნქცია*

მხრის რბილი ქსოვილების ტრავმული დაზიანებები სპორტსმენებში მხრის ტკივილის და დისფუნქციის ძირითადი მიზეზია. ეს დაზიანებები სერიოზულ გავლენას ახდენს სპორტსმენის შრომისუნარიანობასა და ცხოვრების ხარისხზე, რაც ხშირად სპორტსმენების საწვრთნო და საშეჯიბრო პროცესებიდან ჩამოშორების მიზეზი ხდება. თანამედროვე მოთხოვნების გათვალისწინებით, სპორტულ მოღვაწეობაში ხანგრძლივი პაუზა თითქმის შეუძლებელია, რადგან შემთხვევათა უმრავლესობაში ეს უკანასკნელი პროფესიული კარიერის დასრულების ტოლფასია. რბილი ქსოვილების, კერძოდ - როტატორული სარტყელის კუნთოვან-მყესოვანი აპარატის დაზიანებები სპორტსმენებში მხრის ტკივილისა და ფუნქციის შეზღუდვის გავრცელებული მიზეზია, სპორტსმენთა კვალიფიკაციის დონის მიუხედავად. ხშირ შემთხვევაში შედეგად ვითარდება სპორტსმენების ხანგრძლივი ჩამოშორება სპორტული აქტივობიდან, რაც, თავისთავად, მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს მათ სპორტულ მიღწევებზე [8].

მხრის რბილის ქსოვილების დაზიანებები, ძირითადად, მოიცავს მხრის ორთავა კუნთის გრძელი თავის ტენდინიტს, როტატორული სარტყელის შემადგენლობაში არსებული სტრუქტურების, ან სასახსრე ბაგის ნაწილობრივ დაზიანებას. აღნიშნული დაზიანებები მნიშვნელოვნად მოქმედებს სპორტსმენთა კარიერის განვითარებაზე და ზღუდავს სპორტულ

შეჯიბრებებში მათი მონაწილეობის შესაძლებლობებს. კვლევები უჩვენებს, რომ სპორტული ასპარეზობის მოთხოვნებიდან გამომდინარე, როტატორული სარტყელის დაზიანებები მეტად გავრცელებულია თავზემთ მოძრაობის/აქტივობის მქონე სპორტის სახეობებში [5; 6]. სპორტსმენებში მხრის რბილი ქსოვილების დაზიანებებს ადგილი აქვს როგორც ტრავმის მწვავე განვითარების (მაღალ-ენერგეტიკული ტრავმა), მაგალითად, პირდაპირი დარტყმის მიყენებით, ან გაშლილ ხელზე დაცემით, ისე ქრონიკული გადატვირთვის და განმეორებითი მიკროტრავმების შემთხვევაში [10].

მხრის რბილი ქსოვილების ტრავმული დაზიანების კონსერვატიული მკურნალობა მოიცავს მედიკამენტურ თერაპიას, ფიზიოთერაპიულ მკურნალობას, სამკურნალო ვარჯიშებს, მანუალურ თერაპიას და სხვა ინტერვენციებს. კონსერვატიული მკურნალობა, ამ ტიპის დაზიანებების დროს, მხრის ფუნქციის აღდგენისა და ტკივილის მართვის თვალსაზრისით, გამოირჩევა მაღალი ეფექტურობით [6; 8]. კერძოდ, კონსერვატიული მკურნალობა მეტად ეფექტიანია ტკივილის მართვის და ფუნქციის აღდგენის მხრივ პაციენტთა 40-80%-ში. ვინაიდან არაქირურგიული მკურნალობა ხშირად ზემოთ ჩამოთვლილი კონსერვატიული მიდგომების კომბინირებაა, ცალკეულის ეფექტურობის დადგენა რთულია [1; 9].

ბრაზილიელი მკვლევარების მონაცემებით, მხრის როტატორული სარტყელის სტრუქტურების არასრული დაზიანების მქონე სპორტსმენთა (თავზემთ მოძრაობების/აქტივობების მქონე სახეობებში მოასპარეზე სპორტსმენები და ბოდიბილდერები) უმეტესობაში (60%-ში) კლინიკური სიმპტომების მხრივ რემისია მიღწეულ იქნა კონსერვატიული მკურნალობის მეშვეობით. ავსტრალიაში ჩატარებული კვლევები უჩვენებს ელექტრომაგნიტური მოდალობების გამოყენების ეფექტურობას მაღალი მიღწევების სპორტსმენებში როტატორული სარტყელის დაზიანებების დროს, მათ შორის, კანგაველითი ელექტროსტიმულაციის, ბიპოლარული ინტერფერენციული დენის და დაბალინტენსიური ლაზეროთერაპიის [6].

ფიზიოთერაპია წარმატებით გამოიყენება როგორც მხრის ტკივილის მართვის პირველი ხაზის/ეტაპის საშუალება, თუმცა, სხვადასხვა ფიზიოთერაპიული მოდალობის გამოყენების ეფექტურობა, ისევე როგორც მათი კომბინირებით მიღებული სამკურნალო შედეგის უპირატესობები, მხრის ტკივილის მართვის კონტექსტში მომდევნო კვლევებს მოითხოვს.

უნდა აღინიშნოს, რომ მხრის რბილი ქსოვილების ტრავმული დაზიანებების (ორთავა კუნთის გრძელი თავის ტენდინიტი, როტატორული სარტყელის სტრუქტურების, სასახსრე ბაგის ნაწილობრივი დაზიანება) კონსერვატიული მკურნალობის შემდგომ არცთუ იშვიათად ადგილი აქვს განმეორებით დაზიანებებსა და რეციდივებს. კონსერვატიული მკურნალობის შემდეგ სპორტსმენის ჩვეულ სპორტულ აქტივობაში ჩართვიდან ორ თვემდე განმეორებით დაზიანებებს უწოდებენ „ადრეულ რეციდივებს“, 2-12 თვეებში განვითარებული დაზიანებები კი წარმოადგენს „გვიან რეციდივს“, ხოლო 12 თვის შემდეგ განვითარებული - „დაგვიანებული რეცივიდია.“ განმეორებითი დაზიანებები და რეციდივები კიდევ უფრო მეტად ართულებს

სპორტსმენის მხრის ფუნქციის სრულად აღდგენას, საწვრთნო პროცესიდან სპორტსმენის ჩამოშორება კიდევ უფრო ხანგრძლივდება [2; 12].

**წინამდებარე კვლევის მიზანს** წარმოადგენს მხრის რბილი ქსოვილების ტრავმების ფიზიოთერაპიული მკურნალობის შემდეგ განმეორებითი დაზიანებებისა და ტკივილის რეციდივების შემთხვევების შეფასება სპორტსმენებში.

**კვლევის მასალა და მეთოდები:** კვლევა მოიცავს სპორტსმენების მხრის რბილი ქსოვილების ტრავმების ფიზიოთერაპიული მკურნალობის შემდეგ განმეორებითი დაზიანებებისა და ტკივილის რეციდივის აღმოცენების და დისფუნქციის რაოდენობრივ და ხარისხობრივ შეფასებას, სპორტსმენტა ჩვეულ აქტივობაში დაბრუნებიდან 8 და 12 კვირის შემდეგ. მონიტორინგი განხორციელდა 52 სპორტსმენზე თსსუ-ის სპორტული მედიცინისა და რეაბილიტაციის კლინიკურ ცენტრში. სპორტსმენტა საშუალო ასაკი იყო  $23 \pm 2$  წელი. კვლევის დაწყებამდე ყველა მონაწილეს მიეწოდა ინფორმაცია კვლევის არსის და მათი უფლებების შესახებ, მათ შორის, კვლევაში მონაწილეობაზე უარის შესაძლებლობის შესახებ. შესაბამისად, მათგან მიღებული იყო ინფორმირებული თანხმობა კვლევაში მონაწილეობაზე. ყველა პროცედურა და კვლევის პროტოკოლი დამტკიცებულია თსსუ-ის ბიოეთიკის კომისიის მიერ.

კვლევაში მონაწილე სპორტსმენები რანდომულად გადანაწილდა სამ ჯგუფში: I ძირითადი, II და III საკონტროლო ჯგუფი. დაიგემა და განხორციელდა შემდეგი სარეაბილიტაციო ინტერვენციები:

I ძირითადი ჯგუფი (n=18) - პაციენტებს ჩაუტარდათ მკურნალობა ამპლიტუდა-მოდულირებული ოთხპოლუსიანი ინტერფერენციული დენით და დაბალინტენსიური ლაზეროთერაპიის კომბინირებული მეთოდით (10 პროცედურა);

II საკონტროლო ჯგუფი (n=17) - პაციენტებს ჩაუტარდათ ინტერფერენციული დენით მკურნალობა (10 პროცედურა);

III საკონტროლო ჯგუფი (n=17) - პაციენტებს ჩაუტარდათ სამკურნალო ვარჯიშის პროგრამა ადრეული მობილიზაციის მიზნით ორი კვირის განმავლობაში.

კვლევაში მონაწილე სამივე ჯგუფის პაციენტებში ჩვეულ სპორტულ აქტივობაში ჩართვიდან 8 და 12 კვირის შემდეგ შესწავლილი იქნა მხრის ფუნქციის შეზღუდვის და ტკივილის აღმოცენების შემთხვევები PSS (The Penn Shoulder Score) მხრის ტკივილის, SSPS (Subjective Sport Performance Satisfaction) ფიზიკური შესაძლებლობების სუბიექტური შეფასების სკალებისა და კერლან-ჯოუბის მხრისა და იდაყვის ორთოპედიული კლინიკური შკალების (Kerlan-Jobe Orthopedic Clinical shoulder and elbow score - KJOC) მიხედვით.

მხრის ტკივილის სკალა შედგება ტკივილისა და კმაყოფილების ქვესკალებისაგან. თავის მხრივ, ტკივილის ქვესკალა მოიცავს თვითშეფასების სამ პუნქტს და თითოეული მათგანი ფასდება 0-10 ქულით. კმაყოფილების შეფასებაც, ასევე, ხდება 0-10 ქულით. ფიზიკური

შესაძლებლობების სუბიექტური შეფასების სკალა კი შედეგა 6 პუნქტისაგან, თითოეული მათგანის მაქსიმალური შეფასებაა 10 ქულა.

კერლან-ჯოუბის მხრისა და იდაყვის ორთოპედიული კლინიკური სკალის სისტემა (Kerlan-Jobe Orthopedic Clinical shoulder and elbow score - KJOC) მორგებულია თავზევით აქტივობის მქონე სპორტსმენის მხრის/იდაყვის დაზიანებასთან დაკავშირებული ფუნქციური მდგომარეობის შეფასებაზე და შეცავს 10 კითხვას, თითოეული კითხვის მაქსიმალური შეფასება 100 ქულა, ხოლო საბოლოო შეფასება წარმოადგენს მიღებულ ქულათა საშუალო არითმეტიკულს; ნორმად ითვლება  $\geq 90$  ქულა. კითხვარს აქვს მაღალი ვალიდობა, სანდობა და მგრძობელობა და გამოიყენება ჩატარებული მკურნალობის შედეგად სპორტსმენის მხრის/იდაყვის ფუნქციური მდგომარეობის გაუმჯობესების და სპორტში დაბრუნების დინამიკის შესწავლის თვალსაზრისით. რაოდენობრივი, უწყვეტი სიდიდეების ნორმალური გადანაწილების შეფასებისათვის გამოიყენებული იყო სტიუდენტის t კრიტერიუმი; განსხვავება სარწმუნოა, როცა  $p < 0,05$ .

**კვლევის დიზაინი:** პროსპექტული დიზაინის კოჰორტული კვლევა.

**შედეგების განხილვა:** ჩატარებული კვლევის შედეგად მიღებული მონაცემებიდან გამოვლინდა, რომ 52 სპორტსმენის სპორტული აქტივობის დაწყებიდან 8 კვირის შემდეგ, განმეორებითი ადრეული დაზიანებების გამო, მხოლოდ 18 შემთხვევაში (34,6%) აღმოცენდა მხრის ტკივილი და დისფუნქცია: შემთხვევების სიხშირე ჯგუფების მიხედვით შემდეგნაირად გადანაწილდა: I ძირითადი ჯგუფი (18 პაციენტი) - 3 შემთხვევა, II საკონტროლო ჯგუფი (17 პაციენტი) - 6 შემთხვევა, III ჯგუფი (17 პაციენტი) - 9 შემთხვევა. დარჩენილი 34 სპორტსმენიდან 12 კვირის შემდეგ განმეორებითი გვიანი დაზიანებების შემთხვევები გამოვლინდა 8 სპორტსმენში (23,5%). I ჯგუფი (15 პაციენტი) - 1 შემთხვევა, II ჯგუფი (11 პაციენტი) - 3 შემთხვევა, III ჯგუფი (8 პაციენტი) - 4 შემთხვევა (ცხრილი #1).

**ცხრილი #1** - მხრის ტკივილის და დისფუნქციის განმეორებითი შემთხვევების რაოდენობა სპორტული აქტივობის განახლებიდან 8 და 12 კვირის შემდეგ

ჯგუფები	განმეორებითი დაზიანებებისას ტკივილის და დისფუნქციის აღმოცენების შემთხვევები (n)		განმეორებითი დაზიანებებისას ტკივილის და დისფუნქციის აღმოცენების შემთხვევების პროცენტული განაწილება (%)	
	8 კვირა	12 კვირა	8 კვირა	12 კვირა
I	3	1	16.7	6.7
II	6	3	35	24
III	9	4	53	50

ცხრილი #1-დან ჩანს, რომ I (ძირითადი) ჯგუფის პაციენტებში განმეორებითი ადრეული დაზიანებების შემთხვევები (8 კვირის შემდეგ) შეადგენს 16,7%-ს, ხოლო განმეორებითი გვიანი დაზიანებები (12 კვირის შემდეგ) - 6,7%-ს, II საკონტროლო ჯგუფის პაციენტებში 8 კვირის შემდეგ დაზიანების შემთხვევები 35%-ია, 12 კვირის შემდეგ კი - 24%, III საკონტროლო ჯგუფის პაციენტებში იგივე მონაცემები გაცილებით მაღალია: 53% 8 კვირის შემდეგ და 50% 12 კვირის შემდეგ.

სპორტული აქტივობის განახლებიდან 8 კვირის შემდეგ I (ძირითად) ჯგუფში გამოვლენილი ადრეული განმეორებითი დაზიანების 3 შემთხვევაში მხრის შეფასების მაჩვენებლები იყო: ტკივილი -  $5,4 \pm 0,7$ ; კმაყოფილება -  $7,6 \pm 2,3$ , ხოლო SSPS-ით მიღებული სპორტული შედეგიანობის კმაყოფილების ქულა იყო  $56 \pm 3,5$ . II საკონტროლო ჯგუფის 6 შემთხვევაში, ფუნქციური მაჩვენებლების მონაცემებმა შეადგინა: ტკივილი -  $15,3 \pm 3,2$ ; კმაყოფილება -  $8,1 \pm 2,1$ ; SSPS-ის მიხედვით სპორტული შედეგიანობის კმაყოფილების ქულა იყო  $51 \pm 2,8$ ; ხოლო III საკონტროლო ჯგუფის პაციენტების 9 შემთხვევაში: ტკივილი -  $20,1 \pm 3,2$ ; კმაყოფილება -  $6,8 \pm 1,9$ ; SSPS-ით სპორტული შედეგიანობის კმაყოფილების ქულა იყო  $47 \pm 2,3$  (ცხრილი #2).

**ცხრილი #2** - მხრის ფუნქციური მაჩვენებლები სპორტული აქტივობის დაწყებიდან 8 კვირის შემდეგ

ჯგუფები	პაციენტების რაოდენობა	რეციდივების შემთხვევები	ტკივილი	კმაყოფილება	SSPS
I	18	3	$5,4 \pm 0,7$	$7,6 \pm 2,3$	$56 \pm 3,5$
II	17	6	$15,3 \pm 3,2$	$8,1 \pm 2,1$	$51 \pm 2,8$
III	17	9	$20,1 \pm 3,2$	$6,8 \pm 1,9$	$47 \pm 2,3$

სპორტული აქტივობის განახლებიდან 12 კვირის შემდეგ გამოვლენილ შემთხვევებთან მიმართებით კი სურათი ასეთია: 34 სპორტსმენიდან მხოლოდ 8 სპორტსმენში (23.5%) გამოვლინდა განმეორებითი გვიანი რეციდივები, ფუნქციური მაჩვენებლები ჯგუფების მიხედვით იყო შემდეგი: I ჯგუფი - ტკივილი -  $4,3 \pm 1,5$ ; კმაყოფილება -  $7,0 \pm 2,0$ ; SSPS-ით მიღებული ქულა  $50 \pm 2,3$ ; II ჯგუფი - ტკივილი -  $11,2 \pm 3,5$ ; კმაყოფილება -  $6,5 \pm 1,9$ ; SSPS-ით მიღებული ქულა  $48 \pm 3,1$ ; III ჯგუფი - ტკივილი -  $15,6 \pm 3,3$ ; კმაყოფილება -  $6,1 \pm 1,3$ ; SSPS-ით მიღებული ქულა  $40 \pm 4,2$  (ცხრილი #3).

ცხრილი #3 - მხრის ფუნქციური მაჩვენებლები სპორტული აქტივობის დაწყებიდან 12 კვირის შემდეგ

ჯგუფები	პაციენტების რაოდენობა	რეციდივების შემთხვევები	ტკივილი	კმაყოფილება	SSPS
I	15	1	4,3 ± 1,5	7,0 ± 2,0	50 ± 2,3
II	11	3	11,2 ± 3,5	6,5 ± 1,9	48 ± 3,1
III	8	4	15,6 ± 3,3	6,1 ± 1,3	40 ± 4,2

სპორტული აქტივობის დაწყებიდან 8 კვირის შემდეგ განხორციელდა I (ძირითად) და II და III საკონტროლო ჯგუფებს შორის მხრის ტკივილისა და ფუნქციური მაჩვენებლების შედარებითი ანალიზი. I ჯგუფში გამოვლენილი ტკივილის ინტენსივობა სარწმუნოდ დაბალი იყო, ვიდრე II და III საკონტროლო ჯგუფებში; შესაბამისად, I და II ჯგუფებს შორის -  $p=0,047$ , I და III ჯგუფებს შორის -  $p=0,027$ . კმაყოფილების მაჩვენებლის მონაცემები I ჯგუფში არ არის სტატისტიკურად სარწმუნო, II და III ჯგუფებში გამოვლენილ მონაცემებთან შედარებით; I-II ჯგუფებს შორის სარწმუნობის კოეფიციენტი (p) შეადგინა - 0,37, I-III ჯგუფებს შორის იგივე მაჩვენებელი კი იყო 0,32.

SSPS-ის მონაცემი I ჯგუფში გამოვლენილი ადრეული განმეორებითი დაზიანებების შემთხვევებში სტატისტიკურად სარწმუნოა III ჯგუფის SSPS-ის მაჩვენებელთან შედარებით ( $p=0,049$ ). I და II ჯგუფებში გამოვლენილი იგივე პარამეტრის მაჩვენებელი არ არის სტატისტიკურად სარწმუნო ( $p=0,29$ ).

სპორტული აქტივობის განახლებიდან, 12 კვირის შემდეგ 34 სპორტსმენიდან 8 სპორტსმენში აღინიშნა განმეორებითი გვიანი დაზიანებების შემთხვევები. I-II და I-III ჯგუფების მონაცემების შედარებით ნათლად ჩანს, რომ I ჯგუფში ტკივილი სარწმუნოდ დაბალია II და III ჯგუფებში გამოვლენილ ტკივილთან შედარებით. I-II ჯგუფები -  $p=0,0023$ ; I და III ჯგუფები -  $p=0,006$ ; კმაყოფილების მაჩვენებელი არ არის სტატისტიკურად სარწმუნო II და III ჯგუფების ამავე მონაცემებთან შედარებით. I და II ჯგუფებს შორის სარწმუნობის კოეფიციენტი  $p=0,45$ ; I-III ჯგუფებს შორის იგივე მონაცემების შედარების შედეგად  $p=0,13$ . SSPS-ის მონაცემი I (ძირითადი) ჯგუფის შემთხვევებში არ არის სტატისტიკურად სარწმუნო II ჯგუფის ამავე მაჩვენებელთან შედარებით, სარწმუნობის კოეფიციენტი  $p=0,15$ . იგივე მაჩვენებელი სტატისტიკურად სარწმუნოა III ჯგუფის მონაცემთან შედარებით  $p=0,03$  (ცხრილი #4, #5)

**ცხრილი #4 - ფუნქციური მაჩვენებლების შედარებითი ანალიზი I და II ჯგუფებს შორის 8 და 12 კვირის შემდეგ**

შედარება ჯგუფებს შორის	ფუნქციური მაჩვენებლები					
	ტკივილი		კმაყოფილება		SSPS	
	8 კვირა	12 კვირა	8 კვირა	12 კვირა	8 კვირა	12 კვირა
I	5,4 ± 0,7	4,3 ± 1,5	7,6 ± 2,3	7,0 ± 2,0	56 ± 3,5	50 ± 2,3
II	15,3 ± 3,2	11,2 ± 3,5	8,1 ± 2,1	6,5 ± 1,9	51 ± 2,8	48 ± 3,1
p	0,047	0,0023	0,37	0,45	0,29	0,15

**ცხრილი #5 - ფუნქციური მაჩვენებლების შედარებითი ანალიზი I და III ჯგუფებს შორის 8 და 12 კვირის შემდეგ**

შედარება ჯგუფებს შორის	ფუნქციური მაჩვენებლები					
	ტკივილი		კმაყოფილება		SSPS	
	8 კვირა	12 კვირა	8 კვირა	12 კვირა	8 კვირა	12 კვირა
I	5,4 ± 0,7	4,3 ± 1,5	7,6 ± 2,3	7,0 ± 2,0	56 ± 3,5	50 ± 2,3
III	20,1 ± 3,2	15,6 ± 3,3	6,8 ± 1,9	6,1 ± 1,3	47 ± 2,3	40 ± 4,2
p	0,027	0,005	0,32	0,13	0,049	0,03

კვლევის შედეგად მიღებული მონაცემებიდან გამომდინარე, 52 სპორტსმენის სპორტული აქტივობის დაწყებიდან 8 კვირის შემდეგ გამოვლინდა ადრეული განმეორებითი დაზიანებების შემთხვევები სპორტსმენთა 35%-ში, ხოლო 12 კვირის შემდეგ, დანარჩენი 34 სპორტსმენიდან (65%) გვიანი განმეორებითი დაზიანებების შემთხვევები დაფიქსირდა 25%-ში. სპორტსმენთა სპორტულ აქტივობაში ჩართვიდან 8 და 12 კვირის შემდეგ, I (ძირითად) ჯგუფში განმეორებითი დაზიანებების სიხშირე ნაკლებია II და III საკონტროლო ჯგუფებთან შედარებით; ასევე, II და III ჯგუფებთან შედარებით მნიშვნელოვნად დაბალია ტკივილის მონაცემებიც.

კვლევაში ჩართული სამივე ჯგუფის სპორტსმენების დაზიანებული მხრის ფუნქციური მდგომარეობა შეფასდა KJOC-ის სკალის მიხედვით და მიღებულ ქულათა საშუალო მაჩვენებლების ჯგუფთაშორის შედარების შედეგები ასახულია ცხრილში (ცხრილი #6).



**ცხრილი #6 - კვლევაში ჩართული ჯგუფების მონაცემების შედარება KJOC-ის ქულის მიხედვით 8 და 12 კვირის შემდეგ**

	მკურნალობამდე	მკურნალობის შემდეგ	8 კვირის შემდეგ	12 კვირის შემდეგ
I	56,37 ± 19,12	72,81 ± 16,57	77,01 ± 11,21* <sup>^</sup>	82,14 ± 9,21* <sup>^</sup> ▪
II	58,23 ± 21,17	70,21 ± 10,32	65,48 ± 20,57	71,34 ± 16,52▪ ^^
III	61,06 ± 23,06	69,15 ± 9,38	64,31 ± 7,16	66,02 ± 12,04
P				

- \*p<0,05 - I და II ჯგუფის შედარება
- <sup>^</sup> p<0,05 - I და III ჯგუფის შედარება,
- <sup>^^</sup> p<0,05 - II და III ჯგუფის შედარება,
- ▪ p<0,05 - ჯგუფშიდა შედარება 8 და 12 კვირის შემდეგ

კვლევის შედეგები ცხადყოფს, რომ I ჯგუფში KJOC კითხვარით მიღებული საშუალო ქულა სარწმუნოდ აღემატება II და III ჯგუფის მონაცემებს როგორც 8 კვირის, ისე 12 კვირის შემდეგ, თუმცა KJOC კითხვარით მიღებული საშუალო ქულები არ განსხვავდება II და III ჯგუფის სპორტსმენებს შორის. აღნიშნული მეტყველებს I ჯგუფის სპორტსმენტთა სარეაბილიტაციო სამკურნალო გეგმის ეფექტიანობის უპირატესობაზე, II და III ჯგუფის სპორტსმენტთან განხორციელებული სარეაბილიტაციო ღონისძიებებთან შედარებით.

ამასთან, KJOC კითხვარით მიღებული საშუალო ქულები III ჯგუფის სპორტსმენტთან არ განსხვავდებოდა 8 კვირიანი და 12 კვირიანი ინტერვალით მიღებული მონაცემების შედარებისას. აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ მკურნალობის ეფექტიანობა და მისი შედეგის ხანგრძლივობა I ჯგუფის სპორტსმენტებში სარწმუნოდ აღემატება II და III ჯგუფის სპორტსმენტებისას.

კვლევის შედეგების მიხედვით გამოვლინდა სპორტსმენტთა მხრის რბილი ქსოვილების ტრავმული დაზიანების მკურნალობაში ამპლიტუდა-მოდულირებული ოთხპოლუსიანი ინტერფერენციული დენით და დაბალინტენსიური ლაზეროთერაპიით კომბინირებული მკურნალობის უპირატესობა, მონოთერაპიით ინტერფერენციული დენით ან სამკურნალო სავარჯიშო პროგრამის ადრეულ გამოყენებასთან შედარებით. კვლევამ ცხადყო, რომ კომბინირებული ფიზიკური აგენტებით მკურნალობა ამცირებს სპორტსმენტებში მხრის განმეორებითი დაზიანებების შემთხვევების განვითარებას და ტკივილის რეციდივს, რაც

ახსნება ინტერფერენციული დენის თერაპიული მოქმედებით ტკივილის ზღურბლის მომატებაზე და ნერვული გამტარებლობის ბლოკირებაზე, აგრეთვე, დაბალინტენსიური ლაზეროთერაპიის რეპარაციული სტიმულაციის ეფექტით. ლაზერული გამოსხივება განსაკუთრებით დადებითად მუშაობს უჯრედის მეტაბოლიზმის აქტივაციაზე, ფიბრობლასტების პროლიფერაციის გაძლიერებაზე და მნიშვნელოვან როლს ასრულებს კოლაგენის სინთეზში.

ამრიგად, ნათელია, კომბინირებული ფიზიოთერაპიული მეთოდით მკურნალობა ამცირებს სპორტსმენებში განმეორებითი დაზიანებების შემთხვევების რაოდენობას; გამოვლინდა აღმოცენებული ტკივილის რეციდივის სარწმუნოდ დაბალი მაჩვენებელი, რაც უზრუნველყოფს სპორტსმენის შრომისუნარიანობას და სპორტული აქტივობის ოპტიმიზაციას.

### ლიტერატურა:

1. Bandara U, An VVG, Imani S, Nandapalan H, Sivakumar BS. Rehabilitation protocols following rotator cuff repair: a meta-analysis of current evidence. ANZ J Surg. 2021 Dec;91(12):2773-2779. doi: 10.1111/ans.17213. Epub 2021 Sep 28. PMID: 34582083.
2. Bitchell CL, Varley-Campbell J, Robinson G, Stiles V, Mathema P, Moore IS. Recurrent and Subsequent Injuries in Professional and Elite Sport: a Systematic Review. Sports Med Open. 2020 Dec 3;6(1):58. doi: 10.1186/s40798-020-00286-3. PMID: 33270184; PMCID: PMC7714809.
3. Blevins FT, Hayes WM, Warren RF. Rotator cuff injury in contact athletes. Am J Sports Med. 1996;24(3):263-7.
4. Enger M, Skjaker SA, Nordsletten L, Pripp AH, Melhuus K, Moosmayer S, Brox JI. Sports-related acute shoulder injuries in an urban population. BMJ Open Sport Exerc Med. 2019 Aug 12;5(1):e000551. doi: 10.1136/bmjsem-2019-000551. PMID: 31548901; PMCID: PMC6733325.
5. Hoppe, M.W., Brochhagen, J., Tischer, T. *et al.* Risk factors and prevention strategies for shoulder injuries in overhead sports: an updated systematic review. *J EXP ORTOP*9, 78 (2022).
6. Muto T., Inui H., Ninomiya H., Tanaka H., Nobuhara K. Characteristics and Clinical Outcomes in Overhead SportsAthletes after Rotator Cuff Repair Journal of Sports Medicine Volume 2017.
7. Oh J.H., Kim J.Y., Limpisvasti O., Lee T.Q., Song S.H., Kwon K.B. Cross-cultural adaptation, validity and reliability of the Korean version of the Kerlan-Jobe orthopedic clinic shoulder and elbow score. J Shoulder Elb Surg Open Access, 1 (1) (2017), pp. 39-44
8. Rodriguez-Santiago, Belmarie MD1; Castillo, Brenda MD2; Baerga-Varela, Luis MD1; Micheo, William F. MD1. Rehabilitation Management of Rotator Cuff Injuries in the Master

Athlete. *Current Sports Medicine Reports*: September 2019 - Volume 18 - Issue 9 - p 330-337  
doi: 10.1249/JSR.0000000000000628

9. Rosa DP, Borstad JD, Ferreira JK, Gava V, Santos RV, Camargo PR. Comparison of specific and non-specific treatment approaches for individuals with posterior capsule tightness and shoulder impingement symptoms: A randomized controlled trial. *Braz J Phys Ther*. 2021 Sep-Oct;25(5):648-658. doi: 10.1016/j.bjpt.2021.04.003. Epub 2021 May 4. PMID: 34001426; PMCID: PMC8536855.
10. Ujsasi D, Filipović K, Zvekić-Svorcan J, Nemet M, Đuričin A, Jokšić-Mazinjanin R, Pavlović S, Jovanović S, Popović B, Štajer V, Radanović D, Marinković D, Cvetković M. The Applicability of Provocative Functional Tests in the Diagnosis of Rotator Cuff Muscle Injuries of the Best University Athletes. *Biomed Res Int*. 2022 Oct 13;2022: 7728277. doi: 10.1155/2022/7728277. PMID: 36277881; PMCID: PMC9584688.
11. Wærsted M, Koch M, Veiersted KB. Work above shoulder level and shoulder complaints: a systematic review. *Int Arch Occup Environ Health*. 2020 Nov;93(8):925-954. doi: 10.1007/s00420-020-01551-4. Epub 2020 Jun 22. PMID: 32572582; PMCID: PMC7519900.
12. Wilk KE, Bagwell MS, Davies GJ, Arrigo CA. RETURN TO SPORT PARTICIPATION CRITERIA FOLLOWING SHOULDER INJURY: A CLINICAL COMMENTARY. *Int J Sports Phys Ther*. 2020 Aug;15(4):624-642. PMID: 33354395; PMCID: PMC7735686.

## **Evaluation of recurrent soft tissue injuries of shoulder after physiotherapy treatment in athletes**

**V. Potskhveria, L. Maskhulia, N. Pavliashvili, V. Akhalkatsi, M. Matiashvili**

*TSMU, Department of Physical Medicine, Department of Sport Medicine and Rehabilitation Clinic Centre*

Traumatic injuries to the soft tissues of the shoulder are a common cause of shoulder pain and dysfunction in athletes. These injuries have a serious impact on the athlete's work capacity and quality of life, which often causes athletes to withdraw from training and competition. Taking into account modern requirements, a long break in sports activities is almost impossible, because in the majority of cases, the last mentioned is equivalent to the end of the professional career. It should be noted that after conservative treatment of soft tissue injuries of the shoulder (tendinitis of the long head of the biceps muscle, partial damage to the structures of the rotator cuff, glenoid labrum) repeated injuries and relapses often occur, which makes it even more difficult to fully restore the athlete's shoulder function and the athlete's withdrawal from the training process is longer.

The purpose of the study is to find the incidence of repeated injuries and pain recurrences in athletes after physical therapy treatment of shoulder soft tissue injuries. The present study involves a

quantitative and qualitative evaluation of the emergence of pain reactivity after physical therapy treatment of soft tissue injuries of the shoulder in athletes, 8 and 12 weeks after the athletes' return to normal activity.

Monitoring was carried out on 52 athletes at the Sports Medicine and Rehabilitation Clinical Center of TSMU. The average age of the athletes was  $23 \pm 2$  years. Athletes participating in the study were randomly divided into three groups: I main, II and III control groups and appropriate rehabilitation interventions were implemented. In all three groups of patients participating in the study, after 8 and 12 weeks, the occurrence of shoulder function limitation and pain were studied using the PSS (The Penn Shoulder Score), SSPS (Subjective Sport Performance Satisfaction) and the Kerlan-Jobe Shoulder and Elbow Clinical Orthopedic Clinical Scales.

Based on the data obtained from the study, 8 weeks after the start of sports activity of 52 athletes, cases of early repeated injuries were detected in 35 percent of athletes, and after 12 weeks, cases of late repeated injuries were observed in 25 percent of the remaining 34 athletes. 8 weeks after the start of sports activity in 52 athletes, 18 cases of recurrent early injury were noted, in the remaining 34 athletes, after 12 weeks, recurrent late injuries were identified in 8 athletes. The study includes evaluation and comparative analysis of repeated injuries in groups I-II and I-III after 8 and 12 weeks of participation in sports activities by means of the specified scales.

The study revealed that treatment with combined physical agents significantly reduced the incidence of repetitive injuries in athletes and also demonstrated a significantly lower recurrence rate of emerging pain, thereby optimizing the athlete's performance.

**keywords:** *shoulder trauma, recurrent pain, shoulder function*

## მზესუმზირას ზეთის კვებითი ღირებულების გაუმჯობესება მდოგვის ზეთის ხარჯზე

სოფიო ძნელაძე<sup>1</sup>, ელენე სორდია<sup>2</sup>, ქეთევან სარაჯიშვილი<sup>3</sup>, მაია კილაძე<sup>4</sup>

<sup>1</sup>ასისტენტ პროფესორი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, <sup>2</sup>ასოცირებული პროფესორი, საქართველოს ტექნიკური <sup>3</sup>პროფესორი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, <sup>4</sup>პროფესორი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

### აბსტრაქტი

ნაშრომში ეხება მზესუმზირას ზეთის გამდიდრებას „ომეგა-3“ და „ომეგა-6“ ცხიმოვანი მჟავებით, რომელიც შეუცვლელია ადამიანის ორგანიზმისათვის. ნაშრომის მიზანს წარმოადგენს მზესუმზირას ზეთის აღნიშნული ცხიმოვანი მჟავებით დაბალანსება დაბალი ღირებულების მქონე მცენარეული ზეთებით, კონკრეტულად - მდოგვის ზეთით.

**საკვანძო სიტყვები:** მზესუმზირას ზეთი, მდოგვის ზეთი, ცხიმოვანი მჟავები, ერუკის მჟავა.

მსოფლიოს მოსახლეობა მცენარეული ზეთების ფართო მომხმარებელია და მათ შორის მზესუმზირას ზეთს, როგორც მოგეხსენებათ, პირველი ადგილი უკავია. აქედან გამომდინარე განსაკუთრებული ყურადღება ექცევა მზესუმზირას ზეთის ხარისხისა და მისი კვებითი ღირებულების გაზრდას.

ადამიანთა საგემოვნო მოთხოვნილებას სრულად აკმაყოფილებს მზესუმზირას ზეთი. მისი ენერგეტიკული ღირებულება 100 გ პროდუქტზე 884 კკალორიას შეადგენს. ის მდიდარია A, D და E ჯგუფის ვიტამინებით, ცხიმოვანი მჟავების შემცველობა კი შემდეგნაირად გამოიყურება: ლინოლის მჟავა 50-70 %, ოლეინის მჟავა 25-35 %, პალმიტინის მჟავა 3,6-6,5 %, სტეაროლის მჟავა 1,5-4,5 %, არაქინის მჟავა 0,7-0,95 % და ა.შ. აღსანიშნავია, რომ პოლიუჯერი ცხიმოვანი მჟავებიდან მხოლოდ 1 %-მდეა „ომეგა-3“ და „ომეგა-6“ და მათ შორის „ომეგა-6“ დომინირებს.

მხოლოდ მზესუმზირას ზეთით შეუძლებელია ისეთი კვებითი ღირებულების ზეთის წარმოება, რომელშიც დაბალანსებული იქნება ნაჯერი, მონოუჯერი და პოლიუჯერი ცხიმოვანი მჟავების შემცველობა. როგორც ცნობილია აღნიშნული მჟავების თანაფარდობა

დაახლოებით 3:6:1 უნდა იყოს [1]. ისინი აუცილებელია ადამიანის ორგანიზმისათვის - მონაწილეობას ღებულობენ ორგანიზმში უჯრედული და ქსოვილური სტრუქტურების ჩამოყალიბებაში, უზრუნველყოფენ ნივთიერებათა მეტაბოლიზმს, სიხლმარღვების ელასტიურობას და ა.შ.

დღევანდელ ცხოვრებაში მეტად აქტუალურია მცენარეული ზეთების წარმოება დაბალანსებული ცხიმოვანი მჟავების შემცველობით. აღნიშნული პრობლემის გადაჭრა შესაძლებელია სხვადასხვა მცენარისაგან დამზადებული ზეთების შერევით.

აღსანიშნავია, რომ ადამიანისათვის შეუცვლელი „ომეგა-3“ და „ომეგა-6“ ცხიმოვანი მჟავების დიდი რაოდენობა ისეთი მცენარეული ზეთების შემადგენლობაშია, როგორებიცაა სელის, რაფსის, მდოგვის ზეთები და ა.შ.

მზესუმზირას ზეთის კვებითი ღირებულების გაზრდა, ჩვენ, მდოგვის ზეთის დამატებით გადავწყვიტეთ [2]. ადრეულ წლებში მდოგვის თესლისაგან მიღებული ზეთების შემცველობაში დომინირებდა ერუკის მჟავა (42 %), რომელიც დიდ ზიანს აყენებს ადამიანის ორგანიზმს და მისი საკვებად მიღება აკრძალულია, რადგან ერუკის ცხიმოვანი მჟავას ორგანიზმში დაგროვებამ შესაძლოა ღვიძლის, სისხლმარღვების, ჩონჩხისა და გულის კუნთების, ასევე სქესობრივი განვითარების შეფერხებები გამოიწვიოს, ხელს უწყობს ათეროსკლეროზისა და თრომბოზის ჩამოყალიბებას [3]. აქედან გამომდინარე, ევროსაბჭოს გადაწყვეტილებით [4], 1976 წლიდან დადგენილ იქნა საკვებ ზეთებში ერუკის მჟავას შემცველობა არაუმეტეს 5 %-ისა [5].

მაგრამ, ახლა უკვე შესაძლებელია მცენარის თანამედროვე ჯიშების მოხმარება, რომლებშიც ერუკის მჟავას შემცველობა მინიმუმამდეა (2%-მდე) დაყვანილი ან საერთოდ არ არის, ამასთან 14 %-მდეა გაზრდილი „ომეგა-3“ (ლინოლის) და 32 %-მდე „ომეგა-6“ (ლინოლენის) მჟავების შემცველობა [6]. თუ იმასაც გავითვალისწინებთ, რომ „სარეჰსკის მდოგვის“ ჯიშის საქართველოში მოყვანა სირთულეს არ წარმოადგენს, პრობლემა გადალახულია.

ჩვენ ჯერ შევისწავლეთ რაფინირებული მდოგვისა და მზესუმზირას ზეთის ცხიმმჟავური შედგენილობა (ცხრ.1) და მათი რეოლოგიური, საგემოვნო მახასიათებლები (ცხრ.2).

**ცხრ.1.** მდოგვისა და მზესუმზირას ზეთების ცხიმმჟავური შემადგენლობა.

ციმოვანი მჟავები	„სარეჰსკის“ მდოგვის რაფინირებული ზეთი, %	მზესუმზირას რაფინირებული ზეთი, %
ნაჯერი		
ლაურინის, C (12:0)	უმნიშვნელოდ	-
მირისტინის C (14:0)	<0,5	-
პალმიტინის C (16:0)	3,0	4,3
სტეარინის C (18:0)	1,84	4,44
უჯერი		

ოლეინის C (18:1)	45,2	66,5
ერუკის, C (22:1)	<0,6	-
ლინოლის C (18:2)	14,0	-
ლინოლენის C (18:3)	34,8	<0,5

**ცხრ.2.** მდოგვისა და მზესუმზირას ზეთების ფიზიკურ-ქიმიური და ორგანოლექტიკური მახასიათებლები

მახასიათებლები	მდოგვის რაფინირებული ზეთი	მზესუმზირას რაფინირებული ზეთი
ფერი (ვიზუალურად)	ღია ყვითელი მომწვანო ელფერით	ღია ყვითელი
სუნი	მდოგვის ზეთისათვის დამახასიათებელი სურნელით	მზესუმზირას ზეთისათვის დამახასიათებელი
გემო	მდოგვის ზეთისათვის დამახასიათებელი მსუბუქი არომატი, სიმწარის გარეშე	მზესუმზირას ზეთისათვის დამახასიათებელი
გამჭვირვალობა	ლექის გარეშე, გამჭვირვალე	გამჭვირვალე
სიმკვრივე, კგ/ლ (15 °C)	913	920
ფერის რიცხვი, მგ იოდი	-	13,1
გაყინვის ტემპერატურა, °C	-16	-19
ტენიანობა	0,13	1,11
მჟავური რიცხვი, მგKOH/გ	0,29	0,44
გაუსაჰნავი ნივთიერებები, %	-	1,1
იოდის რიცხვი, გI/100გ	145	107

აღსანიშნავია, რომ მდოგვის ზეთი მდიდარია აგრეთვე (სხვა მცენარეულ ზეთებთან შედარებით) ქოლინებით (ქოლინების წყარო: ხორცი და კვერცხი) [7], რომელიც B ჯგუფის ვიტამინებს განეკუთვნება და მნიშვნელოვან როლს თამაშობს ნერვული სისტემის ფუნქციონირებაში და ორგანიზმის მიერ ფოსფოლიპიდების სინთეზში (ახდენს ღვიძლის ცხიმოვან გასუფთავებას).

მდოგვის ზეთი შეიცავს აგრეთვე მნიშვნელოვანი რაოდენობით ვიტამინ E-ს (ტოკოფეროლი) და ვიცით, რომ ტოკოფეროლი ანტიოქსიდანტია. სწორედ ამ მიზეზითაა განპირობებული მდოგვის ზეთის ვარგისიანობის დიდი ხანგრძლივობა და მისი დამატებით მზესუმზირას ზეთზე შესაძლებელი გახდება ზეთის უფრო დიდი პერიოდით შენახვა.

მდოგვისა და მზესუმზირას რაფინირებული ზეთების ერთმანეთთან შერევა მზესუმზირას ზეთის ღირებულებას არ გაზრდის, რადგან მდოგვის ზეთი გაცილებით

დაბალფასიანია, მისი დამატებით კი შესაძლებელი გახდება მზესუმზირას ზეთის ადამიანისათვის შეუცვლელი „ომეგა-3“ და „ომეგა-6“ ჯგუფის ჟავებით გამდიდრება.

#### გამოყენებული ლიტერატურა:

1. Скорюкин А. Н. Технология получения и применения купажированных жировых продуктов с оптимальным составом жирнокислотным составом ПНЖК: техн. наук: 05.18.06, М., 2004.
2. Лукин, А. А. Перспективы создания растительных масел функционального назначения. Молодой ученый. 2013, № 9 (56), с. 57-59. URL: <https://moluch.ru/archive/56/7728> (გადამოწმებულია 18.11.2022)
3. Rastogi T., Reddy K. S., Vaz M., et al. Diet and risk of ischemic heart disease in India. Am. journal, 2004. April (vol. 79, no. 4). pp. 582-592. PMID 15051601.
4. Edible oils and fats: level of erucic acid, Wayback Machine - ევროსაბჭოს ოფიციალური გვერდი, 2014 წლის 22 თებერვლის არქივის კოპიო.
5. Лукин, А. А. Перспективы создания растительных масел функционального назначения. Молодой ученый. 2013, № 9 (56). с. 56-60. URL: <https://moluch.ru/archive/56/7728> (გადამოწმებულია 18. 11. 2022).
6. მ. სირაძე, ი. ბერძენიშვილი. მცენარეული ზეთების ქიმიური შედგენილობა და რაფინირების ტექნოლოგიის დახვეწა. თბილისი, 2017. გვ 8-16.
7. USDA Database for the Choline Content of Common Foods. [დაშვების თარიღი: 12.02.2014. დაარქივებულია ორიგინალიდან 19.10. 2013. გადამოწმებულია 18.11.2022).

## Improving the nutritional value of sunflower oil at the expense of mustard oil

Sofio Dzneladze<sup>1</sup>, Elene Sordia<sup>2</sup>, Ketevan Sarajishvili<sup>3</sup>, Maia Kiladze<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Assistant professor, Georgian Technical University; <sup>2</sup>Associate Professor, Georgian Technical University;

<sup>3</sup>Professor, Georgian Technical University; <sup>4</sup>Professor, Georgian Technical University

### Abstract

The article presents the enrichment of sunflower oil with "omega-3" and "omega-6" fatty acids, which are indispensable for the human body. The aim of the paper is to balance the mentioned fatty acids of sunflower oil with low value vegetable oils, specifically - mustard oil.

**Key words:** *sunflower oil, mustard oil, fatty acids, erucic acid.*



## Natural waste use for mycotoxins adsorption

Nino Karkashadze, Rusudan Uridia, Nana Tserodze, Leila Tatiashvili, Ketevan Ebralidze, Liparit Dolidze

Iv. Javakhishvili Tbilisi State University, P. Melikishvili Institute of Physical and Organic Chemistry, Tbilisi, Georgia

### Abstract

Food safety is one of the top-priority directions. In the developed countries the international standards are observed via systematic monitoring and protection of corresponding conditions that to a considerable degree eliminates toxins penetration into the food. However, in the developing countries there is no possibility of using the international regulations, so the food is stored under unacceptable conditions that leads to its contamination. Based on the above mentioned, the considerable part of spread of strong mutagens – aflatoxins falls on storage conditions. Mycotoxins are excreted by molds, so they are the natural pollutants of food products, which may accumulate during storage period, as well. At that time, mycotoxins may enter the food chain: plant – biomass – animal – human. Therefore, the goal of our work is creation of optimum storage conditions for agricultural products in order to not promote development of microscopic fungi entered from the environment and to deliver food products to the customer in unharmed marketable condition. Mycotoxins are one of the most important biogenic toxins, which infect food, and causes mycotoxicosis – toxification of humans and animals when entering their organisms [1,2].

**Key words:** *Lignin, aflatoxin, mycotoxin, adsorption, technical lignin*

### Introduction

Reasons of mycotoxins genesis: unfavorable climate conditions, inadequate conditions of food and grains storage, high temperature and humidity, violation of sanitary standards, availability of harmful living objects during grains seeding.

There are some difficulties when identifying mycotoxins: they are differed by inhomogeneous distribution, concentration of mycotoxins in the grains of the same batch substantially varies, that is

why the one and the same analysis conducted according to the up-to-date methods doesn't give a guarantee that there will be no mycotoxins in the food.

Taking into account the synergetic relation of mycotoxins, a ready-to-eat food may be toxic, even if mycotoxins quantity doesn't exceed maximum permissible concentration, which is established separately for each type of mycotoxins.

One and the same species of mold may induce production of different types of mycotoxins. Therefore, availability of one toxin may testify the existence of other toxins, as well. [3]

Toxins availability	Corresponding available toxins	Reason
Aflatoxin	Ochratoxin, citrinin, CPA	Aspergillus
Ochratoxin	Aflatoxin, citrinin, CPA	Penicillium, Aspergillus
Toxin T-2	Toxin HT-2, DAS, fusaric acid	Fusarium tricinctum
DON	Zearalenone, fusaric acid, nivalenol	Fusarium graminearum
Fumonisin	DON, zearalenone, moniliformin	Fusarium moniforme

Mycotoxins taken by animals and hazard for humans:

- Food intake reduction or food refusal;
- decrease in food nutritional value, nutritive substances adsorption and metabolism;
- negative effect on endocrine and exocrine glands secretion;
- weakened immune system;
- embryonic demise;
- decline in milk nutritional value;
- fertility disorder.

Hazardous toxins:

Toxin T-2, ZEA, DON – immunodepression, ZEA – prolapse, embryonic demise, DON – ovarian cyst, Aflatoxin, DON, toxin T-2 – less hazardous, Toxin T-2 – gastroenteritis, bleeding, Toxin T-2, DON – reduction in nutritional requirement, Patulin, PR toxin, roquefortine – antibiotic effect.

Many toxins may be detoxified and become less hazardous or completely safe under influence of cattle microflora, provided that animal is healthy.

**Zearalenone:** May derive  $\alpha$ -zearalenone and  $\beta$ -zearalenone.  $\beta$ -zearalenone toxicity is low, while  $\alpha$ -zearalenone toxicity is much higher, but its absorption by the digestive tract is low.

**Ochratoxin:** May derive  $\alpha$ -ochratoxin, its toxicity is low.

**Fumonisin:** The major part of fumonisin is not adsorbed and is not transformed and releases from the organism with excrements.

**Toxin T-2:** Is used as an energy source by some bacteria. May transform into HT-2 toxin – a less toxic form.

**Deoxynivalenol:** May transform into DOM-1 – a less toxic form.

Thus, zearalenone, DON, ochratoxin, fumonisin and toxin T-2 didn't pose a great danger for suckling animals (of course, if we don't deal with a large amount of these toxins, or animals have health-related problems).

**Mycotoxin detoxification degree among cattle:**

Aflatoxin– 0-10%, zearalenone– 0-40%, ochratoxin – 50-100%, deoxynivalenol– 0-50%, toxin T-2 – 0-70%, fumonisin– 0-35%. Some mycotoxin metabolites penetrate into milk, and from milk get into human organism.

**Aflatoxin M-1 is the most hazardous among them:**

- Among all biologically derived toxins, aflatoxin is the strongest hepatocarcinogen discovered up to date.
- Is stable even in case of thermal treatment of the product.
- 70-90% of aflatoxin is rapidly absorbed by the cow organism, and only 10% may be detoxified by a calf.
- Aflatoxin may be absorbed at the expense of passive diffusion already at the calf's small bowel wall.
- Aflatoxin B1 transforms into toxin M-1 in the liver or small bowel and releases with milk and other biological liquids. [4]

Mycotoxin extraction and metabolism with milk

Mycotoxins	Toxin quantity moved from the food to milk, %
Aflatoxin	1.7% (1-2% range)
Deoxynivalenol	<0.02%
Zearalenone	<0.70%
Toxin T-2	<0.20%
Fumonisin	<0.01%
Ochratoxin	<0.03%

Continuous export and import of grain crops between countries, definite climate change throughout the world, regular use of fungicides and pesticides causes increase in mycotoxins genesis. This fact leads to food contamination with different mycotoxins raises as well. At that, the concentration of a separate

mycotoxin may be less than the maximum permissible concentration, that complicates diagnosing, causes cattle infection and economic losses. The food is frequently infected by fungi of *Fusarium* and *Aspergillus* families, which produce more or less hazardous mycotoxins: mycotoxin T-2 and aflatoxin B1 [2].

There are many preventive measures against mycotoxin, such as: agrarian method, proper storage of food, treatment with biological and chemical preparations etc. In the recent period, the intestinal sorbents of vegetable origin have been widely used. These adsorbents have an ability to digest preventive substances.

There is an important requirement to the presented mycotoxins adsorbents, namely their enzyme resistance and retention of adsorptive properties in relation to mycotoxins when transferring adsorbents to ruminant animals.

It is very prospective to use lignin for mycotoxin adsorption, which has surface pores having high adsorptive capacity towards substances of different classes, and is not treated in human and animal organisms. [5]

The presented work deals with adsorptive properties of technical lignin towards mycotoxins and aflatoxins. As far as mycotoxins are biological contaminants, microscopic fungi are natural pollutants, which cause animal intoxication when entering the food.

Based on this fact, the **research goal** is provision of maximum protection of agricultural crops in order to prevent the products from pollution with microscopic fungi, make their commodity value high and the product harmless both for humans and cattle. [6]

### **Research results**

Roughly 300-400 mycotoxins are known as of today, which may origin both prior to harvesting and after it, may accumulated during storage, so a continuous monitoring of food is necessary [5]. Aflatoxins, T-2 toxin, zearalenone and other mycotoxins are highly toxic and hazardous for humans. These substances are highly resistant to environmental conditions effect and are not decomposed even in case of thermal treatment.

Therefore, when assessing risks according to HASSP system, in case of mycotoxins availability, 7 critical control points have been revealed, which need adoption of proper measures for avoiding contamination, namely: determination of seed material quality, soil treatment degree, plant growth period, crop harvesting, period after harvesting, storage and processing. It is necessary to observe technical standards in order to avoid mycotoxin contamination of the harvest kept. If contamination still happens, then it is necessary to adopt the decontamination standards, in order to prevent the use of toxic food.

Mycotoxins are synthesized by the different species of fungi. Toxic action is mainly caused by protein synthesis inhibition. The majority of studied mycotoxins is formed resulting from action of three types of molds: *Aspergillus*, *Penicillium* and *Fusarium*. [7].

Among them the most dangerous is mycotoxin, which is developed at the harvest surface due to inappropriate storage conditions. Such mycotoxins and ochratoxins damage liver and have an expressed carcinogenic action.

Thin-layer chromatography with different sampling options is frequently used for determination of mycotoxins. Thin-layer chromatography makes it possible to simultaneously identify up to 30 different mycotoxins.

Fluorescent detector is used for quantitative determination of mycotoxins. Concentration gain of the samples under study at the plate provided their fast and better division (5  $\mu$ ). Thin-layer chromatography is used almost for all mycotoxins. [8]

The goal of our work was to improve the agricultural products storage conditions in order to prevent goods from further pollution and to provide conditions inhibiting microscopic fungi development. For that purpose, we set a goal to improve these conditions using sulfate lignin.

On this basis, one sample has been placed in the exiccator, while the second one was put in the exiccator along with sulfate lignin. Samples have been observed and analyzed every week during a month.

Research results showed that a piece of bread placed in the exiccator without lignin, has experienced gradual surface contamination by microscopic fungi. In its turn, a piece of bread with lignin has remained unchanged for the same time period. In parallel, lignin humidity was determined, which showed that lignin humidity has been gradually increased, but after 4 weeks it became constant.

At the same time, the treatment of a sample of pieces of bread and lignin showed that there were no toxins in either of them.

At the next stage, lignin was put into infected exiccator. Along with it, we have placed fresh and infected pieces of bread. Study results showed that after 4 weeks, one and the same toxin was discovered in lignin and infected bread (Fig.1), while the healthy piece of bread visually kept its initial form that was confirmed by the analysis, as well. There were no toxins in it (Fig.2), (Table.1).



**Fig.1.** Toxins in bread



**Fig.2.** No toxins in bread

**Table 1.** Results of representatives of *Aspergillus* genus

<b>Week</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>	<b>IV</b>
<b>Humidity on sulfate lignin (g, %)</b>	2.14 ≈4	2.82 ≈4	3.41 ≈5	4.62 ≈7
<b>Toxin quantity in bread (mcg/l)</b>	0.0019	0.0021	0.0025	0.0031
<b>Toxin in lignin</b>	0.0020	0.0022	0.0027	0.0032

**REFERENCES:**

1. Uridia R.Z., Karkashadze N.G., Tatiashvili L.T., Tserodze N.P., Mikadze I.I., Tsiskarishvili R.P. Research of adsorption aflatoxins by technical lignin. *International Academy Journal World Science*. 2021, 10 (71)
2. Iqbal S.Z., Asi M.R., Hamif U., Zuber M., & Jinap S. The presence of aflatoxins and ochratoxin A in rice and rice products; and evaluation of dietary intake. *Food Chemistry*. 2016, 210(1), 135-140
3. Zhang P.W., Zhang W. Immunoassays for aflatoxins. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*. 2009. 28(9), 1115-1126
4. Pereira V.L., Fernandes J.O. & Cunha S.C. Mycotoxins in cereals and related foodstuffs. A review on occurrence and recent methods of analysis. *Trends in food Science & Technology*. 2014. 36(2), 96-136
5. Stern M.C., Umbach D.M., et al. Hepatitis B, aflatoxin B(1), and p53 codon 249 mutation in hepatocellular carcinomas from Guangxi, People's Republic of China, and a Meta-analysis of existing studies. *Cancer Epidemiology, Biomarkers & Prevention*, 2001. 10:617-625. PMID: 11401911
6. Lancova K., Hajslov J., Kostelanska M., Kohoutskova J., Nedelkin J., Moravcova H., Vanova M. Fate of trichothecene mycotoxins during the processing milling and baking. *Food Additive & Contaminants: Part A*. 2008;25(5):650-659. DOI: <https://doi.org/10.1080/02652030701660536>
7. Barbera G.I., Capriotti A.L., Cavaliere C., Foglia P., Montone C.M., Chiozzi R.Z. & Lagana A. A rapid magnetic solid phase extraction method followed by liquid chromatography-tandem mass spectrometry analyses for the determination of mycotoxins in cereals. *Toxins*. 2017. 9(4), 147 (1-14)
8. Khayoon W.S., Saad B., Lee T.P., & Salleh B. High performance liquid chromatographic determination of aflatoxins in chilli, peanut and rice using silica based monolithic column. *Food Chemistry* 2012. 133(2), 489-496

# ბუნებრივი ნარჩენების გამოყენება მიკოტოქსინების ადსორბციისთვის

ნინო ქარქაშაძე, რუსუდან ურიდია, ნანა წეროძე, ლეილა ტატიაშვილი,

ქეთევან ებრალიძე, ლიპარიტ დოლიძე

*ივ. ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახლმწიფო უნივერსიტეტი, პეტრე მელიქიშვილის სახ. ფიზიკური და ორგანული ქიმიის ინსტიტუტი, თბილისი, საქართველო*

## აბსტრაქტი

სურსათის უვნებლობა ერთ-ერთი პრიორიტეტული მიმართულებაა. განვითარებად ქვეყნებში სისტემური მონიტორინგისა და სათანადო პირობების დაცვით ხდება საერთაშორისო ნორმების განხორციელება, რაც მნიშვნელოვან წილად გამორიცხავს ტოქსინების გავრცელებას საკვებში. განვითარებად ქვეყნებში არ არის შესაძლებლობა გამოყენებულ იქნას საერთაშორისო რეგულაციები, საკვები ინახება მიუღებელ პირობებში და შედეგად ხდება მისი დაბინძურება. აქედან გამომდინარე, ძლიერი მუტაგენების - აფლატოქსინების გავრცელების მნიშვნელოვანი წილი მოდის შენახვის პირობებზე. მიკოტოქსინებს გამოყოფენ ობის სოკოები და ისინი საკვები პროდუქტების ბუნებრივი დამაბინძურებლები არიან, რომელიც შესაძლებელია დაგროვდეს შენახვის პერიოდშიც. ამ დროს მიკოტოქსინი შესაძლოა მოხვდეს კვებით ჯაჭვში: მცენარე-ბიომასა-ცხოველი-ადამიანი. აქედან გამომდინარე, ჩვენი სამუშაოს მიზანია სასოფლო-სამეურმნეო პროდუქტის შესანახად ოპტიმალური პირობების შექმნა, რათა ხელი არ შეეწყოს გარემოდან მოხვედრილი მიკროსკოპული სოკოების განვითარებას და მომხმარებელამდე მიწოდებულ იქნას საღი სასაქონლო სახით. მიკოტოქსინები წარმოადგენენ ერთ-ერთ მნიშვნელოვან ბიოგენურ შხამს, რომელიც ასნებოვნებს საკვებს, ადამიანისა და ცხოველის ორგანიზმში მოხვედრისას იწვევს მოწამვლას - მიკოტოქსიკოზს [1,2].

*საკვანძო სიტყვები: ლიგნინი, აფლატოქსინი, მიკოტოქსინი, ადსორბცია, ტექნიკური ლიგნინი*

## Noise level and impact research on representatives of different professions employed in an open and closed space.

G.Gratiashvili<sup>1</sup>, D. Chikovani<sup>2</sup>, A. Kometiani<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Academic Doctor, Senior Fellow at the Institute of Constructions, Special Systems and Engineering Maintenance; Tbilisi, 68b M. Kostava Avenue, 0175;

<sup>2</sup>Dr. Junior specialist in Georgian Technical University, Faculty of Informatics and Control Systems. Tbilisi, 68b M. Kostava Avenue, 0175;

<sup>3</sup>Bachelor's, Information Security Specialist, Researcher of Public Security Analysis Center; Tbilisi, 27 G. Chubinashvili st. 0164)

### Abstract

This study includes, based on labor safety principles and standards, a study of one of the most important physical factors, noise levels and impacts, in open and closed public places. It is known that the physical factor of noise contributes to the formation of a harmful work environment and has a negative impact on the representatives of various professions, increases the risk of psychophysiological overload and reduces the ability to work.

**Keywords:** *Safety, Occupational safety, Danger, Harmful work environment, Noise; Psychophysiological, noise meter.*

### 1. Introduction

Occupational Safety and Health (OSH), also often referred to as Occupational Health and Safety (OHS), Occupational Health, or Occupational Safety, is a multidisciplinary field that deals with the safety, health, and well-being of people in a variety of professions.

The goal of the Occupational Safety and Health Program is to provide a safe and healthy work environment for employees.

Globally, more than 2.78 million people die in the workplace as a result of accidents or illness, which means one death every fifteen seconds. There are an additional 374 million non-fatal work-related injuries each year. It is estimated that the economic rate of occupational injury and death accounts for almost four percent of global GDP each year.

Under common law, employers have an obligation to ensure the safety of their employees (also called a duty of care) a reasonable approach to the safety of their employees.



Consider one of the issues of labor safety, noise. Noise is any unwanted sound or a disordered combination of sounds of different frequencies and intensities, which has an adverse effect on the human body and causes occupational disease, deafness. Noise by physical nature is the mechanical vibrations of a flexible environment, gas, liquid, solid body particles within the perception of a human hearing analyzer (16 Hz - 20 kHz), noise is divided according to the nature and time characteristics of the spectrum.

Noise has its beginnings and origins of formation, let's consider each of them:

- **Traffic** is the main source of noise in urban areas with the highest share of noise pollution. The number of vehicles, speed, urban development and traffic system are the main parameters that have an impact on noise propagation. Also, the share of heavy vehicles in the common motor park is allocated;
- **Technological and household equipment**, as well as human activities belong to the sources of internal noise in the dwelling;
- Micro-district (quarter) noise sources, **activities related to human life and activities**. For example, playgrounds and sports fields, area cleaning and more.
- **Writing and energy infrastructure** are sources of external noise

As already mentioned, noise is also divided into time, Permanent and Unstable noises according to time characteristics. Consider each:

⊗ **Permanent noise**, the sound level of which in the work area, 8-hour work cycle or in the storerooms of residential and public buildings, in the area of residential development, when measured "slowly" on the time characteristic of the noise meter changes by no more than 5 dB;

⊗ **Unstable noise**, the level of which in the work area during the 8-hour working day, in the work shift or in the area of the residential development, when measured "slowly" on the time characteristic of the noise meter, changes in time by not less than 5 dB.

Unstable noise in turn is divided into three parts:

✓ **Fluctuating noise** in time, the sound level of which changes continuously over time;

✓ **Intermittent noise**, the pitch of which changes step by step (5 dB and above). In addition, the duration of the intervals during which the noise level is constant is 1 second or more.

✓ **Impulse noise** consisting of one or more sound signals with a duration of less than 1 s each, in addition, the sound levels in dB, measured according to the temporal characteristics - "pulse" and "slow" differ by not less than 7 dB.

There are permissible noise norms according to state standards.

Acoustic Permissible noise norms are different for day (07:00 to 23:00) and night (23:00 to 07:00) periods.

Permissible noise standards in residential areas are similar to the IFC (International Finance Corporation Standards used in international projects) guidelines and the requirements of Georgian law, with only a small time difference of one hour. Permissible noise norms are defined in accordance with the state standards by the Order №297 / N of the Minister of Labor, Health and Social Affairs of Georgia on 16 of August 2001 on the Approval of the Norms of the Quality of the Environment. This order set

the permissible noise levels as well as the maximum permissible level for different areas. Standard noise requirements for residential and commercial areas are defined as follows:

Noise levels established by the legislation of Georgia Recipient status	Time interval	Average permissible noise level (dB)	Maximum permissible noise level (dB)
Residential	7:00-23:00	55	70
Residential	23:00- 7:00	45	60
Commercial	Day-Night	60	75

**Permissible norms of acoustic noise in the storerooms of residential houses and public / public institutions and their development areas**

№	Application functions of storerooms and areas	Permissible norms		
		Day	Evening	Night
1	Educational Institutions and Readings	35	35	35
2	Medical Offices for Treatment of Medical Institutions	40	40	40
3	Residential and sleeping lockers	35	30	30
4	Medical and Rehabilitation Chambers of an inpatient medical institution	35	30	30
5	Hotels / Guest Houses / Motel Rooms	40	35	35
6	Shopping halls and living rooms	55	55	55
7	Restaurants, bars, cafe halls	50	50	50
8	Spectator/Listener Halls and sacral locker rooms	30	30	30
9	Gyms & Pools	55	55	55
10	Small offices ( $\leq 100$ m <sup>3</sup> ) working lockers and lockers without office equipment	40	40	40
11	Large offices ( $\geq 100$ m <sup>3</sup> ) work storage facilities and storage facilities with office equipment	45	45	45
12	Council Headings	35	35	35
13	Areas that directly adhere to low-rise (number of floors $\leq 6$ ) residential houses, medical institutions, children's and social services facilities	50	45	40
14	areas that directly decorate multistory residential houses (number of floors $> 6$ ),	55	50	45

	cultural, educational, administrative and scientific institutions			
15	Areas that directly target hotels, shopping, services, sports and community organizations	60	55	50

## 2. Main part

We have already talked about what the noise and the sources of its emergence are, its distinctive characteristics and established norms, however, in order to measure the norms of noise and to complain to one standard, we need a tool called noise, some types of noise measures have the ability to store the received signals on the internal memory and describe each received signal in accordance with the level and date.

To date, noise measurements have evolved so much that it has even moved to the phone's application, thereby making it significantly easier to use it. In the experimental studies we produced, we used the noise of the Digital Sound Level Meter GM1351 model as well as the mobile app. By which in different periods of time and in different environments, we measured the level of noise. The results of this study are quoted in table N1 below.

The purpose of the study was to compare the results obtained in real environments with the data obtained by the legislation of Georgia and the standards of IFC (International Finance Corporation), and to determine whether the noise level in different environments complied with the specified norms and mainly which profession representatives could act negatively.

Table N1

We've taken the anniversary								Noise levels established by the legislation		Results	
N	Date	დრო	Duration of the anniversary, (min)	Location	Minimum noise level (dB)	Medium, (dB)	Maximum noise level, (dB)	Average permissible level of noise, (dB)	Maximum permissible noise level, (dB)	Difference in noise level to maximum permissible level (dB, -, +)	Compatibility with established norms, (abundance, norm)
1	2021/02/10	17:29:38	00:59	E.Ninos hvili Street Surround	42	59	72	55	70	-11	Norm

				ding Area								
2	2021/1 1/30	16:45:5 2	01:24	Stu Classroo m	42	<b>73</b>	82		35	55	<b>18</b>	Excesses
3	2021/1 1/23	22:43:3 7	00:58	Area adjacent to D. Guramis hvili Avenue (M. Deepghe le)	45	<b>84</b>	87		55	70	<b>14</b>	Excesses
4	2021/1 1/20	15:43:5 2	01:03	Restaura nt near Chashna gir	45	<b>76</b>	82		50	70	<b>6</b>	Excesses
5	2021/1 1/20	15:41:4 0	00:44	Surroun ding Beijing St. N5	45	<b>79</b>	82		55	70	<b>9</b>	Excesses
6	2021/1 1/16	18:24:3 1	01:04	Metro Station Technica l Universi ty Escalator (Bukia Region)	44	<b>78</b>	82		55	80	<b>-2</b>	Norm
7	2021/1 1/15	19:34:3 7	01:36	Area around Metro Marjanis hvili	42	<b>72</b>	77		55	80	<b>-8</b>	Norm
8	2021/1 1/15	19:30:4 1	00:12	Near Beijing	76	<b>79</b>	81		55	70	<b>9</b>	Excesses

				St. N8 Area								
9	2021/1 1/15	19:27:1 0	01:16	Metro Tech Universi ty Escalator	43	<b>84</b>	87		55	80	<b>4</b>	Excesses
10	2021/1 1/14	21:26:1 2	01:41	Subway mattress wagon	42	<b>74</b>	82		55	80	<b>-6</b>	Norm

The results of the study, published in the table, show that the average rate of noise in the open space exceeds the norms by 9.5 dB, and as for the average noise level in a closed space, the lecture process in the classroom for example exceeds the permissible limit by 18 dB, and on the metropolitan escalator by 4 dB.

It should be noted that an excess of noise levels in a closed space is mainly due to the frequency and acoustic effect of current conversations, and in the open space, the noise caused by the number of cars and movement of the main source is caused by movement. As a result of a sharp difference in acoustic effect between open and closed spaces, the level of noise operating in the open field is almost 2 times less than the closed space. Based on the data obtained, it can be said that both environments are characterized by non-constant noise.

Based on studies, we have the opportunity to distinguish representatives of the profession who have to work in a harmful environment and psychophysiological overload during the work process.

Mainly, representatives of this profession are: metropolitan escalator controllers, metropolitan patrol inspectors, professors and teachers and external traders.

Mostly professors and teachers are distinguished from these professions, since their work environment and the physical factor of the current noise exceed the permissible norms by 18 dB, which is twice as high as the noise level of employees working in the open space, and even 4.5 times compared to a number of professions.

The negative impact caused by noise causes psychological irritation and moral instability of a person, which in turn is one of the conditions for the deterioration of the criminal situation.

Clearly, working in a supernormized and psychologically overcrowded environment has an invisible, negative effect on the representatives of the profession we define. This issue gains greater relevance in improving public safety and protection. Since controlling the psychophysiological hazard factor for the recovery and depletion of the country's demographic state is one of the leading aspects in the process of forming a healthy civil society.

### 3. Conclusion.

As the results of the study turned out, the anthrax we took, the maximum noise levels established by the legislation are incompatible with the standard indicators.

With noise-level studies, risk groups working in a harmful work environment, representatives of the profession were identified: escalator controllers, metropolitan patrol inspectors, professors and teachers and external traders.

Among the professions, the profession of professors and teachers, whose working environment, that is, the study process in the classroom and the noise level in it, 2 times and even 4.5 times in some cases, exceeds the working environment of representatives of other professions.

These studies provide the basis for continuing the investigation into the workspaces of representatives of other professions, identify factors that produce harmful environments, identify sources causing noise and develop relevant recommendations to reduce them.

### **Bibliography**

- [1] Law of Georgia On labor safety. Web: [www.matsne.gov.ge](http://www.matsne.gov.ge) , 2019. (In Georgian).
- [2] Environmental Impact Assessment (EIA) Report. Web: [tenders.procurement.gov.ge](http://tenders.procurement.gov.ge), 2021. - 312p. (In Georgian).
- [3] Occupational Health and Safety (OHS). Web: [www.safeopedia.com](http://www.safeopedia.com), November 22, 2021. What Does Occupa. (In English).
- [4] Gratiashvili G. Techniques & Safety. Tbilisi: Public Security Analysis Center, N1 2020. – 32p. (In Georgian).
- [5] Gratiashvili G. Techniques & Safety. Tbilisi: Public Security Analysis Center, N2. – 32p. (In Georgian).

## აზიური ფაროსანას წინააღმდეგ გამოყენებული პესტიციდების ოქსიკოლოგიური დახასიათება, ორგანიზმზე მოქმედების თავისებურებები, მწვავე და ქრონიკული მოწამვლის პროფილაქტიკა

მარინა გიორგობიანი

განსაკუთრებით საშიში მავნებელი – აზიური ფაროსანა (*Halymorpha Halis*) მავნებელი მწერი, რომლის გავრცელების ბუნებრივი არეალი აღმოსავლეთ აზიის ქვეყნებია: იაპონია, ჩინეთი, კორეა. აზიური ფაროსანა 1990-იანი წლებიდან გავრცელებულია ჩრდილოეთ ამერიკის კონტინენტზე. 2010 წელს მავნებლის მიერ ამერიკის შეერთებული შტატების სოფლის მეურნეობისათვის მიყენებულმა ზარალმა მილიარდობით დოლარი შეადგინა. აზიური ფაროსანა 2000 წლიდან გავრცელდა ევროპის ქვეყნებშიც (შვეიცარია, იტალია, ავსტრია, რუსეთი და ა.შ.)

მავნებელი 2016 წელს გავრცელდა დასავლეთ საქართველოში და სასოფლო სამეურნეო კულტურები დააზიანა. აზიური ფაროსანა მიეკუთვნება ფეხსახსრიანთა ტიპს, მწერების კლასს, ნახევრად ხეშეშფრთიანთა რიგს, კუსებურასებრთა ოჯახს, ფაროსანას გვარს. მწერი პოლიფაგია და აზიანებს მრავალ სასოფლო სამეურნეო კულტურას: ხეხილს, ბოსტნეულ-ბახჩეულ კულტურებს, კაკლოვნებს, ციტრუსებს და სხვ. ძლიერი გავრცელების შემთხვევაში აზიური ფაროსანას მიერ გამოწვეული ზარალი ძალიან დიდია, ზოგჯერ მოსავლის 70% ნადგურდება, პროდუქციის სასაქონლო ღირებულება დაბალია. გარდა ამისა, მავნებლის მიერ დაზიანებულ ადგილებში, ჩნდება სხვა მავნე ორგანიზმები (სოკოები, ბაქტერიები) და პროდუქცია საკვებად უვარგისი ხდება.

მწერი სითბოს და ტენის მოყვარულია, ამიტომ გავრცელებისათვის შესანიშნავი პირობები ნახა დასავლეთ საქართველოში, კერძოდ, გურიის, სამეგრელოს და აჭარის რეგიონებში და შემდეგ სწრაფად გავრცელდა მთელ დასავლეთ საქართველოში. დღეისათვის ის გვხვდება იმერეთის მაღალმთიან სოფლებში, რაჭაში.

მავნებელი გამოიზამთრებს ზრდასრულ ფორმაში, შედარებით თბილ და მყუდრო ადგილებში. ზამთრის ძილიდან გამოსული აზიური ფაროსანა აპრილის ბოლოდან – მაისში იწყებს კვებას და კვერცხდება პატრონი მცენარის ფოთლის ქვედა მხარეზე ჯგუფ-ჯგუფად. 4-6 დღეში კვერცხებიდან ჩნდებიან მოწითალო ფერის ნიმფები – მატლები, ისინი ასაკის 5 სტადიის გავლის შემდეგ გადაიქცევიან ზრდასრულ მავნებლებად – იმაგობად. ფაროსანა

ნიმფის ფაზაში, დაფრთიანებამდე 50-55 დღე იმყოფება. ამ პერიოდში ლოკალური განადგურებისათვის შეწამვლა ყველაზე ეფექტურია.

ზრდასრული მავნებლის ფეხებზე, მუცლის კიდეებსა და ულვაშებზე დამახასიათებელი თეთრი ზოლები ჩნდება, რაც განასხვავებს საქართველოში არსებული ფაროსანების ენდემიური სხვა მსგავსი სახეობებისაგან. ზრდასრულ მავნებელს აქვს დიდ მანძილზე გადაადგილების (გადაფრენის) უნარი.

აზიური ფაროსანა იზამთრებს საცხოვრებელ სახლებში, ცხოველთა სადგომებში, ფარდულებში, სხვენზე, კარისა და ფანჯრის ღრიჭოებში; ასევე ბაღებსა და ტყეში ჩამოცვენილი ფოთლების სქელი ფენის ქვეშ და ხეების ფულუროებში.

ფაროსანას წინააღმდეგ ბრძოლა თავშესაფარი ადგილებიდან უნდა დაიწყოს.

აზიური ფაროსანა გაზაფხულზე – აპრილის ბოლოს, მაისის დასაწყისიდან გამოდის თავშესაფრიდან (დღე-ღამის საშუალო ტემპერატურა 15 გრადუსზე მეტი), სახლდება მცენარეზე და იწყებს კვებას. მავნებელი იკვებება ფოთლის, ყლორტისა და ნაყოფის წვენიით. მდებრი ფაროსანა დებს 28-30 კვერცხს ფოთლის ქვედა მხარეზე, ჯამურად ფაროსანას შეუძლია 200-250 კვერცხის დადება. კვერცხი თეთრი ფერისაა და გამოჩეკის წინ ოქროსფერ შეფერილობას იღებს. ფაროსანას კვერცხების აღმოჩენის შემთხვევაში საჭიროა მისი მექანიკურად განადგურება.

მავნეობს როგორც ზრდასრული, ასევე ნიმფები. მცენარით კვებას ფაროსანა მეზამთრეობიდან გამოსვლისთანავე იწყებს და გვიან შემოდგომამდე იკვებება ფოთლის ყლორტის და ნაყოფის წვენიით. ძლიერი ხორთუმის საშუალებით ჩხვლეტს ფოთლის, ნაყოფის ზედაპირს, ათხელებს შიგთავსს. ასეთი ადგილები გაკორპებული რჩება. შემდეგ ასეთ ადგილებში მრავლდება სხვა მავნე ორგანიზმები და იწყება ლპობა.

მავნებლის ბიოლოგიიდან გამომდინარე, ძალიან დიდი მნიშვნელობა ენიჭება მის წინააღმდეგ ბრძოლას მეზამთრეობაში გადასული მავნებლის განადგურებით. ერთი მავნებლის განადგურებით მომავალი წლისთვის 200-250 ახალი მავნებლის გავრცელებას ავიცილებთ თავიდან. შენობებში შესაძლებელია, როგორც მავნებლის შეგროვება და მექანიკური განადგურება, ასევე სპეციფიკური პესტიციდების გამოყენება, რომლებიც დაშვებულია დახურულ სივრცეებში, სახლებში, საზღვების ობიექტებში, ბაღებში, სკოლებში. ამ პრეპარატების გამოყენებისას მკაცრად უნდა იყოს დაცული მათი გამოყენების რეგლამენტები და სანიტარულ-ჰიგიენური წესები.

მსოფლიოს წამყვანი სპეციალისტები ერთ-ერთ მნიშვნელოვან ღონისძიებად **მექანიკური მეთოდებით** ბრძოლას მიიჩნევენ. ამისათვის მზადდება მარტივი კონსტრუქციის მუყაოს ან სხვა მასალის თავშესაფარი, რომელშიც მჭიდროდ თავსდება კვერცხის ჩასაწყობი მუყაოს ფირფიტები ან მსგავსი მასალა. აღნიშნულ თავშესაფრებს, გამოსაზამთრებლად დაძრული ფაროსანების მოზიდვის მიზნით ათავსებენ სახლების მახლობლად, ამ გზით



აგროვებენ მავნებელს და ანადგურებენ მექანიკურად. ასევე შესაძლებელია მავნებლის მტვერსასრუტით შეგროვება და განადგურება. მწერის მოსაზიდად ვანთებთ სანათურს, ვდგამთ საპნიანი წყლით სავსე ჯამს. შუქზე მისული ფაროსანა ცვივა წყალში და იხოცება.

აზიური ფაროსანას წინააღმდეგ სხვადასხვა ქვეყნებში ეფექტიანად გამოიყენება ე.წ. „**მოიზიდე და მოკალის**” („Attract and kill”) მეთოდი. ინსექტიციდით გაჟღენთილი ბადე თავსდება ნაკვეთის პერიმეტრზე, სადაც მავნებლის მოზიდვის მიზნით მაგრდება 4-5 ერთეული ფერომონი. ბადესთან კონტაქტის შედეგად ფაროსანა კვდება. ვეგეტაციის პერიოდში ბაღის კიდეზე არსებულ მცენარეზე 5 ან მეტი ფერომონი თავსდება და ტარდება ყოველკვირეული წამლობა ინსექტიციდებით.

როგორც ყველა განსაკუთრებით საშიში მავნებლების წინააღმდეგ, აზიური ფაროსანას საწინააღმდეგო ღონისძიებებს სურსათის ეროვნული სააგენტო ასრულებს. 2016 წლიდან სურსათის ეროვნული სააგენტო მავნებლის საწინააღმდეგო ღონისძიებებს სამი მართულელებით ახორციელებს:

1. ტარდება სრულმასშტაბიანი მონიტორინგი მავნებლის შესაძლო გავრცელების არეალის დასადგენად;
2. მავნებლის ზღვარის დადგენის შემდეგ იგეგმება ქიმიური ღონისძიებები;
3. ტარდება ლექცია-სემინარები მოსახლეობის ინფორმირების მიზნით.

რაც შეეხება ფაროსანას წინააღმდეგ ბრძოლის ქიმიურ ღონისძიებებს, სურსათის ეროვნული სააგენტო ახორციელებს ორი მეთოდით: **ცხელი ორთქლის** გამოყენებით – სოფლებში და ქალაქებში, დასახლებულ ადგილებში და **სველი დამუშავებით** – დაუსახლებელ ადგილებში, საყანე ფართობებში, ტყის მოსაზღვრე ადგილებში.

აზიური ფაროსანას წინააღმდეგ გამოსაყენებელი პრეპარატები შერჩეულ იქნა იმ ნიშნით, რომ ისინი შედარებით ნაკლებად ტოქსიკური იყოს გარემოსათვის და მაღალეფექტური – მავნებლის წინააღმდეგ.

ქიმიური ბრძოლის ორივე შემთხვევაში საქართველომ გაითვალისწინა სხვა ქვეყნების გამოცდილება, განსაკუთრებით აშშ წარმატებული ბრძოლა ამ მავნებლის წინააღმდეგ და ქიმიურ ღონისძიებებს ატარებს პირეტროიდების ჯგუფის პრეპარატებით.

მსოფლიოში უკვე დიდი ხანია პრაქტიკაში შემოვიდა ინსექტიციდების ჯგუფი – სინტეზური პირეტროიდები. ისინი გვირილას (პირეტრუმი) მოქმედი საწყოსი – პირეტრინების ანალოგებია და ბუნებრივი პირეტრინებისაგან განსხვავდებიან უფრო მაღალი აქტივობით და გარემო ფაქტორებისადმი, პირველ რიგში, მზის ულტრაიისფერი სხივების სპექტრისადმი გამძლეობით. პირეტროიდებმა ჩანაცვლეს ის მაღალტოქსიკური პესტიციდები, რომელთაც ახასიათებდა ბიოსფეროში დაგროვება, ადამიანის ორგანიზმში კუმულირება, აგრეთვე ალერგიული, ბლასტომოგენური, ტერატოგენული, ემბრიოტროპული და სხვა არასასურველი თვისებები. ამ ჯგუფს მიეკუთვნებიან დეცისფლუქსი, თეიქოფი, ინსაკარი და ზონდერი. ეს პრეპარატები ხასიათდებიან ქიმიური სისუფთავის მაღალი ხარისხით, შეიცავენ ერთადერთ იზომერს, რომელიც მაღალეფექტურია მავნებლის

წინააღმდეგ საბრძოლველად. აღსანიშნავია ამ პრეპარატების სწრაფი მოქმედება მავნებლის ნერვულ სისტემაზე, დაბალი ხარჯვის ნორმა, გარემოს ნაკლები დაზინძურება, ისინი სწრაფად იშლებიან არატოქსიკურ კომპონენტებად და სწრაფადვე გამოიდევენებიან ორგანიზმიდან.

ორმოც წელზე მეტია რაც ამ ჯგუფის პრეპარატებს მოიხმარენ მთელ მსოფლიოში და მათ შორის საქართველოში. პირეტროიდების გამოყენების დაწყება წარმოადგენდა მნიშვნელოვან მოვლენას ინსექტიციდების ისტორიაში. მცენარეთა დაცვის საშუალებების ბაზარზე პირეტროიდების წილი 15%-ზე მეტია და დღესაც გრძელდება კვლევები ამ ჯგუფის პრეპარატები დახვეწისათვის.

ნებისმიერი პესტიციდის და მათ შორის პირეტროიდების გამოყენებისას აუცილებელია დაცული იქნას პრეპარატის გამოყენების რეგლამენტები და უსაფრთხოების სანიტარულ-ჰიგიენური წესები. ყველა ეს ნორმა და წესი მკაცრად არის დაცული, როდესაც სურსათის ეროვნული სამსახური ქიმიური წამლობის ღონისძიებებს ატარებს. მაგრამ გასათვალისწინებელია მოსახლეობის მაღალი ჩართულობა ამ განსაკუთრებით მავნე მწერის რიცხოვნობის შემცირებაში.

დღეისათვის აზიური ფაროსანას წინააღმდეგ გამოიყენება საქართველოში რეგისტრირებული სინთეზური პირეტროიდებისა და ნეონიკოტინოიდების ჯგუფის ინსექტიციდები.

სხვა ქვეყნების, მათ შორის ამერიკის შეერთებული შტატების გამოცდილებით, მავნებლის წინააღმდეგ ყველაზე ეფექტიანია პირეტროიდული ჯგუფის – ბიფენტრინის შემცველი პრეპარატები. საქართველოში რეგისტრირებულია: ტალსტარი, ზონდერი, ინსაკარი, ბატალიონი, თეოქოფი, კურა-კურა და ხაბლა. პრეპარატების ხარჯვის ნორმაა 0.3-0,6 ლიტრი ჰექტარზე. ამ პრეპარატებით წამლობა უნდა ჩატარდეს პრეპარატების გამოყენების წესებისა და ლოდინის პერიოდის (შეწამვლიდან – მოსავლის აღებამდე) მკაცრი დაცვით.

ფაროსანას წინააღმდეგ ასევე გამოიყენება **კომბინირებული ინსექტიციდები**: პირინექს სუპერი (ბიფენტრინი + ქლორპირიფოსი) – 0,5-0,7 ლიტრი/ჰექტარზე (ლ/ჰა), ანტიხრუმში (ბიფენტრინი + იმიდაკლოპრიდი) – 0,8-1 ლ/ჰა, ნურელ-დ, ეფდალ-ფოსეტრინი, სუპერკილ ფორტე, ქლორპირივიტ-აგრო, ტენჩანტი (ქლორპირიფოსი + ციპერმეტრინი,) – 1-1,5 ლ/ჰა. **პირეტროიდების ჯგუფიდან**: რივომეტრინი, ეფდალ კიმეტრინი, ალექსანდერი, კრალი 250 ეკ, საირუქსი, მატადორი, ბესტ სუპერი, ციპრინი (ციპერმეტრინი) – 0,2-0,4 ლ/ჰა; ფასტაკი, ალპაკი, სუპერ ჰექტამეტრინი, ბესტ ალფა, ეფდალ ალფატრინი (ალფა-ციპერმეტრინი) – 0,25-0,35 ლ/ჰა, კარატე ზეონი, კარატე, კაიზო, გრანდი დ, ეფდალ ლამტორინი, ტეკვანდო კაფსულა, პეტრა, ლამბადა RY (ლამბადა-ციპალოტრინი) – 0,4-0,8 ლ/ჰა, ფიური (ზეტა-ციპერმეტრინი) – 0,2-0,4 ლ/ჰა. **ნეონიკოტინოიდების ჯგუფიდან** გამოიყენება: აქტარა, მედალი, რენოვა (თიამეტოქსამი) – 0,2-0,4 კილოგრამი ჰექტარზე (კგ/ჰა), კონფიდორ მაქსი, მიდაში, იმიდორ მაქსი, იმიდორ დ (იმიდაკლოპრიდი) – 0,2 კგ/ჰა, პერფექტო, ანტიკოლორადი (ლამბადა-ციპალოტრინი + იმიდაკლოპრიდი) – 0,3-0,5 ლ/ჰა და აღნიშნული ჯგუფის სხვა პრეპარატები. **კარბამატების ჯგუფიდან** გამოიყენება: ლანატი (მეთომილი) – 1,8-2,2 ლ/ჰა, ნიტროგუანიდინების ჯგუფის სტარკლი (დინოტეფურანი) – 0,5-1 კგ/ჰა, რომელიც ლოდინის მოკლე პერიოდით (თხილი, ხეხილი – 14, ბოსტნეული – 5 დღე) გამოირჩევა.

## ბიოლოგიური ინსექტიციდები.

**nostaljisti** (*Beauveria bassiana*) – 6 ლ/ჰა. თხილზე რეკომენდებულია 3-4 შესხურება მცენარის ზრდის პროცესში, მავნებლის ნიმფების გამოჩენისთანავე 7- დღიანი ინტერვალით.

**ბიოინსექტ -2** (*Beauveria bassiana*) – 6 ლ/ჰა ნიმფების წინააღმდეგ და 12 ლ/ჰა – იმაგოს წინააღმდეგ. რეკომენდებულია 3 შესხურება 7-დღიანი ინტერვალით, თხილის სიმწიფის და სიმინდის რძისებრ-ცვილისებრი სიმწიფის პერიოდში.

**ნიმბეციდინი** (აზადირაქტინი) – 5-6 ლ/ჰა თხილზე რეკომენდებულია 3 შესხურება ნიმფების გამოჩენისთანავე, ყვავილობის და ნაყოფის გამონასკვის ეტაპზე და მოსავლის აღებამდე 10 დღით ადრე.

საცხოვრებელი სახლების, ასევე სხვა შენობების გარე პერიმეტრზე (ვერანდა, გარე კედელი) სინათლეზე ან სითბოზე მოზიდული ფაროსანა შესაძლებელია გავანადგუროთ ბიოლოგიური ინსექტიციდის შესხურებით.

## სინთეზური პირეტროიდების ზოგადი დახასიათება და მათი უსაფრთხო გამოყენების სანიტარულ-ჰიგიენური წესები

პირეტროიდები განეკუთვნებიან მცენარეთა დაცვის თანამედროვე ეფექტურ საშუალებებს – ინსექტიციდებს. ამ ჯგუფის პრეპარატები წარმოადგენენ ზოგიერთი მცენარის მიერ გამომუშავებული ბუნებრივი დამცავი საშუალებების სინთეზურ ანალოგს.

ამჟამად სინთეზირებულია საკმაოდ ბევრი სხვადასხვა სახის პირეტროიდი. მათგან პრაქტიკულად გამოიყენება მხოლოდ რამოდენიმე ათეული. ქიმიური სტრუქტურის მიხედვით ისინი ძირითადად ციკლოპროპანკარბონული მჟავების ჩანაცვლებულ ეთერებს ან ჩანაცვლებულ ფენილაცეტატებს წარმოადგენენ. მათი წარმოება ხდება ძირითადად ზეთოვანი სითხეების ემულსიების, აეროზოლების და კრისტალური ფხვნილების სახით.

სინთეზური პირეტროიდების მთავარი უპირატესობაა მოქმედების მაღალი ინსექტიციდური აქტივობა და ამორჩევითობა. ამის გამო მითითებული პრეპარატების ხარჯვის ნორმები მეტად მცირეა და იზომება ათეულ-ასეული გრამებით ჰექტარზე.

დიდი მნიშვნელობა აქვს ჰიგიენურ ასპექტებს, განსაკუთრებით გამოყენების რეგლამენტების შემუშავებისას. აქტუალურია აგრეთვე შრომის ჰიგიენის საკითხები სათბურებში პირეტროიდების გამოყენებისას. ცნობილია, რომ ფანჯრის მინები შთანთქავენ ულტრაიისფერ სხივებს, რომლებიც იწვევენ პირეტროიდების დაშლას, რაც განაპირობებს სათბურებში მათი პერსისტენტობის გაზრდას. ზოგიერთი პრეპარატი იწვევს გამოხატულ ადგილობრივ გამღიზიანებელ და კან-რეზორბციულ მოქმედებას. მნიშვნელოვანი საკითხი, რომელიც საჭიროებს ყურადღების მიქცევას, არის მათი მაღალი ტოქსიკურობა ფუტკრებისათვის და განსაკუთრებით თევზებისათვის, რაც გათვალისწინებული უნდა იყოს პირეტროიდების გამოყენებისას.

სპეციალისტების პროგნოზით, პირეტროიდების მოხმარება უახლოეს მომავალში კიდევ უფრო გაიზრდება, რადგან ისინი აქტიურად ზემოქმედებენ ფოსფორორგანულ და კარბამატულ პესტიციდებთან მიმართ მდგრად მავნებლებზე.

**მოწამვლის კლინიკა.** ზოგიერთ პირეტროიდს (დეციზი, ამბუში) ახასიათებს ადგილობრივი გამაღიზიანებელი მოქმედება და ასევე შეუძლიათ კანიდან ორგანიზმში შეღწევა (რეზორბცია). აღწერილია პირეტროიდების კანზე ზემოქმედებით გამოწვეული „უცნაური“ პარესთეზიები წვის შეგრძნებით. აღნიშნული მდგომარეობა გრძელდება 12-18 საათის განმავლობაში. პარესთეზიებს იწვევს პრეპარატის მიერ ნერვულ დაბოლოებათა გაღიზიანება. ინტოქსიკაცია უპირატესად გამოვლინდება ნერვული სისტემის დაზიანების ნიშნებით: თავის ტკივილი, თავბრუსხვევა, კუნთების ტკივილი. მოწამლული ადინამიურია, რაც შემდგომში იცვლება მკვეთრი აგზნებით, ხელების ტრემორით, კლონურ-ტონური კრუნჩხვებით. მძიმე შემთხვევაში ადგილი აქვს პარეზებს, დამბლებს, კომას.

პრეპარატით ინჰალაციური გზით მოწამვლის ძალაზე მძიმე გართულებას წარმოადგენს ფილტვების მწვავე შემუპება.

პერორალური მოქმედებისას ვითარდება კუჭ-ნაწლავის ტრაქტის დაზიანების სიმპტომები: ჰიპერსალივაცია, გულისრევა, ღებინება, ფაღარათი. შესაძლებელია ღვიძლის დაზიანების განვითარება ტოქსიკური ქოლესტაზური ჰეპატიტის ტიპით, რაც ზოგჯერ ღვიძლის მწვავე უკმარისობით მთავრდება.

ზოგიერთ პირეტროიდს შეუძლია გამოიწვიოს ალერგიული რეაქცია – კონტაქტური დერმატიტი, ხველა, რინიტი, შედარებით იშვიათად – ბრონქიალური ასთმის შეტევები.

### **დიაგნოსტიკის სპეციფიკური მეთოდები დღეისათვის არ არის დადგენილი.**

**გადაუდებელი დახმარება.** საჭიროა ძირითადი სასიცოცხლო ფუნქციების მონიტორინგი, აუცილებლობის შემთხვევაში რეანიმაციული მეთოდების გამოყენება. **ანტიდოტური თერაპია არ არსებობს. მკურნალობა მხოლოდ სიმპტომურია:**

**კანზე** მოხვედრის შემთხვევაში - საჭიროა მისი მობანვა საპნიანი წყლით ან სუსტი ტუტოვანი ხსნარით. ასევე რეკომენდებულია ადგილობრივად - ტოკოფეროლი (vitamini E) პარესთეზიების სამკურნალოდ. გასათვალისწინებელია, რომ იგი ეფექტურია მხოლოდ პირველი 12-24 საათის განმავლობაში;

**თვალში** მოხვედრისას - სუფთა თბილი წყლით ან ფიზიოლოგიური ხსნარით უხვი, საგულდაგულო, ხანგრძლივი (10წთ) გამორეცხვა. ტკივილის შემთხვევაში – ადგილობრივი ანესთეტიკი.

**ინჰალაციური გზით** მოწამვლისას – აუცილებელია ავადმყოფის გამოყვანა დაბინძურებული არეალიდან. მკვეთრად გამოხატული რინიტისას – ანტიჰისტამინური პრეპარატები, სხვა შემთხვევაში - სიმპტომური თერაპია პაციენტის მდგომარეობის

გათვალისწინებით. განსაკუთრებული ყურადღება უნდა მიექცეს ფილტვების მწვავე შემუშების მკურნალობას.

**პერორალური** მოწამვლისას - 30 მგ აქტივირებული ნახშირი, კუჭის ამორეცხვა, მარილოვანი საფადართო (ზეთოვანის გამოყენება არ შეიძლება). კუჭის ამორეცხვა აუცილებელია ფრთხილად, ასპირაციის საშიშროების გამო.

**კრუნჩხვითი სინდრომი** - უმეტეს შემთხვევაში განსაკუთრებულ მკურნალობას არ საჭიროებს, თუმცა შესაძლებელია მისი გახანგრძლივების შემთხვევაში საჭირო გახდეს დიაზეპამის, ხოლო შედარებით იშვიათად - ფენიტონის ინტრავენური შეყვანა. ასევე რეკომენდებულია რელანიუმი, გამაამინოერბომჟავა ან ფენობარბიტალი.

გარდა ამისა მიჩნეულია, რომ ფენობარბიტალი წარმოადგენს ღვიძლში პირეტროიდების მეტაბოლიზმის პროცესების უშუალო სტიმულატორს. მძიმე შემთხვევებში - ფილტვების მექანიკური ვენტილაცია. აუცილებელია გვახსოვდეს, რომ უკანასკნელი მონაცემებით ამ ინტოქსიკაციის დროს დიაზეპამს უპირატესობა ენიჭება ფენობარბიტალთან შედარებით.

გამოხატული **ტრემორის** დროს - პროპრანოლოლი, პროკაინამიდი;

**ატროპინი** გამოიყენება მხოლოდ მიოზის, ჰიპერსალივაციისა და ფილტვების შემუშების შემთხვევაში, რაც განსაკუთრებით ეფექტური აღმოჩნდა ფენვალერატითა და ციპერმეტრინით ინტოქსიკაციისას. აქ აუცილებელია გარკვეული სიფრთხილე ატროპინით ინტოქსიკაციის განვითარების თავიდან ასაცილებლად. არსებობს მონაცემები ატროპინისა და ეთილკარბამატის ერთობლივი გამოყენების მაღალი ეფექტურობის შესახებ. კარგი შედეგებით ხასიათდება და ასევე ეფექტური აღმოჩნდა მიორელაქსანტ მეფენეზინის გამოყენება.

**კომის** დროს რეკომენდებულია ჰემაბსორბცია ჰემოდიალიზთან ერთად. ტოქსიკური ჰეპატოპათიის განვითარებისას ჰეპატოპროტექტორული მკურნალობა; პარეზებისა და დამბლების სამკურნალოდ ინიშნება სპეციალური ნევროლოგიური მკურნალობა.

**კონტაქტური დერმატიტის** შემთხვევაში გამოიყენება ანტიჰისტამინური და კორტიკოსტეროიდული პრეპარატები ადგილობრივად და შიგნით მისაღებად.

ფოსფორორგანული ნაერთებით მოწამვლასთან მსგავსების გამო ზოგჯერ შეცდომით ხდება ქოლინესტერაზას რეაქტივატორების გამოყენება, რაც მნიშვნელოვნად ზრდის ღვიძლის დაზიანების საშიშროებას. ამის გამო, საექვო შემთხვევებში აუცილებელია სისხლში ფერმენტ ქოლინესტერაზას აქტივობის განსაზღვრა, რომელიც მნიშვნელოვნადაა დაქვეითებული ფოსფორორგანული ნაერთებით ინტოქსიკაციის შემთხვევაში.

ზემოაღნიშნული ყველა სამკურნალო ღონისძიება უნდა მიმდინარეობდეს ინფუზიური თერაპიისა და ფორსირებული დიურეზის ფონზე. მკურნალობა არ არის ხანგრძლივი და

საშუალოდ გრძელდება 1-3 დღე. გაცილებით რთული ამოცანაა გართულებულ მოწამვლათა მკურნალობა. **გამოსავალი** უმეტესად კეთილსაიმედოა.

**პროფილაქტიკა** საერთო ხორციელდება წესით. უნდა გვახსოვდეს, რომ მიუხედავად მათი შერჩევითი ინსექტიციდური მოქმედებისა, პირეტროიდები სერიოზულ საფრთხეს წარმოადგენს ადამიანისთვის ნეიროტოქსიკური ზემოქმედების უნარის გამო.

#### **უსაფრთხოების სანიტარულ-ჰიგიენური წესები:**

- შენახვის, ტრანსპორტირებისა და გამოყენების დროს პესტიციდი განათავსეთ უსაფრთხო, მშრალ და კარგად ვენტილირებად ადგილას;
- პესტიციდი არ შეინახოთ სურსათთან, ცხოველების საკვებთან ერთად. მორიდეთ ბავშვებს;
- არ დაუშვათ წყალსადენების, ტბების, ნაკადულებისა და არხების დაბინძურება პესტიციდებით;
- მორიდეთ პესტიციდი კანს და თვალებს. არ შეისუნთქოთ!
- პესტიციდის კონტეინერის გახსნისას და მუშაობის დროს გამოიყენეთ ინდივიდუალური დაცვის საშუალებები: დამცავი კომბინიზონი ან სამუშაო ტანსაცმელი, რომელიც მაქსიმალურად დაფარავს სხეულს; ქუდი, დამცავი სათვალე, ნიღაბი ან რესპირატორი, ხელთათმანი, რეზინის ჩექმა;
- პესტიციდის კანზე მოხვედრის შემთხვევაში, გულმოდგინედ დაიბანეთ საპნიანი წყლით;
- წამლობის შემდეგ საკვების და სითხის მიღებამდე ხელ-პირი საპნით კარგად დაიბანეთ;
- უშუალოდ წამლობის დროს მოერიდეთ საკვების და წყლის მიღებას;
- განცალკევებით გარეცხეთ ხელთათმანები, სახის დამცავი ნიღაბი და დაბინძურებული ტანსაცმელი;
- პესტიციდების შესხურებისას საკარმიდამო ნაკვეთებში ჭები დაფარეთ და დაიცავით დაბინძურებისაგან.

#### **აუცილებელია ტარის უტილიზაციის წესების დაცვა:**

- სამჯერ გამოავლეთ წყალი გამოყენებული პესტიციდის ცარიელ ტარას; ნახმარი წყალი ჩაასხით ავზში და გამოიყენეთ შესასხურებლად; ცარიელი ტარა დააზიანეთ და გაანადგურეთ და მხოლოდ ამის შემდეგ გაიტანეთ ნაგავსაყრელზე;
- დაუშვებელია პესტიციდის ცარიელი ტარის სხვა დანიშნულებით გამოყენება.

#### **მაგნებლის მიერ დაზიანებული სასოფლო-სამეურნეო კულტურები**

**თხილი.** გული იკეთებს კორპის მსგავს ქსოვილს. თხილის ბუჩქს მავნებელი მთელი სეზონის განმავლობაში „ემტერება“. ფაროსანას ხორთუმი თხილის ნაჭუჭშიც აღწევს და იქიდან წუწნის ნაყოფის წვეს. ნაჭუჭში გული ჭკნება ან იკეთებს კორპის მსგავს ქსოვილს.

**სიმნდი.** აზიური ფაროსანა სიმინდის კულტურას რძისებრ-ცვილისებრი სიმწიფის ფაზაში აზიანებს. ნაკლებად ზიანდება ადრე დათესილი და ზრდის პროცესში მყოფი მოკლე პერიოდის მქონე ჯიშები, რადგან ისინი დამწიფებას მავნებლის ზაფხულის თაობის გამოჩენამდე ასწრებს.

ინსექტიციდების შესხურება რეკომენდებულია ყვავილობის დასრულების შემდეგ, რძისებრ-ცვილისებრი სიმწიფის დროს.

**ციტრუსები.** აზიური ფაროსანა აზიანებს ციტრუსებს, განსაკუთრებით, თუ ნარგავები ახლოს არის თხილის ან სიმინდის ფართობებთან, საიდანაც მავნებელი მიგრირებს (გადაადგილდება). ბოსტნეული და ბაღჩეული კულტურების მიმდებარედ ციტრუსი შედარებით ნაკლებად ზიანდება, რადგან მავნებელი საკვებად ბოსტნეულს ირჩევს. დაზიანება შეინიშნება ივლისის მეორე, მესამე დეკადიდან. შეწამვლა რეკომენდებულია, როდესაც ციტრუსის ნაყოფი თხილის ან კაკლის ზომისაა. ფაროსანას საწინააღმდეგო ღონისძიებები უნდა ჩატარდეს მკაცრად დაცული ლოდინის პერიოდის (შეწამვლიდან მოსავლის აღებამდე) გათვალისწინებით.

**ხეხილი.** კურკოვნებიდან ფაროსანასათვის ყველაზე სასურველი კულტურებია ატამი და ვაშლატამა (ნექტარინი), რომლებზეც მავნებელი, ფაქტობრივად, განვითარების სრულ ციკლს გადის. ფაროსანა აზიანებს ნაყოფის ზედაპირსა და რბილობს. ნაყოფს უჩნდება ნეკროზული ლაქები.

თესლოვნებიდან ყველაზე მეტად მსხალი და ვაშლი ზიანდება. ფაროსანას ჩხვლეტისაგან ნაყოფის რბილობში წარმოიქმნება ყავისფერი ნეკროზი, რაც ზედაპირის დეფორმაციას იწვევს. ატამს, ვაშლატამას და იშვიათად, გარგარს ფაროსანა ძირითადად აზიანებს სიმწიფის პერიოდში. ხეხილის ბაღებში ფაროსანას საწინააღმდეგო ღონისძიებები უნდა ჩატარდეს ნაყოფის გამონასკვის (ყვავილობიდან ახლადგამოსული ნაყოფი) შემდეგ. შემდგომში შეწამვლა ტარდება საჭიროების მიხედვით, პრეპარატის ლოდინის პერიოდის (ბოლო შესხურებიდან მოსავლის აღებამდე) გათვალისწინებით.

**ყურძენი.** აზიური ფაროსანა აზიანებს ყურძნის როგორც თეთრ, ისე ჭითელ ჯიშებს. ვენახში ფაროსანას საწინააღმდეგო ღონისძიებები უნდა ჩატარდეს ყურძნის სიმწიფის დასაწყისში, მკაცრად დაცული ლოდინის პერიოდის (ბოლო შეწამვლიდან მოსავლის აღებამდე – რთველის დაწყებამდე) გათვალისწინებით.

**ბოსტნეული.** ბოსტნეული კულტურებიდან ფაროსანა აზიანებს პომიდორს, წიწაკას, ბადრიჯანს და მწვანე პარკოსნებს. მავნებელი შეინიშნება ასევე ჭარხლის ფოთლებზე. ბოსტნეული კულტურების დაზიანების რისკი განსაკუთრებით მატულობს მაშინ, როცა

ნათესები ტყის ზოლთან ახლოსაა. ფაროსანას საწინააღმდეგო ღონისძიებები უნდა ჩატარდეს მავნებლის გამოვლენისთანავე მკაცრად დაცული ლოდინის პერიოდის (ბოლო შეწამვლიდან მოსავლის აღებამდე) გათვალისწინებით.

2018 წლიდან სურსათის ეროვნული სააგენტოს ხელმძღვანელობის ხელშეწყობით აზიური ფაროსანას წინააღმდეგ მოქმედ სახელმწიფო პროგრამაში ჩართო მეცნიერ-ექსპერტთა ჯგუფი შემდეგი შემადგენლობით: მარინა გიორგობიანი – თბილისის სახელმწიფო სამედიცინო უნივერსიტეტის პროფესორი, ექიმი ჰიგიენისტი, ეკოტოქსიკოლოგი; ნანა ჩხაიძე – შრომის მედიცინისა და ეკოლოგიის ს/კ ინსტიტუტის ეპიდემიოლოგიური განყოფილების ხელმძღვანელი, მედიცინის დოქტორი, ექიმი ჰიგიენისტი, ეპიდემიოლოგი; ნანა ჩიგოგიძე – ბიოლოგიურ მეცნიერებათა დოქტორი, საერთაშორისო ექსპერტი პესტიციდების მიმართულებით. ჯგუფის მიზანია აზიური ფაროსანას წინააღმდეგ გამოყენებული პესტიციდების ეკოტოქსიკოლოგიური შეფასება, პესტიციდების გამოყენებისას დასაქმებულთა და მოსახლეობის ჯანმრთელობის მდგომარეობის მონიტორინგი, საინფორმაციო, საგანმანათლებლო და შემეცნებითი ტრენინგების ჩატარება ადგილობრივი თვითმმართველობის, პირველადი და საზოგადოებრივი ჯანდაცვის, აგრეთვე სურსათის ეროვნული სააგენტოს რეგიონალური სამსახურის თანამშრომლებისათვის და აგრეთვე მოსახლეობის წარმომადგენლებისათვის. გარდა ამისა. პესტიციდების გამოყენების შედეგად გარემოს ობიექტების (ჰაერი, წყალი, მწვანე საფარი) ეკოტოქსიკოლოგიური მონიტორინგი – ლაბორატორიული ანალიზისათვის სინჯების აღება გამოყენებული პესტიციდების გარემოში ნარჩენი რაოდენობის დასადგენად.

მონიტორინგის ჯგუფის მიერ ჩატარებული სამუშაოს შესახებ დაწვრილებით შეიძლება იხილოთ ლიტერატურაში მითითებულ გამოქვეყნებულ შრომებში. ჯგუფის მიერ ჩატარებული სამეცნიერო-პრაქტიკული მუშაობის შესახებ ინფორმაციები მოხსენებულ იქნა საერთაშორისო კონფერენციებზე, მათ შორის, 2018 წელს TelavSi (X საერთაშორისო კონფერენცია „ჯანმრთელობა და ეკოლოგია“), 2019 წელს, თბილისში (International Conference Brown Marmorated Stink Bug (BNSB) – Phytosanitary Regulatory Framework, 11 -14 March, 2019, Tbilisi, Georgia), 2019 წელს ხონის რაიონის სოფელ გორდში (XI საერთაშორისო კონფერენცია „ჯანმრთელობა და ეკოლოგია“), და 2020 წელს ონლაინ რეჟიმში (XII საერთაშორისო კონფერენცია „ჯანმრთელობა და ეკოლოგია“).

სახელმწიფო პროგრამა წარმატებით გრძელდება, აზიურ ფაროსანას ერთად აუცილებლად დავამარცხებთ!!!



## გამოყენებული ლიტერატურა:

1. გიორგობიანი მ. „თიაზონი“, მონოგრაფია, თბილისი 2005.
2. გიორგობიანი მ., ზურაშვილი ბ., სამედიცინო ეკოლოგია, სახელმძღვანელო, თბილისი, 2010.
3. გიორგობიანი მ., ჩეკურაშვილი ზ., ჩხაიძე ნ., ჩიგოგიძე ნ. აზიური ფაროსანას წინააღმდეგ გამოყენებული ინსექტიციდების ეკოტოქსიკოლოგიური დახასიათება და მათთან კონტაქტში მყოფ დასაქმებულთა ჯანმრთელობის მდგომარეობა, ექსპერიმენტული და კლინიკური მედიცინა, N4, 2018, გვ. 77-80.
4. გიორგობიანი მ., ჩხაიძე ნ., ჩეკურაშვილი ზ., იაკობაშვილი გ., & მესხი ნ. სამეგრელოს რეგიონში აზიური ფაროსანას წინააღმდეგ გამოყენებული პესტიციდების ეკოტოქსიკოლოგიური მაჩვენებლები და ჩატარებული შეწამვლითი სამუშაოების არეალში მცხოვრები მოსახლეობის ჯანმრთელობის მდგომარეობის ეპიდემიოლოგიური კვლევის შედეგები. ექსპერიმენტული და კლინიკური მედიცინა, N7, 11-15. 2022, <https://doi.org/10.52340/jecm.2022.07.01>
5. გიორგობიანი მ., ჩხაიძე ნ., ჩეკურაშვილი ზ., იაკობაშვილი გ., მესხი ნ., & ზურაშვილი ბ. (2021). აზიური ფაროსანას Halyomorpha Halys წინააღმდეგ გამოყენებული პესტიციდების ეკოტოქსიკოლოგია და მათი ორგანიზმზე შესაძლო მავნე მოქმედების შესწავლა გურიის რეგიონის მოსახლეობაში. ექსპერიმენტული და კლინიკური მედიცინა, (5-6), 11–15. <https://doi.org/10.52340/jecm.2021.567>
6. ვაშაკიძე ვ., რაჭველიშვილი ბ., პესტიციდების ორგანიზმზე მოქმედების მექანიზმი, კლინიკა, შორეული შედეგები, დიაგნოსტიკა, მკურნალობა, პროფილაქტიკა; თბილისი, 1980.
7. ვაშაკიძე ვ. სასწრაფო გადაუდებელი დახმარება შხამქიმიკატებით, სამრეწველო შხამებით და მედიკამენტებით მწვავე მოწამვლის დროს, თბილისი, 1981.
8. ვაშაკიძე ვ. სამრეწველო და სოფლის მეურნეობის შხამების ტოქსიკოლოგია და ჰიგიენა, თბილისი, 1989.
9. ვაშაკიძე ვ., ფირცხალავა ა. გარემოს ქიმიური ფაქტორებით გამოწვეული მწვავე მოწამვლის სასწრაფო გადაუდებელი დახმარება და პროფილაქტიკა, თბილისი, 1990.
10. ვეფხვაძე ნ., გიორგობიანი მ., ზურაშვილი ბ., კილაძე ნ. ჰიგიენა და სამედიცინო ეკოლოგია, თბილისი, 2019.
11. კაციტაძე გ. გადაუდებელი ტოქსიკოლოგია, სახელმძღვანელო, თბილისი, 2009.
12. კვერენჩხილაძე რ. შრომის ჰიგიენა, სახელმძღვანელო, თბილისი, 2018.
13. სააკაძე ვ.პ. პროფესიული დაავადებები, თბილისი, 2000.
14. ღვინერია ი., სააკაძე ვ., ჟურული მ., ჯავახაძე რ., წერეთელი მ., კაციტაძე გ., ონიანი თ. პესტიციდების ტოქსიკურობა და უსაფრთხო გამოყენების პრინციპები, თბილისი, 2012.
15. ჩხაიძე ნ., გიორგობიანი მ., ჩიგოგიძე ნ., ჩეკურაშვილი ზ., იაკობაშვილი გ. აზიური ფაროსანას წინააღმდეგ გამოყენებული პესტიციდების მოქმედების არეალში მცხოვრებთა შორის ჩატარებული ეპიდემიოლოგიური კვლევის შედეგები იმერეთის რეგიონის მაგალითზე. ექსპერიმენტული და კლინიკური მედიცინა, N3, 2019, გვ. 13-16.

16. ჩხაიძე ნ., გიორგობიანი მ., ჩიგოგიძე ნ., ჩეკურაშვილი ზ., იაკობაშვილი გ. აზიური ფაროსანას წინააღმდეგ გამოყენებული პესტიციდების მოქმედების არეალში მცხოვრებთა შორის ჩატარებული ეპიდემიოლოგიური კვლევის შედეგები აჭარის რეგიონის მაგალითზე, ექსპერიმენტული და კლინიკური მედიცინა, N3, 2020, გვ. 22-24.
  17. ჯავახაძე რ., კაციტაძე გ., ნაზაროვა ნ., და სხვ. პესტიციდი, მტერი თუ მეგობარი, თბილისი, 2002.
  18. ჯავახაძე რ., საკაძე ვ., ჩიგოგიძე რ., და სხვ. პროფესიული დაავადებათა გავრცელების დინამიკა საქართველოში. საქართველოს სამედიცინო ჟურნალი, თბილისი, 2007, გვ. 49-53.
  19. International Conference Brown Marmorated Stink Bug (BMSB). Phytosanitary Regulatory Framework, 11-14 March, 2019, Tbilisi, Georgia.
  20. Власов В.В. Эпидемиология (Учебное пособие для вузов), Москва. 2005г.
  21. Кундиев Ю. И., Нагорная А. М. Профессиональное здоровье в Украине, Киев 2007г.
  22. Робин Мюррей. "Цель-Zero" Waste. М., 2004;
  23. Трахтенберг И. Книга о ядах и отравлениях. Киев, Наукова Думка, 2000.
- ინტერნეტის საიტები:  
PAN Pesticide Database
  - Pesticide Action Network/Advancing alternatives to pesticide
  - Pesticides-Pesticide Classes and Database-Ministry of the Pesticide classification guideline; Class lists; Pesticide database. This Pesticide Classification Guideline.

## Rendering of the Verbs and Verbals of Saying in the Georgian Versions of the Books of the Minor Prophets

Lela Tsikhelashvili

Associate Professor, Ivane Javakhishvili Tbilisi State University, Faculty of Humanities

### Abstract

It is well known that the Septuagint Greek is characterized by the use of more than one (as a rule, two) verbs and verbals (participles) of saying before the direct speech, which is a Hebraism, for instance: *καὶ ἀπεκρίθη Ἀμώς καὶ εἶπεν πρὸς Ἀμασιαν ...* [Then **answered** Amos, and **said** to Amaziah... [Amos 7:14]. The aim of the given paper is to analyze the issue of rendering of the verbs and participles of saying into Georgian. With this aim, I have compared the old Georgian translation/edition (X-XI cc.) of all the twelve books of Minor Prophets with the Georgian version of the *Hellenophile* period (XII – XIII cc.).

Observation of the Georgian versions of the Bible has proved that the earlier translator takes more account of the nature of the Georgian language. Therefore, the old versions of the Bible occupy a somewhat intermediate position between the formal and dynamic translations, whereas the translator-revisor of the Hellenophile period tries hard to preserve formal-structural or semantic equivalence with the Greek language.

**Keywords:** *Georgian versions of the Bible, verbs and verbals of saying, biblical translations.*

### Introduction

It is well known that the Septuagint Greek is characterized by the use of more than one (as a rule, two) verbs and verbals (participles) of saying (*verba dicendi*) before the direct speech, which is a Hebraism, for instance: *καὶ ἀπεκρίθη Ἀμώς καὶ εἶπεν πρὸς Ἀμασιαν ...*<sup>33</sup> [Then **answered** Amos, and **said** to Amaziah... [Amos 7:14 KJV]; ... *ἐλάλησεν κύριος ἐν χειρὶ Ἀγγαίου τοῦ προφήτου λέγων* ] .... **came the word of the LORD by the prophet Haggai, saying** [Hag. 2:1 KJV]; *καὶ ἀνεβόησαν πρὸς κύριον καὶ εἶπαν...*]

<sup>33</sup> For Greek I have used the academic text of LXX [1, 2] and the program 'Bible Works' [3].

Wherefore they *cried* unto the LORD, and *said*... [Jon. 1:14 ] a.o. In such cases, the pleonastically used second form is the verb λέγω in the aorist or participle λέγων (present, active, nominative), which follow certain verbs of saying: ἀποκρίνομαι “to answer“, ἐπερωτάω “to ask“, ἀπαγγέλλω “to announce, report“, ἐντέλλω “to command“, ἀναβοάω “to cry out“, βοάω “to cry out“, λαλέω “to speak“, θρηνέω “to mourn“, ἀνακράζω “to cry out“ a.o.

The same language phenomenon – usage of two verbs and verbals of saying – is peculiar of the New Testament [4, p. 217], for instance: ἀπεκρίνατο λέγων πᾶσιν ὁ Ἰωάννης...] *John answered, saying unto them all*... [Lk. 3:16 KJV]; ... κρᾶζοντα καὶ λέγοντα... ] ...*criying out and saying*... [Lk. 4:41 KJV] a.o.

The aim of the paper is to study the translation of the verbs and participles of saying in the Georgian versions of the Bible. With this aim, I have compared the old Georgian translation of the Books of Minor Prophets (*Bibles of Oshki* (978-979) and *Jerusalem* (XI c.)) with the Georgian version of the *Hellenophile* period (*Bibles of Gelati* (XII-XIII cc.), *Saba* (XVII-XVIII cc.) and *Bakar* (1743)).<sup>34</sup> Currently it is scientifically proved that the Books of the Bible were mostly translated from Greek. This process started very soon after Georgia’s conversion to Christianity (the first half of the 4<sup>th</sup> century), however, a major portion of manuscripts have not reached our times. Although the process of translation/edition of the Biblical books from Greek lasted for centuries, the attitude of Georgian translators/editors to the Greek original texts differed through epochs. Although the translators of the earlier period (V-XI cc.) tried to make a precise translation, they also took into consideration the nature of the Georgian language and did not always preserve the formal equivalence to the original text, whereas the translators of the *Hellenophile* trend (XI-XIII cc.) tried their best to make an adequate, precise translation from Greek. It is well known that the *Gelati Catena Bible* is a new edition/translation obtained as a result of comparison of the old translation with the text of the Septuagint. As the old (OJ) and *Gelati* versions (GSB) of the Bible are derived from the Greek originals of one and the same tradition, the changes made in the *Gelati Bible* can be explained only by a different style and technique of the translator, and the different attitude of the latter to the Greek original text.<sup>35</sup>

## Research Outcomes

i) Research has proved that a peculiar feature of the Books of Minor Prophets is the use of one<sup>36</sup> or more verbs or verbals of saying before direct speech.<sup>37</sup> Out of the twelve books, one exception in this regard is only the *Prophecy of Zechariah*, in which three forms of verbs of saying are used. In case of two forms, it is natural to use either ἐπηρώτησα + εἶπα or ἐλόλησεν + λέγων types of patterns, whereas

---

<sup>34</sup> These two versions of the Bible almost exactly repeat the text of the *Gelati* version. Therefore, I will not focus on these versions.

<sup>35</sup> A-1108 represents an autographic manuscript. Therefore, the changes made in this edition cannot be considered as scribal errors.

<sup>36</sup> In this case, only one form is given in the Biblical Greek as well: the verb λέγω or the participle λέγων.

<sup>37</sup> After direct speech or when inserted between, only one verb of saying is used.

in case of three forms, the above-mentioned verbs are added by both the verb λέγω in the aorist and its participle λέγων (1,2, 8, 9):

- (1) *καὶ ἀπεκρίθη καὶ εἶπεν πρὸς με λέγων...* ] და მომიგო და მრქუს მე<sup>38</sup>: O]. და მომიგო და თქუს ჩემდაძო მეტყუზღმან: SB.<sup>39</sup> *Then he answered and spake unto me, saying*, [Zech. 4:6 KJV].
- (2) *καὶ ἐπηρώτησα καὶ εἶπον πρὸς τὸν ἄγγελον τὸν λαλοῦντα ἐν ἐμοὶ λέγων τί ἐστὶν ταῦτα κύριε*] და ვჰკითხე ანგელოზს მას, რომელი-იგი მეტყოდა. [და] ვთქუ: რაჲ არიან ესენი, უფალო? O] და ვიკითხე და ვთქუ ანგელოზისა მიმართ, მზრახვალისა ჩემ შორის, მეტყუზღმან: რა არიან ესენი, უფალო? SB *So I answered and spake to the angel that talked with me, saying, What are these, my lord?* [Zech. 4:4 KJV].<sup>40</sup>

ii) In general, it is characteristic of the Septuagint text to use participle λέγων (present, active, nominative) without the article before the direct speech, at the very end of the main clause. This represents a Hebraism. Such λέγων is of predicative nature; hence, in the old translation (OJ) it is given in the form of a finite verb *siṭq`ua/tquma/rquma* which is more natural for Georgian. In the *Gelati Bible* (SB), which is a precise, word for word translation, the participle λέγων is translated by a participle. In Georgian, its solid equivalent is *metq`uel* (მეტყუელ “speaker, (person) saying”) subjective/active participle, which is a syntactically isolated attribute, the modified member of which is often omitted (1, 2, 3, 8, 9):

- (3) ... *ἔλαλησεν κύριος ἐν χειρὶ Ἀγγαίου τοῦ προφήτου λέγων*] ... *იტყოდა უფალი ჯელითა ანგეა წინაწარმეტყუელისაჲთა და თქუს: O] თქუს უფალმან ჯელითა ანგეა წინადაწარმეტყუზღლისათა, მეტყუზღმან: SB. ... came the word of the LORD by the prophet Haggai, saying*, [Hag. 2:1 KJV].

*tqu-a*                      *metq`uel-man*  
say - S3:AOR              saying-ERG

iii) The participle λέγων is sometimes represented with an article and agrees with the modified word in gender, case and number. Such attributive participle is given in the old translation of the Bible (OJ) in the form of a finite verb of the attributive clause. As subordinating conjunctions are characteristic of Old Georgian, the old translator adds a relative pronoun *romel* (რომელ “which/who”) to the subordinate clause. The situation is the same in the English translation. Attributive λέγων participle is translated in the *Gelati* version (SB) by means of subjective/active participle, which represents a syntactically isolated attribute. For Georgian syntax, it is unusual to use a great number of constructions

<sup>38</sup> In the old translation, one form is left untranslated.

<sup>39</sup> I have used the electronic edition of the academic text of the old Georgian versions of Georgian Bible [5].

<sup>40</sup> In this case, in Greek, there are four forms before the direct speech (two verbs and two participles), although the participle τὸν λαλοῦντα does not refer to the speaker, the subject.

with subjective/active participle. This is peculiar of the translations of the *Hellenophile* period (XII – XIII cc.) (4):

- (4) *καὶ ὄψεται ἡ ἐχθρά μου καὶ περιβαλεῖται αἰσχύνῃ ἣ λέγουσα πρὸς με ποῦ κύριος ὁ θεός σου...]* და მიხილოს მე მტერმან ჩემმან და დაფაროს იგი სირცხულმან, რომელი მეტყუდა მე: სადა არს უფალი ღმერთი შენი?.. OJ. და ჰხედვიდეს მტერი ჩემი და გარე-მოისხას სირცხული, მეტყულებს ჩემდაძმე: სადა არს უფალი ღმერთი შენი?.. SB. *Then she that is mine enemy shall see it, and shame shall cover her which said unto me, Where is the LORD thy God?..* [Mic. 7:10 KJV].

*romel-i*                      *m-e- tq ` -od-a*                      *me*  
 which- NOM              O1-REL. PREF- say- SUF-S3:IMP              I- DAT  
 “who said to me”

*metq ` uel-man*      *čem-da-mo*  
 saying-ERG              I-GEN-ADV-POST  
 “(the person) speaking with me“

In the Greek language, the participle *λέγω* takes the noun in the accusative case with the preposition *πρός*. Based on the analyzed material, such nouns are given in the old translation in the form of indirect objects in the dative case, whereas in the *Gelati Bible* we find a noun/pronoun in the genitive-adverbial case with a postposition *mi(mart)/mo(mart)* (4).

iv) Analysis of the empirical material has proved that in Greek, the verb *λέγω* forms two kinds of syntactic constructions: it takes either the indirect object in the dative case, or the noun in the accusative with the preposition *πρός*. In the first case, the indirect object is translated by the indirect object in the dative case in all manuscripts (5). In the second case, the noun in the accusative, with the preposition *πρός* of the verb *λέγω* in *Oshki* and *Jerusalem* MSS (OJ) is translated by means of an indirect object of *rquma* (*რქუმა* “to tell”) trivalent verb (a syntactic construction which is more natural for Georgian as a polypersonal type of language), whereas in the *Gelati* version (GSB) we find a bivalent verb *tquma* (*თქუმა* “to say”) and a noun/pronoun in the genitive-adverbial case with the postposition *mi(mart)/mo(mart)* (1, 2, 6, 7, 8, 9). As we can see, in the *Hellenophile* version, the noun with a preposition is translated by means of a noun with a postposition, in order to achieve formal precision:

- (5) *καὶ προσῆλθεν πρὸς αὐτὸν ὁ πρωρεὺς καὶ εἶπεν αὐτῷ...]* და მოუკდა მას მენავს იგი და *ჰრქუა მას*: OJ. და მოვიდა მისდაძმი მეპრორე და *ჰრქუა მას*: GSB. *So the shipmaster came to him, and said unto him...* [Jon. 1:6 KJV].

*h-rqu-a*                      *ma-s*  
 O3-tell-S3:AOR      he-DAT  
 “told him”

- (6) *καὶ εἶπα πρὸς τὸν ἄγγελον τὸν λαλοῦντα ἐν ἐμοί...]* და ვარქუ ანგელოზსა მას, რომელი მეტყვოდა მე: O]. და ვთქუ ანგელოზისა მიმართ, მზრახვალისა ჩემ შორის: GSB. *Then said I to the angel that talked with me...* [Zech. 5:10 KJV].

*v-tqu*                    *angeloz-is-a*                    *mimart*  
 S1-say:AOR    angel-GEN-ADV                    to:POST  
 “I said to the angel”

Constructions of the type “*vtqu angelozisa mimart*” are not natural for Georgian [6, p. 185]. Constructions of this type are frequently found in the translations of *Hellenophile* style (they are frequent in *Gelati Codex*) and represent a syntactic Greekism.

v) One of the peculiarities of the *Prophecy of Zechariah* is a frequent use of the attributive participle *λαλῶν* with an article. In all cases, it serves as an attribute to the word *ὁ ἄγγελος* (ანგელოზ “angel”). This participle is not found in the books of other minor prophets and is rare in the Holy Scriptures in general. The rule of translation of this word is the same as the rule of translation of the attributive participle *λέγων* (see iii). In the *Gelati Bible*, a solid equivalent of the participle *λαλῶν* is subjective/active participle *mzraxval* (მზრახვალ “talker, (person) talking”) (2, 6, 7, 9):

- (7) *καὶ ἐξῆλθεν ὁ ἄγγελος ὁ λαλῶν ἐν ἐμοί καὶ εἶπεν πρὸς με ἀνάβλεψον τοῖς ὀφθαλμοῖς σου... ]* და გამოვიდა ანგელოზი იგი, რომელი<sup>41</sup> მეტყვოდა.<sup>42</sup> და მრქუს მე: აღიხილენ თუალნი შენნი... O]. და განვიდა ანგელოზი, მზრახვალი ჩემ შორის და თქუს ჩემდაძღუ: აღიხილენ თუალნი შენნი... GSB. *Then the angel that talked with me went forth, and said unto me...* [Zech. 5:5 KJV].

*mzraxval-i*                    *čem*                    *šoris*  
 talking-NOM                    I:GEN                    between:POST  
 “(the person) talking with me”

In the Septuagint Greek, the participle *λαλῶν* takes the noun in the dative case with the preposition *ἐν*. Based on the analyzed data, in the earlier translations (OJ) such nouns are given in the form of an indirect object in the dative case. However, in the *Gelati* version (GSB), such nouns are represented in the genitive case and they are followed by a postposition *šoris* (შორის “between”) (7).

vi) I have already presented the rules and patterns of Georgian translation of verbs and participles of saying before the direct speech. Naturally, the above-mentioned does not exclude deviations from these rules in the process of translation. This especially refers to the old translation preserved in the *Oshki* and *Jerusalem Codexes* (the above-mentioned is less vivid in the exact formal translation of *Hellenophile* period found in the *Gelati* version). The data of the *Oshki* and *Jerusalem* MSS enables

<sup>41</sup> In this case also, the old translator adds a relative pronoun *romel* (რომელი “which/who”) in the subordinate clause.

<sup>42</sup> The polypersonal nature of the Georgian verb makes it possible to omit the personal pronoun. In the given example, the indirect object expressed by the first person pronoun is omitted with the verb *metq`oda* (მეტყვოდა “to speak”).

identify the type of changes made by the old translator in the process of translation. The aim of the translator was to achieve stylistic appropriateness of the text, avoid complicated constructions or tautology. Let us discuss a couple of examples:

- (8) *καὶ ἀπεκρίθη καὶ εἶπεν πρὸς με λέγων...*] და მოძიგო და მრქუს მე: O] და მოძიგო და თქუს ზებდაძო მეტყუზლმან: SB. Then he *answered and spake unto me, saying*, [Zech. 4:6 KJV].

In fact, all the above-mentioned rules of translation are preserved in the given example, but the earlier translator (OJ) omits the verb corresponding to the participle *λέγων* in order to simplify the construction. The *Gelati Bible* offers exact translation.

- (9) *καὶ ἐπηρώτησα καὶ εἶπον πρὸς τὸν ἄγγελον τὸν λαλοῦντα ἐν ἐμοὶ λέγων τί ἐστὶν ταῦτα κύριε*  
და ვჰკითხე ანგელოზსა მას, --- რომელი-ოგი მეტყოდა, [და] ვთქუ: რაჲ არიან ესენი, უფალო? OJ

და ვიკითხე და ვთქუ ანგელოზისა მიმართ. მზრახვალისა ზემ შორის, მეტყუზლმან: რა არიან ესენი, უფალო? SB

*I answered<sup>43</sup> and spake to the angel that talked with me, saying, What are these, my lord?* [Zech. 4:4 KJV].

As for the given example, four forms of saying (two verbs and two participles) are found together before the direct speech in the Septuagint Greek. Therefore, the old translator (OJ) omits the verb *εἶπον* and does not translate it in order to avoid an overly complicated construction. In this case also, the *Gelati Bible* contains exact, adequate translation. In many cases, accurate translation is given in the *Oshki* and *Jerusalem* MSS.

## Conclusion

Thus, observation of the Georgian translations/editions of the Bible with reference to verbs and verbals of saying has proved that the translators of the old and *Hellenophile* periods try to make precise translation of the text and address the issue with great veneration. However, the earlier translator takes more account of the nature of the Georgian language. Therefore, the old translations of the Bible occupy a somewhat intermediate position between the formal and dynamic translations (although “*there are numerous signs of formal-structural translation*“ [7, p. 471]). The translator of the *Hellenophile* period tries hard to preserve formal-structural or semantic equivalence with the Greek language.

It is well known that the language of translation of the Biblical Books was recognized by the Georgian writers as a standard language. Hence, it is quite natural that examples of usage of two forms of verbs of saying before direct speech are sometimes found in the original Georgian hagiography (V-

<sup>43</sup> In Greek and Georgian, we find the verb “to ask”.



XI cc.). This language phenomenon started to disappear gradually beginning from the 12<sup>th</sup> century. Yet, in rare cases, this phenomenon is found in the texts of the 17<sup>th</sup> and 18<sup>th</sup> centuries as well.

## References

1. Ziegler, Joseph (ed). *Jeremias – Baruch – Threni – Epistula Jeremiae*. Göttingen: Vandenhoeck & Ruprecht. 1976. 504 p.
2. Ziegler, Joseph (ed). *Duodecim Prophetarum*. Vol XIII. Göttingen: Vandenhoeck & Ruprecht. 1984.
3. The Computer program *Bible Works*. Version 10.0.4.216. <https://www.bibleworks.com/>
4. Blass, F. and Debrunner, A. *A Greek Grammar of the New Testament and Other Early Christian Literature*. Cambridge. Chicago, Illinois: The Cambridge University Press. The University of Chicago Press. 1961. 263 p.
5. The electronic edition of the academic text of Old Georgian versions of the Georgian Bible: <http://www.bible.ge/Manuscript/2win.htm>
6. Mirotadze, Natia. *The Influence of the Biblical Translation on the Postpositional System of the Georgian Literary Language*. Oriental Languages in Translation. IV. Krakow. 2013. pp.179-187.
7. Danelia, Korneli. *mxaṭvruli enisa da ṣtilis zogierti saḡitxi bibliur ḡignta ḡveli qartuli targmanis mixedvit* [Certain Issues Related to the Literary Language and Style Based on the Old Georgian Translation of the Biblical Books]. Narḡvevebi Kartuli samḡerlobo enis iṣṡoriidan [Essays on the History of the Literary Georgian Language]. I. Tbilisi: Tbilisi State University Press. 1998. pp. 443-500.

## Abbreviations

**B** – A-455, *Bakar Codex*, the published version (1743); **G** – A-1108, *Gelati Codex* (XII-XIII cc.); **Hag.** – *Haggai*, **Jon.** – *Jonah*, **J** – Jer-11/7, *Jerusalem Codex* (XI c.); **KJV** – *King James Version English Bible*, **Lk.** – *Luke*, **MSS** – manuscripts; **Mic.** – *Micah*, **O** – Ath-1, *Oshki Codex* (978-979); **S** – A-51, *Mtskheta Codex* (XVII-XVIII cc.); **Zech.** – *Zechariah*; **LXX** – *Septuagint*.

ADV – adverbial case; AOR – aorist; DAT – dative case; ERG – ergative case; GEN – genitive case; IMP – imperfect; NOM – nominative case; O1 – marker of the 1<sup>st</sup> objective person; O3 – marker of the 3<sup>rd</sup> objective person; POST – postposition; REL. PREF – relative prefix; SUF – suffix; S1 – marker of the 1<sup>st</sup> subjective person; S3 – marker of the 3<sup>rd</sup> subjective person.

# მეტყველების წრის ზმნის პირიანი და უპირო ფორმების გადმოტანა მცირე წინასწარმეტყველთა წიგნების ქართულ ვერსიებში

ლელა ციხელაშვილი

ასოცირებული პროფესორი, ივანე ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი, ჰუმანიტარულ მეცნიერებათა ფაკულტეტი

## რეზიუმე

ცნობილია, რომ სექტუაგინტის ბერძნულისთვის დამახასიათებელია მეტყველების წრის ერთზე მეტი (როგორც წესი, ორი) ზმნის პირიანი თუ უპირო ფორმის (მიმღეობის) გამოყენება პირდაპირი ნათქვამის წინ, რაც ებრაიზმს წარმოადგენს, მაგალითად: *καὶ ἀπεκρίθη Ἀμὼς καὶ εἶπεν πρὸς Ἀμασίουν ...* *მიუგო ამოს და ჰრქუა ამასიას*: [ამოს 7:14]. სტატიის მიზანს წარმოადგენს მეტყველების წრის ზმნებისა და მიმღეობების ქართულად გადმოტანის საკითხის შესწავლა. ამ მიზნით ერთმანეთს შევადარეთ მცირე წინასწარმეტყველთა წიგნების ძველი (X-XI სს.) და ელინოფილური პერიოდის (XII-XIII სს.) ბიბლიის ქართული თარგმანები/ რედაქციები.

ბიბლიის ქართული ვერსიების შესწავლამ ცხადყო, რომ ძველი მთარგმნელი, მართალია, ცდილობს სათარგმნი ტექსტის ზუსტად გადმოტანას, მაგრამ, იმავდროულად, ითვალისწინებს ქართული ენის ბუნებასაც. ამიტომ ბიბლიის ძველ ქართულ თარგმანს ერთგვარად შუალედური ადგილი უჭირავს ფორმალურ და დინამიკურ თარგმანებს შორის. ელინოფილური პერიოდის მთარგმნელ-რედაქტორი კი ამ საკითხშიც ცდილობს დაიცვას ბერძნულთან ფორმალურ-სტრუქტურული თუ შინაარსობრივი ეკვივალენტურობა.

**საკვანძო სიტყვები:** ბიბლიის ქართული ვერსიები, მეტყველების წრის ზმნები, ბიბლიურ წიგნთა თარგმანები.

## სატრანზიტო სისტემა და მისი ოპერირების სარგებელი

ნინო რამაზაშვილი

დოქტორანტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ენერგეტიკის ფაკულტეტი

### ანოტაცია

მეორე მსოფლიო ომის დასრულების შემდეგ დაფიქსირდა საქონლით ვაჭრობის სწრაფი ზრდა ევროპაში. ხანგრძლივი და რთული საბაჟო პროცედურების ფონზე ყოველ ჯერზე, როცა საქონელი კვეთდა საზღვარს ვაჭრობის პროცედურები გართულებული იყო, სწორედ ამ პროცესის ფონზე ჩამოყალიბდა ქვეყნებს შორის მზარდი თანამშრომლობა და დაიწყო მოლაპარაკებები გაეროს ევროპის ეკონომიკური კომისიის ეგიდით. ეს მიზნად ისახავდა საერთაშორისო ხელშეკრულების შედგენას, რომელსაც ხელი უნდა შეეწყო თავისუფალი სავაჭო სივრცის შექმნაში.

სასაზღვრო ინფრასტრუქტურა მნიშვნელოვანი ელემენტია სასაზღვრო საცობების შესამცირებლად. არაადეკვატური ინფრასტრუქტურა ხშირად მთავარი დაბრკოლებაა ეფექტური ტრანზიტის ჩამოყალიბებაში, მაშინაც კი, თუ საბაჟო პროცედურები გამარტივებული და ეფექტურია. სატრანზიტო ტვირთის შეუფერხებლად გადაადგილება მოითხოვს ხარისხის ინფრასტრუქტურას. სატრანზიტო დოკუმენტები როდესაც უკვე არის წინასწარ გაცემული, სატვირთო მანქანების მძღოლებს შეუძლიათ გამოიყენონ გამოყოფილი "ტრანზიტის ზოლები" და დარჩნენ თავიანთ სატრანსპორტო საშუალებებში.

სატრანზიტო ოპერაციები აუცილებლად მოიცავს სხვადასხვა მარეგულირებელ მოთხოვნებს, რომლებიც დაწესებულია საბაჟოს გარდა სამთავრობო უწყებების მიერ<sup>44</sup>.

**საკვანძო სიტყვები:** სასაზღვრო ინფრასტრუქტურა, სავაჭრო ბარიერი, ჰარმონიზირებული პროცედურები, სატრანზიტო ოპერაციების ეფექტურობა.

### შესავალი

საერთაშორისო ვაჭრობა ხშირად მოითხოვს საქონლის გადაკვეთას ქვეყნის ტერიტორიის გავლით სხვა სახელმწიფოებში. ზღვაზე გასასვლელი ქვეყნებისა და რეგიონებისთვის, სატრანსპორტო სერვისებზე წვდომისათვის აუცილებელი პირობაა

<sup>44</sup> <https://unece.org/about-etir>

გამარტივებული და ჰარმონიზებული პროცედურები. ფინანსური საბაჟო გარანტიებისთვის სატრანზიტო ქვეყნებში არის სწრაფი ადმინისტრაციული პროცედურები ტრანზიტულ მოძრაობაზე. ზოგადად, სატრანზიტო მოძრაობის უფლებები არეგულირებს ტერიტორიაზე წვდომას. ისინი ექვემდებარებიან მოლაპარაკებებს სახელმწიფოებს შორის და წარმოადგენს ორ, რეგიონულ ან მრავალმხრივ შეთანხმების ნაწილს - ტრანზიტის ან ტრანსსასაზღვრო ტრანსპორტი. ოპერატიული თვალსაზრისით, სატრანზიტო ოპერაცია მოიცავს საქონელს, მომსახურებას.<sup>45</sup>

#### სატრანზიტო ოპერაციების სარგებელი

მრავალი მტკიცებულება არსებობს, იმისა რომ გაზრდილი ეკონომიკური ვაჭრობა ხელს უწყობს ქვეყნების განვითარებას. სავაჭრო ბარიერების შემცირებას და ეფექტურობის გაზრდას წვლილი შეაქვს ქვეყნების ეკონომიკურ ზრდაში. საბაჟო სატრანზიტო ოპერაცია მოიცავს ბევრ სავაჭრო ბარიერს, რადგან ის ჩვეულებრივ მოიცავს დაინტერესებულ მხარეებს, როგორცაა: სხვადასხვა სამთავრობო უწყებები, ბანკები თუ ფინანსური ინსტიტუტები. ცუდმა სატრანზიტო სისტემამ შეიძლება მნიშვნელოვნად შეაფერხოს საერთაშორისო ვაჭრობა და ქვეყნის ეკონომიკური განვითარება. ასევე ისიც უნდა აღინიშნოს, რომ ეფექტურმა სატრანზიტო სისტემამ შეიძლება ხელი შეუწყოს რეგიონულ ეკონომიკის ინტეგრაციას მეზობელ და არამეზობელ ქვეყნებს შორის შიდა რეგიონული ვაჭრობის გაზრდის გზით. რეგიონული ინტეგრაცია არის ძირითადი სტრატეგია, რომელიც ქვეყნებს საშუალებას აძლევს გააფართოონ თავიანთი ბაზრები, გააფართოვონ რეგიონის ეკონომიკური სივრცე და უზრუნველყონ სარგებელი წარმოებისა და ვაჭრობის მასშტაბით. ეს ასევე ზრდის კონკურენციას გლობალურ ვაჭრობაში და აუმჯობესებს ხელმისაწვდომობას უცხოურ ტექნოლოგიებსა და ინვესტიციებზე.

მსოფლიო სავაჭრო ორგანიზაციის (WCO) კვლევის დოკუმენტი ტრანზიტის ხელშეწყობის შესახებ, რომელიც აღწერს ეკონომიკური ინტეგრაციის ტრანზიტის ხელშეწყობის 5 გზას, შემდეგნაირია<sup>46</sup>:

1. ტრანზიტის ხელშეწყობა ზრდის რეგიონულ კონკურენტუნარიანობას ეკონომიკური გზით, რეგიონის ცალკეული განვითარებით;
2. ტრანზიტის ხელშეწყობა ზრდის შიდა რეგიონულ ვაჭრობას;
3. ტრანზიტის ხელშეწყობა აძლიერებს რეგიონალურ წარმოების ქსელს, რაც იწვევს შემდგომ ეკონომიკის ინტეგრაციას;
4. ტრანზიტის ხელშეწყობა ხელს უწყობს საერთაშორისო სამართლებრივი ჩარჩოს მიღებას;

<sup>45</sup> [https://unctad.org/system/files/official-document/TN08\\_FreedomofTransit.pdf](https://unctad.org/system/files/official-document/TN08_FreedomofTransit.pdf)

<sup>46</sup> <http://www.wcoomd.org/-/media/wco/public/global/pdf/topics/key-issues/ecp/2015/transit-handbook-for-upload-en.pdf?la=en>

## 5. ტრანზიტის ხელშეწყობა შეიძლება იყოს სხვა ვაჭრობის ჰარმონიზაციის საფეხურის

ხელშეწყობი ზომები.

ამასთან, სათანადო ყურადღება უნდა მიექცეს იმ ფაქტს, რომ შესაძლებელია ეფექტურმა სატრანზიტო ოპერაციებმა წვლილი შეიტანოს შემოსავლების შეგროვებაში. არსებობს რისკი, რომ სატრანზიტო საქონელი არ იყოს წარმოდგენილი საბაჟოზე, რაც იწვევს შემოსავლების დაკარგვას და ვაჭრობის დამახინჯებას. ეს შეიძლება დარეგულირდეს ეფექტური სატრანზიტო ოპერაციების რისკის მენეჯმენტით და სხვა უსაფრთხოებით.

გარდა დადგენილი მოთხოვნებისა, საერთაშორისო სატრანზიტო ოპერაციები შეიძლება მოიცავდეს ვადას, რომლის ფარგლებშიც საქონელი უნდა იყოს წარდგენილი დანიშნულების ადგილას. ასევე გამჭვირვალე უნდა იყოს სატრანზიტო ქვეყნის შიგნით ტრანსპორტირების მარშრუტის განსაზღვრა და ნებართვა დანიშნულების ადგილის შეცვლა, სატრანზიტო ოპერაციის დროს.

სარგებელი საქართველოს მაგალითზე

საბაჟო სატრანზიტო რეჟიმები არის საბაჟოს ფართო კონცეფციის ერთ-ერთი ტიპი. საბაჟო ტრანზიტის რეჟიმები ამარტივებს საქართველოს საბაჟო ტერიტორიაზე საქონლის გადაკვეთის პროცესს მესამე ქვეყანაში. ოპერატორები სარგებლობენ სტანდარტიზებული პროცედურებით და გადახდის თავიდან აცილებით ტრანზიტულ საქონელზე. გარანტიები იძლევა შემოსავლების საბაჟო უზრუნველყოფის მეტ საიმედოობას, რადგან ეს არის ბანკი ან ფინანსური ინსტიტუტი, რომელიც პასუხისმგებელია თანხის გადახდაზე. ტრანზიტი როგორც „საბაჟო პროცედურა, რომლის მიხედვითაც საქონლის ტრანსპორტირება ხდება საბაჟო კონტროლის ქვეშ ერთი საბაჟოდან მეორეში“. აქვე უნდა განვასხვავოთ ეროვნული და საერთაშორისო საბაჟო ტრანზიტის პროცედურები. ეროვნული საბაჟო ტრანზიტის პროცედურა მოიცავს მხოლოდ ტრანზიტს ერთ საბაჟოზე, იმავე საბაჟო ტერიტორიაზე შესვლისა და გასვლის ტერიტორიას. ხოლო, მრავალმხრივი სატრანზიტო პროცედურები (ორმხრივი, რეგიონული ან საერთაშორისო) მეორეს მხრივ მოიცავს ტრანზიტს რამდენიმე საბაჟო ტერიტორიის გავლით, მაგალითად, სრულად ინტეგრირებული რეჟიმი, ევროკავშირის სათემო სატრანზიტო სისტემა, ან ჰარმონიზაციის გზით სატრანზიტო ოპერაციების გარკვეული ასპექტები, როგორცაა TIR სისტემა. რეკომენდებული პრაქტიკაა საბაჟო ტრანზიტის პროცედურებისთვის, საქონლის გადასახადების უზრუნველყოფის მიზნით ტრანზიტი, რაც ამცირებს საქონლის შიდა მოხმარებისთვის გადამისამართების რისკს. გადასახადის გადახდის გარეშე საბაჟო მოითხოვს ფინანსურ გარანტიას, როდესაც ნებას რთავს ტრანზიტის ოპერაციას. ტრანზიტის გარანტიის მოთხოვნები განისაზღვრება სატრანზიტო ქვეყნის ეროვნული რეგულაციებით ან ალტერნატიულად რეგიონული ან საერთაშორისო ხელშეკრულებების ფარგლებში. ეს რეგულაციები, სხვათა შორის, განმარტავს გარანტიის საჭირო ოდენობას, პირებს, რომლებიც პასუხისმგებელია გარანტიის წარმოდგენაზე და გარანტიის ფორმაზე. ზოგიერთ ქვეყანაში ფულადი დეპოზიტები მიიღება, თუმცა გარანტიის

ეს ფორმა არც არის პრაქტიკული და არც რეკომენდებული. ეროვნული სატრანზიტო რეჟიმების კონტექსტში ხშირად არის ტრანზიტის გარანტიები. გარანტიები განიხილება ინდივიდუალური ან ყოვლისმომცველი. ინდივიდუალური გარანტია, მოიცავს ერთ სატრანზიტო ოპერაციას. ის ჩვეულებრივ ფარავს გადასახადების სრულ რაოდენობას. გარანტიის გაანგარიშება არის საქონელზე მოქმედი გადასახადების განაკვეთების საფუძველზე. ყოვლისმომცველი გარანტია, მეორეს მხრივ, არის გაშვებული გარანტია, რომელიც შეიძლება იყოს ხელახლა გამოყენებული და რომელიც მოიცავს ერთი და იმავე ოპერატორის მიერ განხორციელებულ რამდენიმე სატრანზიტო ოპერაციას, საბაჟოს მიერ დაფიქსირებული მოცემული საცნობარო თანხით. საცნობარო თანხა ჩვეულებრივ გამოითვლება გადასახადებისა მთლიანი ოდენობის საფუძველზე, რომელიც ოპერატორმა შეიძლება გაიღოს სატრანზიტო ოპერაციებისას, სავარაუდო რაოდენობა, რომელსაც იგი განახორციელებდა განსაზღვრული პერიოდის განმავლობაში მაგ. ერთი კვირა ან ერთი თვე.

საბაჟო ტრანზიტის რეჟიმისა და ტრანზიტის გარანტიის სისტემის გამართული ფუნქციონირება მოითხოვს კომპეტენტური კანონმდებლობის დანერგვას და გამოყენებას. არასწორი გამოყენება ძირს უთხრის საბაჟო ტრანზიტის სისტემების სარგებლიანობას როგორც საჯარო, ისე კერძო პირებისთვის<sup>47</sup>.

### ეფექტური სატრანზიტო სისტემის მიდგომები

სატრანზიტო პროცედურების მოქმედება განსხვავდება ქვეყნიდან ქვეყანაში და არის რამდენიმე ეფექტური და ფუნქციონალური სატრანზიტო სისტემების კარგი მაგალითები მთელს მსოფლიოში. ეს ტრანზიტის სახელმძღვანელო ფართოდ კლასიფიცირებს შესაძლო მიდგომებსა და ხელშემწყობ ზომებს შემდეგნაირად:<sup>48</sup>

#### 1. ინფორმაციის ეფექტური გაზიარება

საბაჟო ოფისებს შორის ინფორმაციის გაზიარება აუცილებელია ეფექტური სატრანზიტო სისტემებისთვის. თუ საბაჟო ოფისი, სადაც ტრანზიტის დეკლარაციაა გაკეთებული, აზიარებს ინფორმაციას ტრანზიტის შესახებ, საქონელი სხვა საბაჟო ორგანოებთან სატრანზიტო მარშრუტზე და დოკუმენტაციის ხელახალი წარდგენა შეიძლება იქნეს გამოტოვებული. ინფორმაციის გაზიარება ასევე აძლიერებს რისკების მართვას საზღვრებზე და ხელს უწყობს შეუფერხებელ მოძრაობას.

#### 2. საგარანტიო სისტემა

გარანტიის სისტემა უზრუნველყოფს, რომ საბაჟო გადასახადები სატრანზიტო ოპერაციის დროს ყოველთვის დაფარულია, ამიტომ ეს გადასახადები ექცევა რისკის ქვეშ, სანამ საქონელი არ წარდგება დანიშნულების ორგანოში. მიუხედავად იმისა, რომ გარანტია არის სატრანზიტო ოპერაციის განუყოფელი ნაწილი, პროცესი, როგორც წესი,

<sup>47</sup> [https://unctad.org/system/files/official-document/TN17\\_BondedTransportRegimes.pdf](https://unctad.org/system/files/official-document/TN17_BondedTransportRegimes.pdf)

<sup>48</sup> [Ht tp://www.wcoomd.org/-/media/wco/public/global/pdf/topics/key-issues/ecp/2015/transit-handbook-for-upload-en.pdf?la=en](http://www.wcoomd.org/-/media/wco/public/global/pdf/topics/key-issues/ecp/2015/transit-handbook-for-upload-en.pdf?la=en)

გართულებულია სხვა დაინტერესებული მხარეების ჩართულობის გამო, როგორცაა: ბანკები, სადაზღვევო კომპანიები და კერძო ასოციაციები. გამართულად მოქმედი გარანტიის სისტემა აჩქარებს სატრანზიტო ოპერაციებს და ამსუბუქებს სატრანზიტო ქვეყნების შემოსავლებს.

### 3. საბაჟო ფორმალობების გამარტივება

საბაჟო სატრანზიტო სისტემები ტრადიციულად რთულ მოთხოვნებს უყენებდნენ ტრანზიტის ოპერატორებს, ასევე საბაჟო ადმინისტრაციაზე დოკუმენტაციის წარმოების კუთხით. თანამედროვე საბაჟო ადმინისტრაციამ შემოიღო, გაამარტივა საბაჟო პროცედურები და ახლა მიიღება სატრანსპორტო დოკუმენტების ელექტრონული ასლები. დოკუმენტების მოთხოვნების გამარტივება საგრძნობლად ამცირებს ტრანზიტის ოპერაციების დროს.

### 4. რისკების მართვა

რისკის მართვის გამოყენება ტრანზიტის დროს გამოიწვევს იმას რომ, მაღალი რისკის მქონე საქონელი დაექვემდებარება კონტროლის შესაბამის დონეს, ხოლო დაბალი რისკის საქონელი შეიძლება გათავისუფლდეს შესაბამისი კონტროლიდან. რისკის მართვის გამოყენებამ ასევე შეიძლება გამოიწვიოს ავტორიზებული ეკონომიკური ოპერატორის (AEO) პროგრამების დანერგვა, რომლებიც ინარჩუნებენ მაღალ შესაბამისობას და უსაფრთხოების მენეჯმენტს ხელშემწყობი უპირატესობებით სატრანზიტო ოპერაციებისთვის. გარდა ამისა, საქონლის ჩამოსვლამდე ინფორმაცია, რომელიც საშუალებას აძლევს საბაჟო ადმინისტრაციებს, შეაფასონ საქონლის რისკის დონე მათ ჩამოსვლამდე. საჭიროა გაძლიერდეს საბაჟო რისკის მართვა და ხელი შეეწყოს დაბალი რისკის ტრანზიტის ტვირთის შეუფერხებლად განბაჟებას.

### 5. საბაჟო ბეჭდები და უსაფრთხოების სხვა ზომები

სატრანზიტო ოპერაციების დროს საქონლის უსაფრთხოების უზრუნველსაყოფად, საბაჟო ადმინისტრაციამ ჩვეულებრივ უნდა გამოიყენოს საბაჟო ბეჭდები. საბაჟო ორგანომ შეიძლება დაუშვას მოქნილი და ხელშემწყობი ზომები, როგორცაა ტრანზიტით დამაგრებული სპეციალური ბეჭდების გამოყენება.

### 6. სასაზღვრო ინფრასტრუქტურა

სასაზღვრო ინფრასტრუქტურა მნიშვნელოვანი ელემენტია სასაზღვრო საცობების შესამცირებლად. მიზანშეწონილია განიხილოს კონკრეტული ინფრასტრუქტურა, როგორცაა ცალკეული სატრანზიტო ზოლები, სასაზღვრო პუნქტები, სადაც დიდი მოცულობის სატრანზიტო საქონელი გვხვდება. საზღვრის კოორდინირებული მართვა, სატრანზიტო ოპერაციები მოიცავს სხვადასხვა მარეგულირებელ მოთხოვნებს, რომლებიც დაწესებულია საბაჟო ორგანოსა და სამთავრობო უწყებებს შორის თანამშრომლობისა და კოორდინაციით.

### 7. შესრულების გაზომვა

შესრულების გაზომვა სასარგებლოა სატრანზიტო ოპერაციების ეფექტურობის დემონსტრირებისთვის. რამდენიმე საერთაშორისო ინსტრუმენტი და ანგარიში სატრანზიტო ოპერაციების შესრულების შესაფასებლად დაგვეხმარება და მოგვცემს მნიშვნელოვან მინიშნებებს იმის შესახებ, თუ როგორ უნდა გაუმჯობესდეს სატრანზიტო სისტემა.

eTIR სისტემა სარგებელს სთავაზობს TIR სისტემაში ჩართულ ყველა აქტორს. პირველ რიგში, მას მოაქვს დამატებითი უსაფრთხოებისა და რისკის მართვის შესაძლებლობები, რითაც ამცირებს თაღლითობის რისკს. მეორე, მოწინავე საერთაშორისო თანამშრომლობა საშუალებას მისცემს ყველა აქტორს მნიშვნელოვნად შეამცირონ ადმინისტრაციული ტვირთი და მაქსიმალურად გაზარდონ მიწოდების ჯაჭვის ინტეგრირებული მენეჯმენტის სარგებელი. საბოლოოდ, ტვირთის წინასწარი ინფორმაციის მიწოდება და ინფორმაციის რეალურ დროში გაცვლა დააჩქარებს TIR პროცედურას.

დასკვნა

მრავალი წლის განმავლობაში TIR კონვენცია აღმოჩნდა ეფექტური ფასილიტაციის ინსტრუმენტი. თუმცა, ტექნოლოგიების პროგრესთან ერთად, ქაღალდის TIR Carnet-ის გამოყენება სულ უფრო არქაული ხდება. განსაკუთრებით მაშინ, როდესაც საქმე ეხება მის დაკავშირებას ეროვნული საბაჟო ადმინისტრაციების მიერ გამოყენებულ ელექტრონულ პროცედურებთან. თითოეულ სასაზღვრო გადაკვეთაზე, საბაჟო ოფიცრებს უწევთ დამატებითი სამუშაო, რათა მათ ეროვნულ ელექტრონულ საბაჟო სისტემაში 50-მდე მონაცემთა ელემენტი შეიყვანონ. გარდა ამისა, არსებული ვითარება არ აძლევს საბაჟო ორგანოებს შესაძლებლობას, ეფექტურად გამოიყენონ რისკის მართვის პროცედურები, რომლებიც დაფუძნებულია წინასწარ ტვირთის შესახებ ინფორმაციაზე, როგორც ამას მოითხოვს უსაფრთხოების მზარდი გარემო.

გამოყენებული ლიტერატურა

1. <https://unece.org/about-etir>
2. [https://unctad.org/system/files/official-document/TN08\\_FreedomofTransit.pdf](https://unctad.org/system/files/official-document/TN08_FreedomofTransit.pdf)
3. <http://www.wcoomd.org/-/media/wco/public/global/pdf/topics/key-issues/ecp/2015/transit-handbook-for-upload-en.pdf?la=en>
4. [https://unctad.org/system/files/official-document/TN17\\_BondedTransportRegimes.pdf](https://unctad.org/system/files/official-document/TN17_BondedTransportRegimes.pdf)
5. [Http://www.wcoomd.org/-/media/wco/public/global/pdf/topics/key-issues/ecp/2015/transit-handbook-for-upload-en.pdf?la=en](http://www.wcoomd.org/-/media/wco/public/global/pdf/topics/key-issues/ecp/2015/transit-handbook-for-upload-en.pdf?la=en)



# Transit system and benefits of its operation

Nino Ramazashvili

Department of Energy, Georgian Technical University

## Abstract

After the end of the Second World War, there was a rapid increase in trade in goods in Europe. Due to the long and complicated customs procedures every time the goods crossed the border, the trade procedures were complicated. All this was aimed at drawing up an international agreement, which should contribute to the creation of a free trade space.

Border infrastructure is an important element in reducing border congestion. Inadequate infrastructure is often a major obstacle to establishing efficient transit, even if customs procedures are streamlined and efficient. Smooth movement of transit cargo requires quality infrastructure. When transit documents are already issued in advance, truck drivers can use designated "transit lanes" and remain in their vehicles.

Transit operations necessarily include various regulatory requirements imposed by government agencies other than customs.

**Key words:** Border infrastructure, Trade barrier, Harmonized procedures, Efficiency of transit operations.

## Абстракт

После окончания Второй мировой войны в Европе наблюдался быстрый рост торговли товарами. Из-за длительных и сложных таможенных процедур каждый раз, когда товары пересекали границу, усложнялись торговые процедуры. Все это было направлено на составление международного соглашения, которое должно способствовать созданию пространства свободной торговли.

Пограничная инфраструктура является важным элементом снижения загруженности границ. Неадекватная инфраструктура часто является серьезным препятствием для организации эффективного транзита, даже если таможенные процедуры упорядочены и эффективны. Для бесперебойного движения транзитных грузов необходима качественная инфраструктура. Когда транзитные документы уже оформлены заранее, водители грузовиков могут использовать выделенные «транзитные полосы» и оставаться в своих транспортных средствах.

Транзитные операции обязательно включают в себя различные нормативные требования, предъявляемые государственными органами, кроме таможни.



## ორლინზიანი კოლიმაციური სისტემა ერთი ასფერული ზედაპირით

დავით შალამბერიძე, ირაკლი კორძაია

სსიპ ინსტიტუტი „ოპტიკა“

### რეზიუმე

სტატიაში აღწერილია ორ ლინზიან კოლიმაციურ სისტემაში პირველი, სფერული ლინზის ცნობილი ოპტიკური პარამეტრების მიხედვით მეორე, ასფერული ლინზის ოპტიკური პარამეტრების გათვლის მეთოდის, რაც საშუალებას იძლევა დაიწეროს ასფერული პროფილის პარამეტრული განტოლება ცხადი სახით.

**საძიებო სიტყვები:** კოლიმაცია, ფოკუსური მონაკვეთი, ასფერული ზედაპირი

ოპტიკის და, ზოგადად, ტექნიკის ბევრ სფეროში მეტად მნიშვნელოვანია პირველადი სხივის კოლიმირება. ძირითადად, ამისთვის გამოიყენება ორი და მეტი ლინზისგან შედგენილი ოპტიკური სისტემები და პარაბოლური სარკეები. სტატიაში წარმოდგენილია მონოქრომატული სხივის კოლიმირების ორ ლინზიან ოპტიკურ სისტემაში მეორე ასფერული ლინზის ოპტიკური პარამეტრების გათვლის მეთოდის პირველი სფერული ლინზის ცნობილი ოპტიკური პარამეტრების მიხედვით. ამასთან, მეორე ლინზის წინა ზედაპირი სფერულია, სიმრუდის რადიუსით  $R_3$  ( $>0$ ), ხოლო უკანა, ასფერული ზედაპირის სიმრუდის რადიუსი პარაქსიალურ არეში ემთხვევა წინა ზედაპირის სიმრუდეს, ანუ

$$R_4^* = -R_3. \quad (1)$$

დავუშვათ, პირველი ლინზის ოპტიკური პარამეტრებია: წინა ზედაპირის სიმრუდის რადიუსი  $R_1$  ( $>0$ ), უკანა ზედაპირის სიმრუდის რადიუსი  $R_2$  ( $<0$ ), ლინზის სისქე  $t_1$  და ოპტიკური მასალის გარდატეხის მაჩვენებელი  $n_1$  (კონკრეტული ტალღის სიგრძისთვის).

მეორე ლინზის საწყისი პარამეტრების არჩევას გავითვალისწინოთ, რომ საწყისი სხივის კოლიმირებისთვის საჭიროა ლინზების ფოკუსური წერტილები ერთმანეთს ემთხვეოდეს, ანუ, ლინზებს შორის მანძილი უნდა აკმაყოფილებდეს პირობას

$$d = S'_{F1} + S_{F2}, \quad (2)$$

სადაც  $S'_{F1}$  პირველი ლინზის უკანა ფოკუსური მონაკვეთის (მანძილი უკანა ზედაპირიდან უკანა ფოკუსურ წერტილამდე) სიგრძეა, ხოლო  $S_{F2}$  – მეორე ლინზის წინა ფოკუსური

მონაკვეთის სიგრძე. ცხადია, ფოკუსური მონაკვეთი  $S'_{F1}$  მთლიანად განსაზღვრულია პირველი ლინზის ოპტიკური პარამეტრებით [1]:

$$S'_{F1} = f'_1 \left( 1 - \frac{n_1 - 1}{n_1 R_1} t_1 \right), \quad (3)$$

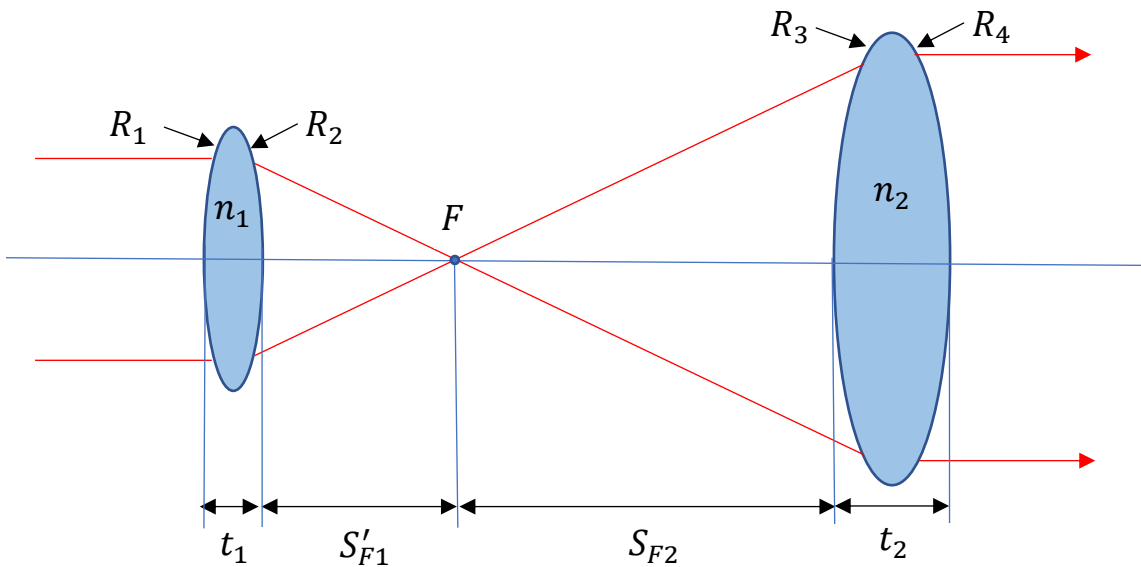
სადაც  $f'_1$  პირველი ლინზის უკანა ფოკუსური მანძილია:

$$\frac{1}{f'_1} = (n_1 - 1) \left( \frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right) + \frac{(n_1 - 1)^2}{n_1 R_1 R_2} t_1. \quad (4)$$

ცხადია,  $S_{F2}$  განისაზღვრება მეორე ლინზის ოპტიკური პარამეტრებით, ხოლო მისი კავშირი  $S'_{F1}$ -თან განისაზღვრება (2) ტოლობით, აგრეთვე კოლიმაციის ხარისხით (მიღებული სხივის განივკვეთის დიამეტრი შეფარდებული საწყისი სახივის განივკვეთის დიამეტრთან). ნახ.1-დან ჩანს, რომ თუ კოლიმაციის ხარისხია  $m$ , მაშინ

$$S_{F2} \approx m S'_{F1}. \quad (5)$$

ამგვარად, პირველი და მეორე ლინზების ოპტიკურ პარამეტრებს შორის მყარდება შემდეგი კავშირი: პირველი ლინზის ოპტიკური პარამეტრებით დგინდება მისი უკანა ფოკუსური მონაკვეთი (ფორმულები (3), (4)), ფორმულებით (2) და (5) ლინზების ფოკუსურ მონაკვეთებს შორის, საიდანაც, (1)-ის გათვალისწინებით, ვადგენთ მეორე ლინზის ოპტიკურ პარამეტრებს.



ნახ. 1

აღნიშნული სქემის განხორციელების შედეგად მივიღებთ:

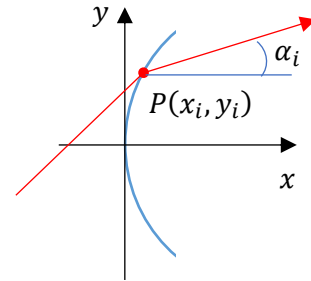
$$S_{F2} = \frac{n_2 R_3^2 - (n_2 - 1) R_3 t_2}{(n_2 - 1) [2 R_3 n_2 - t_2 (n_2 - 1)]}. \quad (6)$$

აქედან შეიძლება გამოვსახოთ  $R_3$ :

$$R_3 = \frac{n_2 - 1}{2} \left[ \frac{t_2}{n_2} + 2S_{F2} + \sqrt{\left(\frac{t_2}{n_2}\right)^2 + 4S_{F2}^2} \right]. \quad (7)$$

ამგვარად, გვაქვს შემდეგი საწყისი მონაცემები: პირველი ლინზისთვის –  $R_1, R_2, n_1, t_1$ , მეორე ლინზისთვის –  $R_3, n_2, t_2$ , აგრეთვე, მანძილი ლინზებს შორის –  $d$ .

ჩვენს მიერ შექმნილი პროგრამული უზრუნველყოფის მეშვეობით შესაძლებელია გამოთვლილი იქნას  $i$ -ურ ზედაპირზე გარდატეხილი სხივის კოორდინატები  $(x_i, y_i, \alpha_i)$  ამ ზედაპირთან დაკავშირებულ კოორდინატთა სისტემაში (ნახ. 2), რაც საშუალებას გვაძლევს ფერმას პრინციპის გამოყენებით დავთვალოთ მეორე ლინზის უკანა, ასფერული ზედაპირი იმ პირობით, რომ მან უზრუნველყოს პირველი ლინზის წინა ზედაპირზე დაცემული პარალელური სხივთა კონის კოლიმაცია.



ნახ. 2

განვიხილოთ სხივი, რომლის კოორდინატები პირველი ლინზის წინა ზედაპირთან დაკავშირებულ კოორდინატთა სისტემაში არის  $A_0(0; h)$  და  $\alpha_0 = 0$ , ანუ, საწყისი სხივი ვრცელდება ოპტიკური ღერძის პარალელურად მისგან  $h$  სიმაღლეზე. სხივის  $i$ -ურ ზედაპირთან გადაკვეთის წერტილები აღვნიშნოთ  $A_i$ -ით. ფერმას პრინციპის თანახმად, ამ სხივის ოპტიკური გზა ტოლი იქნება ნულოვანი, ანუ, მთავარი ოპტიკური ღერძის გასწვრივ გავრცელებული სხივის ოპტიკური გზისა, ანუ:

$$\sum_0^4 n_i A_i A_{i+1} = n_1 t_1 + d + n_2 t_2. \quad (8)$$

მეორე ლინზის უკანა, ასფერულ ზედაპირთან დაკავშირებულ საკოორდინატო სისტემაში გამოსახულება (8) მიიღებს სახეს:

$$L_1 + n_1 L_2 + L_3 + n_2 L_4 = n_1 t_1 + d + n_2 t_2, \quad (9)$$

სადაც

$$L_1 = \tilde{x}_1,$$

$$L_2 = \sqrt{(\tilde{x}_2 - \tilde{x}_1)^2 + (\tilde{y}_2 - \tilde{y}_1)^2},$$

$$L_3 = \sqrt{(\tilde{x}_3 - \tilde{x}_2)^2 + (\tilde{y}_3 - \tilde{y}_2)^2},$$

$$L_4 = \sqrt{(x_a - \tilde{x}_3)^2 + (y_a - \tilde{y}_3)^2}.$$

აქ  $(x_a, y_a)$  მეორე ლინზის უკანა, ასფერული ზედაპირის კოორდინატებია, ხოლო  $(\tilde{x}_i, \tilde{y}_i)$   $i$ -ური ზედაპირის კოორდინატებია ასფერულ ზედაპირთან დაკავშირებულ კოორდინატთა სისტემაში:

$$\tilde{x}_1 = x_1 - t_1 - t_2 - d,$$

$$\tilde{x}_2 = x_2 - t_2 - d,$$

$$\tilde{x}_3 = x_3 - t_2,$$

$$\tilde{y}_i = y_i.$$

ბოლო აღნიშვნების გათვალისწინებით (9) ფორმულიდან მივიღებთ:

$$n_2 \sqrt{(x_a - \tilde{x}_3)^2 + (y_a - \tilde{y}_3)^2} - x_a = \Phi(h), \quad (10)$$

სადაც

$$\Phi(h) = n_1 t_1 + d + n_2 t_2 - \sum_0^3 n_i L_i, \quad (n_0 = 1, L_0 = x_1). \quad (11)$$

(შევნიშნოთ, რომ  $L_i$ -ები წარმოადგენენ  $h$ -ის ფუნქციას, რადგან  $x_i = x_i(h)$ ,  $y_i = y_i(h)$ ,  $\alpha_i = \alpha_i(h)$ )

ასფერული ზედაპირის კოორდინატებს შორის კიდევ ერთი კავშირის დასამყარებლად გამოვიყენოთ კავშირი მეორე ლინზაში მოხვედრილი სხივის საწყის და საბოლოო წერტილებს შორის:

$$y_a = \tilde{y}_3 + (x_a - \tilde{x}_3) \cdot tg\alpha_3. \quad (12)$$

(10) და (12) გამოსახულებები ქმნიან განტოლებათა სისტემას  $(x_a, y_a)$  ცვლადების მიმართ. ამ სისტემის ამოხსნით მივიღებთ:

$$x_a = \frac{\Phi(h) \cdot \cos\alpha_3 + \tilde{x}_3 n_2}{n_2 - \cos\alpha_3}, \quad (13)$$

$$y_a = \frac{(\Phi(h) + \tilde{x}_3) \cdot \sin\alpha_3}{n_2 - \cos\alpha_3} + \tilde{y}_3. \quad (14)$$

(13) და (14) ფორმულები წარმოადგენენ მეორე ლინზის უკანა ასფერული ზედაპირის პარამეტრულ განტოლებას. იმისთვის, რომ დაიწეროს ასფერული ზედაპირის განტოლება ცხადი სახით Collimation, focal section, aspheric surface, უნდა განხორციელდეს ამ ზედაპირის პოლინომური ინტერპოლაცია.

## ლიტერატურა

[1] Born M., Wolf E., Principles of Optics. Cambridge University Press, 1999.

# A two-lens collimating system with one aspherical surface

David Shalamberidze, Irakli Kordzakhia

LEPL Institute OPTICA

## Abstract

The article describes the method of calculating the optical parameters of the second, aspherical lens based on the known optical parameters of the first spherical lens in a two-lens collimating system. The method allows to write the parametric equation of the aspheric profile in an explicit form.

**Keywords:** Collimation, Focal section, Aspheric surface

## კულტურული მემკვიდრეობის ქიმიისათვის

(ნაწილი III - არქეოლოგიური ოქროსა და ვერცხლის ზედაპირის ქიმიისათვის)

მამუკა მაცაბერიძე<sup>1</sup>, ინგა ჯანელიძე<sup>2</sup>

<sup>1</sup>პროფესორი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ქიმიური ტექნოლოგიის და მეტალურგიის ფაკულტეტი

<sup>2</sup>ასოცირებული პროფესორი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ქიმიური ტექნოლოგიის და მეტალურგიის ფაკულტეტი

### რეზიუმე

კულტურული მემკვიდრეობის ძეგლები დღევანდელობამდე აღწევენ შეცვლილი ან გარკვეულად ტრანსფორმირებული სახით. კულტურული მემკვიდრეობის ძეგლის შექმნიდან დღემდე, მისი შინაგანი და ზედაპირული სახეცვლილებების პროცესს ეწოდება ბუნებრივი “დაბერება”. კულტურული მემკვიდრეობის ექსპონატის “დაბერების” პროცესის ინტენსივობა დამოკიდებულია, როგორც ისტორიული მასალის თვისებებზე, ისე გარეგან მოქმედ ბუნებრივ ფაქტორებზე (ტემპერატურის და ტენიანობის ცვლილებები, ქარის და წყლის ეროზია, სინათლის მოქმედება), აგრეთვე გარემო-პირობების არასტაბილურობაზე (ჰაერის შედგენილობა, ვიბრაციული მოვლენები).

კულტურული მემკვიდრეობის ექსპონატის ზედაპირზე მიმდინარე პროცესების შესწავლის მიზანს წარმოადგენს შეანელოს და შეაჩეროს ისტორიულ მასალაში მიმდინარე “სიბერის” პროცესი. ამ თვალსაზრისით მნიშვნელოვანია - არქეოლოგიური ოქროსა და ვერცხლის ზედაპირის ქიმიის პრობლემატიკა, რითაც უნდა შევინარჩუნოთ როგორც ძეგლის გარეგნული სახე, ასევე მასალა რომლითაც ექსპონატი არის შექმნილი, რადგან ძველის შეცვლა ნიშნავს, დასამუშავებელი ნიმუშის ტექნიკური თვისებებების, დედანში ჩადებული დამზადების ტექნოლოგიისა და ინდივიდუალობის ისტორიული მნიშვნელობის დაკარგვას.

**საკვანძო სიტყვები:** იუნესკოს „კულტურის სტატისტიკის ჩარჩო-დოკუმენტი“, „კულტურის ეკონომიკის სქემა“, ოქროს ლომის ქანდაკება, თრიალეთის კულტურა, კალიუმის პერსულფატი, კალიუმის ციანიდი, კალიუმის და ამონიუმის როდანიდები, გრანულაცია, პოლიქრომია, ნატრიუმის ჰექსამეტაფოსფატი, ოქროს ბუნებრივი ამაღვამა, ოქროს და ვერცხლის ნაკეთობათა ზედაპირის წმენდა.



დღეისათვის აღიარებულია, რომ კულტურული მემკვიდრეობა ის ღირებულებითი მონაპოვარია, რაც კაცობრიობამ შექმნა საკუთარი ისტორიის განმავლობაში. თანამედროვე რეალობას წარმოადგენს - კულტურული მემკვიდრეობის, ეკონომიკის განვითარების მდგენელად აღქმა. ამ მიმართულებით მატერიალურმა კულტურულმა მემკვიდრეობამ უფრო ადრე მოიპოვა აღიარება ვიდრე არამატერიალურმა. კულტურული ტურიზმის განვითარებასთან ერთად ცხადი გახდა, რომ არქიტექტურული თუ არქეოლოგიური ძეგლები, ტაძრები, ხელოვნების ნიმუშები, სამუზეუმო კოლექციები და სხვა, მოგზაურობის ერთ-ერთ უმნიშვნელოვანეს მოტივაციას წარმოადგენენ და ტურისტთა დიდ ნაკადებს იზიდავენ.

კულტურული ინდუსტრიების და შემოქმედებითი ეკონომიკის კონცეფციის განვითარებამ კიდევ უფრო გააძლიერა კულტურული მემკვიდრეობის ეკონომიკურ რესურსად აღქმა. უფრო მეტიც, დღეს ის ეკონომიკის განვითარების ინოვაციური და სასურველი გზაა. მართალია, კულტურული ინდუსტრიები მრავალ სფეროს მოიცავს, მაგრამ იუნესკოს „კულტურის სტატისტიკის ჩარჩო-დოკუმენტის“ ბაზაზე შექმნილი „კულტურის ეკონომიკის სქემის“ მიხედვით, მათ საერთო საფუძველს სწორედ არამატერიალური კულტურული მემკვიდრეობა ქმნის. კულტურული მემკვიდრეობა თანდათანობით კუთვნილ ადგილს იკავებს მდგრადი განვითარების სფეროშიც. 2015 წ. მემკვიდრეობის და შემოქმედებითობის როლი პირველად აღინიშნა გაეროს „მდგრადი განვითარების 2030 პროგრამაში“; 2021 წელი კი იუნესკომ „შემოქმედებითი ეკონომიკა მდგრადი განვითარებისთვის“ წლად გამოაცხადა [1].

მსოფლიო გლობალიზმის გავლენის შედეგად, დღევანდელ მსოფლიო ბაზრებზე ინდუსტრიული პროდუქციის სტანდარტიზაცია შეინიშნება. ამის გამო მომხმარებელი სულ უფრო მეტად ინტერესდება თვითმყოფადი, განსხვავებული პროდუქტით. კულტურული მემკვიდრეობა სწორედ ის რესურსია, რის საფუძველზეც შესაძლებელია ამ მოთხოვნის დაკმაყოფილება და ინოვაციური, მომხმარებლისთვის საინტერესო, პროდუქციის შექმნა. ასევე მნიშვნელოვანია მეორე ტენდენცია - ხელნაკეთი პროდუქციის პოპულარობის ზრდა, მისი აღქმის და ცნობადობის ამაღლება და, შესაბამისად, მასზე მოთხოვნის მატება, რაც პირდაპირ ეხმიანება ტრადიციულ ხელოსნობას და მისი ეკონომიკური მდგრადობის კარგ წინაპირობას ქმნის.

უნდა აღინიშნოს, რომ კულტურული მემკვიდრეობის კომერციალიზაცია სათუთი საკითხია. ხშირია გაზრდილი მოთხოვნის შედეგად მიღებული პროდუქციის ნეგატიური სახეცვლის და ტრადიციის დეკონტექსტუალიზაციის შემთხვევები. მაგალითად, კულტურული ტურიზმის განვითარებამ გამოიწვია კულტურული მემკვიდრეობის ძეგლებზე მნახველების რაოდენობის ზრდა, რამაც დადებით ეკონომიკურ შედეგთან ერთად, წარმოშვა პრობლემები, რომლებიც ამ ძეგლების დაცვასა და გადარჩენას ეხება.

არსებობს კულტურული მემკვიდრეობის რიგი სფეროები, რომლებისთვისაც იმთავითვე იყო დამახასიათებელი კომერციალიზაცია. ასეთებია, მაგალითად, თეატრალიზებული წარმოდგენები, ტრადიციული რეწვის დარგები, ხალხური მედიცინა. ამ შემთხვევაშიც შეიძლება გამოიყოს ორი ტიპის კომერციალიზაცია: ეკონომიკური შემოსავლის მიღება

ა). ცოდნის გადაცემის საფასურად, რაც ასევე შეიძლება იყოს შეზღუდვის საგანი საიდუმლო ცოდნის სხვისთვის გაზიარების აკრძალვის ან არასასურველობის გამო და

ბ). ტრადიციული ცოდნის გამოყენებით შექმნილი მატერიალური ნივთების ან სანახაობაზე დასწრების უფლების რეალიზაციით, რაც აღნიშნულ დარგებში ოდითგანვე იყო მიღებული.

არამატერიალურ კულტურულ მემკვიდრეობას, როგორც ცოცხალ ტრადიციას, ასევე ახასიათებს მუდმივი განვითარება და სახეცვლა. ამიტომაც ბუნებრივია, რომ დროთა განმავლობაში იცვლებოდეს მათი კომერციალიზაციისადმი დამოკიდებულებაც. არსებობს შემთხვევები, როდესაც კომერციული მნიშვნელობის დაკარგვა ან კონკრეტული ხელობის გაუფასურება იწვევს არამატერიალური კულტურული მემკვიდრეობის მნიშვნელობის დაკნინებას ახალი თაობის თვალში, რამაც შედეგად შეიძლება გამოიწვიოს ტრადიციული ცოდნის გადაცემის შეწყვეტა და მემკვიდრეობის შენარჩუნება საფრთხის წინაშე დააყენოს.

საყურადღებოა, რომ შემოსავლების ზრდა ყოველთვის არ არის არამატერიალური კულტურული მემკვიდრეობის მდგრადობის გარანტია. გაუთვითცნობიერებელი მომხმარებლის მხრიდან გაზრდილმა მოთხოვნამ შესაძლოა უარყოფითი გავლენა იქონიოს პროდუქციაზე, რაც მისი ხარისხის დაქვეითებაში, ტრადიციული ტექნოლოგიის ჩანაცვლებაში, ასევე ადგილობრივ კულტურასთან და კონტექსტთან ბმის შესუსტებაში აისახება. შედეგად, დროთა განმავლობაში, ერთი მხრივ, თავად პროდუქცია კარგავს მიმზიდველობას და ხდება ნაკლებად გაყიდვადი (სრულდება მისი „სასიცოცხლო ციკლი“), ხოლო მეორე მხრივ, საფრთხე ექმნება თავად ტრადიციას და ტრადიციულ ცოდნას; მაგალითად, პროექტ HIPAM<sup>1</sup>-ის ფარგლებში, რომელიც მემკვიდრეობაზე მორგებულ ინტელექტუალურ საკუთრებას და მარკეტინგულ სტრატეგიებს იკვლევდა, გამორჩეულია კომერციალიზაციის უზრუნველყოფის ოთხი საფეხური და გაანალიზებულია თითოეულ საფეხურზე არსებული დადებითი და უარყოფითი მხარეები [1].

არამატერიალური მემკვიდრეობის კომერციალიზაციის სწორი მიდგომის შერჩევა ძალზე მნიშვნელოვანია როგორც თავად კულტურული მემკვიდრეობის, ასევე მის საფუძველზე მიღებული ეკონომიკური შემოსავლების მდგრადობის მისაღწევად.

აღნიშნულის ანალიზისათვის გამოიყენება სტრატეგიული დაგეგმვის ერთ-ერთი მეთოდი - SWOT ანალიზი, რომელიც ძლიერი და სუსტი მხარეების, შესაძლებლობების და საფრთხეების ანალიზის საშუალებას იძლევა.

მეორე მხრივ ცნობილია, რომ ოქრო და ვერცხლი უხსოვარი დროიდან, ხოლო პლატინა კი მე-19 საუკუნიდან, წარმოადგენს საიუველირო მქანდაკელობის - მატერიალური კულტურული მემკვიდრეობის, ლითონურ ნედლეულს.

ოქრომქანდაკელობა კაცობრიობის ისტორიაა. კეთილშობილ ლითონთა მხატვრული დამუშავების ძველთაძველი ტრადიციები, საუკუნეთა მანძილზე ქართველ ოსტატთა შექმნილი ძეგლები ის უმდიდრესი კულტურული მემკვიდრეობაა, რომელიც საქართველოს რეალობაში მრავალსაუკუნოვანი წარსულიდან მოდის.

<sup>1</sup> The HIPAMS toolkit Part II. Community planning for sustainable development through intangible cultural heritage. <https://hipamsindia.org/>

ჩვენი ქვეყანა დამსახურებულად ითვლება ლითონის დამუშავების ერთერთ უძველეს კერად მსოფლიოში. საქართველოს წიაღი მდიდარია მადნეული რესურსებით, ხოლო არქეოლოგიური მასალები მოწმობენ, რომ აქ ადამიანები სპილენძს პირველად ჯერ კიდევ ძვ.წ. III ათასწლეულში ამუშავებდნენ და საქართველოს ტერიტორიაზე მოსახლე ტომებმა უკვე იცოდნენ ბრინჯაოს დამზადება [2], იმ დროიდანვე ეუფლებიან ისინი სხვა ლითონების მეტალურგიის საიდუმლოებებს და მადნებიდან გამოყოფენ - ტყვიას და სტიბიუმს (ანთიმონიუმი), ვერცხლსა და ოქროს.

ქართულ საიუველირო ხელოვნებას ფესვები შორეულ წარსულში აქვს. ბრინჯაოს ხანიდან ქართული საიუველირო ხელოვნება მაღალ დონეზე იდგა. ქართული ოქრომქანდაკებლობა სათავეს შორეული წარსულიდან იღებს და საოცარ წარმატებას აღწევს. ოქრომქანდაკებლობის განვითარება საქართველოში არ იყო და არც შეიძლებოდა ყოფილიყო სწორხაზოვანი, ერთი აღმავალი ხაზით მიმართული. ძველი საქართველო მუდამ იყო ცივილიზებული მსოფლიოს ორგანული ნაწილი, ამიტომ ქართული ოქრომქანდაკებლობა განვითარების ყველა ეტაპზე კანონზომიერად ატარებდა შესატყვისი ეპოქის ნიშნებს, თუმცა, ამავე დროს, მას ჰქონდა ეროვნული თავისებურებანიც, რომელნიც ერთი მხრივ განასხვავებდა ქართველთა ნახელავს მათი თანადროული უცხოური ნაწარმისაგან, მეორე მხრივ კი აკავშირებდა საქართველოში სხვადასხვა დროს შექმნილ ძეგლებს, როგორც ოქრომქანდაკებლობის ევოლუციური განვითარების სხვადასხვა საფეხურებს.

საქართველო სამართლიანად ითვლება კეთილშობილი ლითონების მოპოვების და დამუშავების ერთერთ უძველეს კერად მსოფლიოში, რისი დასტურიცაა დღემდე შემორჩენილი უცხოელი ისტორიკოსების წერილობითი წყაროები, სადაც პირდაპირი თუ არაპირდაპირი მინიშნებებითაა დადასტურებული ოქროს არსებობა. აქვე, მოცემულია კონკრეტული ცნობები ოქროს მოპოვების ხერხებსა და ქართველი ოსტატების მიერ ხალასი ოქროს ნედლეულისაგან საიუველირო ნაკეთობათა დამზადების ტექნოლოგიის შესახებ. ძველ საქართველოში ოქროს მოპოვება ხდებოდა, როგორც მდინარეული ნალექებიდან უმცირესი ნაწილაკების სახით (ოქროს ქვიშა), ასევე სამთო გამონამუშევრებიდან.

საქართველოს ტერიტორიაზე გათხრილ ადრებრინჯაოს ხანის ყორღანებში აღმოჩენილი ფერადი და შავი მეტალურგიის წარმოების მძლავრ კერებთან ერთად ნაპოვანია კეთილშობილი ლითონების სადნობი და საწარმოო კერებიც, სადაც შემორჩენილია გარკვეული დანიშნულების სხმული და სხვადასხვა შემცველობის ზოდები, რაც დასტურია იმისა, რომ ქართველი ოქრომქანდაკებლები ოქროს ნედლეულს ამუშავებდნენ - როგორც ძირეული საბადოებიდან მოპოვებულ ოქროს, ასევე ქვიშრობი საბადოებიდან მოპოვებულ ხალას მასას [2].

საქართველოს ტერიტორიაზე გათხრილ ადრებრინჯაოს ხანის ყორღანებში აღმოჩენილი ოქროს უძველესი სამკაულის განხილვით მტკიცდება, რომ ძვ.წ. III ათასწლეულის მეორე ნახევრის აქაური ოქრომქანდაკებლები ფლობდნენ ლითონის დამუშავების უმთავრეს ხერხებს – ჭედვას, ჩამოსხმას და რჩილვას. კახეთში ალაზნის ველზე ერთერთ გორასამარხში აღმოჩენილი მცირე ზომის ოქროს ლომის ქანდაკება, თრიალეთის კულტურის წინარე ხანას

მიეკუთვნება და სისტემური მნიშვნელობისაა ამ (თრიალეთის კულტურის) კულტურის გენეზისისთვის. ამგვარი კონცეპტუალიზების თვალსაზრისით განსაკუთრებით აღსანიშნავია შუაბრინჯაოს ხანის თრიალეთის დიდი ყორღანების კულტურა, როდესაც შეიქმნა პოლიქრომული სტილის მსოფლიო მნიშვნელობის შედეგრი - თრიალეთში ნაპოვნი სარდიონებით შემკული ოქროს თასი.



**სურ. 1.** ოქროს თასი. XIX-XVIII სს. ძვ.წ. თრიალეთი, წალკა. ოქროს ერთი ფურცლისგან დამზადებულ თასს ორმაგი კედელი და ღრუ ფეხი აქვს. ოქროს ბუდეებში ჩასმულია სარდიონი, ლაჟვარდი, წითელი იასპი, გიშერი, მინისებრი პასტა.

გრაფიკული ინფორმაციის წყაროს ინტერნეტ მისამართი:  
[https://www.dzegebi.ge/statiebi/xelovneba/qartuli\\_saiuveliro\\_xelovneba.html](https://www.dzegebi.ge/statiebi/xelovneba/qartuli_saiuveliro_xelovneba.html)

თრიალეთელი ოსტატებისათვის ცნობილია ოქრომქანდაკეობის ტექნიკური რეგლამენტირების ყველა ხერხი და იყენებდნენ ოქროს ნივთების მხატვრული დამუშავების ისეთ ხერხებს, როგორებიცაა:

- **გავარსი ანუ გრანულაცია**, ე.ი. ნივთის შემკობა ზედ დარჩილული ოქროს წვრილი ბურთულაკებით.
- **გრებილი ანუ ფილიგრანული დამუშავება** - ნივთის შემკობა ოქროს მავთულით.
- **დაფანჯრული და ფუყე ნივთების დამზადება.**

თრიალეთის კულტურული მემკვიდრეობის არქეოლოგიურ მასალაში გვერდიგვერდ არსებობს მარტივი და რთული ტექნოლოგიური სქემით დამზადებული ნივთები. იგივე ითქმის მათ მხატვრულ მხარეზეც - ერთი და იმავე სამარხებში გვხვდება სტილისტურად მკვეთრად განსხვავებული ნაწარმი: ერთი მხრივ სადა ოქროს თხელკედლიანი საკიდები და მეორე მხრივ პოლიქრომული სტილის ყელსაბამი. ამ დროისათვის ჩვენ უკვე გვაქვს მაღალმხატვრული, რთული და დახვეწილი გემოვნებით შესრულებული ოქრომქანდაკეობური ნაკეთობანი. ამ ეპოქის ოქრომქანდაკეებლნი დაუფლებულნი ყოფილან ოსტატობის უმაღლეს დონეს, რის გამოც თრიალეთური კულტურული მემკვიდრეობის ოქროს ნივთები გამოირჩევიან, მსოფლიო მასშტაბით, საოქრომჭედლო - საიუველირო ტექნიკის უმაღლესი მხატვრული დონით. ოქრომჭედლობის თრიალეთურ ნაწარმში უკვე შეიმჩნევა ზოგიერთი იმგვარი ნიშანი, რომელიც დამახასიათებელია ქართული ოქრომქანდაკეობისა მთელი მისი განვითარების გზაზე და, ამდენად, მის მახასიათებელ

ეროვნულ თავისებურებადაა მიჩნეული, რაც გამოიხატება ფერების თავშეკავებულ გამოყენებაში და მათ ჰარმონიულ შერჩევა-შეხამებაში. ქართველი ხელოვანი მუდამ გაურბოდა ცივ, კაშკაშა ტონებს და ერთ ნივთში იშვიათად ხმარობდა ორზე მეტ ფერს. ქართული ოქრომქანდაკეობის ნიმუში არასოდეს ყოფილა ჭრელი [2].

თრიალეთის კულტურული მემკვიდრეობის (ძვ.წ. XV საუკუნიდან ახალი წელთაღრიცხვის II-III საუკუნეები) ძეგლების შესწავლისას მკვლევარები იმ დასკვნამდე მივიდნენ, რომ იმ დროისათვის ჩვენ წინაპრებს სცოდნიათ ლითონის ფურცლების გაწნევით დამუშავება და ჰქონიათ ამ პროცესების შესრულებისათვის საჭირო მოწყობილობა და სახელოსნო იარაღები [2].

ექსპონატის ტექნიკური დამუშავების სირთულითა და მხატვრული საშუალებების გამოყენების თვალსაზრისით განსაკუთრებით აღსანიშნავია ერთ-ერთ ყორღანში აღმოჩენილი ოქროს სასმისი, დამზადებული სახარატო ჩარხის ფუნქციის მქონე მოწყობილობით ოქროს მთლიანი ფურცლისგან, რომელიც ფერადი ქვებით არის ინკრუსტირებული; სასმისს ორმაგი კედელი აქვს, რომელიც თანდათანობით ვიწროვდება ძირისკენ და დაბალ ქუსლში გადადის. გარეთა კედელი შემკულია წვრილი, გრებილი მავთულებისაგან გაკეთებული სპირალებით, რომელშიც ჩასმულია სარდიონის, ლაჟვარდისა და კერამიკული მასის მრგვალი თვლები. ასეთივე თვლების ერთი რიგი დაუყვება სასმისის პირს, ორი კი ქუსლს. ოქროს ფონზე ფერადი ქვებით ინკრუსტირებული სასმისი ძალზე მდიდრულ შთაბეჭდილებას ტოვებს (იხილე სურათი 1.). ბედენისა და ალაზნის ველის გორასამარხებში (ძვ.წ. 2300-2000 წწ.) აღმოჩენილი ოქროს ნაკეთობანი დამზადებულია ურთულესი ტექნიკური ხერხების გამოყენებით.

განსაკუთრებით აღსანიშნავია ძვ.წ. IV ათასწლეულის პირველი ნახევრის ოქროს ნივთები. ამ მხრივ მნიშვნელოვანია პოლიქრომული ყელსაბამი. ამ დროის ქართველ ოქრომჭედელთათვის ნიშანდობლივია ფერების განსაკუთრებული შერჩევა - შეხამება. ძვ.წ. VI-IV სს. ქართული საიუველირო ხელოვნების სტილს განსაზღვრავს **გრანულაცია**, გვიან ანტიკურ ხანაში კი **პოლიქრომია**. ქართული საოქრომჭედლო ხელოვნების საუკეთესო ქმნილებები, ნოსირის (სენაკის რაიონი) განძის (ძვ.წ. VIII-VII სს.) ოქროს ნივთებია: ჭვირული მძივები, გავარსიანი საყურეები, გველის თავის გამოსახულებით დაბოლოებული წნული სამაჯური და სხვ. სწორედ აქედან იწყება ანტიკური ხანის ქართული ოქრომჭედლობის აღმავლობა, რომელმაც განვითარების უმაღლეს დონეს ძვ.წ. V-IV საუკუნეებში მიაღწია. განსაკუთრებით დიდი რაოდენობის საოქრომჭედლო ნაწარმი აღმოჩნდა ვანის ნაქალაქარში. ქალის სამკაულის რამდენიმე სრული კომპლექტი, რომლებიც შეიცავს ჭედური ორნამენტით შემკულ თავისებურ დიადემებს, სხვადასხვა ფორმის საყურეებსა და სასაფეთქლე საკიდებს, ყელსაბამებსა და სამაჯურებს.

ვანის ნაქალაქარის სამარხები ყველა საფუძველს გვაძლევს იმისათვის, რომ (ძვ.წ. V-IV საუკუნეები) ქვეყნის ახლო მეზობელი ცენტრების (აქიმენიდური, ეგვიპტე, ირანი, კვიპროსი) გვერდით კოლხეთიც დავასახელოთ. კოლხეთში ოქროს მოპოვებასა და დამუშავებაზე ბერძენი მწერლებიც მოგვითხრობენ და მას „ოქრომავალ“ ქვეყანას უწოდებენ. შეიძლება ვივარაუდოთ, რომ ძველ ვანში არსებობდა პროფესიონალ ხელოსანთა მძლავრი სკოლა,

რომელიც ურთულესი ტექნიკური ხერხების (კვერვა, რჩილვა, ჭედვა, გავარსი, ტვიფრვა) გამოყენებით საუკუნეების მანძილზე ქმნიდა მხატვრული ოქრომჭედლობის ბრწყინვალე ნიმუშებს.

წარჩინებული კოლხი ქალის ოქროს დიადემა - აღნიშნავს **პროფ. ო. ლორთქიფანიძე** „უთუოდ გამოჩენილი ოსტატის ნახელავია. ამას მოწმობს მარჯვედ აგებული ჯგუფური კომპოზიცია, ცხოველთა დამახასიათებელი ნიშნების რეალისტურად გადმოცემა და მასთან ერთად მეტად თავისებური სტილიზმი და ნახატი. აღსანიშნავია, რომ ვანის დიადემის გამოსახულებებს ვერ მოუძებნეს ზუსტი და პირდაპირი პარალელები. წარჩინებული კოლხი ქალის ოქროს დიადემა თავისი ფორმით წმინდა კოლხურია [3].“

ვანის სამარხში ნაპოვნი წარჩინებული კოლხი ქალის თავსაბურავი - ოქროს დიადემა ძვ.წ. V საუკუნეშია შექმნილი, სამწუხაროდ, ჩვენთვის უცნობი ოსტატის მიერ და უძველესი ქართული საიუველირო ხელოვნების ერთ-ერთი შესანიშნავი ნიმუშია [3]. იქვე აღნიშნულია, რომ სხივანა საყურეები „რთული წესითაა დამზადებული და კოლხ იუველირთა ფილიგრანული ტექნიკის დასტურია“. იმავე სამარხში ნაპოვნია აგრეთვე ე.წ. ჭვირული ბურთულიანი ოქროს შესანიშნავი საყურეები. „საერთოდ, ვანში წლების მანძილზე აღმოჩენილი ოქროს სამკაულები მეტად მრავალნაირი და მეტად მრავალფეროვანია. სწორედ კოლხურ წარმომავლობაზე მიუთითებს მხატვრული ფორმის ორიგინალურობა, რომელიც მეტწილად მხოლოდ კოლხეთისთვისაა დამახასიათებელი“ (ო. ლორთქიფანიძე).

ყველაზე საყურადღებოა ვანში აღმოჩენილი ოქროს გავარსიანი ნივთები, რომელიც აგრეთვე ადგილობრივი ნახელავია. 0,1-0,2 მმ დიამეტრის მქონე ოქროს ბურთულები დიდი სიზუსტით არის ჩამოსხმული და დარჩილული ნივთების ზედაპირზე. შუქ-ჩრდილის უნატიფესი თამაში ისეთ ნივთებზე, როგორცაა, მაგ.: კუს გამოსახულებით შემკული ყელსაბამი ნამდვილი ფერადოვნების ეფექტს იძლევა. მხატვრული თვალსაზრისით გავარსი პოლიქრომიის შემცველია და ოქრომჭედლობაში იმავე როლს ასრულებს, რასაც ფერადი ინკრუსტაცია - აცოცხლებს და ასხივოსნებს ოქროს ზედაპირს.



**სურ. 2.** ვანი V ს. ძვ.წ. ყელსაბამი, ცენტრალური დიდი კუს გარდა ყველა დანარჩენი გამოსახულება მირჩილულია ოქროს მძივებზე და აქვს ცისფერი პასტით ინკრუსტირებული თვალეები.

გრაფიკული ინფორმაციის წყაროს ინტერნეტ მისამართი:

[http://saunje.ge/index.php?id=585&option=com\\_content&Itemid=15&lang=en](http://saunje.ge/index.php?id=585&option=com_content&Itemid=15&lang=en)



სურ. 3. კოლხი ქალის თავსაბურავი - ოქროს დიადემა (ძვ.წ. აღ. - მე-5 ს.) ვანი. 1969 წ. გრაფიკული ინფორმაციის წყაროს ინტერნეტ მისამართი:

[http://saunje.ge/index.php?id=585&option=com\\_content&Itemid=15&lang=en](http://saunje.ge/index.php?id=585&option=com_content&Itemid=15&lang=en)

ვანის სამარხში ნაპოვნი ოქრომჭედლობის ბრწყინვალე ნიმუშები - სკულპტურული სახეებით დაგვირგვინებული სამაჯურები, ნაირსახოვანი ყელსაბამები, გავარსით მორთული სასაფეთქლეები, ჭედური გამოსახულებიანი დიადემები მოწმობენ, რომ ძვ.წ. VI და განსაკუთრებით V - IV საუკუნეებში ვანი იყო საიუველირო ხელოვნების ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი ცენტრი [3].



(ა)



(ბ)



(გ)

**სურ. 4.** (ა-ბ-გ). ვანის არქეოლოგიური ექსპედიციის მიერ 1969 წელს აღმოჩენილი ექსპონატები (ძვ.წ. აღ. - მე-5 ს.). გრაფიკული ინფორმაციის წყაროს ინტერნეტ მისამართი: [http://saunje.ge/index.php?id=585&option=com\\_content&Itemid=15&lang=en](http://saunje.ge/index.php?id=585&option=com_content&Itemid=15&lang=en)

ქართული საიუველირო ხელოვნების ცენტრი ძირითადად მაინც მცხეთა უნდა ყოფილიყო, აქ აღმოჩნდა ანტიკური ხანის ქართული ოქრომჭედლობის უამრავი და იშვიათი ნიმუშები. ადრეანტიკურ ხანაში სამკაულის წარმოებისას ქართველი ოქრომქანდაკელები იშვიათად იყენებდნენ ფერადი ქვებით ინკრუსტირებას. ფერადი ქვებით შემკული სულ რამდენიმე ნივთია ცნობილი. ოქროს პოლიქრომული სამკაული: დიადემები, საყურეები, ყელსაბამები, სამაჯურები და ბეჭდები დიდი რაოდენობით აღმოჩნდა საქართველოს სხვადასხვა კუთხეში



გათხრილ მდიდრულ სამარხებში - მცხეთაში, ურბნისში, ზღუდერში, ბორში, კლდეეთაში, ციხისძირში, ურეკში, ახმეტაში, სიონში, ჟინვალში და სხვაგან.

III საუკუნის ბოლოსა და IV საუკუნეში პოლიქრომული სტილის განვითარება ქართულ ოქრომქანდაკეობაში ლოგიკურ დასასრულს აღწევს - ამ პერიოდის სამკაულში ოქრომ საბოლოოდ დათმო პოზიციები ბრტყლად გათლილი ფერადი თვლების სასარგებლოდ. გახშირდა ქვის ნაცვლად ფერადი პასტის ინკრუსტირების გამოყენება. პირველად ამ ხანაში ვრცელდება მარგალიტიც.

X-XIII საუკუნეები ერთიანი ფეოდალური საქართველოს ოქროს ხანად ითვლება. ამ პერიოდში არნახულ აღმავლობას მიაღწია მეცნიერებამ, ლიტერატურამ და ხელოვნებამ. ამ დროის საქართველოს ეკლესიების კედლებზე შემონახული ფრესკული მხატვრობა ადასტურებს სამკაულის წარმოების საკვირველ აღმავლობას, თუმცა ნივთიერად, სამკაული გასაოცრად მცირე რაოდენობით შემოგვრჩა, მაგალითად თამარ მეფის სადა, უპრეტენზიო, გულსაკიდი ჯვარი და რამდენიმე სხვა ექსპონატი.



სურ. 5. თამარის გულსაკიდი ჯვარი, ოქრო, 5 ბრტყელი ლალი, 4 დაწახნაგებული ზურმუხტი, 6 მარგალიტი, სევადა. XII ს.

გრაფიკული ინფორმაციის წყაროს ინტერნეტ მისამართი:

[https://www.dzegebi.ge/statiebi/xelovneba/qartuli\\_saiuveliro\\_xelovneba.html](https://www.dzegebi.ge/statiebi/xelovneba/qartuli_saiuveliro_xelovneba.html)

თამარ მეფის ოქროს ჯვარი შემკულია ხუთი ბრტყელი ლალით, ოთხი დაწახნაგებული ზურმუხტით და ექვსი მარგალიტით (სურ. 5.). ჯვრის უკანა პირზე სევადით გამოყვანილი ასომთავრული წარწერაა, რომელიც გვამცნობს, რომ მისი მფლობელი მეფეთ-მეფე თამარი იყო. სიცოცხლეში თამარ მეფე ამ ჯვარს არ იშორებდა. თამარის გარდაცვალების შემდეგ ჯვარს დაუმზადეს ტიხრული მინანქრით შემკული სპეციალური ყუთი – სტავროთეკა, და როგორც ქართველი ხალხის ერთ-ერთი უწმინდესი სალოცავი, დასაცავად გადასცეს გელათის მონასტერს.

შუა საუკუნეებში გაგრძელდა ოქრომქანდაკებლობის უფრო ადრე ჩამოყალიბებული ქართული ტრადიციები. აღნიშნულის დასტურია ქართველ ოქრომქანდაკებელთა - ასათ მოქმედის, ზეჟა და ზემქენ ოპიზრების, მამნე ოქრომჭედლისა თუ სხვათა შემოქმედება.



**სურ. 6.** ოქროს ლომის<sup>2</sup> მინიატურულ ქანდაკება. ალაზნის ველზე სოფელ წნორთან გათხრილ მონუმენტურ ყორღანში ნაპოვნი ეს ქანდაკება ძვ.წ. III ათასწლეულის მეორე ნახევრით თარიღდება და ლომის ასეთი ადრეული ხანის გამოსახულებათა შორის მას ანალოგი არ ეძებნება. ფოტო: ფერნანდო ხავიერ ურკიხო.

გრაფიკული ინფორმაციის წყაროს ინტერნეტ მისამართი: <https://nationalgeographic.ge/oqros-lomi-kakhetidan/>



ფოტო: მირიან კლაძე

<sup>2</sup> ოქროს ლომი კახეთიდან. მტკვარ-არაქსის კულტურას განეკუთვნება კახეთში, ალაზნის ველზე 1974 წელს არქეოლოგ კიაზო ფიცხელაურის მიერ წნორთან აღმოჩენილ მდიდრულ ყორღანულ სამარხში ნაპოვნი ლომის ოქროს ფიგურა; ის ძვ. წ. III ათასწლეულის მეორე ნახევრით თარიღდება და ადრეებრინჯაოს ხანის მცირე პლასტიკის ერთერთი გამორჩეული ნიმუშია. ქანდაკებაზე წარმოდგენილი ორნამენტული მოტივი კი ოქრომჭედლობის იმ ნიმუშების დეკორის ერთ-ერთი მთავარი განმსაზღვრელი ელემენტია, რომლებიც აღმოსავლეთ საქართველოში ძვ. წ. III ათასწლეულის მეორე ნახევრის ეგრეთ წოდებულ ბედენი-ალაზნის ჯგუფის მდიდრულ ყორღანებშია აღმოჩენილი. არც ქანდაკების ტიპის, არც შემკულობის მიხედვით ლომის ფიგურას ანალოგი საქართველოს ფარგლებს გარეთ არ მოეპოვება. ინფორმაციის წყარო: <https://nationalgeographic.ge/oqros-lomi-kakhetidan/>

**სურ. 7.** კახეთში, ალაზნის ველზე აღმოჩენილი ოქროს ლომის ფიგურაზე წარმოდგენილი უწყვეტი მოძრაობის ამსახველი მეანდრისებური ორნამენტი, რაც ლაბირინთის სიმბოლოს ასოციაციასაც კი იწვევს და სოლარულ ნიშნებად მიჩნეული ვარდულები, კარგად ეთანადება ლომის, როგორც ძალაუფლების, მზისა და სინათლის საყოველთაოდ მიჩნეული სიმბოლოს სემანტიკას. ფოტო: მირიან კილაძე.

გრაფიკული ინფორმაციის წყაროს ინტერნეტ მისამართი: <https://nationalgeographic.ge/oqros-lomi-kakhetidan/>

„კახურ“ ოქროს ლომის მინიატურულ ქანდაკებაზე (იხ. სურ. 6 და 7) სტილიზებულად გადმოცემული ფართო, რელიეფური სარტყელი, **ცრუგავარსის<sup>3</sup> ტექნიკით** გამოყვანილი წერტილები და მეანდრის ორნამენტი ფაფრის იმიტაციას ქმნის. ალაზნის ველზე სოფელ წნორთან გათხრილ მონუმენტურ ყორღანში ნაპოვნი ეს ქანდაკება ძვ.წ. III ათასწლეულის მეორე ნახევრით თარიღდება და ლომის ასეთი ადრეული ხანის გამოსახულებათა შორის მას ანალოგი არ გააჩნია.

### **ოქროს და ვერცხლის ნაკეთობათა ზედაპირის წმენდა**

ოქრო, ვერცხლი, მათი შენადნობები და სხვა ძვირფასი ლითონები სუსტად ურთიერთქმედებენ და შედიან რეაქციაში ჰაერის, წყლის და მიწის კოროზიის მაინცირებელ კომპონენტებთან. მშრალ და სუფთა ჰაერზე ვერცხლი და მისი მაღალსინჯიანი შენადნობები ხანგრძლივი დროის განმავლობაში რჩებიან გარეგნულად უცვლელნი. ვერცხლის ზედაპირი, დროთა განმავლობაში იფარება თხელი ოქსიდური ფირით, რომელიც კარგად იცავს კომპაქტურ ვერცხლს კოროზიული რღვევისაგან. ტენიან ჰაერზე სულფიდური გოგირდის, მიკრო დოზების თანაობისას იწყება ვერცხლის ლითონური ბზინვარების დაქვეითება, რაც გამოწვეულია ვერცხლის ოქსიდის და სულფიდის ჩამოყალიბების შედეგად; იგივე პროცესებია დამახასიათებელი ოქროს დაბალი სინჯის შენადნობებისათვის.

თანამედროვე ინდუსტრიის განვითარების პირობებში კოროზიული მოვლენები უფრო სწრაფად ვითარდება ვიდრე ეს ხდებოდა საუკუნის წინ. ვერცხლის ნაკეთობანი მუზეუმებსა და დახურულ კარადაებში რამდენიმე წლის განმავლობაში იფარებიან სულფიდის მუქი ფირით.

კეთილშობილი ლითონების ზედაპირიდან ორგანული ბუნების მქონე დაბინძურების მოხსნა ხდება ეთილის სპირტით, უაიტ სპირტით, აცეტონით, ტოლუოლით, ტეტრაჰლორმეთანით, ალკილდიმეთილამინის ოქსიდით, ნატრიუმის ლაურისულფონატით.

მაღალი ჭედურობით შემკული ვერცხლის ნივთების ზედაპირიდან, კოროზიის პროდუქტების მოხსნა მექანიკურად, პასტების გამოყენებით შეუძლებელია. ასეთი ექსპონატები მუშავდება ქიმიური და ელექტროქიმიური მეთოდებით. ამ შემთხვევაში მხედველობაში მიიღება მასალის ლითონურ ვერცხლამდე აღდგენის სიადვილე და მისი კომპლექსნაერთების წარმოქმნისადმი მიდრეკილება (ვერცხლის სულფიდები კარგად იხსნებიან აზოტმჟავა-ვერცხლის ხსნარებში, კომპლექსური ნაერთების წარმოქმნით.

<sup>3</sup> გავარსი ანუ გრანულაცია - ნივთის შემკობა ზედ დარჩილული ოქროს წვრილი ბურთულაკებით.

ამავე მოქმედების პრინციპით გამოიყენება მაღალკონცენტრირებული ტუტე ლითონების ხსნარები).

დაბალი სინჯის ვერცხლის ნიმუშები, რომლებიც შეიცავენ სპილენძის ნაერთების კოროზიის პროდუქტებს, შეიძლება გაიწმინდოს 5-20%-იანი ჭიანჭველმჟავის ხსნარში. ცხელ რეაქტივში დამუშავების შემდეგ, ვერცხლის ზედაპირიდან ადვილად იხსნება წარმოქმნილი ქლორიდების და სულფიდების დანალექი ფენა. რეკომენდებულია აგრეთვე კომბინირებული ხსნარების გამოყენება, გოგირდმჟავაში და ჭიანჭველმჟავაში მიმდევრობითი დამუშავებით.

ვერცხლის ნაერთების ელექტროქიმიური წმენდა მიმდინარეობს ელექტროლიტში თუთიის და ალუმინის თანაობისას. ლითონური ვერცხლი აღდგება ატომური წყალბადის მოქმედების პრინციპით. ელექტროლიტია ტუტე ან ჭიანჭველმჟავას 15%-იანი ხსნარი. ანოდს წარმოადგენს გრაფიტი, პლატინის ან უჟანგავი ფოლადის ფირფიტა. კათოდური დენის სიმკვრივეა 0,1 ა/დმ<sup>2</sup>. მეთოდი გამოიყენება როგორც ნივთის მთლიანად აბაზანაში ჩაშვებით, ისე მისი ნაწილების ელექტროლიტის ტამპონით ლოკალურად დამუშავებით (ტამპონს უერთდება დენის წყაროს დადებითი პოლუსი). გაწმენდილი ვერცხლის ზედაპირი, განსაკუთრებით დაბალი სინჯის ვერცხლის შემთხვევაში, აუცილებელია დაცული იქნეს ატმოსფეროს აგრესიული მდგენელი კომპონენტებისაგან. ვერცხლის კოროზიის კარგი ინჰიბიტორია ბენზოტრიფოლის სპირტხსნარი, რომელიც ნივთზე კარგი მექანიკური და დამცველი თვისებების მქონე ზედაპირულ ფირს წარმოქმნის.

რესტავრირებული ვერცხლის ნივთის ზედაპირის კონსერვაცია მიმდინარეობს პასივაციის პროცესით - ქრომატიზირებით. მეთოდი მდგომარეობს ვერცხლის ზედაპირის კათოდურ დამუშავებაში. ელექტროლიტია ტუტე-ქრომატული ხსნარი (ნატრიუმის ტუტე, 50 გ/ლ + ნახშირმჟავა კალიუმი, 40 გ/ლ + ნატრიუმის ბიქრომატი, 40 გ/ლ). კათოდური დენის სიმკვრივეა 2-5 ა/დმ<sup>2</sup>;

მუშავდება ოთახის ტემპერატურაზე. ვერცხლის ზედაპირზე წარმოქმნილი ქრომის ჟანგის შემცველი შეუმჩნეველი დამცველი ფენის სისქეა 100 Å. აღნიშნული მეთოდი წარმატებით გამოიყენება დარღვეული ან გაცვეთილი მოოქროებული ვერცხლის ზედაპირის პასივაციისათვისაც.

### არქეოლოგიური ვერცხლის პლასტიკური თვისებების აღდგენისათვის

არქეოლოგიური ვერცხლისათვის დამახასიათებელია რთული კოროზიული პროცესები, როგორც ზედაპირული „ქერცლისებური“ ვერცხლის წარმოქმნით [4], ისე ლითონის მთელ მოცულობაში კრისტალთშორისი კოროზიის სახით.

გრუნტში ვერცხლის ექსპონატის კოროზიის შედეგად, ექსპონატის მასალა გადადის მყიფე მდგომარეობაში. არქეოლოგიური ვერცხლი ძირითადად წარმოდგენილია ვერცხლის შემდეგი შედგენილობის შენადნობით: **Ag - Cu**; **Ag - Pb** და **Ag-Pb-Cu**, სადაც სპილენძის შემცველობა 1-

6 %-ია, ტყვიის 0,1-2,0 %. ამგვარი სინჯის ვერცხლში უფრო შესამჩნევია გრუნტის კოროზიის შედეგების გავლენა ექსპონატის მასალის პლასტიკურ თვისებებზე.

არქეოლოგიური ვერცხლის პლასტიკურობისა და სიმტკიცის აღდგენა შესაძლებელია მისი სპეციალური თერმული დამუშავებით, რომლის რეგლამენტირება დამოკიდებულია ექსპონატის ზედაპირზე არსებული კოროდირებული დანალექის რაოდენობაზე და სახეობაზე, ასევე ვერცხლის შენადნობის ქიმიურ შედგენილობაზე.

არქეოლოგიური ვერცხლის თერმული დამუშავების რეჟიმს წინ უძღვის მისი ქიმიური წმენდის პროცესი, რომლის დროსაც წარმატებით გამოიყენება ამონიუმის როდანიდის გაჯერებული ხსნარი, რომელიც ხსნის „ქერცლისებურ“ ვერცხლს. ასეთივე დანიშნულებით გამოიყენება გაცხელებული ნატრიუმის ტუტის 25-30%-იანი ხსნარი. ვერცხლის მასალის ზედაპირზე არსებული მინერალური დანაშრევები შეიძლება მოიხსნას ნატრიუმის ჰექსამეტაფოსფატის ხსნარით<sup>4</sup> [5].

**ნატრიუმის ჰექსამეტაფოსფატის** ტერმინოლოგიურ სინონიმად, სპეციალურ ლიტერატურაში შესაძლოა შეგვხვდეს: ნატრიუმის პოლიფოსფატი - SODIUM POLYPHOSPHATE; ხსნადი პოლიფოსფატი - SOLUBLE POLYPHOSPHATE; ნატრიუმის ტეტრაპოლიფოსფატი; გრემის მარილი; ნატრიუმის პოლიფოსფატი, გამჭვირვალე; ნატრიუმის პოლიმეტაფოსფატი, ნატრიუმის მეტაფოსფატი. ხსნადი ნატრიუმის პოლიფოსფატი მიიღება ნატრიუმის ორთოფოსფატის დნობით და შემდგომი გაცივებით. აღნიშნული ნაერთები მიეკუთვნება კლასს, რომელიც მოიცავს რამდენიმე ამორფულ, წყალში ხსნად პოლიფოსფატს, რომელიც შედგება მეტაფოსფატის ერთეულების წრფივი ჯაჭვებისგან,  $(\text{NaPO}_3)_x$ , სადაც  $x \geq 2$ , წყდება  $\text{Na}_2\text{PO}_4$  ჯგუფებით.

აღნიშნული ნივთიერებები ჩვეულებრივ იდენტიფიცირდება მათი  $\text{Na}_2\text{O}/\text{P}_2\text{O}_5$  კოეფიციენტით ან მათი  $\text{P}_2\text{O}_5$  შემცველობით.  $\text{Na}_2\text{O}/\text{P}_2\text{O}_5$  კოეფიციენტები იცვლება დაახლოებით 1,3 - დან ნატრიუმის ტეტრაპოლიფოსფატისთვის, სადაც  $x =$  დაახლოებით 4; დაახლოებით 1,1-მდე გრემის მარილებისთვის, ზოგადად ნატრიუმის ჰექსამეტაფოსფატი, სადაც  $x = 13$  -დან 18-მდეა და დაახლოებით 1,0-მდე უფრო მაღალი მოლეკულური წონის ნატრიუმის პოლიფოსფატებისთვის, სადაც  $x = 20 - 100$ -მდე ან მეტს. მათი ხსნარების pH იცვლება 3,0-დან 9,0-მდე [6].

არქეოლოგიური ვერცხლის ქიმიური დამუშავების შემდეგ 400 °C-ს ტემპერატურაზე 2-3 საათის გამოწვით, ექსპონატის ვერცხლის მასალა მტკიცდება. მისი პლასტიკური თვისებების მთლიანად აღდგენისათვის Ag-Cu ბინარული შენადნობის თერმული დამუშავება გრძელდება არგონის ან წყალბადის აღმდგენელ პირობებში, 700 °C ტემპერატურაზე 1-2 საათის განმავლობაში. ვერცხლში ზღვრული რაოდენობის ტყვიის შემცველობისას თერმული დამუშავება მიმდინარეობს შედარებით დაბალ ტემპერატურულ დიაპაზონში (მაგ. ვერცხლში 1,5% Pb-ის არსებობისას, გამოწვის ტემპერატურა 300 °C-მდე კლებულობს). არქეოლოგიური

<sup>4</sup> ნატრიუმის ჰექსამეტაფოსფატის 0,7% ხსნარი ასევე რეგლამენტირებულია სატრანსპორტო საშუალებათა და სხვა ტექნიკის დეზაქტივაციისათვის თუ რადიაქტიური დაბინძურების ხარისხი აღწევს  $3,7 \cdot 10^{10}$  ბკ/მ<sup>2</sup> (1კიური/მ<sup>2</sup>) - <https://matsne.gov.ge/ka/document/download/2189355/0/ge/pdf>

ვერცხლის თერმული დამუშავების რეჟიმის შერჩევისათვის წინასწარ ტარდება ექსპონატის მასალის სპექტრული ანალიზი.

ექსპედიციის სავსე პირობებში შესაძლებელია არქეოლოგიური ვერცხლის ექსპონატის დროებითი განმტკიცება, თარგეტული თერმული დამუშავების გზით. ამ მიზნით ექსპონატს გადაასხავენ სპირტს და მოუკიდებენ ცეცხლს. ლითონის ზედაპირზე შექმნილი სპირტის წვის ტემპერატურა, ექსპონატის ვერცხლის მასალაში იწვევს მისი „სიბერის“ პროცესით გამოწვეული სიმციფის მოვლენების შერბილებას და ექსპონატის ვერცხლის მასალის პლასტიკურობის ნაწილობრივ აღდგენას. ამგვარი თარგეტული თბოდამუშავების [7] შემდეგ შესაძლებელია არქეოლოგიური ვერცხლის ექსპონატის კულტურული ფენიდან უვნებლად ამოღება, მის ლაბორატორიულ-სარესტავრაციო აღდგენამდე. არქეოლოგიური ვერცხლის მასალა თერმული დამუშავების და რესტავრაციის შემდეგ ექვემდებარება სამუზეუმო კონსერვაციას.

### **ოქროსაგან დამზადებული ექსპონატი არ საჭიროებს კონსერვაციას**

ოქრო პლასტიკურობის და დაბალი სიმკვრივის გამო დროთა განმავლობაში ცვდება. ოქროს ნაკეთობათა წმენდის პროცესი ტარდება დიდი სიფრთხილით, რათა არ დაზიანდეს ლითონური ზედაპირი და არ შეიცვალოს ოქროს ექსპონატის ფერთა ტონალობა. ორგანული ან კირქვიანი დანაშრეგების მქონე ოქროს ნაკეთობის ზედაპირი მუშავდება **სულფამინის მჟავით**, რომლის **მოლეკულური ფორმულაა  $NH_2SO_3H$** .

ოქრო სხვა ლითონებთან ქმნის შენადნობებს. ოქროს ფერის ტონალობა იცვლება მინარეგების რაოდენობის და შემცველობის მიხედვით: **სპილენძი** მატებს წითელ შეფერილობას, **ვერცხლი** კი მომწვანო-თეთრს (50–60 % ვერცხლის შერევით ოქრო კარგავს ყვითელ შეფერილობას; ოქროს ბუნებრივი ან ხელოვნური შენადნობი ვერცხლთან ცნობილია **ელექტრონის** სახელწოდებით. **ელექტრონი** – ოქროს ფუძეზე მიღებული შენადნობი, სადაც Ag შედგენილობა იცვლება 20-40 % ფარგლებში). **პალადიუმი** ოქროს აძლევს თეთრ ტონალობას. ცნობილია ოქროს შენადნობები **ნიკელთან** (ღია ყვითელი), **კადმიუმთან** (მომწვანო), **პლატინასთან** (თეთრი ოქრო).

უძველესი დროიდან ოქრო გამოიყენება სხვა ლითონების ზედაპირთა მოოქროებისათვის. ის ადვილად იხსნება ვერცხლისწყალში და წარმოქმნის **ამალგამას**. **ამალგამაციის მეთოდით** მოოქროებულია უძველესი ფერადლითონდამუშავების შედეგები და ვერცხლის ნაკეთობები. ამალგამა წარმოადგენს ლითონურ სისტემებს, რომელთა შედგენილობაში ერთ-ერთ კომპონენტად შედის **ვერცხლისწყალი**.

**ამალგამა** ნახევრადთხევადი ნარევი. ცნობილია **ოქროს ბუნებრივი ამალგამა** გეოქიმიური მონაცემებით: Hg 57,4 – 61,0 %; Au 34,2 – 41,6 %; Ag 0,3 – 0,5 %; Pt 0,01 – 0,1 %. ბუნებრივი ოქროს ამალგამა ქმნის მოყვითალო ფერის კრისტალებს. მასში ვერცხლის

არსებობისას კი წარმოჩინდება თეთრი ფერის რბილი მარცვლები. ამალგამებში ძირითადი ელემენტია ოქრო, მაგრამ შექმნილია დისპერსული სისტემები, სადაც მონაწილეობენ სხვა

ელემენტებიც. იქმნება ქიმიური ნაერთი  $AuHg_2$  (ამალგამის მყარი და თხევადი ფაზების ზღვარზე).  $310\text{ }^{\circ}\text{C}$  ტემპერატურაზე ნაერთი იშლება  $Au_2Hg$  –ის მყარი ფაზის წარმოქმნით.

კეთილშობილი ლითონების ზედაპირების გაწმენდის ძველი და ეფექტური მეთოდია 10 %-იანი კალიუმის ციანიდის ხსნარით. ექსპონატის დამუშავების შემდგომ ხდება მისი ჩარეცხვა თავდაპირველად ტუტის ხსნარში და შემდეგ გამდინარე წყალში.

ოქროს და ვერცხლის ექსპონატების ზედაპირების გაწმენდის სიჩქარეზე ეფექტურად მოქმედებს მუშა გამწმენდ ხსნარში მჟანგველების: ქლორის, იოდის, წყალბადის ზეჟანგის და ჟანგბადის შეყვანა. ამასთან ყველაზე ეფექტური მჟანგველია კალიუმის პერსულფატი -  $K_2S_2O_8$ , რაც უზრუნველყოფს ოქროს, ვერცხლის და მათი შენადნობებით დამზადებული ექსპონატების ზედაპირების გაწმენდის მაღალ სიჩქარეს და ზედაპირების სისუფთავის კარგ ხარისხს.

კეთილშობილ ლითონთა ზედაპირების გაწმენდის ციანიდური მეთოდი შეზღუდულია ციანიდების და მათი შემცველი ნარეცხი წყლის მაღალი ტოქსიკურობის გამო. აღნიშნული ტოქსიკოლოგიური პრობლემების გამო ციანიდები შეიძლება შეიცვალოს როდანიდებით, მაგალითად - კალიუმის ან ამონიუმის როდანიდების კონცენტრირებული ან 10 %-იანი ხსნარებით.

აუცილებელია აღინიშნოს, რომ საქართველოს ოქრომჭედლობით ცნობილ კუთხეთა შორის საპატიო ადგილი უჭირავს სვანეთს. ექვთიმე თაყაიშვილმა იმოგზაურა რა სვანეთში 1910 წელს, აღინიშნა შემდეგი მნიშვნელოვანი ვითარება: „ეკლესიებში დაცული „ცხრა მეთედი ჯვარ-ხატებისა თვით სვანეთშია დამზადებული, ამას მოწმობს სვანიზმები წარწერებისა, გვარები შემკვეთელებისა და ოქრომჭედელთ“<sup>5</sup>.

გ. ჩუბინაშვილის აზრით, „ქართული ოქრომჭედლობის ნივთები, რომლებიც სვანეთშია შემონახული, სვანეთის საოქრომჭედლო სახელოსნოებშივეა დამზადებული“<sup>6</sup> [8].

საქართველოში ოქრომქანდაკელობას/ოქრომჭედლობას საფუძველი ეყრება მელითონეობის უძველეს პერიოდში, რითაც ასე გამოირჩეოდნენ ჩვენი უძველესი წინაპრები - მოსინიკები, მოსხები, ტიბარენები, ხალიბები და თუბალები. ამ უკანასკნელს ბიბლიაში რვალის მჭედლის პრიორიტეტი აქვს მიკუთვნებული. ურარტუს მეფე არგიშთს, დიაოხში ლაშქრობისას (ძვ. წ. VIII ს.), ნადავლად აუღია 41 მინა ოქრო (დაახლ. 20 კგ.), 37 მინა ვერცხლი და ათი ათასი მინა სპილენძი, რაც იმის მანიშნებელია, რომ ადრეკლასობრივ საქართველოს ტერიტორიაზე ამ მეტალების მოპოვებისა და დამუშავების მაღალი კულტურა არსებულა [9].

ოქრომჭედლობა, როგორც ლითონის დამუშავების დახვეწილი ხელოვნება, შესანიშნავად გამომზეურდა საქართველოს არქეოლოგიურ ძეგლებში, რომლებმაც ცხადი გახადეს სამკაულის განვითარების სახელოვანი გზა და აგრეთვე დაადასტურეს საზოგადოების მაღალი

<sup>5</sup> ექვთიმე თაყაიშვილი. არქეოლოგიური ექსპედიცია ლეჩხუმსა და სვანეთში 1910 წელს. პარიზი. 1937, გვ. 436.

<sup>6</sup> გ. ჩუბინაშვილი. X-XIII სს. სვანური საოქრომჭედლო სახელოსნოების შესახებ. საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის სამეცნიერო სესია. მიძღვნილი საბჭ. საქართველოს 25 წლისთავისადმი. მუშაობის გეგმა და მოხსენებათა თეზისები. თბ. 1946.

ფენის არსებობა, რომელთა ესთეტიკური მოთხოვნებების გათვალისწინებითაც დაუმზადებიათ ისინი.

საქართველოში ოქრომჭედლობას აღმავალი ხასიათი მიეცა ძვ.წ. II ათასწლეულში, რომლის უბრწყინვალესი ნიმუშია საყოველთაოდ ცნობილი თრიალეთური კულტურის ვერცხლისა და ოქროს ნივთები. რომლებშიაც გამოვლენილია განვითარებული ოქრომჭედლობის ყველა ხერხი: გავარსი, გრანულაცია, მორჩილვა, გრეხილი, დაფანჯვრა, ღრუსივრციანი ნივთების დამზადება (ერთ-ერთი რთული ეტაპი ნებისმიერი დროის ოქრომჭედლობისა), თვლებით ინკრუსტაცია.

ცხადია, რომ ამ დიდ კულტურულ მემკვიდრეობას ჭირდება დაცვა და შენარჩუნება მომავალი თაობებისათვის, რასაც შესაბამისი დარგების წიაღში შექმნილი ცოდნა ჭირდება, რისი მცდელობაცაა აღნიშნული სტატია.

### გამოყენებული ლიტერატურა:

1. Gift products based on cultural heritage for the tourist market (in Georgian) Tbilisi 2022; 52 pages. [https://blacksea-cbc.net/images/e-library/BSB1130\\_THC\\_-\\_Cultural\\_Products\\_for\\_Tourism\\_In\\_Georgia\\_GE.pdf](https://blacksea-cbc.net/images/e-library/BSB1130_THC_-_Cultural_Products_for_Tourism_In_Georgia_GE.pdf)
2. A brief overview of the history of Georgian jewelry art (in Georgian) - [https://www.dzeglebi.ge/statiebi/xelovneba/qartuli\\_saiuveliro\\_xelovneba.html](https://www.dzeglebi.ge/statiebi/xelovneba/qartuli_saiuveliro_xelovneba.html)
3. Otar Lortkifanidze, Rusudan Futuridze // The results of the work carried out by the archaeological expedition of Vani in 1969 // A friend of the monument, Tbilisi, publishing house "Soviet Georgia", 1970, kr. 23, pp. 33 - 40.
4. Givi Inanishvili. Conservation of monuments of material culture. (in Georgian) // Publishing House "Technical University" 2009; 132 pages.
5. On the approval of the technical regulations - "Rules for the organization and implementation of disinfection, disinsection, deratization and deactivation of international transport vehicles" // Resolution of the Government of Georgia No. 24 January 3, 2014, St. Tbilisi, Article 9. Solutions and technical means used for deactivation of transport, paragraph 5. <https://matsne.gov.ge/ka/document/download/2189355/0/ge/pdf>
6. Regarding the approval of the technical regulation on the specifications of food additives (in Georgian) // Resolution of the Government of Georgia No. 379, st. Tbilisi, August 7, 2019, p. 181. <https://matsne.gov.ge/ka/document/download/4631795/0/ge/pdf>
7. Targeted heat treatment of additively manufactured Ti-6Al-4V for the controlled formation of Bi-lamellar microstructures // Journal of Materials Science & Technology Volume 81, 10 August 2021, Pages 67-76. <https://doi.org/10.1016/j.jmst.2021.01.004>
8. Zviad Kvitsiani. SVANETI – ANCIENT SITE OF GOLDSMITHERY (ARCHAEOLOGICAL, GEOLOGICAL, AND CHEMICAL TECHNOLOGICAL DATA) // Proceedings of the Institute of Georgian History of Tbilisi State University named after Ivane Javakhishvili. IV; Tbilisi. 2011



9. Goldsmithing (in Georgian)

- <http://www.nplg.gov.ge/gwdict/index.php?a=term&d=39&t=3271>

## For the chemistry of cultural heritage

### (Part III - For surface chemistry of archaeological gold and silver)

**Mamuka Matsaberidze<sup>1</sup>, Inga Janelidze<sup>2</sup>**

Professor, Faculty of Chemical Technology and Metallurgy of Georgian Technical University

Association Professor, Faculty of Chemical Technology and Metallurgy of Georgian Technical University

---

#### Resume

Monuments of cultural heritage reach today in a modified or somewhat transformed form. From the creation of the cultural heritage monument to the present, the process of its internal and surface changes is called natural "aging".

The intensity of the "aging" process of the cultural heritage exhibit depends on both the properties of the historical material and external natural factors (temperature and humidity changes, wind and water erosion, light effects), as well as the instability of the environmental conditions (air composition, vibration phenomena).

The purpose of studying the processes on the surface of the cultural heritage exhibit is to slow down and stop the "aging" process in the historical material. From this point of view, it is important to examine the chemistry of the surface of archaeological gold and silver, thus preserving both the appearance of the monument and the material from which the exhibit is made because changing the old one means losing the historical significance of the technical features of the sample to be processed, the manufacturing technology embedded in the stone, and the individuality.

**Keywords:** *UNESCO Framework Document for Culture Statistics, Culture Economy Chart, Golden Lion Statue, Trialeti Culture, Potassium Persulfate, Potassium Cyanide, Potassium and Ammonium Rhodanides, Granulation, Polychromy, Sodium Hexametaphosphate, Natural Gold Amalgam, Gold and Silver Cleaning the surface of products.*

## კულტურული მემკვიდრეობის კუთხით არსებული მდგომარეობა რუსეთის მიერ საქართველოს ოკუპირებულ ტერიტორიებზე

### ირაკლი გოგიბერიძე

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, სამართლისა და საერთაშორისო ურთიერთობების ფაკულტეტი  
დოქტორანტი, საერთაშორისო ურთიერთობების სადოქტორო პროგრამა

### რეზიუმე

სტატიაში მოცემულია რუსეთის მიერ საქართველოს ტერიტორიების ოკუპაციის პირობებში არსებული მდგომარეობის კულტურული მემკვიდრეობის ძეგლებთან დაკავშირებით, ასევე აღწერილია ის ქვედებები, რასაც საოკუპაციო რეჟიმი ახორციელებს ქართული ისტორიული მემკვიდრეობის გადადგურებისა და ქართული კვალის წაშლის მიზნით იმ ვითარებაში, როდესაც საერთაშორისო მისიებს ადგილზე შესვლისა და არსებული რეალური მდგომარეობის მონიტორინგის საშუალება არ ეძლევა.

**სამიზნო სიტყვები:** კულტურული მემკვიდრეობა, ოკუპირებული ტერიტორიები, რუსეთი, საქართველო, აფხაზეთი, ცხინვალის რეგიონი/ე.წ. სამხრეთ ოსეთი, საერთაშორისო მისია.

რუსეთის აგრესიამ და ოკუპაციამ საფრთხის წინაშე დააყენა ოკუპირებულ ტერიტორიებზე მდებარე ისტორიული ძეგლები. ეთნიკური წმენდის შემდეგ კულტურული მემკვიდრეობა ოკუპირებულ აფხაზეთში და ცხინვალის რეგიონში სტილისტური გაყალბების საგანი გახდა, რაც მიზნად ისახავს ქართული ისტორიული მემკვიდრეობის განადგურებას და შესაბამისად, ქართული კვალის წაშლას.

უძველესი ხელოვნების ნიმუშები მიზანმიმართულად ნადგურდება და/ან ეცვლება პირვანდელი სახე და წარმომავლობა. შესაბამისად, ოკუპირებულ ტერიტორიებზე ქართული კულტურული, ისტორიული და რელიგიური ძეგლების ვითარება დღითიდღე მძიმდება. ზოგიერთ ძეგლს ესაჭიროება სასწრაფო რესტავრაცია.

საქართველოს კულტურისა და ძეგლთა დაცვის სამინისტროს მონაცემებით, საოკუპაციო ხაზის მიღმა აღმოჩნდა ეროვნული კულტურული ფასეულობების მნიშვნელოვანი ნაწილი: კულტურული მემკვიდრეობის **286** ძეგლი, რომელთაგანაც ეროვნული კატეგორიისაა **36** (აფხაზეთის ა/რ - **15**, შიდა ქართლის ოკუპირებული ნაწილი - **21**).

საერთაშორისო მისიამ არსებული კულტურული მემკვიდრეობის მონიტორინგი ერთადერთხელ, 1997 წელს შეძლო, როდესაც აფხაზეთის ტერიტორიაზე მოხერხდა UNESCO-ს კულტურული მემკვიდრეობის შემფასებელი მისიის წარგზავნა. ეს იყო ერთადერთი შემთხვევა, როდესაც საერთაშორისო ექსპერტებს მიეცათ შესაძლებლობა ეწარმოებინათ კონფლიქტურ რეგიონში მდებარე ძეგლების მდგომარეობის მონიტორინგი.

აღსანიშნავია, რომ, რუსეთის მიერ აფხაზეთში არსებული კულტურული მემკვიდრეობის ძეგლების დაცვის მიზნით, დღემდე არ მომხდარა 1954 წელს მიღებული ჰააგის კონვენციის (*შეიარაღებული კონფლიქტების დროს კულტურული ფასეულობების დაცვის შესახებ*) შესაბამისი მუხლებისა და ოქმების გააქტიურება. მიუხედავად იმისა, რომ რუსეთი არის *აღნიშნული კონვენციის წევრი-ქვეყანა*, ის არ ასრულებს ნაკისრ ვალდებულებებს და არც აღიარებს, რომ ოკუპანტი სახელმწიფოა, რომელსაც ამ დოკუმენტის მიხედვით, ევალება გაატაროს შესაბამისი ზომები მის მიერ ოკუპირებულ ტერიტორიაზე არსებულ კულტურული ფასეულობების დაცვის კუთხით.

2010 წლის 16 ოქტომბერს "აფხაზეთის რესპუბლიკის" ე.წ. კულტურის სამინისტროსა და რუსეთის ფედერაციის კულტურის სამინისტროს შორის ხელი მოეწერა „კულტურული და ისტორიული ძეგლების სახელმწიფო დაცვის, შესწავლისა და პოპულარიზაციის სფეროში შეთანხმება“.

თუმცა რესტავრაციის ნაცვლად მიზანმიმართულად დაიწყო ქართული ისტორიულ-კულტურული მემკვიდრეობის დამახინჯება. წმ. გიორგის სახელობის ილორის ტაძრის გარდა, ქართული კვალის წასაშლელად ვანდალური ქმედებები განხორციელდა ქართული ხუროთმოძღვრების ისეთ თვალსაჩინო ნიმუშებზე, როგორებიცაა: სოფ. ბესლახუბაში არსებული ეკლესია (V), კამანის მონასტერი (XI), დრანდის გუმბათიანი ეკლესია (VI-VII), ლიხნის ტაძარი (X-XI), მოქვის მონასტერი (X) შეილესა და შეიღება; თამარის ხიდის ასომთავრული წარწერები განზრახ იქნა ამომტვრეული (XII-XIII). 2011 წლის აგვისტოს მონაცემებით, ბედიის მონასტერში (X-XIII) ჩატარებული ე.წ. „სარესტავრაციო“ სამუშაოების შედეგად გადაღებლია მონასტრის კედლები, ისტორიული ფრესკები და ბაგრატ III-ის გამოსახულება.

ოკუპირებულ აფხაზეთში ქართული კულტურულ-ისტორიული და რელიგიური მემკვიდრეობის ძეგლების სავალალო მდგომარეობის შესახებ დასკვნა გაკეთებულია ICOM-ის რუსეთის ფედერაციის კომიტეტის 2011 წლის საექსპერტო მისიის ანგარიშშიც. მისიის ექსპერტთა მოსაზრებით, აფხაზეთის ტერიტორიაზე არსებული კულტურული ძეგლების შენახვისთვის აუცილებელია კომპლექსური სამუშაოების ჩატარება და მათი კონსერვაცია. ძირეულ პრობლემად დასახელებულია ტაძრების „მმართველების“ თვითნებური ქმედებები, რომლებიც ამახინჯებს ძეგლების ისტორიულ იერსახეს და უდიდეს ზიანს აყენებენ მათ. ამასთან ერთად, მნიშვნელოვან პრობლემად რჩება ე.წ. „შავი არქეოლოგია“.

რაც შეეხება ცხინვალის რეგიონში ქართული კულტურული მემკვიდრეობის საკითხს, 2008 წლის რუსეთ-საქართველოს ომის დროს დიდი ზიანი მიადგა ე.წ. სამხრეთ ოსეთში მდებარე ისტორიულ ძეგლებს, აქ, ისევე როგორც აფხაზეთში, გრძელდება საოკუპაციო რეჟიმის მიერ ქართული კულტურული მემკვიდრეობის უძველესი ნიმუშების მიზანმიმართული

განადგურება და მრავალსაუკუნოვანი ქართული ეკლესია-მონასტრების ახალი - არაქართული სტილის ტაძრებით „ჩანაცვლება“, მასიურად მიმდინარეობს ფრესკების გადალესვა.

ავვისტოს ომის დროს ერთიანად განადგურდა ქართული ისტორიული სოფლები დიდი და პატარა ლიახვისა და ფრონეს ხეობებში.

ცხინვალის რეგიონის ოკუპირებულ ნაწილში მონიტორინგი თითქმის ვერ ხორციელდება და იქ არსებული ძეგლების უმეტესობის ბედი უცნობია.

გარდა ამისა, არაპროფესიული რესტავრაციის ყველაზე მძიმე შედეგი გომართას წმ. გიორგის ეკლესიაზე აისახა (XVI ს.). ეს ტაძარი ერთ-ერთი მთავარი სალოცავი იყო როგორც ლიახვის, ასევე ფრონეების ხეობების მოსახლეობისთვის.

ახალგორის რაიონში ერთ-ერთ უმთავრეს პრობლემას წარმოადგენს შუაგულ სოფლებში, ისტორიული ძეგლების სიახლოვეს განთავსებული რუსული სამხედრო საოკუპაციო ბაზები. რუსი სამხედროების მიერ ჩატარებული ინტენსიური სამხედრო წვრთნები გამუდმებით ზიანს აყენებს ეკლესიებსა და ციხეებს, რომელთა ქრონოლოგია მე-6 საუკუნიდან მე-20 საუკუნით განისაზღვრება.

## Situation with the Cultural Heritage on the Russian occupied territories of Georgia

Irakli Gogiberidze

Doctoral Student at the Georgian Technical University

---

### Summery

In the article is described the existed situation with the Georgian cultural heritage in the Russian occupied regions of Georgia and the actions taken by the occupation regime for elimination of the Georgian Historical and Cultural Heritage, while all kind of excess is denied for the International Missions for the assessment of the situation on place.

**Keyword:** *Cultural Heritage, Occupied Territories, Russia, Georgia, Abkhazia, Tskhinvali region/so-called South Ossetia, International Mission.*

## შარდის ბუშტის არაინვაზიური პაპილური კარცინომის მიკროგარემოს, ღეროვან უჯრედულ და ეპითელურ-მეზენქიმური ტრანსფორმაციის თავისებურებების შედარებითი ანალიზი ინვაზიური კარცინომის შემთხვევებთან

დავით ქაჯაია,<sup>1</sup> დავით ქოჩიაშვილი,<sup>2</sup> შოთა კეპულაძე<sup>3</sup>, გიორგი ბურკაძე<sup>4</sup>

<sup>1</sup> თბილისის სახელმწიფო სამედიცინო უნივერსიტეტის Phd სტუდენტი; <sup>2</sup> თბილისის სახელმწიფო სამედიცინო უნივერსიტეტის უროლოგიის დეპარტამენტის პროფესორი, ხელმძღვანელი; <sup>3</sup> თბილისის სახელმწიფო სამედიცინო უნივერსიტეტის Phd სტუდენტი, კლინიკური პათანატომი; <sup>4</sup> თბილისის სახელმწიფო სამედიცინო უნივერსიტეტის პროფესორი, მოლეკულური პათოლოგიის დეპარტამენტის ხელმძღვანელი

### აბსტრაქტი

ინვაზიური უროთელური კარცინომა არის შარდის ბუშტის ყველაზე გავრცელებული ავთვისებიანი სიმსივნე, რომელიც მოიცავს შარდის ბუშტის ყველა პირველადი კარცინომის 90%-ს. საქართველოს სტატისტიკის მიხედვით, NCDC-ს მონაცემებით, კაცებს შორის შარდის ბუშტის სიმსივნე გავრცელებით მესამე ადგილს იკავებს. ის უფრო ხშირია მამაკაცებში, ვიდრე ქალებში. ეს პათოლოგია იკავებს მე-9 ადგილს მსოფლიოში ყველაზე გავრცელებულ სიმსივნეთა შორის. ჩვენი კვლევის ფარგლებში განხორციელებულ იქნა კოჰორტული რეტროგრადული კვლევა, რისთვისაც გამოყენებული იყო თბილისის სახელმწიფო სამედიცინო უნივერსიტეტის სასწავლო-სამეცნიერო და დიაგნოსტიკური ლაბორატორიის 2019-2021 წლების საარქივო მასალა. შესწავლილი იქნა როგორც დაბალი და მაღალი ხარისხის არაინვაზიურ უროთელურ კარცინომების ასევე ინვაზიურ უროთელურ კარცინომებში ეპითელურ-მეზენქიმური ტრანსფორმაციის მარკერები, ასევე სიმსივნის შიდა მიკროგარემოს მახასიათებლები და ღეროვან უჯრედული მახასიათებლები. შარდის ბუშტის კარცინომა მიეკუთვნება სიმსივნეთა იმ ჰეტეროგენულ ჯგუფს, რომლებსაც აქვთ რეციდივის, პროგრესიისა და მეტასტაზირების განსხვავებული მაჩვენებელი; გამოვლენილია მარკერები რომლებიც შეიძლება იყოს შარდის ბუშტის სიმსივნეების მიმდინარეობის პროგნოზული ინდიკატორები, რაც მეტად გააუმჯობესებს ამ ტიპის სიმსივნეების კლინიკურ მენეჯმენტს.

**საკვანძო სიტყვები:** უროთელური კარცინომა; ეპითელურ-მეზენქიმური ტრანსფორმაცია; პროლიფერაციული ინდექსი; აპოპტოზური ინდექსი;

## მიმოხილვა

ინვაზიური უროთელური კარცინომა არის შარდის ბუშტის ყველაზე გავრცელებული ავთვისებიანი სიმსივნე, რომელიც მოიცავს შარდის ბუშტის ყველა პირველადი კარცინომის 90%-ს. საქართველოს სტატისტიკის მიხედვით, NCDC-ს მონაცემებით, კაცებს შორის შარდის ბუშტის სიმსივნე გავრცელებით მესამე ადგილს იკავებს. ის უფრო ხშირია მამაკაცებში, ვიდრე ქალებში. ეს პათოლოგია იკავებს მე-9 ადგილს მსოფლიოში ყველაზე გავრცელებულ სიმსივნეთა შორის[1].

შარდის ბუშტის არაინვაზიურ უროთელურ სიმსივნეებში ერთიანდება განსხვავებული ჰისტოლოგიური შენების ჯგუფები, რომელთა შორის განარჩევენ სამ ძირითად ტიპს: პაპილურიუროთელური ნეოპლაზიები დაბალი ავთვისებიანობის პოტენციალით (PUNLMP; papillary urothelial neoplasm with low malignancy potential), დაბალი ხარისხის მქონე პაპილური უროთელურიკარცინომა (LGPU; low grade papillary urothelial carcinoma) და მაღალი ხარისხის მქონე პაპილურიუროთელური კარცინომა (HGPU; high grade papillary urothelial carcinoma)[1], [2]. ჩამოთვლილთაგან პირველი ხასიათდება სიმსივნის რეციდივის განვითარების დაბალი შესაძლებლობით, თუმცა სიმსივნის ჰეტეროგენურობის გამო შეუძლებელია პაპილური უროთელური კარცინომის განმეორებით განვითარების გამორიცხვა და ასევე მათი ქცევის პროგნოზი.

არაინვაზიური შარდის ბუშტის კარცინომებით დაავადებულთა საერთო გადარჩენის მაჩვენებელი უკეთესია სხვა ავთვისებიან სიმსივნეებთან შედარებით, თუმცა ამ პაციენტების 30%-50%-ს აღენიშნება რეციდივები პირველადი სიმსივნის ტრანსურეტრალური რეზექციის შემდეგ და 10%-დან 20%-მდე პროგრესი კუნთოვან ქსოვილში ინვაზირებულ კარცინომად[3]–[5]. ინვაზიურ უროთელურ კარცინომით დაავადებულთა თითქმის 50%-ს დიაგნოსტიკის დროს უკვე აქვს ფარული შორეული მეტასტაზები[4], [6].

ეპითელური-მეზენქიმური ტრანსფორმაცია (EMT) ხასიათდება უჯრედშორისი ადჰეზიისა და უჯრედის პოლარობის დაკარგვით და მჭიდრო კავშირშია სიმსივნის როგორც ინვაზირების პროცესთან ასევე მეტასტაზირებასთან[7].

ეპითელურ-მეზენქიმური ტრანსფორმაცია პირველად შესწავლილ იქნა ემბრიოგენეზის სხვადასხვა საფეხურებზე, თუმცა დღესდღეობით ინტერესი ამ ფენომენის მიმართ ძირითადად დაკავშირებულია მის როლთან ნეოპლაზიური პროცესების პროგრესირებასა და გავრცელებაში. ეპითელურ-მეზენქიმური ტრანსფორმაცია განისაზღვრება, როგორც მოსვენებული ეპითელური უჯრედისდინამიურ გადართვაში მოძრავ უჯრედად, რომელსაც ასევე აქვს მეზენქიმული ფენოტიპი. იგი იყოფა სამ განსხვავებულ ქვეტიპად მისი ფუნქციისა და ჩართული გზების მიხედვით. **ტიპი 1 EMT-** ასოცირდება იმპლანტაციასთან, ემბრიონის ფორმირებასთან და ორგანოთა განვითარებასთან და არის ორგანიზებული პროცესი, რომელიც წარმოქმნის სხვადასხვა ტიპის უჯრედებს, რომლებსაც აქვთ საერთო მეზენქიმული ფენოტიპები. **ტიპი 2 - EMT** ასოცირდება ანთებასთან დაწყვეტს ანთების შესუსტების შემდეგ, როგორც ეს ჩანს ჭრილობის შეხორცებისა და ქსოვილების რეგენერაციის დროს. **ტიპი 3 ან**

**ონკოგენური EMT** გვხვდება სიმსივნურ უჯრედებში, რომლებმაც ადრე განიცადეს გენეტიკური და ეპიგენეტიკური ცვლილებები, განსაკუთრებით გენებში, რომლებიც ხელს უწყობენ კლონურ ზრდას და ლოკალიზებული სიმსივნეების განვითარებას. კარცინომის უჯრედები, რომლებიც განიცდიან **მე-3 ტიპის EMT-ს**, შეიძლება განიცადონ ივაზია და შემდგომი მეტასტაზირება.

მიუხედავად იმისა რომ ეპითელურ მეზენქიმური ტრანსფორმაცია როგორც წესი, არ არის შეუქცევადი გადასვლა, სხვადასხვა კვლევებით ასევე ნაჩვენებია რომ სიმსივნურ უჯრედებს შეუძლიათ სხვა უბანში დაუბრუნდნენ თავიანთ ეპითელურ ფენოტიპს. ეს ცნობილია, როგორც მეზენქიმურ-ეპითელური ტრანსფორმაცია (MET).

სხვადასხვა ავთვისებიანი სიმსივნეების შესწავლის შედეგად დაგროვილი ინფორმაცია ცხადყოფს რომ ეპითელურ მეზენქიმური ტრანსფორმაციის მახასიათებლები მეტად გამოვლენილია სიმსივნეებში რომლებიც კლინიკურად აგრესიულობით ხასიათდებიან და აქვთ რეციდივისა და პროგრესიის მეტი პოტენციალი. შარდის ბუშტის ინვაზიური უროთელური კარცინომის რეციდივის, პროგრესირების და მეტასტაზების მრავალფეროვნებიდან და მაღალი სიხშირედან გამომდინარე ეპითელურ-მეზენქიმური ტრანსფორმაცია დიდი ალბათობით ასევე მონაწილეა არაინვაზიური უროთელური კარცინომების ქცევის მრავალსაფეხუროვან და ჯერ კიდევ კარგად შეუსწავლელ პროცესში. ეპითელურ მეზენქიმური ტრანსფორმაციის მოლეკულური სამიზნეების შესწავლა მნიშვნელოვანია ახალი თერაპიული საშუალებების გამოვლენის მიზნით.

სიმსივნისშიდა **მიკროგარემოში** არსებული ინფილტრაციული ლიმფოციტების (TILs) არსებობა შეიძლება მიუთითებდეს კიბოს უჯრედების წინააღმდეგ უჯრედულ იმუნურ პასუხზე, ბევრმა კვლევამ შეაფასა TIL-ის არსებობა, როგორც პოტენციური პროგნოზული ფაქტორი სხვადასხვა ტიპის კიბოს, მათ შორის ბუშტის კიბოს დროს[8]. ზოგიერთმა კვლევამ აჩვენა, რომ TIL-ის პროგნოზული ღირებულება შარდის ბუშტის ინვაზიურ და არაინვაზიურ უროთელურ კარცინომებში განსხვავდება TIL-ის ქვეპოპულაციების მიხედვით. შარდის ბუშტის არაინვაზიური კიბოს (NMIBC) შემთხვევაში, რამდენიმე TIL სუბპოპულაციის გაზრდილი განაწილება, მათ შორის 3+ (CD3+), CD4+ და CD8+ T ლიმფოციტების დიფერენციაციის კლასტერი, დაკავშირებული იყო მეტ სიმსივნის რეციდივთან და გადარჩენადობის ნაკლებ მაჩვენებელთან[6], [9]. სხვადასხვა კვლევები მიზნად ისახავს სიმსივნის მაინფილტრირებელი ლიმფოციტების იმ სუბპოპულაციის გამოვლენას, რომელსაც შესაძლოა პრედიქტური ღირებულება გააჩნდეს როგორც არაინვაზიურ უროთელურ კარცინომების პროგრესიაში ასევე ინვაზიური უროთელური კარცინომების პროგნოზირებასა და მეტასტაზირების პოტენციალის განსაზღვრაში/ თუმცა აქამდე დაგროვილი ინფორმაცია ურთიერთსაწინააღმდეგოა და ჯერ კიდევ აქტიური შესწავლის საგანს წარმოადგენს[10], [11].

სისტემური იმუნოთერაპიის დანერგვის შემდეგ, რომელიც აღადგენს სიმსივნის საწინააღმდეგო იმუნოტეტს იმუნური გამშვები პუნქტების ბლოკირებით [ანუ დაპროგრამებული სიკვდილი 1 (PD-1), დაპროგრამებული სიკვდილის ლიგანდი 1 (PD-L1)],

შარდის ბუმტის კიბოს მკურნალობაში, სიმსივნის მიკროგარემოში არსებული მაინფილტრირებული ლიმფოციტების პოპულაციების მიმართ ინტერესიც მკვეთრად გაიზარდა.[10], [12], [13]

გარკვეული კვლევების შედეგად დაგროვილმა ინფორმაციამ ცხადყო, რომ Ki67 ბირთვული ანტიგენის მაღალი პროლიფერაციის ინდექსი და საშუალო ბირთვული არე (გაზომილი ციფრული ანალიზატორით), წარმოადგენს ორ დამოუკიდებელ პროგნოზულ ფაქტორს პაპილური უროთელური კარცინომის მქონე პაციენტებში[14][16].

შარდის ბუმტის კარცინომა მიეკუთვნება სიმსივნეთა იმ ჯგუფს, რომლებსაც აქვთ რეციდივის მაღალი მაჩვენებელი; აუცილებელია მარკერების შემუშავება, რომლებიც შეიძლება იყოს პროგნოზული ინდიკატორები შარდის ბუმტის სიმსივნეებში რაც მეტად გააუმჯობესებს ამ ტიპის სიმსივნეების კლინიკურ მენეჯმენტს.

### მასალა და მეთოდები

განხორციელებულ იქნა კოჰორტული რეტროგრადული კვლევა, რისთვისაც გამოყენებული იყო თბილისის სახელმწიფო სამედიცინო უნივერსიტეტის სასწავლო-სამეცნიერო და დიაგნოსტიკური ლაბორატორიის 2019-2021 წლების საარქივო მასალა.

საერთო ჯამში, კვლევა მოიცავდა ფორმალინში დაფიქსირებულ და პარაფინში ჩაყალიბებულ (FFPE) 60 შემთხვევას, რომელიც გაყოფილი იყო ორ ჯგუფად. პირველი ჯგუფი - 20 შემთხვევა, დაბალი ხარისხის არაინვაზიური პაპილური უროთელური კარცინომა მეორე ჯგუფი - 20 შემთხვევა - მაღალი ხარისხის არაინვაზიური უროთელური პაპილური კარცინომა; მესამე ჯგუფი 20 შემთხვევა - ინვაზიური უროთელური კარცინომა;

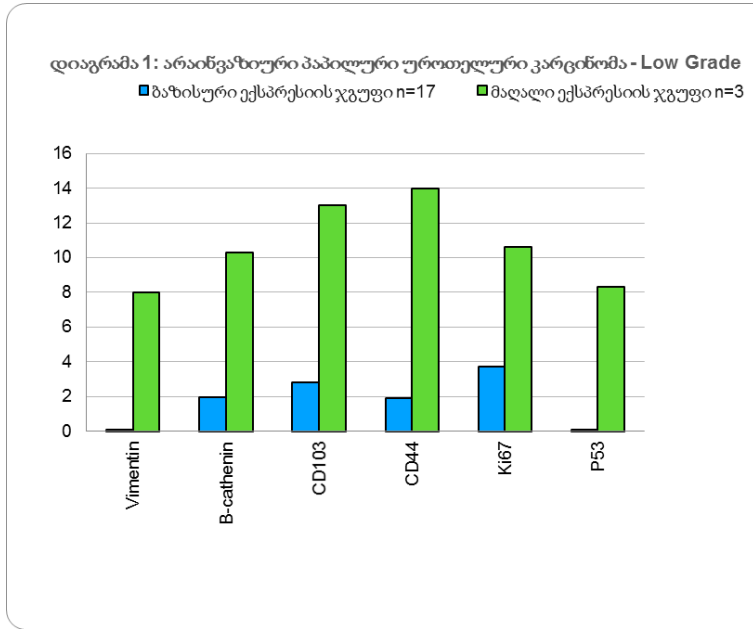
გამოყენებული იქნა შემდეგი ანტისხეულები: ვიმენტინი; ბეტა-კატენინი CD103; CD44; Ki67; P53. ვიზუალიზაციის სისტემა Novolink™ Max Polymer Detection System. კვლევა მხარდაჭერილია თბილისის სახელმწიფო სამედიცინო უნივერსიტეტის ეთიკის კომისიის მიერ.

H&E და იმუნოჰისტოქიმიური კვლევის შედეგების ინტერპრაცია განხორციელდა ორი დამოუკიდებელი პათოლოგ-ანატომის მიერ (თ.მ; გ.ბ). რაოდენობრივი მონაცემები დამუშავდა შესაბამისი სტატისტიკური მეთოდების გამოყენებით: კორელაცია განისაზღვრა Spearman rank test-ის მიხედვით ხოლო შედარებითი ანალიზისთვის ჯგუფებს შორის გამოყენებული იქნა Mann-Whitney და Kruskal-Wallis ტესტი. მგრძობელობა და სპეციფიურობა შეფასდა 95%-იანი სარწმუნოების ინტერვალით. P რიცხვი <0.05 განხილულ იქნა სტატისტიკურად სარწმუნოდ. ყველა სტატისტიკური დამუშავება განხორციელდა SPSS statistical software V20.0-ის საშუალებით.



**შედგები - მარკერების მიხედვით**

კვლევისთვის შერჩეული იმუნოჰისტოქიმიური მარკერების განხორციელების შედეგად გამოვლინდა რომ შარდის ბუშტის დაბალი და მაღალი ხარისხის არაინვაზიურ კარცინომებში პოზიტიურობის ინდექსიდან გამომდინარე გამოიყო მარკერების ბაზისური ექსპრესიისა და მაღალი ექსპრესიის ჯგუფები ხოლო ინვაზიურ კარცინომებში შესაბამისად პროგრესიის დაბალი, საშუალო და მაღალი ჯგუფები.

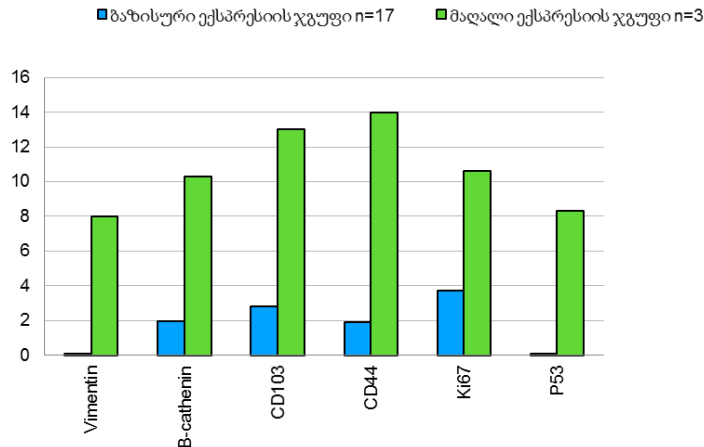


შარდის ბუშტის დაბალი ხარისხის არაინვაზიური კარცინომების ბაზისური ექსპრესიის ჯგუფი წარმოადგენდა საერთო შემთხვევების 85%-ს, ხოლო მარკერების მაღალი ექსპრესიის ჯგუფი 15%ს (დიაგრამა N1). ბაზისური ექსპრესიის ჯგუფში ვიმენტინის ექსპრესია არ აღინიშნებოდა არცერთ შემთხვევაში; ხოლო მაღალი ექსპრესიის ჯგუფში ვიმენტინის პოზიტიურობის საშუალო მაჩვენებელი შეადგენდა 8%-ს; ბეტა-კატენინის ექსპრესიის

საშუალო მაჩვენებელი მარკერების ბაზისური ექსპრესიის ჯგუფში შეადგენდა 1.94%; ხოლო მაღალი ექსპრესიის ჯგუფში 10.33%ს; CD103-ის ექსპრესიის საშუალო მაჩვენებელი მარკერების ბაზისური ექსპრესიის ჯგუფში შეადგენდა 2.88%; ხოლო მაღალი ექსპრესიის ჯგუფში 13%ს; CD44-ის ექსპრესიის საშუალო მაჩვენებელი მარკერების ბაზისური ექსპრესიის ჯგუფში შეადგენდა 1.88%; ხოლო მაღალი ექსპრესიის ჯგუფში 14%ს; Ki67-ის ექსპრესიის საშუალო მაჩვენებელი მარკერების ბაზისური ექსპრესიის ჯგუფში შეადგენდა 2.7%; ხოლო მაღალი ექსპრესიის ჯგუფში 10.6%ს; P53-ის ექსპრესიის საშუალო მაჩვენებელი მაღალი ექსპრესიის ჯგუფში შეადგენდა 8.33%ს; ხოლო ბაზისური ექსპრესიის ჯგუფში არ აღინიშნებოდა.

შარდის ბუშტის მაღალი ხარისხის არაინვაზიური კარცინომების ბაზისური ექსპრესიის ჯგუფი წარმოადგენდა საერთო შემთხვევების 75%-ს, ხოლო მარკერების მაღალი ექსპრესიის ჯგუფი 25%ს (დიაგრამა N2).

დიაგრამა 2: არაინვაზიური პაპილური უროთელური კარცინომა - HIGH Grade

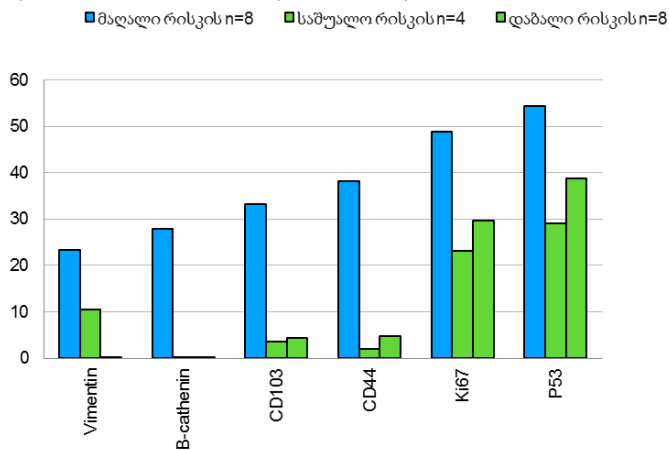


ვიმენტინის ექსპრესია მარკერების ბაზისური ექსპრესიის ჯგუფში არ აღინიშნებოდა ხოლო მარკერების მაღალი ექსპრესიის ჯგუფში საშუალო მაჩვენებელი შეადგენდა 13.2%ს; ბეტა კატენინის ექსპრესიის საშუალო მაჩვენებელი მარკერების ბაზისური ექსპრესიის ჯგუფში შეადგენდა 5.13%ს ხოლო მარკერების მაღალი ექსპრესიის ჯგუფში 6.2%;

CD103 -ის ექსპრესიის საშუალო მაჩვენებელი მარკერების ბაზისური ექსპრესიის ჯგუფში შეადგენდა 5.2%ს ხოლო მარკერების მაღალი

ექსპრესიის ჯგუფში 6.2%; CD44-ის ექსპრესიის საშუალო მაჩვენებელი მარკერების ბაზისური ექსპრესიის ჯგუფში შეადგენდა 3.53%ს ხოლო მარკერების მაღალი ექსპრესიის ჯგუფში 6.4%; Ki67ის ექსპრესიის საშუალო მაჩვენებელი მარკერების ბაზისური ექსპრესიის ჯგუფში შეადგენდა 6.33%ს ხოლო მარკერების მაღალი ექსპრესიის ჯგუფში 9%; P53ის ექსპრესიის საშუალო მაჩვენებელი მარკერების ბაზისური ექსპრესიის ჯგუფში შეადგენდა 2.8%ს ხოლო მარკერების მაღალი ექსპრესიის ჯგუფში 5.2%;

დიაგრამა 3: ინვაზიური პაპილური უროთელური კარცინომა



შარდის ბუმტის ინვაზიური კარცინომების პროგრესიის დაბალი რისკის ჯგუფი წარმოადგენდა საერთო შემთხვევების 40%-ს, საშუალო ექსპრესიის ჯგუფი 40%ს ხოლო მარკერების მაღალი ექსპრესიის ჯგუფი ასევე 20%ს (დიაგრამა N3).

ვიმენტინის ექსპრესია პროგრესიის მაღალი რისკის ჯგუფში შეადგენდა 23.3%-ს ხოლო საშუალო ჯგუფში 10.5% და არ აღინიშნებოდა დაბალი რისკის

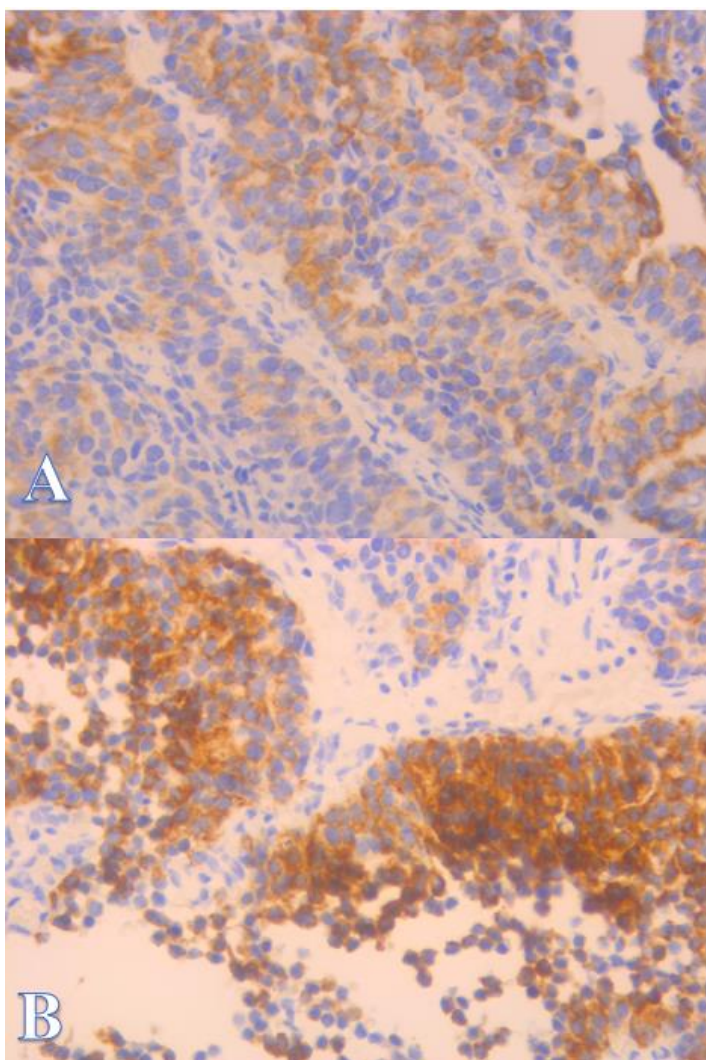
ჯგუფში. ბეტა-კატენინის ექსპრესია პროგრესიის მაღალი რისკის ჯგუფში შეადგენდა 28%ს ხოლო დაბალი და საშუალო რისკის ჯგუფებში მისი ექსპრესია არ აღინიშნებოდა. CD 103ის ექსპრესია პროგრესიის მაღალი რისკის ჯგუფში შეადგენდა 33.3%-ს ხოლო დაბალი რისკის ჯგუფში 4.3%ს. მისი ექსპრესია საშუალო რისკის ჯგუფში იყო 3.5%; CD44-ის ექსპრესია პროგრესიის მაღალი რისკის ჯგუფში იყო 38.25% საშუალო ჯგუფში 2% ხოლო დაბალი რისკის ჯგუფში 4.8%; Ki67-ის ექსპრესია პროგრესიის მაღალი რისკის ჯგუფში შეადგენდა 48.8%ს

დაბალი რისკის ჯგუფში 29.6%ის ხოლო საშუალო რისკის ჯგუფში 23.25%ის; P53-ის ექსპრესია მაღალი რისკის ჯგუფში შეადგენდა 54.5%ის; დაბალი რისკის ჯგუფში 38.8%ის ხოლო საშუალო რისკის ჯგუფში 29.25%ის.

## შედარება

შარდის ბუშტის დაბალი ხარისხის არაინვაზიურ უროთელურ კარცინომაში ვიმენტინის ექსპრესია 1.65ჯერ ნაკლებია შარდის ბუშტის მაღალი ხარისხის არაინვაზიურ უროთელურ კარცინომასთან შედარებით ხოლო 2.91ჯერ შარდის ბუშტის ინვაზიური კარცინომის მაღალი რისკის ჯგუფთან შედარებით. (სურათი N1)

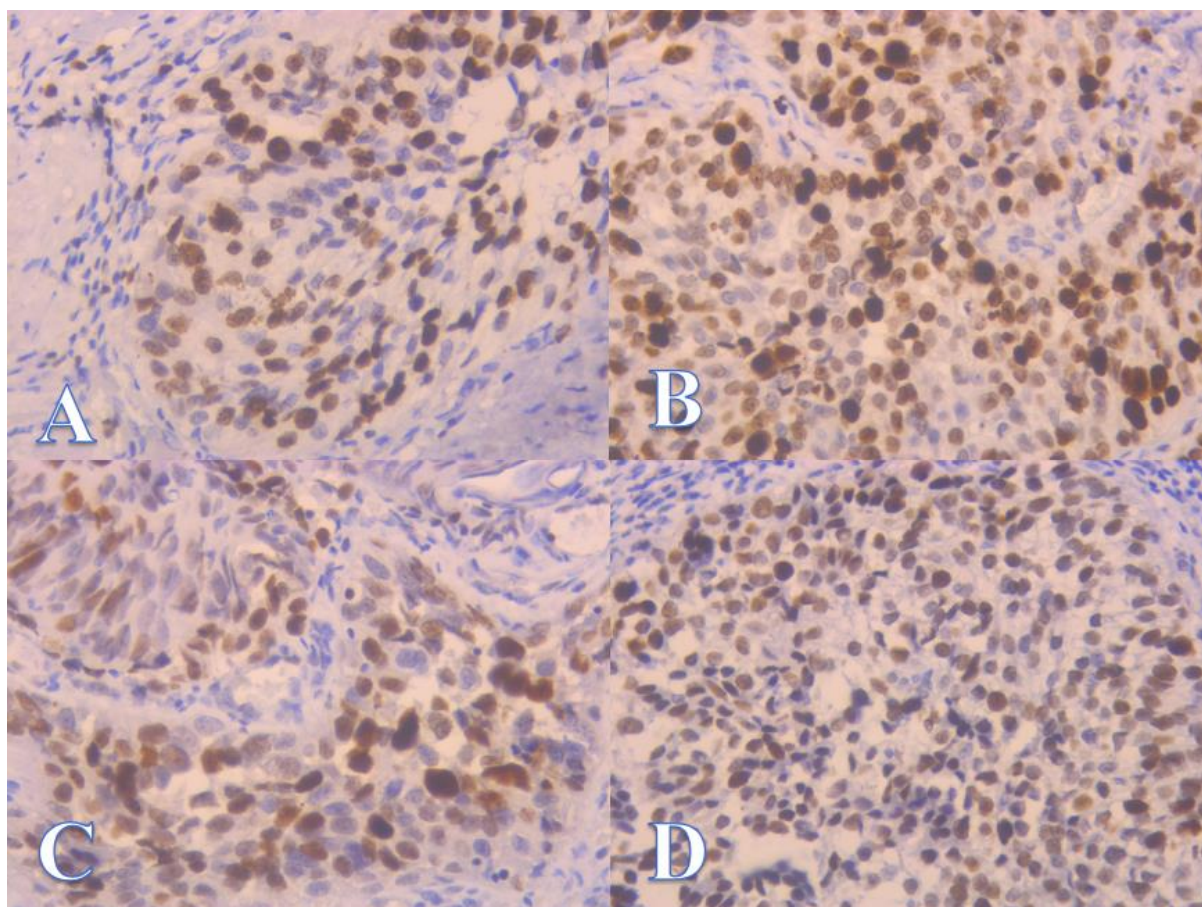
შარდის ბუშტის დაბალი ხარისხის არაინვაზიურ უროთელურ კარცინომაში ბეტა-კატენინის ექსპრესია 1.6 ჯერ მეტია შარდის ბუშტის მაღალი ხარისხის არაინვაზიურ უროთელურ კარცინომასთან შედარებით ხოლო 2.7ჯერ ნაკლებია შარდის ბუშტის ინვაზიური კარცინომის მაღალი რისკის ჯგუფთან შედარებით.



შარდის ბუშტის დაბალი ხარისხის არაინვაზიურ უროთელურ კარცინომაში CD103 -ის ექსპრესია 2.0 ჯერ მეტია შარდის ბუშტის მაღალი ხარისხის არაინვაზიურ უროთელურ კარცინომასთან შედარებით ხოლო 2.5 ჯერ ნაკლებია შარდის ბუშტის ინვაზიური კარცინომის მაღალი რისკის ჯგუფთან შედარებით.

სურათი N1: A. CD44 დაბალი ექსპრესია შარდის ბუშტის ინვაზიურ უროთელურ კარცინომაში; B. ვიმენტინის მაღალი ექსპრესია შარდის ბუშტის ინვაზიური უროთელურ კარცინომაში;

შარდის ბუშტის დაბალი ხარისხის არაინვაზიურ უროთელურ კარცინომაში CD44-ის ექსპრესია 2.1 ჯერ მეტია შარდის ბუშტის მაღალი ხარისხის არაინვაზიურ უროთელურ კარცინომასთან შედარებით ხოლო 2.7 ჯერ ნაკლებია შარდის ბუშტის ინვაზიური კარცინომის მაღალი რისკის ჯგუფთან შედარებით.



**სურათი N2:** A. Ki67-ის ექსპრესია შარდის ბუშტის არაინვაზიურ მაღალი ხარისხის უროთელურ კარცინომაში; B. Ki67-ის ექსპრესია შარდის ბუშტის ინვაზიურ უროთელურ კარცინომაში; C. P53-ის ექსპრესია შარდის ბუშტის მაღალი ხარისხის არაინვაზიურ უროთელურ კარცინომაში; D. P53-ის ექსპრესია შარდის ბუშტის ინვაზიურ უროთელურ კარცინომაში;

შარდის ბუშტის დაბალი ხარისხის არაინვაზიურ უროთელურ კარცინომაში KI67-ის ექსპრესია 1.17 ჯერ მეტია შარდის ბუშტის მაღალი ხარისხის არაინვაზიურ უროთელურ კარცინომასთან შედარებით ხოლო 4.6 ჯერ ნაკლებია შარდის ბუშტის ინვაზიური კარცინომის მაღალი რისკის ჯგუფთან შედარებით(სურათი N2).

შარდის ბუშტის დაბალი ხარისხის არაინვაზიურ უროთელურ კარცინომაში P53-ის ექსპრესია 1.59 ჯერ მეტია შარდის ბუშტის მაღალი ხარისხის არაინვაზიურ უროთელურ კარცინომასთან შედარებით ხოლო 6.6 ჯერ ნაკლებია შარდის ბუშტის ინვაზიური კარცინომის მაღალი რისკის ჯგუფთან შედარებით.

## დასკვნა

კვლევის შედეგებმა აჩვენა, რომ შარდის ბუშტის დაბალი ხარისხის არაინვაზიური უროთელური კარცინომების შემთხვევათა 15 % წარმოადგენს სიმსივნის იმ ფენოტიპს, რომელსაც ინვაზიურ კარცინომად პროგრესიის და მეტასტაზირების გაზრდილი პოტენციალი აქვთ. მათში გამოვლინდა ინვაზიურობის მარკერების მაღალი ექსპრესია. დანარჩენ შემთხვევაში ექსპრესია იყო საბაზისო პოზიტიურობით წარმოდგენილი;

შარდის ბუშტის მაღალი ხარისხის არაინვაზიური უროთელური კარცინომების შემთხვევათა 25%-ში გამოვლინდა ინვაზიურობის მარკერების მაღალი ექსპრესია რაც ასოცირდება ინვაზიურ კარცინომად პროგრესიისა და მეტასტაზირების გაზრდის პოტენციალთან;

ეპითელურ მეზენქიმური ტრანსფორმაციის მარკერების ექსპრესია შარდის ბუშტის არაინვაზიურ პაპილურ კარცინომის როგორც დაბალი ხარისხის ასევე მაღალი ხარისხის შემთხვევებში დაბალია (2.9ჯერ და 1.76ჯერ ნაკლები შესაბამისად) ინვაზიური უროთელური კარცინომების პროგრესიის მაღალი რისკის მქონე ჯგუფებთან შემთხვევებთან შედარებით.

შესწავლილ ჯგუფებში CD103-ის ექსპრესიის სტატისტიკურად სარწმუნო CD44 -ის ექსპრესიის რაოდენობრივი მატება დადებით კორელაციაშია სიმსივნის პროგრესიასთან.

## გამოყენებული ლიტერატურა:

- [1] D. M. Parkin, “The global burden of urinary bladder cancer.,” *Scand J Urol Nephrol Suppl*, no. 218, pp. 12–20, 2008, doi: 10.1080/03008880802285032.
- [2] E. M. Compérat *et al.*, “Grading of Urothelial Carcinoma and The New ‘World Health Organisation Classification of Tumours of the Urinary System and Male Genital Organs 2016,”” *Eur Urol Focus*, vol. 5, no. 3, pp. 457–466, May 2019, doi: 10.1016/J.EUF.2018.01.003.
- [3] P. A. Humphrey, H. Moch, A. L. Cubilla, T. M. Ulbright, and V. E. Reuter, “The 2016 WHO Classification of Tumours of the Urinary System and Male Genital Organs—Part B: Prostate and Bladder Tumours,” *Eur Urol*, vol. 70, no. 1, pp. 106–119, 2016, doi: 10.1016/J.EURURO.2016.02.028.
- [4] H. Ide, S. Inoue, and H. Miyamoto, “Histopathological and prognostic significance of the expression of sex hormone receptors in bladder cancer: A meta-analysis of immunohistochemical studies,” *PLoS One*, vol. 12, no. 3, Mar. 2017, doi: 10.1371/JOURNAL.PONE.0174746.
- [5] L. Trilla-Fuertes *et al.*, “Biological molecular layer classification of muscle-invasive bladder cancer opens new treatment opportunities,” *BMC Cancer*, vol. 19, no. 1, Jun. 2019, doi: 10.1186/S12885-019-5858-Z.

- [6] A. G. Robertson *et al.*, “Comprehensive Molecular Characterization of Muscle-Invasive Bladder Cancer,” *Cell*, vol. 171, no. 3, pp. 540-556.e25, Oct. 2017, doi: 10.1016/J.CELL.2017.09.007.
- [7] S. J. Yun and W. J. Kim, “Role of the Epithelial-Mesenchymal Transition in Bladder Cancer: From Prognosis to Therapeutic Target,” *Korean J Urol*, vol. 54, no. 10, p. 645, Oct. 2013, doi: 10.4111/KJU.2013.54.10.645.
- [8] A. Yu *et al.*, “Presence of lymphocytic infiltrate cytotoxic T lymphocyte CD3+, CD8+, and immunoscore as prognostic marker in patients after radical cystectomy,” *PLoS One*, vol. 13, no. 10, Oct. 2018, doi: 10.1371/JOURNAL.PONE.0205746.
- [9] H. S. Kim and J. H. Ku, “Prognostic impact of tumor infiltrating lymphocytes in bladder urothelial carcinoma,” *Transl Androl Urol*, vol. 8, no. Suppl 3, p. S291, 2019, doi: 10.21037/TAU.2019.04.02.
- [10] S. F. Faraj *et al.*, “Assessment of tumoral PD-L1 expression and intratumoral CD8+ T cells in urothelial carcinoma,” *Urology*, vol. 85, no. 3, pp. 703.e1-703.e6, Mar. 2015, doi: 10.1016/J.UROLOGY.2014.10.020.
- [11] B. Wang *et al.*, “Programmed death ligand-1 is associated with tumor infiltrating lymphocytes and poorer survival in urothelial cell carcinoma of the bladder,” *Cancer Sci*, vol. 110, no. 2, pp. 489–498, Feb. 2019, doi: 10.1111/CAS.13887.
- [12] T. Horn *et al.*, “The prognostic effect of tumour-infiltrating lymphocytic subpopulations in bladder cancer,” *World J Urol*, vol. 34, no. 2, pp. 181–187, Feb. 2016, doi: 10.1007/S00345-015-1615-3.
- [13] B. Wang *et al.*, “CD103+ Tumor Infiltrating Lymphocytes Predict a Favorable Prognosis in Urothelial Cell Carcinoma of the Bladder,” *Journal of Urology*, vol. 194, no. 2, pp. 556–562, 2015, doi: 10.1016/J.JURO.2015.02.2941.
- [14] H. S. Huang *et al.*, “Prognostic impact of tumor infiltrating lymphocytes on patients with metastatic urothelial carcinoma receiving platinum based chemotherapy,” *Sci Rep*, vol. 8, no. 1, Dec. 2018, doi: 10.1038/S41598-018-25944-1.
- [15] G. Sjö Dahl *et al.*, “Infiltration of CD3+ and CD68+ cells in bladder cancer is subtype specific and affects the outcome of patients with muscle-invasive tumors,” *Urologic Oncology: Seminars and Original Investigations*, vol. 32, no. 6, pp. 791–797, 2014, doi: 10.1016/J.UROLONC.2014.02.007.
- [16] K. Krpina, E. Babarović, and N. Jonjić, “Correlation of tumor-infiltrating lymphocytes with bladder cancer recurrence in patients with solitary low-grade urothelial carcinoma,” *Virchows Archiv*, vol. 467, no. 4, pp. 443–448, Oct. 2015, doi: 10.1007/S00428-015-1808-6.

# Comparative analysis of features of microenvironment, stem cell and epithelial-mesenchymal transformation of non-invasive papillary bladder carcinoma with invasive carcinoma

D. Kadjaia D. Kochiashvili Sh. Kepuladze G. Burkadze

---

## Abstract

Invasive urothelial carcinoma is the most common bladder malignancy, comprising 90% of all primary bladder carcinomas. According to the statistics of Georgia, according to NCDC data, bladder cancer is the third most common cancer among men. It is more common in men than in women. This pathology takes the 9th place among the most common tumors in the world. Within the framework of our research, a cohort retrograde study was carried out, for which the archival material of the teaching-scientific and diagnostic laboratory of Tbilisi State Medical University for the years 2019-2021 was used. The markers of epithelial-mesenchymal transformation in low- and high-grade non-invasive urothelial carcinomas and invasive urothelial carcinomas, as well as characteristics of the internal tumor microenvironment and stem cell characteristics, were studied. Bladder carcinoma belongs to the heterogeneous group of tumors that have different rates of recurrence, progression and metastasis; It is necessary to develop markers that can be prognostic indicators in bladder tumors, which will greatly improve the clinical management of this type of tumors.

**Key words:** *urothelial carcinoma; epithelial-mesenchymal transformation; proliferative index; apoptotic index;*

## Theoretical-Methodological aspects of intelligence activity and lobbying

Otari Somkhishvili

Caucasus International University, Faculty of Social Sciences, Doctoral Educational Program in Political Science, Ph.D. student.

### Abstract

Intelligence activities have deep historical roots, just like the development of the human race. It has a security function since the first state relations, when the social group of category A intended to have power over the social group of category B and control it. In the ancient civilizations, we find the first relations between states, which carried signs of intelligence activity. It was manifested in the period of war or peace by obtaining quick and complete information about the capabilities and intentions of the enemy. In the process of making decisions, the use of information obtained as a result of intelligence activities has become a prerequisite for self-preservation, and later dominance, in the international arena.

Over the centuries, under the cover of intelligence activities, have been improved the methods of information warfare. In order to gain hegemony, this condition allowed the states to use such methods of struggle against each other as disinformation, propaganda and, most importantly, lobbying. Although the term "lobbyism" was first used in the 20th century, we can still find its signs in the ancient period. Which allows us to say that lobbying from ancient times to the present day has been the subject of exploitation from foreign intelligence.

The analysis of current events in modern international relations shows, that the synthesis of intelligence and lobbying activities (intelligence lobbying) has opened the doors of new opportunities for the states. States which have developed intelligence lobbying at a scientific level are able to achieve their desired goals and dominate the international arena with less expenses. Developments of similar events have made intelligence lobbying a vital challenge for the national security of states in transition. Balancing the resulting negative effects is possible by the successful work of intelligence and counterintelligence services.

**Keywords:** *Intelligence activity, Information warfare, Disinformation, Propaganda, lobby, Intelligence vulnerability, Counterintelligence.*



At the modern stage, hegemonic states avoid using military force against each other. This circumstance implies the development of alternative methods to maintain the dominant status. States prefer soft power politics to maintain influence, this is explained by the fact that modern international relations are much more complex than they were before the Second World War. Consequently, today military force is a less profitable tool for achieving political goals. Soft power has become a much more effective means of manipulation, pressure and coercion. Information war, which is often referred to as a modernist and hybrid fighting method, is the result of soft power policy. However, we must take into account that since ancient times, the protection of one's own strategic information has been of vital importance for the existence of states.

The analysis of historical events shows, that over the centuries, victory in the information battle was the primary goal of intelligence activities, which had a great impact on the relations between states, but information is devoid of a function if the system of obtaining, processing and disseminating it does not work perfectly. For centuries, intelligence services have tried to obtain information about the objectives, strategic plans, resources and other important matters of adversary states, but the unsolved task has remained the protection of information of own strategic importance. For example, even in Mesopotamia culture, we can find the facts of keeping secret information about battle tactics, military capabilities, food supplies, drinking and irrigation water, natural minerals, and trade routes.

XXI century is considered the age of development of information and technology. The development of information technologies contributed to the creation of the "information spatial triad" - in the form of information, technical means and society. All of this has led to the vulnerability of information flows, which has further increased the risk of information leakage and the spread of disinformation. Although information warfare is typical of soft power politics, it can have just as damaging results as direct combat. For example, it is possible to manipulate the public with excessive information, as well as disinformation and propaganda, the use of such methods in the target state bears the hallmarks of psychological warfare.

We can say that information warfare is one of the most important methods of conducting intelligence activities. Any kind of information is distinguished by various psychological characteristics, which are directly related to the creation of public thinking and mood. According to "experimental psychology", to get voluminous information from multiple sources seems more convincing and the public considers it reliable. It completely captures the attention of the audience and limits the possibility of receiving alternative information. Therefore, in the conditions of information war, quantity has its own quality.

The era of globalization has refined the methods of conducting information warfare. The role of intelligence and lobbying activities has significantly increased in international relations. At the modern stage, we can consider lobbying as one of the most important directions of intelligence activities. The lobby rejected hard power in international relations and preferred the use of soft power policy. Lobbyism is compatible with all five (political, economic, military, scientific-technical and environmental) directions of intelligence, which can be used in combination to damage the target state.

Lobbying can encourage corruption, monopolies, risky deals, money laundering and other harmful activities. Intelligence activities under the guise of lobbying activities have especially complicated the ability of states to fight against threats.

The combination of intelligence and lobbying has practically given rise to intelligence lobbying, which has kept pace with technological progress and has become more complex than it has ever been. Intelligence lobbying is one of the most important methods for damaging penetration into a target state. It is characterized by disinformation, propaganda, the creation of a managed crisis and the use of other harmful methods.

Intelligence lobbying is carried out by groups subordinate to the opponent state (for example: the corporate sector, political parties, non-governmental organizations, organized criminal groups, etc.), with intelligence operations, which have a political, economic, military, ethnic, religious, and other character. The purpose of the process is to influence the political-economic campaigns initiated by the legislative and executive authorities, which is achieved by legal (for example, monetary contribution, charity, etc.) and illegal ways (for example, bribery, compromising, coercion, etc.). The infiltration of the ruling and opposition parties by the intelligence lobby groups practically subjected the political, economic, military, scientific-technical and ecological spaces of the target states to intelligence lobbying.

Opinions are supported by the activities of lobby groups of Armenia, Israel and China in the United States of America. Their success was determined by the establishment of a coordinated system of information exchange with their own states, which would have been impossible without the participation of intelligence services. Observing the cases of Armenia, Israel and China allows us to highlight the main trends that characterize intelligence lobbying activities:

- The strength of the state depends on the success of intelligence and counter-intelligence activities, including its dominance in the international arena;
- It does not matter the states are in strategic partnership or in hostile attitude, they constantly use intelligence lobbying activities to obtain strategic information;
- On the one hand, intelligence lobbying has a positive effect for the intelligence state. The use of this method in the international arena contributes to the dominance of the spying state. On the other hand, it damages the national interests of the target state, which may lead to the collapse of state institutions;
- States Lobbying activities are successful when special intelligence services are involved in the process. It is implemented under the conditions of soft power policy and poses a threat to the national security of the target states;
- Bypassing the law, lobbying activities are highly likely to be related to the intelligence activities of foreign states. In this way, it is possible to encourage organized criminal activities, which in practice are seen as crimes against the state;

- Intelligence lobbying can be excluded by legislative control of the process. as well as the prevention of dangers by the counter-intelligence service. It is important to involve representatives of different scientific fields in this process;

## References

1. D. Kukhalashvili, T. Endeladze, O. Somkhishvili "Aspects of information warfare and lobbying, intelligence and counter-intelligence activities", Technical University Publishing House, Tbilisi 2021 pp. 36-43.
2. D. Kukhalashvili, O. Somkhishvili, " The Intelligence Character of International Sanctions and Lobbying", Tbilisi 2022, pp. 17-23.
3. Ernesto Dal Bó, Pablo Hernández-Lagos, Sebastián Mazzuca, "The Paradox of Civilization: Preinstitutional Sources of Security and Prosperity" University of California, American Political Science Review 2021, pp. 4–9.
4. D. Mchedlidze, "Information war" 22.10.2009, <http://www.media.ge/ge/portal/news/26362/> (verified on 10.11.22).
5. Shafritz, J. M. „The dictionary of public policy and administration. Boulder“, Colo: Westview Press, 2004, pp.125-127.
6. N. (Nigel) Van den Berg, "The Armenian Lobby in the US: The Successes (and Limitations) of the Grassroots Approach", radboud university 2017, pp. 9-13.
7. Ismayil Maharramov, "The Role of Armenian Lobby in US Foreign Policy Decision Making of Recognizing the Armenian Genocide", Policy Memo, 2021, pp. 2-5.
8. [Julien Zarifian](#), „The Armenian-American Lobby and Its Impact on U.S. Foreign Policy“, 2014, pp. 7-15.
9. Robert C. Lieberman, „The "Israel Lobby" and American Politics“ Vol. 7, No. 2, 2009, pp.235.
10. [John Mearsheimer](#), [Stephen Walt](#), „The Israel Lobby“, [Vol. 28 No. 6.23 March 2006](#), pp. 9-11.
11. Sadek Meriem Dalila, „The American Jewish Lobby’s Method of Influence on American Politics“, Vol: 11 No :01, 2022, pp. 457-459.
12. [Stefanie Weil](#), „Lobbying and Foreign Interests in Chinese Politics“, 2017, pp. 3-8.
13. Joyce Mao, "Asia First No Such Thing: The China Lobby- ", June 2015, pp. 44.

# სადაზვერვო საქმიანობისა და ლობიზმის თეორიულ - მეთოდოლოგიური ასპექტები

ოთარი სომხიშვილი

კავკასიის საერთაშორისო უნივერსიტეტი, სოციალურ მეცნიერებათა ფაკულტეტი, სადოქტორო საგანმანათლებლო პროგრამა პოლიტიკურ მეცნიერებებში, დოქტორანტი

## აბსტრაქტი

სადაზვერვო საქმიანობას ისეთივე ღრმა ისტორიული ფესვები გააჩნია, როგორც კაცობრიობის განვითარებას. მან უსაფრთხოების უზრუნველყოფის ფუნქცია შეიძინა ჯერ კიდევ პირველ სახელმწიფო წარმონაქმნთა ურთიერთობებში, როდესაც ერთმა სოციალურმა ჯგუფმა მეორეზე ძალაუფლების განზოგადება და მასზე კონტროლის მოპოვება განიზრახა.

უძველეს ცივილიზაციებში ვხვდებით პირველ სახელმწიფოთა ურთიერთობებს, რომელიც ხასიათდებოდა სადაზვერვო საქმიანობის ნიშნების შემცველი მოქმედებებით. ეს უკანასკნელი გამოხატული იყო ომისა თუ მშვიდობის პერიოდში მოწინააღმდეგის შესაძლებლობების, განზრახვების შესახებ დროული და სრულყოფილი ინფორმაციის მოპოვების მცდელობით. სანდოობით გამორჩეულ ინფორმაციაზე დაყრდნობით უძველეს სახელმწიფოებს პოლიტიკურ, ეკონომიკურ თუ სამხედრო მიმართულებებზე ლავირების საშუალება ეძლეოდათ. გადაწყვეტილებების მიღების პროცესში, სადაზვერვო საქმიანობის შედეგად მოპოვებული ინფორმაციის გათვალისწინება, საერთაშორისო ასპარეზზე თვითგადარჩენის, შემდგომ კი დომინაციის საწინდარი გახდა.

სადაზვერვო საქმიანობის საფარქვეშ, საუკუნეების განმავლობაში იხვეწებოდა ინფორმაციული ომის მეთოდები. ეს საქმიანობა სახელმწიფოებს საშუალებას აძლევდა ჰეგემონის სტატუსის მოსაპოვებლად ერთმანეთის წინააღმდეგ გამოეყენებინათ ბრძოლის ისეთი მეთოდები, როგორცაა დეზინფორმაცია, პროპაგანდა, ლობირება და სხვა. მიუხედავად იმისა, რომ ტერმინი „ლობიზმი“ პირველად მე-20 საუკუნეში გაჟღერდა, ლობისტური საქმიანობის ნიშნებს ჯერ კიდევ ანტიკურ პერიოდში ვხვდებით, რაც იმაზე მიანიშნებს, რომ ლობიზმი უძველესი პერიოდიდან დღემდე ხასიათდება სადაზვერვო მოწყვლადობით.

თანამედროვე საერთაშორისო ურთიერთობებში მიმდინარე პროცესების ანალიზი აჩვენებს, რომ სადაზვერვო და ლობისტური საქმიანობის სინთეზმა, ანუ სადაზვერვო ხასიათის ლობიზმმა ახალი შესაძლებლობების კარი გაუღო სახელმწიფოებს. მაღალგანვითარებული სახელმწიფოები, რომლებსაც სადაზვერვო საქმიანობის ეს მიმართულება მეცნიერულ დონეზე აქვთ აყვანილი, ნაკლები დანახარჯებით ახერხებენ სასურველი მიზნების მიღწევას და საერთაშორისო ასპარეზზე დომინირებას. მოვლენების მსგავსი სცენარით განვითარებამ, სადაზვერვო ხასიათის ლობიზმი, გარდამავალი სტატუსის მქონე სახელმწიფოების ეროვნული უსაფრთხოების სისტემებისთვის, ერთ-ერთ მნიშვნელოვან გამოწვევად აქცია. მასთან გამკლავება, როგორც მყარი სადაზვერვო, ისე

კონტრსადაზვერვო სამსახურების აქტიური და წარმატებული საქმიანობით არის შესაძლებელი.

**საკვანძო სიტყვები:** სადაზვერვო საქმიანობა, ინფორმაციული ომი, დეზინფორმაცია, პროპაგანდა, ლობიზმი, სადაზვერვო მოწყვლადობა, კონტრდაზვერვა.

## ინგლისურენოვან მხატვრულ ნაწარმოებთა სათაურების ქართულად თარგმნასთან დაკავშირებული სირთულეები

ლელა ებრალიძე

ივანე ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის ასისტენტ  
პროფესორი, ფილოლოგიის დოქტორი

<https://orcid.org/0000-0003-0802-4085>

### აბსტრაქტი

წინადადება სტატია ეძღვნება ინგლისურენოვან მხატვრულ ნაწარმოებთა სათაურების ქართულ ენაზე გადმოტანის პრობლემას. მასში მიმოხილულია სათაურის მნიშვნელობა და ფუნქციები, მისი თარგმნის სხვადასხვა მეთოდები, თარგმანში სათაურის დამახინჯების შემთხვევები და სათაურის თარგმანთან დაკავშირებული სირთულეები. ამა თუ იმ მეთოდის, მიდგომისა თუ პრობლემის საილუსტრაციოდ მრავლად არის მოხმობილი მაგალითები მხატვრულ ლიტერატურის თარგმანებიდან. განსაზღვრულია მიზეზები, რომლებიც ყველაზე მეტ სიძნელეს წარმოშობს სათაურების თარგმნისას და უზუსტობისა თუ დანაკარგის გამომწვევად გვევლინება. ასეთი მიზეზია, უპირველეს ყოვლისა, არასწორი, სუბიექტური ინტერპრეტაცია, ასევე სამიზნე ენის სპეციფიკის, პოლისემიისა და კონტექსტის გაუთვალისწინებლობა, როდესაც მთარგმნელი აზრს იმდენად არ ამახინჯებს, მაგრამ ვერ ახერხებს სამიზნე ენაზე სათანადო შესატყვისების მოძიებას, ისეთი ეკვივალენტების პოვნას, რომლებიც ბუნებრივი და გასაგები იქნება თარგმანის მკითხველისათვის. განხილული მაგალითებიდან ირკვევა, რომ ყოველთვის ვერ ხერხდება თარგმანში ალიტერაციის შენარჩუნება, ხოლო სიტყვების თამაშის გადმოტანა ფაქტობრივად შეუძლებელია.

*საკვანძო სიტყვები:* სათაურების თარგმანი, ინტერპრეტაცია, პოლისემია, კონტექსტი, ალიტერაცია, სიტყვების თამაში

### შესავალი

როგორც ცნობილია, სათაური ნაწარმების უმნიშვნელოვანესი შემადგენელი ნაწილია. სწორედ მისი მეშვეობით ხდება ნაწარმოების იდენტიფიკაცია, იგი გვიქმნის წარმოდგენას და

მოლოდინს იმაზე, თუ რას შეეხება ტექსტი, გამოხატავს ავტორის დამოკიდებულებას და ინტერესსა და ცნობისმოყვარეობას აღვციძრავს მისი ქმნილებისადმი.

გასაკვირი არ არის, რომ სათურის შესწავლას არაერთმა გამოჩენილმა მეცნიერმა მიუძღვნა საგულისხმო ნაშრომები. ასეთ ავტორებს შორისაა სათაურის ანალიზის ფუძემდებელი (ნაშრომის „სათაურის პოეტიკა“ ავტორი) ს. კრჭიჭანოვსკი, ასევე ი. გალპერინი, ი. ლოტმანი, ი. არნოლდი, ჰ. ლევინი, ქართველი მეცნიერები, ლ. ჯოხაძე, ნ. მარტაშვილი და სხვები.

ჩვენთვის საინტერესო გამოდგა ქართველი მეცნიერის, მ. გაბადაძის სადისერტაციო ნაშრომი „მხატვრული ტექსტის სათაური როგორც ენობრივ-კულტურული ფენომენი და მისი ტიპოლოგიური დინამიკა ინგლისური პროზის კონტექსტში“, სადაც ამომწურავად არის შესწავლილი სათაური როგორც ფენომენი და მასთან დაკავშირებული საკითხები, როგორცაა სათაურის ინტერპრეტაცია, მისი ფუნქციები და ტიპოლოგია.

მ. გაბადაძე სამართლიანად აღნიშნავს, რომ „სათაურს განსაკუთრებული დატვირთვა აქვს მხატვრული ტექსტის აღქმის პროცესში. მას ტექსტთან გარკვეული აზრობრივი, შინაგანი კავშირი გააჩნია, რომელიც უზრუნველყოფს ნაწარმოების ქვეტექსტის, მთავარი იდეის სწორად გაგებას. სათაური არის მკითხველის ერთგვარი გზამკვლევი მხატვრული ნაწარმოების კითხვის პროცესში. სათაური მხატვრული ტექსტის შინაარსის პროგნოზირების საშუალებას გვაძლევს“... „სათაურში ჩატეულია მთელი მხატვრული სამყარო, ავტორის გზავნილი და ნაწარმოების დედააზრი, რომლის გაშიფვრაც იწყება იმ წუთიდან, როდესაც მკითხველი ეცნობა სათაურს და მიმდინარეობს უწყვეტად მთელი კითხვის პროცესში“. იგი ასევე დასძენს, რომ „სწორედ სათაური არის ტექსტის ის ნაწილი, რომელიც უპირველესად იქცევს მკითხველის ყურადღებას და არწმუნებს მას ნაწარმოების წაკითხვის აუცილებლობაში“ [გაბადაძე, 2015. [https://atsu.edu.ge/images/pdf/disertaciebi/disertacia\\_gabadadze.pdf](https://atsu.edu.ge/images/pdf/disertaciebi/disertacia_gabadadze.pdf)].

საყურადღებოა აღნიშნულ ნაშრომში მოცემული მხატვრული სათაურების კლასიფიკაცია მათი ფუნქციური დანიშნულების მიხედვით. ეს ფუნქციებია: 1. ნომინაციური, რომელიც ტექსტის იდენტიფიკაციაში გვეხმარება; 2. ინფორმატული ბირთვის, ანუ ნაწარმოების შინაარსზე და მის ძირითად კონცეპტზე ინფორმაციის შემცველი ფუნქცია; 3. ავტორის მხატვრული აზროვნების და ესთეტიკ-კომუნიკაციური სტრატეგიის გამოხატვის ფინქცია, როდესაც ავტორი ცდილობს აზრი რაც შეიძლება შთამბეჭდავად გამოხატოს; 4. რეპრეზენტაციული ფუნქცია, როდესაც სათაური გვვლინება ტექსტის წარმომადგენლად და მკითხველის ნაწარმოებთან დამაკავშირებლად; 5. ტექსტის წარმომქმნელი, ანუ ტექსტის კოჰეზია-კოჰერენტულობის რეალიზაციის ფუნქცია; 6. მაპროგნოზირებელი ფუნქცია, როდესაც სათაური მკითხველს ეხმარება წინასწარ განსაზღვროს თუ რა შინაარსის იქნება ნაწარმოები და როგორ განვითარდება სიუჟეტი; 7. განმაცალკევებელი ფუნქცია, ანუ ტექსტის გამიჯვნა მის გარშემო არსებული სივრცისაგან; 8. სარეკლამო ფუნქცია, რომელიც მკითხველის მოზიდვას გულისხმობს; 9. ექსპრესიულ-აპელატიური ფუნქცია, რომლის არსიც მკითხველზე ემოციური ზემოქმედების მოხდენაში მდგომარეობს; 10. „ტექსტის ინტერპრეტაციის „გასაღების“ ფუნქცია, რაც დაკავშირებულია სათაურის სპეციფიურ სემანტიკურ

პოტენციალთან საკუთარ თავში მოიცვას მთლიანი ტექსტის აზრობრივი ბირთვი საკვანძო სიტყვის ან სიტყვათა ერთობლიობის გამოყენებით“ [გაბადაძე, 2015]. და 11. მკითხველის აღქმის მაორგანიზებელი ფუნქცია, ანუ ნაწარმოების კითხვის პროცესში მკითხველის ყურადღების წარმართვის როლი.

აქვე ჩამოვთვლით იმ ექვს ფუნქციასაც, რომლებიც ქრისტიან ნორდმა იაკონბსონის მიერ განსაზღვრული კომუნიკაციის ფუნქციების საფუძველზე შეიმუშავა და რომელთაც სათაურის თარგმანი უნდა აკმაყოფილებდეს. ეს ფუნქციებია: 1. დისტინქციური ანუ განმასხვავებელი, რაც ნიშნავს იმას, რომ თარგმნილი სათაური უნიკალური უნდა იყოს და იძლეოდეს ნაწარმოების უშეცდომოდ იდენტიფიკაციის საშუალებას; 2. ფატიკური, რაც კონკრეტული კულტურის მატარებელი მკითხველის ყურადღების მიპყრობას გულისხმობს, რისთვისაც მას სათაური მაქსიმალურად გასაგებად უნდა მიეწოდოს (მაგალითად, სამიზნე მკითხველისთვის უცხო იდიომა შეიძლება ჩანაცვლდეს მისთვის გასაგებით); 3. მეტატექსტური, ანუ წყარო კულტურაში არსებულ ჟანრობრივ თავისებურებებს უნდა ითვალისწინებდეს, 4. დესკრიფციული ანუ რეფერენციული, ანუ თარგმნილი სათაური გასაგები უნდა იყოს (არ უნდა დაიკარგოს კონოტატიური მნიშვნელობა) კონკრეტული კულტურით განპირობებული მსოფლმხედველობის მქონე მკითხველისათვის; 5. ექსპრესიული, ანუ იმავე ემოციებს უნდა იწვევდეს უცხო კულტურის მკითხველშიც; 6. აპელატიური ანუ ოპერატიული, რაც გულისხმობს განსხვავებული კულტურის და ამ კულტურიდან გამომდინარე მოლოდინის მქონე მკითხველის დაინტერესებას და მიზიდვას [Bobadilla-Pérez, 2007. [http://academica-e.unavarra.es/bitstream/handle/2454/9323/HSJ\\_Filolog%C3%ADa\\_09\\_2007\\_Relevance.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://academica.e.unavarra.es/bitstream/handle/2454/9323/HSJ_Filolog%C3%ADa_09_2007_Relevance.pdf?sequence=1&isAllowed=y)]

მხატვრული სათაურის ზემოთ ჩამოთვლილი ფუნქციებისა და მისი თარგმანის მიმართ არსებული მოთხოვნების გაცნობა ნათლად წარმოგვიჩენს, რომ ნაწარმოების სათაურის თარგმნა უმნიშვნელოვანესი ნაწილია იმ რთული და საპასუხისმგებლო საქმისა, მხატვრული ტექსტის მთარგმნელი რომ ეჭიდება.

### სათაურის თარგმნის სხვადასხვა მეთოდები

ნინო ქავთარაძის სტატიაში „მხატვრულ-ლიტერატურული ტექტების სათაურების თარგმნის სირთულეები“ ვკითხულობთ: „მხატვრულ-ლიტერატურული ტექსტების სათაურების თარგმანი ურთულესი შემოქმედებითი პროცესია, რადგან ერთი მხრივ, იგი თავად ავტორის იდეებს, შეხედულებებს წარმოაჩენს, მეორე მხრივ – მთარგმნელისას. ხშირად, სათაური თარგმანის პროცესის დასრულების შემდეგ შეირჩევა. სათაურში შეიძლება ნაწარმოების ძირითადი თემა, მთავარი ან მეორეხარისხოვანი პერსონაჟები იყოს მოხსენიებული; იგი მეტაფორული ხასიათის შეიძლება იყოს ან იუმორისტული. სათარგმნ ენაზე გადატანისას, ტექსტის და სათაურის სპეციფიკიდან გამომდინარე, მთარგმნელი სათარგმნი ტექსტის სათაურის ერთგული რჩება ან სათაურის ნაწილობრივ, ხან კი სრულად შეცვლა უწევს“. [ქავთარაძე, 2021. <https://ojs.iliauni.edu.ge/index.php/eish/article/view/581>].



თარგმანში სათაურის უცვლელად გადმოტანა გაცილებით ხშირია, ვიდრე მისი შეცვლა. ბუნებრივია, დედნის ერთგულების პრინციპი საუკეთესო გამოსავალია და როდესაც მთარგმნელი სათაურს ცვლის, უნდა ვივარაუდოთ, რომ ეს არჩევანი ნაკარნახევია დედნის სათაურის განსხვავებული კონოტაციით სამიზნე ენაზე, რაც შესაძლოა განპირობებული იყოს სხვადასხვა ლინგვისტური, საზოგადოებრივი თუ კულტურული ფაქტორებით [Martí, Zapter, 1993:81]. სათაურის შეცვლისას გამოიყენება ისეთი მეთოდები, როგორცაა, ადაპტაცია, ტრანსპოზიცია, ჩანაცვლება, ექსპლიკაცია, პერიფრაზი და ტრანსლიტერაცია [Darwish, Sayaaheen, 2019].

მაიკლ დოილი სათაურის თარგმნის სამ მეთოდს გამოყოფს: 1. სიტყვასიტყვით, 2. სიტყვასიტყვით თარგმანთან მიახლოებულ და 3. თავისუფალ თარგმანს [დოილი, 1989:41-46]. უნდა აღინიშნოს, რომ სიტყვასიტყვითი თარგმანი, ზოგადად, პირობითი ცნებაა, ვინაიდან ორ ენას შორის ზუსტი ლინგვისტური შესაბამისობა გამორიცხებულია ამ ენებს შორის არსებული ფონოლოგიური, სინტაქსური და ლექსიკური განსხვავებების გამო. ეგრეთ წოდებული სიტყვასიტყვითი თარგმანი გვაქვს იმ შემთხვევებში, როდესაც ნაწარმოების სათაური საკუთარი სახელია, მაგალითად ჯეინ ოსტინის „ემა“, დიკენსის „დევიდ კოპერფილდი“, შარლოტა ბრონტეს „ჯეინ ეირი“. ზოგჯერ მთარგმნელი ინარჩუნებს უცხო სიტყვებსა და ფრაზებს, რადგან თვლის, რომ ასე უფრო ადვილად მიაღწევს დედნისეულ ეფექტს ან მათი სამიზნე ენაზე თარგმნით შეიცვლება კონოტაცია, ან ვერ მოხერხდება პოლისემიის შენარჩუნება. როდესაც ნაწარმოებს უცხო ენოვანი სათაური აქვს, მაშინ იგი პირდაპირ გადმოდის. მაქს ფრიშის Homo Faber გერმანულ ენაზეა დაწერილი, მაგრამ მისი ლათინური სათაური მთარგმნელმა დალი ფანჯიკიძემ უცვლელად შეინარჩუნა.

მეორე კატეგორია ყველაზე გავრცელებულია – ამ მეთოდს ექვემდებარება მხატვრული სათაურების უმეტესობა, ანუ ის შემთხვევები, როდესაც სათაური ლინგვისტურად გამჭვირვალეა და შესაძლებელია მისი მეორე ენაზე ზუსტად, მინიმალური ცვლილებებით გადატანა. თუმცა ზოგჯერ, სამიზნე ენაზე ბუნებრივად აჟღერების აუცილებლობიდან თუ ამ ენის მატარებელთა კულტურული თავისებურებებიდან გამომდინარე, ასევე, სათაურის კონოტატიური მნიშვნელობის გადმოცემის, ალიტერაციის, სიტყვების თამაშის შენარჩუნების მიზნით მთარგმნელი მეტად თუ ნაკლებად ცვლის სათაურს. ზოგ შემთხვევაში, ასეთი გადაწყვეტილება შესაძლოა დედნის მეტ ერთგულებადაც ჩაითვალოს, ვიდრე სამიზნე ენაზე სათაურის ზუსტად თარგმნა. ამით უნდა ავხსნათ თავისუფალი მიდგომა სათაურების თარგმნისადმი, მაგრამ, ასეთ დროს მთარგმნელს დიდი სიფრთხილე მართებს, რომ სუბიექტური ინტერპრეტაციის მიზეზით ავტორისეული აზრი არ დაამახინჯოს.

მცირე ცვლილებებს ზოგჯერ სამიზნე ენის სპეციფიკა მოითხოვს. ცნობილია, რომ თარგმანის შეფასების კრიტერიუმთა შორის, დედნის ერთგულებასთან ერთად, ერთ-ერთი მთავარი პირობაა, რომ იგი ბუნებრივად აჟღერდეს სამიზნე ენაზე და გასაგები იყოს მკითხველისათვის. შესაბამისად, მთარგმნელი ხშირად ხელმძღვანელობს პრინციპით – როგორ დაწერდა ამ ტექსტს სამიზნე ენის მატარებელი [House, 2013:6], რის გამოც საჭირო ხდება სათაურის ცოტათი შეცვლა, მაგალითად ისეთი სიტყვების დამატება, რაც დედანში არ

გვხვდება. ჯონ სტეინბეკის ნაწარმოების სათაური “Of Mice and Men” სიტყვასიტყვით ნიშნავს „თაგვებზე და ადამიანებზე“. ეს სათაური მწერალს აღებული აქვს რობერტ ბერნსის ლექსიდან “To a Mouse”, სადაც ნათქვამია, რომ თაგვთა და კაცთა გეგმები ინგრევა და საბოლოოდ, მათ სიხარულის ნაცვლად ტკივილი ხვდებათ წილად. ქართველმა მთარგმნელმა ვეკა გეგეჭკორმა [სტეინბეკი, 2017] შემოგვთავაზა „ამბავი თაგვთა და კაცთა“, რაც ქართულად საკმაოდ შთამბეჭდავად ჟღერს და დედნის სულისკვეთებასაც ესადაგება, ასევე ინარჩუნებს დედნისეულ ალიტერაციას. აქვე გავიხსენებთ ჰარპერ ლის რომანს “To Kill a Mockingbird” („ჯაფარას მოკვლა“, ლ.ე.) და მის ქართულ თარგმანს – „ნუ მოკლავ ჯაფარას“, რომელიც ლელა დუმბაძეს ეკუთვნის [ლი, 2015]. ნამდვილად კარგი ვარიანტია, რადგან ნაწარმოების დედააზრი სწორედ იმაში მდგომარეობს, რომ ის, ვინც არაფერს გიშავებს, არ უნდა გაიმეტო. ქართული სათაური ადეკვატურია ფრანგულისაგან განსხვავებით, რომელიც თარგმნილია როგორც „ნუ ესვრი ჯაფარას“ [<https://www.mentalfloss.com/article/62088/9-english-novels-strangely-translated-titles>], რაც, ამგვარი კონკრეტიზაციით, ცვლის დედნისეულ კონოტაციას. სიტყვა აქვს დამატებული ქართულ სათაურს „ტირიფებში მოშრიალე ქარი“ [გრემი, 2016] – კენეტ გრემის საბავშვო წიგნის სათაურია “The Wind in the Willows”. გვინდა მოვიწონოთ მთარგმნელ ციცი ხოცუაშვილის ვერსია, რადგა „იგი უკეთ ჟღერს, ვიდრე „ქარი ტირიფებში“ (ლ.ე.) და, თანაც, ბგერა „შ“-ს გამეორებით გადმოტანილია დედნისეული ალიტერაცია.

აზრთა სხვადასხვაობა არსებობს სელინჯერის რომანის “The Catcher in the Rye” თარგმანთან დაკავშირებით. პირველად იგი ვახტანგ ჭელიძემ, 1960-იან წლებში თარგმნა სათაურით „თამაში ჭვავის ყანაში“. მეორედ სელინჯერის ნაწარმოები ქართულად გია ჭუმბურიძემ გადათარგმნა სათაურით – „კლდის პირზე, ჭვავის ყანაში“. ინტერპრეტაცია „კლდის პირზე“ მეტად ახლოს დგას რომანის პირველ რუსულ თარგმანთან (“Над пропастью во ржи”) რომელიც რიტა რაიტ-კოვალევამ საბჭოთა პერიოდში შეასრულა, როდესაც აქტუალური იყო იმის ხაზგასმა, რომ ამერიკულ რეალობაში ახალგაზრდები ხელის შეშველების და სწორ გზაზე დაყენების გარეშე ადვილად გადაიჩეხებოდნენ უფსკრულში. მას შემდეგ, ეს ნაწარმოები არაერთხელ სხვადასხვა სათაურებით ითარგმნა რუსულადაც.

არის შემთხვევები, როდესაც თარგმანში ნაწარმოების სათაური, გარკვეული მოსაზრებიდან გამომდინარე, განზრახ არის შეცვლილი. ეს ის შემთხვევებია, რომელთაც დიდი თვისუფალ თარგმანს უწოდებს. მაგალითად, თამარ დიასამიძემ და ვახტანგ ჭელიძემ არჩიეს კიპლინგის საბავშვო წიგნისათვის “The Jungle Book” („ჯუნგლების წიგნი“, ლ.ე.) „მაუგლი“ [კიპლინგი, 2020] დაერქმიათ. პაატა ჩხეიძის თარგმნილი მიკ ჰერონის „ხელმოცარულთა ბუნაგი“ [ჰერონი, 2022] დედანში დასათაურებულია როგორ “Slow Horses” ანუ „ჯაგლაგი ცხენები“. სავარაუდოდ, მთარგმნელის მიზანი იყო მკითხველისათვის რაც შეიძლება გასაგებად მიეწოდებინა ნაწარმოების სათაურში გატარებული აზრი. „სლაუ ჰაუსი“ (“Slough House”, ინგლისურად “slough” ჭაობსაც ნიშნავს და როგორც ზმნა, თვიდან მოშორებასაც. ლ.ე.) ის ადგილია, სადაც ბრიტანეთის ხელმოცარულ აგენტებს აგზავნიან. იქაურებს, მათ, ვინც სამსახურებრივი მოვალეობის შესრულებისას ჩაფლავდა ან თავი შეირცხვინა, “Slow Horses” ანუ „ჯაგლაგი ცხენებს“ ეძახიან. მთარგმნელის გადაწყვეტილება

გასაგებია, მაგრამ საკამათო: დედნისეული მეტაფორა გაშიფრულია და, შესაბამისად, დაკარგული. დაკარგულია ხატოვანებაც.

### სათაურის დამახინჯების შემთხვევები

ზემოთ აღნიშნულ ცვლილებებს ნამდვილად მოეძებნება ლოგიკური გამართლება, მაშინაც კი, როდესაც სახეზეა დანკარგი. სამწუხაროდ, ხშირია ისეთი შემთხვევებიც, როდესაც ხდება ნაწარმოების სათაურის, და, შესაბამისად, ტექსტის შეცვლა თუ დამახინჯება. გთავაზობთ ასეთ მაგალითებს.

უნდა ითქვას, რომ ბევრი მაგალითი მოგვეპოვება, როდესაც ინგლისურენოვანი ნაწარმოებების სათაურებს სხვადასხვა ენაზე მთარგმნელები თვითნებურად ცვლიან. მართალია, მოცემულ სტატიაში ჩვენ, უპირველესად, ინგლისური სათაურების ქართულ თარგმანებს განვიხილავთ, მაგრამ, ვფიქრობთ, საინტერესო იქნება სხვა მაგალითებიც. ასეთი მაგალითია, თუნდაც, ჯორჯ ორუელის რომანის “Animal Farm” („ცხოველების ფერმა“, ასეა დ. აკრიანის ქართულ თარგმანში, რომელიც 2006 წელს დაიბეჭდა) ფრანგული სახელწოდება “Les Animaux Partout!” („ყველგან ცხოველები“, ლ.ე.), რომელიც მთარგმნელმა ივონ დავემ აირჩია მიუხედავად იმისა, რომ თავად ორუელი სთავაზობდა სათაურს „ცხოველთა სოციალისტურ რესპუბლიკთა კავშირი“. წიგნის ავტორი მომხრე იყო ამ სახელწოდების აბრივიატურისა - URSA (“Union des Républiques Socialistes Animales”), რაც ლათინურად „დათვს“ ნიშნავს, <https://www.mentalfloss.com/article/62088/9-english-novels-strangely-translated-titles> და, სავარაუდოდ, რუსეთთან ასოცირდება.

ზოგჯერ მთარგმნელები ძალიან შორს მიდიან საკუთარი სუბიექტური ინტერპრეტაციით ხელმძღვანელობისას. ასეთი შემთხვევაა სკოტ ფიცჯერალდის რომანის “The Great Gatsby” შვედური თარგმანი “En Man Utan Skrupler”, რომლის ინგლისური შესატყვისია “A Man Without Scruples”, ანუ „უპრინციპო, ამორალური კაცი“ [<https://www.mentalfloss.com/article/62088/9-english-novels-strangely-translated-titles>].

გაკვირვებას იწვევს ჯონ სტეინბეკის რომანის “The Grapes of Wrath” (2019 წელს გამოცემულ ლალი ყუმიტაშვილის თარგმანში გვაქვს „მრისხანების მტევნები“) იაპონურად თარგმნა როგორც „გაბრაზებული ქიშიმისა“ [<https://www.mentalfloss.com/article/62088/9-english-novels-strangely-translated-titles>]. ასევე გაუგებარია, რისთვის დასჭირდა გერმანულ მთარგმნელს ოლივერ ლორენის რომანის სათაურის “Before I Fall” („სანამ დავეცემი“, ლ.ე.) ისე გაგრძობილად თარგმნა, როგორცაა “Wenn du stirbst, zieht dein ganzes Leben an dir vorbei, sagen sie” („როდესაც კვდები, მთელი შენი სიცოცხლე თვალწინ ჩავივლის, ასე ამბობებენ“, ლ.ე.) [<https://www.mentalfloss.com/article/62088/9-english-novels-strangely-translated-titles>].

ჩვენი ყურადღება მიიქცია მეგი სტივოთერის რომანის “The Raven Boys” (2012) 2018 წელს გამოცემულმა თარგმანმა. მთარგმნელს, არჩილს რაჭველს, ნაწარმოების სათაური თარგმნილი აქვს როგორც „ვის უხმობს ყორანი“ [სტივოთერი, 2018]. აღნიშნული წიგნი ოთხი ტომისგან შემდგარი ნეო-გოთური თრილერის პირველი ნაწილია. იგი ზებუნებრივი ძალების მამიებელ მოზარდთა მისტიკურ თავგადასავლებზეა და მისი სათაური რომანის პერსონაჟების

სასწავლებლის, აგლიონზის აკადემიის ლოგოდან მომდინარეობს, რომელზეც ყორანია გამოსახული. შესაბამისად, ამ სასწავლებლის სტუდენტებს მოიხსენიებენ როგორც “Raven Boys” („ყორანის“ ბიჭები, ლ.ე.). მთარგმნელი, სავარაუდოდ, კონტექსტით ხელმძღვანელობდა, მაგრამ „ვის უხმობს ყორანი“ სუბიექტური ინტერპრეტაციაა და თავისუფალ თარგმანს წარმოადგენს, რომლის კონოტატიური თვალსაზრისით თანხვედრა დედნის სათაურთან საკამათოა.

აქვე გვახსენდება მსგავსი სათაური, კერძოდ „ვის უხმობს ზარი“, რომელიც ჰემინგუეის ცნობილი რომანის *“For Whom the Bell Tolls” (1940)* სათაურის ქართულ ვარიანტს წარმოადგენს. სტატიაში „ერნესტ ჰემინგუეის ნაწარმოებთა სათაურების ქართულად თარგმნის ხელოვნება“ მანანა დუმბაძე წერს: „ადამიანი კვდება და ეკლესიაში ზარებს რეკენ. ზარი კათოლიკური ეკლესიის გლოვის ტრადიციული რიტუალია, ამიტომ ბუნებრივად ჟღერს გამოთქმა: მიცვალებულისათვის რეკს ზარი“... „ზარი დატირების სინონიმია და საქართველოში ასეთ ქმედებას თან ახლავს საეკლესიო ზარების რეკვა“. ქართველი მკვლევარი სამართლიანად მიიჩნევს არასწორად ზმნის „უხმობს“ გამოყენებას, „რადგან ეკლესიის ზარის ხმის გაგონებაზე, ბუნებრივია, რომ ადამიანმა ადამიანს ჰკითხოს – ვისთვის რეკს ზარი? და არა ვის უხმობს ზარიო?“ იგი ხაზს უსვამ იმას, რომ „უბრალო, ერთმნიშვნელოვანი, აზრის ლაკონიურად გამომხატველი ზმნა “to toll”, ... „სწორედ ზარის რეკვას ნიშნავს“. სტატიის ავტორი ამ უზუსტობას იმით ხსნის, რომ თარგმანის ავტორი შესანიშნავი ქართველი პოეტი და მომღერალი ინოლა გურგულია გახლდათ, რომლის არჩევანიც, სავარაუდოდ, აღნიშნული სიტყვის ამალღებულმა ჟღერადობამ და მხატვრულობამ განაპირობა, თუმცა მაინც საქმე გვაქვს დედნის აზრის შეცვლასთან.

მანანა დუმბაძე, რომელიც ზემოთ აღნიშნულ სტატიაში ამომწურავად განიხილავს და დამაჯერებელი არგუმენტების მოხმობით აფასებს ჰემინგუეის ნაწარმოებთა ქართული თარგმანების სათაურების ადეკვატულობას, არც ცნობილი მთარგმნელის ვახტანგ ჭელიძის კრიტიკას ერიდება სათაურისთვის „განუყრელი დღესასწაული“, რომელშიც რუსული თარგმანის – “Праздник, который всегда с тобой” – გავლენა იგრძნობა. დუმბაძე განმარტავს, რომ “Movable Feast” ნიშნავს მოძრავ დღესასწაულს, ანუ დღესასწაულს, „რომლის აღნიშვნის თარიღი ყოველ წელს სხვადასხვაა. მაგალითად: ისე როგორც აღდგომის, ბზობის და სხვა. გამოთქმა “Movable Feast” საეკლესიოა, დაკანონებული და, რა თქმა უნდა, მას აქვს თავისი ქართული, რუსული და ა. შ. შესატყვისი. მაგრამ რუსი მთარგმნელები არ დაემორჩილნენ ავტორის მარტივ, უპრეტენზიო სტილს და შინაარსიდან გამომდინარე სათაური, ასე ვთქვათ, გააპატიოსნეს, მეტი ემოციური და სტილისტური დატვირთვა დააკისრეს“. ამის გამო, უპირატესობა უნდა მიენიჭოს ირაკლი კენჭოშვილის ვარიანტს „მოძრავი დღესასწაული“ [<https://scroll.ge/21894/manana-dumbadze-ernest-h/>].

### რა იწვევს სირთულეებს სათაურების თარგმნისას

ზემოთ განხილული შემთხვევები, სავარაუდოდ, მთარგმნელის მხრიდან დედნის სათაურის არასწორი ინტერპრეტაციის შედეგია. თარგმანზე საუბრისას, ცხადია, დედნის ტექსტის სწორად გაგება, მასში ჩაწვდომა, ადეკვატური თარგმანის შესრულების ერთ-ერთი

უმთავრესი პირობაა. მთარგმნელის მხრიდან გასათვალისწინებელია ნაწარმოების კონტექსტი, პოლისემია, ალუზიები და სხვა ფაქტორები. უნდა ითქვას, რომ ალუზიებს საკმაოდ ხშირად იყენებენ სათაურებში სიტყვის დიდოსტატები. კარგია, თუ მთარგმნელი ამოიცნობს ალუზიას და თუ შესაბამისი ტექსტი სამიზნე ენაზე ხელმისაწვდომია ადეკვატური თარგმანის სახით, მას გამოიყენებს.

აქ შეიძლება ბიბლიური ალუზიები გავიხსენოთ, რაც საკმაოდ ხშირია. მაგალითს მოვიყვანოთ ზემოთ ნახენები მანანა დუმბაძის სტატიიდან, სადაც განხილულია ჰემინგუეის ნაწარმოების *“The Sun Also Rises”* ორი ქართული თარგმანის სათაურები. სტატიაში აღნიშნულია, რომ ჰემინგუეის რომანის სათაური ბიბლიურ ალუზიას წარმოადგენს. ნაწარმოებს ეპიგრაფად წამძღვარებული აქვს ამონარიდი ეკლესიასტეიდან, რომელიც ვახტანგ ჭელიძემ ბიბლიის ქართული თარგმანიდან უცვლელად გადმოიტანა. სწორედ ამ ამონარიდის ნაწილია ფრაზა „აღმოხდების მზე“. სწორი თარგმანი შემოგვთავაზა ი. კენჭოშვილმაც, თუმცა დასაწყისში სიტყვა „და“ დაუმატა. მისი თარგმანი ასეთია: „და აღმოხდების მზე“. დედანში ამ „და“-ს არარსებობის გამო, მ. დუმბაძე ჭელიძის ვარიანტს უფრო ზუსტად მიიჩნევს. [<https://scroll.ge/21894/manana-dumbadze-ernest-h/>].

ოლდოს ჰაქსლის დისტოპიური რომანის *“Brave New World”* (1931) სათაური სიტყვასიტყვით ნიშნავს „ლამაზი/მშვენიერი ახალი სამყარო“, რადგან სიტყვა *“brave”* აქ სწორედ ამ მნიშვნელობით არის გამოყენებული. რატომღაც, ფრანგმა მთარგმნელმა შემოგვთავაზა ვარიანტი *“Le Meilleur des Mondes”*, რაც „ყველაზე კარგ სამყაროს“ ნიშნავს [<https://www.mentalfloss.com/article/62088/9-english-novels-strangely-translated-titles>]. მან გამოტოვა სიახლის მომენტიც. საქმე ისაა, რომ დედნის სათაური გახლავთ ალუზია შექსპირის „ქარიშხლიდან“, სადაც უდაბურ კუნძულზე გაზრდილი მირანდა, ადამიანების პირველად ხილვისას აღტაცებული წამოიძახებს:

“Oh wonder!  
How many goodly creatures are there here!  
How beauteous mankind is! Oh brave new world,  
That has such people in’t.”

<https://nosweatshakespeare.com/quotes/famous/brave-new-world/>

ვ. ჭელიძის თარგმანში გვაქვს:

„ო, საოცრებავ, ერთად ვხედავ ამდენ ლამაზ არსს!  
რა მომხიბლავი არის თურმე ადამიანი!  
ან ის ქვეყანა რა იქნება, სადაც ამდენი  
ადამიანი ცხოვრობს ერთად“ [შექსპირი, 1948:74].

მ. ანთაძის თარგმანში კი ვკითხულობთ:

„საოცარია!  
რამდენ ლამაზ ქმნილებას ვხედავ! კარგი ყოფილა

კაცთა მოდგმა! ალბათ ქვეყანაც დიდებულია, სადაც ეს ხალხი უნდა ცხოვრობდეს“  
[შექსპირი, 2020:193].

ქართველმა მთარგმნელმა თათო შანიძემ ეს სათაური თარგმნა როგორც „საოცარი ახალი სამყარო“ [ჭაქსლი, 2013], რაც სავსებით ადეკვატურია, რადგან „საოცარი“ ამ შემთხვევაში „გასაოცრად მშვენიერს“ გულისხმობს.

ალუზიას წარმოადგენს უილიამ ფოლკნერის რომანის “As I Lay Dying” სათაურიც. გავიხსენოთ ჰომეროსის „ოდისეას“ მეთერთმეტე თავი, სადაც მიცვალებილთა სამყაროში მოხვედრილ ოდისევსს აგამემნონის სული გამოეცხადება და მოუთხრობს, თუ როგორ მუხანათურად მოაკვლევინა საკუთარმა ცოლმა ისიც და მისი მხლებლებიც. მომაკვდავს, თვალებიც კი არ დამიხუჭაო, ჩივის მოღალატე ცოლზე. ეს ადგილი პანტელეიმონ ბერაძის პოეტურ თარგმანში ასე ჟღერს:

„ის ძალღატაკი არც ფიქრობდა, რომ დაეხუჭა  
ჩემთვის თვალები და შეეკრა ბაგენი ჩემი“ [ჰომეროსი, 1979:238]

ხოლო ზურაბ კიკნაძისა და თამაზ ჩხენკელის ვარიანტია:

... „გამექცა ის ძალღატაკი დიაცი, სულამომდინარეს არც პირი  
დამიმუწა და არც თვალები დამიხუჭა“ [ჰომეროსი, 2011:123].

ქართულად გვაქვს ორი ვარიანტი: ეთერ მოისწრაფიშვილის „მომაკვდავი რომ ვესვენე“ [ფოლკნერი, 2003] და მედეა ზაალიშვილის „სული რომ ამომდიოდა“ [ფოლკნერი, 2016]. ჩვენი აზრით, ექსპრესიულობისა და ემოციურობის თვალსაზრისით, მეორე ვარიანტი უფრო ახლოს დგას დედანთან. იგი ახლოსაა კიკნაძისა და ჩხენკელის თარგმანში გამოყენებული საოცრად ეფექტურ „სულამომდინარესთანაც“.

ზოგჯერ პრობლემას სათაურის ინტერპრეტაცია კი არა, კონკრეტული სიტყვის შესატყვისის პოვნა და სამიზნე ენაზე აზრის ბუნებრივად გამოხატვა წარმოადგენს. მაგალითად, თორნტონ უაილდერის ნაწარმოები “*Heaven's My Destination*” ნ. ბალანჩივაძის დისერტაციაში „თორნტონ უაილდერის დრამატურგიის მითოპოეტური ელემენტები“ [<http://dspace.nplg.gov.ge/bitstream/1234/142918/1/Disertacia.pdf>] მოხსენიებულია როგორც „ზეცა ჩემი მიზანია“. რომანის მთავარი გმირი, ევანგელისტი ჯორჯ მარვინ ბრუში გულუბრყვილო, იუმორს მოკლებული იდეალისტი და მორალისტი, რომელიც ცდილობს თავისი მხურვალე რწმენითა და პრინციპებით იცხოვრობს და სრულყოფილებას მიაღწიოს. რაღა თქმა უნდა, მორწმუნის საბოლოო ჯილდო ცათა სასუფეველია, რის დამსახურებასაც უაილდერის გმირი ცდილობს, მაგრამ „ზეცა ჩემი მიზანია“ ქართულად მაინც ვერ ჟღერს კარგად. რუსულ თარგმანებში გვაქვს “К небу мой путь” [Уайлдер, 1996, მთარგმნელი ა. გობუზოვი] და “Небо - моя обитель” [Уайлдер, 2010, მთარგმნელი ი. ზდოროვოვი]. ამ თარგმანების და იმის გათვალისწინებით, რომ სიტყვა “destination”-ის ქართული შესატყვისი „დანიშნულების ადგილია“, [ინგლისურ-ქართული ლექსიკონი, IV რვეული, D, 1996], ვფიქრობთ, უკეთესი იქნებოდა „ჩემი ადგილი ზეცაშია“, ან „ჩემი გზა ზეცისკენ მიდის“. აქვე შეგვიძლია მაგალითად მოვიყვანოთ ტომას ჰარდის რომანის “Jude the Obscure” ქართული სათაური

- „უჩინარი ჯუდი“ [<http://literatura.mcvane.ge/main/literatura/page/471/>]. მართალია, „უჩინარი“ მნიშვნელობით ახლოსაა „შეუმჩნეველთან“, რაც სიტყვა „obscure“-ის ერთ-ერთი მნიშვნელობაა, მაგრამ ეს სიტყვა მაინც განსხვავებულ ასოციაციებს აღძრავს. ნაწარმოების კონტექსტის გათვალისწინებით, ვფიქრობთ, უფრო ზუსტი შესატყვისი იქნებოდა „უმნიშვნელო“.

ზემოთ ვსაუბრობდით ისეთ პრობლემებზე, რომელთა გადაჭრა მთარგმნელის ოსტატობაზეა დამოკიდებული, მაგრამ არსებობს გარდაუვალი დანაკარგები, მაგალითად უთარგმნელ ელემენტად ითვლება სიტყვების თამაში, ასევე ყოველთვის ვერ ხერხდება თარგმანში ალიტერაციის შენარჩუნება. ალიტერაციის სათაურებში გამოყენება მეტად გავრცელებული მოვლენაა და ამის მრავალი მაგალითი არსებობს. გავიხსენოთ თუნდაც ჯეინ ოსტინის რომანის „Pride and Prejudice“ სათაური, რომელშიც ალიტერაციასთან ერთად სირთულეს წარმოადგენს ქართულ ენაზე სიტყვის „prejudice“ ზუსტი შესატყვისის მოძებნა. გვაქვს სამი სხვადასხვა ვარიანტი: „სიამაყე და მცდარი აზრი“ [ოსტინი, 2011, მთარგმნელი ანა მაცაშვილი]; „სიამაყე და ცრურწმენა“ [ოსტინი, 2014, მთარგმნელი ნინო რამიშვილი] და „ამპარტავნება და ამოჩემება“ [ოსტინი, 2019, მთარგმნელი ხათუნა ბასილაშვილი]. ალიტერაციის გადმოტანას ყველაზე მეტად ცდილა მესამე მთარგმნელი, რომელსაც ამისთვის შინაარსის მხრივ კომპრომისზე წასვლაც მოუწია. ეს ჩვენი პირადი შეხედულებაა. ამ ვარიანტს იწონებს ლ. ბერძენიშვილი თარგმანისადმი თანდართულ ანოტაციაში, სადაც იგი აღნიშნავს: „წიგნი სათაური ნახევარი საქმეა, ძალიან ბევრს ნიშნავს. ბევრი კარგი წიგნი გაუფუჭებია სათაურს“ [„ამპარტავნება და ამოჩემება“, ანოტაცია, 2019].

ალიტერაციაზე ზემოთაც გვქონდა საუბარი, როდესაც ქართველმა მთარგმნელმა სათანადო ეფექტის მისაღწევად სათაურში სიტყვა ჩაამატა და მივიღეთ ტირიფებში მოშრიალე ქარი“ (დედნის სათაურია „The Wind in the Willows“). ეს ძალიან კარგი მიგნებაა. დავასახელოთ რამდენიმე ალიტერაციული სათაური: უილიამ შექსპირის „Love's Labour's Lost“, ჯონ სტეინბეკის „Of Mice and Men“, ჩარლზ დიკენსის „A Tale of Two Cities“, ასევე „The Pickwick Papers“, სკოტ ფიცჯერალდის „The Great Gatsby“, ჰანს ქრისტიან ანდერსენის „The Princess and the Pea“. ქართველი მთარგმნელების სასახელოდ უნდა ითქვას, რომ ალიტერაციის შენარჩუნება ბევრმა მათგანმა მოახერხა. ამის მაგალითებია: გივი გაჩეჩილადის „აურზაური არაფრის გამო“ [შექსპირი, 1987], ვეკა გეგეჭკორის „ამბავი თავთა და კაცთა“, მერი იანქოშვილის და ნათელა კეშელავას „პიკვიკის კლუბის ჩანაწერები“ [დიკენსი, 2014], მერი ტიტვინიძის „პრინცესა ცერცვის მარცვალზე“ [ანდერსენი, 2013].

კიდევ უფრო რთულია სიტყვების თამაშის გადმოტანა, რადგან თუკი ალიტერაციის შემთხვევაში მთარგმნელის ამოცანა აზრობრივი შესატყვისის პოვნასთან ერთად სათანადო ჟღერადობის შექმნაში მდგომარეობს, სიტყვების თამაში სიტყვის ორმაგ მნიშვნელობას წარმოაჩენს და მხოლოდ ბედნიერი დამთხვევის წყალობით არის შესაძლებელი, რომ სამიზნე ენაზე მოცემული სიტყვის ეკვივალენტსაც ორმაგი მნიშვნელობა ჰქონდეს. სიტყვების თამაშის ერთ-ერთი ყველაზე გავრცელებული მაგალითია ოსკარ უაილდის „The Importance of being Earnest“. აქ სირთულეს ქმნის სიტყვის „Earnest“ ორმაგი მნიშვნელობა - „სერიოზული“,

„გულწრფელი“ [ინგლისურ-ქართული ლექსიკონი, V რვეული, E, 1997] და საკუთარი სახელი „ერნესტი“. ქართულ თარგმანში დანაკარგი გარდაუვალია. თუმცა, ვნახოთ, როგორ ცდილა ქართველი მთარგმნელი ამ დანაკარგის კოპენსაციას: ჟურნალ „ხელოვნების“ 1993 წლის 3-4 ნომერში დაბეჭდილია ხსენებული პიესის როლანდ კალანდამისეული თარგმანი სათაურით „დაარქვით ერნესტი ანუ სერიოზულობის მაძლი“. სიტყვების თამაში ვერ გადმოვიდა, მაგრამ ეს ოდნავ გავრცობილი სათაური მიგვანიშნებს ნაწარმოების მსუბუქ, იუმორისტულ განწყობაზე, რაც, ჩვენი აზრით, ბევრად უკეთესია, ვიდრე პირდაპირ გადმოტანილი „სერიოზულობის/გულწრფელობის მნიშვნელობა“ ან „რა მნიშვნელოვანია იყო სერიოზული/გულწრფელი“.

სიტყვების თამაშზე აგებული სათაურების სხვა მაგალითებია: ტერი პრეჩეტის “Equal Rites” (rites – rights, ლ.ე.) ქეს ჰანტერის “The After Wife” (wife – life, ლ.ე.) პირს ენტონის Night Mare (night mare – nightmare, ლ.ე.), ბრიჯიტ ესექსის A Knight to Remember (knight – night, ლ. ე.) და სხვანი [https://www.goodreads.com/list/show/3315.Titlemania I Puns in Titles](https://www.goodreads.com/list/show/3315.Titlemania_I_Puns_in_Titles)

### დასკვნა

სათაურის თარგმანი, სახელდობრ, ლიტერატურული ნაწარმოების სათაურის თარგმანი არაერთ მეცნიერს აურჩევია კვლევის ობიექტად და მათი სოლიდური შრომები ნათლად წარმოგვიჩენს სათაურის მნიშვნელობას, გვთავაზობს სათაურის ფუნქციათა ვრცელ ჩამონათვალს, გვაცნობს სათაურთა თარგმნის სხვადასხვა მეთოდებს. ჩვენი განხილვის საგანს ინგლისურ ლიტერატურულ ნაწარმოებთა სათაურების სხვა ენაზე, კერძოდ (უმეტეს შემთხვევებში) ქართულად თარგმნასთან დაკავშირებული სირთულეები შეადგენს. როგორც ირკვევა, მხატვრული ნაწარმოების სათაურის ერთი ენიდან მეორეზე გადატანისას, მთარგმნელის ამოცანა, უპირველეს ყოვლისა, მის სწორად ინტერპრეტაციაში მდგომარეობს. სწორედ ეს ხდება ყველაზე ხშირად აზრის დამახინჯების მიზეზი, რისი მაგალითებიც განხილული გვაქვს ჩვენს სტატიაში.

ინტერპრეტაციის პრობლემაზე საუბრისას განსაკუთრებული ყურადღება ალუზიებზე გავამხვილეთ. განხილული მაგალითებიდან ჩანს, თუ რა მნიშვნელოვანია ალუზიის თარგმანში ასახვა და რა როლი აკისრია მის ჩაწვდომას სათაურის ინტერპრეტაციაში.

არის შემთხვევები, როდესაც მთავარი პრობლემა სათაურის ინტერპრეტაციაში კი არა, არამედ მისი ან მასში შემავალი კონკრეტული სიტყვის ისეთი შესატყვისის მოძიებაში მდგომარეობს, დედნისეულ აზრს რომ სწორად გადმოსცემდეს და სამიზნე ენაზეც ბუნებრივად ჟღერდეს. ასეთ შემთხვევებში გასათვალისწინებელია პოლისემია და ორივე ენის სპეციფიკა.

საბოლოოდ, სათაურის თარგმნისას ყველაზე დიდ პრობლემას ალიტერაცია და სიტყვების თამაში ჰქმნის. მათგან პირველი კიდევ ექვემდებარება მეორე ენაზე გადატანას, მაშინ როდესაც მეორე პრაქტიკულად უთარგმნელ ელემენტს წარმოადგენს და საძიებელია ამ დანაკარგის მეტ-ნაკლებად კომპენსირების გზები.



ჩვენ მიერ განხილული საკითხის აქტუალობიდან გამომდინარე, ვიმედოვნებთ, რომ წინამდებარე სტატიაში მოცემული ანალიზი და დასკვნები ინტერესმოკლებული არ იქნება მისი მკითხველისათვის.

### გამოყენებული ლიტერატურის სია:

- ანდერსენი ჰ., „პრინცესა ცერცვის მარცვალზე“ თბ., პალიტრა L, 2013.
- ბალანჩივაზე ნ., „თორნთონ უაილდერის დრამატურგიის მითოპოეტიკური ელემენტები“, დისერტაცია ფილოლოგიის დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად, თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი, თბ., 2006.  
<https://dspace.nplg.gov.ge/bitstream/1234/142918/1/Disertacia.pdf>, Last visit: 11/23/22
- გაბადაძე მ., „მხატვრული ტექსტის სათაური როგორც ენობრივ-კულტურული ფენომენი და მისი ტიპოლოგიური დინამიკა ინგლისური პროზის კონტექსტში“, დისერტაცია ფილოლოგიის დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად, აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი, ქუთაისი, 2015.  
[[https://atsu.edu.ge/images/pdf/disertaciebi/disertacia\\_gabadadze.pdf](https://atsu.edu.ge/images/pdf/disertaciebi/disertacia_gabadadze.pdf)] Last visit: 11/27/22
- გრემი კ., „ტირიფებში მოშრიალე ქარი“ ბაკურ სულაკაურის გამომცემლობა, 2016
- დიკენსი ჩ., „პიკვიკის კლუბის ჩანაწერები“ თბილისი : „პალიტრა L“, 2014
- დუმბაძე მ., „ერნესტ ჰემინგუეის ნაწარმოებთა სათაურების ქართულად თარგმნის ხელოვნება“, <https://scroll.ge/21894/manana-dumbadze-ernest-h/> Last visit: 12/3/22
- კიპლინგი რ., „მაუგლი“, „პალიტრა L“, 2020
- ლი, ჰ., „ნუ მოკლავ ჯაფარას“, გამომცემლობა „ბაკურ სულაკაურის გამომცემლობა“, 2015
- ორუელი ჯ., „ცხოველების ფერმა“ თბ. „სიესტა“, 2006
- ოსტინი ჯ., „სიამაყე და მცდარი აზრი“, თბ., „არეტე“, 2011
- ოსტინი ჯ., „სიამაყე და ცრურწმენა“, თბ., „პალიტრა L“, 2014
- ოსტინი ჯ., „ამპარტავნობა და ამოჩემება“, თბ., „პალიტრა L“, 2019
- სელინჯერი ჯ., „თამაში ჭვავის ყანაში“, „ნაკადული“, 1963
- სელინჯერი ჯ., „კლდის პირზე, ჭვავის ყანაში...“ „დიოგენე“, 2006.
- სტეინბეკი ჯ., „ამბავი თაგვთა და კაცთა“, „iBooks“, 2017
- სტივოტერი მ., „ვის უხმობს ყორანი“, „პალიტრა L“, 2018
- უაილდი ო., „დაარქვით ერნესტი ანუ სერიოზულობის მადლი“, „ჟურნალი „ხელოვნება“, 3-4. გამომცემლობა „სამშობლო“, თბილისი, 1993, გვ 145
- ფოლკნერი უ., „მოთხრობები“, „ეთერ მოისწრაფიშვილის წიგნები“, 2003
- ფოლკნერი უ., „სული რომ ამოდოდა“, „არტანუჯი“, 2016
- ქავთარაძე ნ., „მხატვრულ-ლიტერატურული ტექტების სათაურების თარგმნის სირთულები“ <https://ojs.iliauni.edu.ge/index.php/eish/article/view/581>, 2021, Last visit: 11/23/22
- შექსპირი უ., „უილიამ შექსპირი. პიესები“ „სახელგამი“, თბილისი. 1948. გვ 74.



# The Problems Connected with Translating Titles of English Literary Works into Georgian

Lela Ebralidze

Ivane Javakhishvili Tbilisi State University Assistant Professor, Doctor of Philology

<https://orcid.org/0000-0003-0802-4085>

---

## Abstract

The present paper deals with the problem of translating titles of English literary works into Georgian. It demonstrates the significance of titles and offers classification of their functions, translation methods, and examples of distorting titles by translators; also determines the difficulties connected with translating titles. Different methods, approaches and problems are illustrated by a number of examples from literary translations. Based on the analysis, the factors causing the most difficulties in translation, which are responsible for the most errors and losses, are identified. Such factors include misinterpretation, as well as oversight of specific features of the target language, polysemy and context, when a translator does not really distort the meaning, but fails to find such equivalents in the target language, which would sound natural and understandable for target readers. Significant problems revealed by analysis of examples are alliteration, which is not always possible to maintain in translation, and puns, which are considered practically untranslatable.

**Key words:** *translation of titles, interpretation, polysemy, context, alliteration, puns*

## ძლიერი ხანძრების FDS მოდელირება გვირაბების კომბინირებული ვენტილაციის პირობებში

ომარ ლანჩავა<sup>1</sup>, გიორგი ნოზაძე<sup>2</sup>

<sup>1</sup> შრომის უსაფრთხოებისა და საგანგებო სიტუაციების მართვის დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, თბილისი, საქართველო

<sup>2</sup> საბაგრო გზების ლაბორატორია, გ. წულუკიძის სამთო ინსტიტუტი, თბილისი, საქართველო

### აბსტრაქტი

განხილულია ერთგვირაბიანი ორმხრივი მოძრაობის საავტომობილო გვირაბი, რომლის ცრუ ჭერში მოწყობილია ერთმანეთის პარალელური და ერთმანეთისაგან იზოლირებული ორი სავენტილაციო არხი. სტანდარტულ პირობებში გამოიყენება კომბინირებული - ნახევრად განივი ვენტილაციის სისტემა. სუფთა ჰაერის მიწოდება ხდება გვირაბის გასწვრივ განივი სქემით, ხოლო გაჭუჭყიანებულის არინება გრძივი სქემით - სატრანსპორტო გვირაბის პორტალებიდან. ხანძრის შემთხვევაში როგორც ჰაერის მიწოდება, ისე მისი არინება ხდება განივი სქემით, მითითებული სავენტილაციო არხებით. 50-100 მგვტ სიმძლავრის ხანძრის მიწისქვეშ განვითარების სცენარები შესწავლილია 400 მ სიგრძის გვირაბის მონაკვეთისათვის FDS მოდელირების საფუძველზე. ნაშრომში წარმოდგენილია ანალოგიური სიმძლავრის ხანძრების განვითარება და დამაზიანებელი ფაქტორების გავრცელების დინამიკა ძირითად სატრანსპორტო გვირაბში. რიცხვითი მოდელირების დროს მოქმედებს როგორც ჩვეულებრივი, ისე სახანძრო ვენტილაცია. ორივე ვენტილაცია, როგორც უკვე აღინიშნა მოქმედებს ნახევრადგანივი პრინციპით. სავენტილაციო ფანჯრებში ენერგიული მექანიკური გაწოვისა და მოქნილი სავენტილაციო ცეცხლგამძლე ბარიერების გამოყენების შედეგად შესაძლებელია ნამწვი აირების გავრცელების შეფერხება, რითაც შესაძლებელია ევაკუაციის ეფექტურობის ამაღლება სიცოცხლის გადასარჩენად. ანალოგიურ პირობებში შემთხვევათა განხილვის ცალსახობისათვის შემოტანილია ფანჯრებში გაწოვის კრიტიკული სიჩქარე, რომლის კრიტიკული რიცხვითი სიდიდე პირველი მიახლოებით აკმაყოფილებს უტოლობას  $u_{c,exh} \geq 20$  მ/წმ. ნაშრომში ნაჩვენებია, რომ მოქნილი ტრანსფორმირებადი ბარიერების გამოყენებით შესაძლებელია შევადგინოთ წვის პროდუქტების უკონტროლო გავრცელება გვირაბის სავალი ნაწილის გასწვრივ, რაც მხედველობაში უნდა იქნეს მიღებული უბედურების ზონაში მოქცეული ადამიანების ევაკუაციასთან დაკავშირებული გადაწყვეტილებების მიღების დროს.

საკვანძო სიტყვები: ხანძრის განვითარება მიწისქვეშ, კრიტიკული სიჩქარე, კომბინირებული ვენტილაცია, უკუდინება, FDS მოდელირება.

## 1. შესავალი

განხილულია ერთგვირაბიანი ორმხრივი მოძრაობის საავტომობილო გვირაბი, რომლის ცრუ ჭერში მოწყობილია ერთმანეთის პარალელური და ერთმანეთისაგან იზოლირებული ორი სავენტილაციო არხი. სტანდარტულ პირობებში გამოიყენება კომბინირებული - ნახევრად განივი ვენტილაციის სისტემა. აღნიშნული სისტემის პირობებში, სუფთა ჰაერის მიწოდება ხდება მითითებული ერთ-ერთი სავენტილაციო არხით გვირაბის გასწვრივ განივი სქემით. გვირაბში სუფთა ჰაერის მისაწოდებლად აღნიშნული არხის ფსკერზე, რომელიც იმავდროულად არის სატრანსპორტო გვირაბის ჭერი, მოწყობილია სავენტილაციო ფანჯრები. გაჭუჭყიანებული ჰაერის არინება იმავე სტანდარტულ პირობებში ხდება საავტომობილო გვირაბის გასწვრივ გრძივი წესით გვირაბის სავალი ნაწილის პორტალების გამოყენებით. ამ შემთხვევაში მეტ-ნაკლებად მიღწევადია ვენტილაციის განივი სისტემისათვის დამახასიათებელი უფრო მეტი უსაფრთხოების მიღწევა შედარებით ნაკლები დანახარჯებით. აღნიშნული უპირატესობა გამოვლინდება სახანძრო ვენტილაციის ამოქმედების შემთხვევაში.

სახანძრო ვენტილაციის პირობებში სუფთა ჰაერის მიწოდება ხდება აღწერილი წესით. წვის პროდუქტებით გაჯერებული ჰაერის არინება კი ხდება ჰაერმიმწოდებელი არხის პარალელური მეორე იზოლირებული არხით. გაჭუჭყიანებული ჰაერი იმავდროულად ცდილობს ინერციით გააგრძელოს მოძრაობა ძირითადი სატრანსპორტო გვირაბით. ამოცანა არის გაჭუჭყიანებული ჰაერის მოძრაობის შეფერხება გვირაბის აეროდინამიკური წინაღობის ხელოვნურად გაზრდის გზით იმ მიზნით, რომ ევაკუაცია იქნეს შესაძლებელი ნამწვი აირების ადამიანებზე წამოწევის გარეშე მათი მოძრაობის გზაზე ძირითად სატრანსპორტო გვირაბში. ამ დროს გვირაბის აეროდინამიკური წინაღობის ხელოვნურად გაზრდა ხდება მოქნილი ხანძარსაწინააღმდეგო ცეცხლგამძლე ბარიერის საშუალებით, რომელიც დაცულია საქართველოს პატენტით P 2022 7371 [1].

## 2. თეორია

ჰორიზონტალური გვირაბის მოდელზე მცირე სიმძლავრის ხანძრის განვითარების სხვადასხვა სცენარების ანალიზის გზით თომასმა შეამჩნია [2], რომ წვის პროდუქტები ხანძრის კერის ორივე მხარეზე ვრცელდებოდა. წვის პროდუქტების ვენტილაციის საპირისპირო გავრცელების მანძილი, ანუ უკუდინების სიგრძე სავენტილაციო სიჩქარის გაზრდით თანდათან კლებულობდა და გარკვეულ სიჩქარეზე, რომელსაც კრიტიკული სიჩქარე ეწოდა, მთლიანად ქრებოდა. თომასის ექსპერიმენტების დროს ხანძრის სიმძლავრისა და ჰაერის ხარჯის მცირე მასშტაბების გამო დაშვება იმის შესახებ, რომ სუფთა ჰაერი და წვის პროდუქტები თანაბრად ერეოდა ერთმანეთში, სამართლიანი იყო [3]. თომასი აღნიშნულ დაშვებაზე დაფუძნებით აგრეთვე აღნიშნავდა, რომ კრიტიკული სიჩქარე 3 მ/წმ უმეტესი გვირაბებისათვის საკმარისი იყო უკუდინების თავიდან ასაცილებლად. იმავე სიდიდის

კრიტიკული სიჩქარეები მითითებულია სხვა ნაშრომებშიც [4, 5], რაც ნაშრომებში [6-10] ჩვენ არ გავიზიარეთ დადებითი მიმართულების სავენტილაციო ნაკადებისათვის, მაგრამ თვით კრიტიკული სიჩქარის ცნება მნიშვნელოვანია სახანძრო ვენტილაციის დასამუშავებლად, ხანძრის წინააღმდეგ ბრძოლის საქმეში და სიცოცხლის გადასარჩენად. ჩვენ ვიყენებთ კრიტიკულ სიჩქარეს და განსაზღვრული გვაქვს მისი რიცხვითი სიდიდეები ბუნებრივი ვენტილაციის პირობებში [11].

კრიტიკული სიჩქარე ჰორიზონტალური გვირაბებისათვის განისაზღვრება ფორმულით

$$u_c = k \left( \frac{g \dot{Q}_c H}{\rho_0 c_p T A} \right)^{1/3} \quad (1)$$

სადაც  $u_c$  არის კრიტიკული სიჩქარე, მ/წმ;  $k$  - პროპორციულობის მუდმივა;  $g$  - გრავიტაციული აჩქარება, მ/წმ<sup>2</sup>;  $\dot{Q}_c$  - კონვექციური სითბო, კვტ;  $H$  - გვირაბის სიმაღლე, მ;  $\rho_0$  - გარე აირის სიმკვრივე, კგ/მ<sup>3</sup>;  $c_p$  - ჰაერის კუთრი თბოტევადობა, კჯ/(კგ·K);  $T$  - კვამლის საშუალო ტემპერატურა, K;  $A$  - გვირაბის განივი კვეთის ფართობი, მ<sup>2</sup>.

პროპორციულობის მუდმივა განისაზღვრება ფრუდის კრიტიკული რიცხვით

$$k = Fr_c^{-1/3} \quad (2)$$

ფრუდის კრიტიკული რიცხვი განისაზღვრება ფორმულით

$$Fr_c = \frac{\Delta \rho g H}{\rho_0 u_c^2} \quad (3)$$

სადაც  $\Delta \rho$  არის სიმკვრივეთა სხვაობა გარე ჰაერსა და კვამლს შორის, კგ/მ<sup>3</sup>. დანარჩენი სიდიდეები განიმარტა ზემოთ.

ხანძრის მიერ გამოყოფილი კონვექციური სითბო განისაზღვრება ფორმულით

$$\dot{Q}_c = \rho_0 c_p u_0 A \Delta T \quad (4)$$

სადაც  $u_0$  არის გრძივი ვენტილაციის საწყისი სიჩქარე, მ/წმ;  $\Delta T$  - ტემპერატურათა სხვაობა კვამლსა და გარე ჰაერს შორის, K.

კვამლის საშუალო ტემპერატურა განისაზღვრება ფორმულით

$$T = T_0 + \frac{\dot{Q}_c}{\rho_0 c_p A u_c} \quad (5)$$

სადაც  $T_0$  არის გარე ჰაერის ტემპერატურა, K. დანარჩენი სიდიდეები განიმარტა ზემოთ.

ხანძრის საერთო სიმძლავრე განისაზღვრება კონვექციური სითბოს მიხედვით ფორმულით

$$Q = 1.43 \dot{Q}_c \quad (6)$$

უკუდინების სიგრძე განისაზღვრება შემდეგი ფორმულით

$$\frac{L_b}{H} = 18.5 \ln(u_{cs}/u_c) \quad (7)$$

სადაც განმარტებული სიდიდეების გარდა  $L_b$  არის უკუდინების სიგრძე, მ;  $u_{cs}$  - კრიტიკული სიჩქარე დახრილ გვირაბში, მ/წმ.

მიუხედავად იმისა, რომ აღწერილი სახანძრო ვენტილაციის სქემა გულისხმობს გაჭუჭყიანებული ჰაერის გრძივი წესით არინებაზე ხელის აღებას და ჭუჭყიანი ჰაერის არინების განივ პრინციპზე გადაყვანას, გაჭუჭყიანებული ჰაერის სატრანსპორტო გვირაბის გავლით გრძივ მოძრაობას მაინც აქვს ადგილი კლასიკური (თომასის მიერ შემოღებული) კრიტიკული სიჩქარის  $u_c$  რიცხვითი სიდიდის მიუხედავად, რადგან ჰაერი აგრძელებს მოძრაობას ინერციით იმავე ან მასთან მიახლოებული სიჩქარით.

წნევის ცვალებადობა კი ვრცელდება ბგერის სიჩქარით, რაც მნიშვნელოვანია სახანძრო სავენტილაციო ფანჯრებში ენერგიული მექანიკური გაწოვის შედეგების მისაღებად. აღნიშნული ენერგიული გაწოვა გამოიწვევს კრიტიკული სიჩქარის ( $u_c$ ) რიცხვითი სიდიდის შემცირებას, რაც აგრეთვე შეამცირებს წვის მავნე პროდუქტების გავრცელებას გვირაბის სავალი ნაწილის გასწვრივ. აღნიშნული დებულება დაადასტურა რიცხვითი მოდელირების შედეგებმა. ანალოგიურ პირობებში შემთხვევათა განხილვის ცალსახობისათვის შემოგვაქვს ფანჯრებში გაწოვის კრიტიკული სიჩქარის ( $u_{c,exh}$ ) ცნება. მისი კრიტიკული რიცხვითი სიდიდე პირველი მიახლოებით აკმაყოფილებს უტოლობას  $u_{c,exh} \geq 20$  მ/წმ.

აღნიშნული უტოლობა ძალაშია როგორც ჰორიზონტალური, ისე დახრილი გვირაბების პირობებში.

### 3. მოდელირების შედეგები და დისკუსია

ნაშრომში წარმოდგენილი კვლევები შესრულებულია FDS მოდელირების საფუძველზე 400 მ სიგრძის გვირაბის მონაკვეთისათვის. ძირითადი სატრანსპორტო გვირაბის განივი კვეთის ფართობი შეადგენს 57.5 მ<sup>2</sup>. გვირაბის სავენტილაციო სისტემა წარმოდგენილია ნახევრად განივი სავენტილაციო სქემით. სტანდარტული ვენტილაციის უზრუნველსაყოფი სავენტილაციო არხის განივი კვეთი შეადგენს 8 მ<sup>2</sup>. აღნიშნულ არხში მოწყობილია 0.175 მ<sup>2</sup> ფიქსირებული ფართობის მქონე სავენტილაციო ფანჯრები, რომელთა შორის მანძილი შეადგენს 15 მ და რომელთა მეშვეობითაც ხდება სუფთა ჰაერის მიწოდება გვირაბში როგორც ჩვეულებრივი რეჟიმის დროს, ისე ხანძრის პირობებში. 0.175 მ<sup>2</sup> ფიქსირებული ფართობის მქონე სავენტილაციო ფანჯრების საერთო რიცხვი ყოველ შესრულებულ მოდელზე შეადგენს 26 ცალს. სახანძრო სავენტილაციო არხის განივი კვეთი შეადგენს 10 მ<sup>2</sup>, არხის ფსკერზე (ანუ სატრანსპორტო გვირაბის ჭერში) მოწყობილია 8 მ<sup>2</sup> ფიქსირებული ფართობის მქონე სახანძრო სავენტილაციო ფანჯრები ერთმანეთისაგან 90 მ მანძილზე. ყოველ მოდელზე ანალოგიური ფანჯრების საერთო რიცხვი შეადგენს 5 ცალს. ჩვეულებრივ პირობებში სახანძრო სავენტილაციო ფანჯრები დახურულია და გვირაბის ვენტილაცია ხდება კლასიკური ნახევრად-განივი წესით: ჰაერის მიწოდება ხდება მითითებული 8 მ<sup>2</sup> ფართობის სავენტილაციო არხით და 0.175 მ<sup>2</sup> ფიქსირებული ფართობის მქონე სავენტილაციო ფანჯრებით, ხოლო გაჭუჭყიანებული ჰაერის არინება ხდება გრძივი წესით, სატრანსპორტო გვირაბის მეშვეობით. ხანძრის პირობებში, როგორც უკვე აღინიშნა, ჰაერის მიწოდების სქემა უცვლელია, ხოლო გაჭუჭყიანებული ჰაერის არინების გრძივი სქემა იცვლება განივით. განივ სქემაზე გადასვლა ხდება 8 მ<sup>2</sup> ფიქსირებული ფართობის მქონე სახანძრო სავენტილაციო ფანჯრების გაღებით და გაჭუჭყიანებული ჰაერის გაწოვით სახანძრო არხის გავლით.

ნაშრომში წარმოდგენილია 50-100 მგვტ სიმძლავრის ხანძრების განვითარება და დამაზიანებელი ფაქტორების გავრცელების დინამიკა ძირითად სატრანსპორტო გვირაბში. რიცხვითი მოდელირების დროს მოქმედებს როგორც ჩვეულებრივი, ისე სახანძრო ვენტილაცია. ორივე ვენტილაცია, როგორც უკვე აღინიშნა მოქმედებს ნახევრადგანივი პრინციპით.

რიცხვითი კვლევის შედეგების პრაქტიკაში გამოყენების ინტერესებიდან გამომდინარე, მომზადდა და რეალიზებულ იქნა ხანძრის განვითარების რამდენიმე ძირითადი სცენარი: N1 - ხანძარი მიმდინარეობს, როდესაც ერთობლივად ფუნქციონირებენ სტანდარტული და სახანძრო ვენტილაცია. ღია სახანძრო ვენტილაციისათვის საჭირო 8 მ<sup>2</sup> განივი კვეთის მქონე ფანჯარა, რომელიც განლაგებულია მარცხენა პორტალის მხარეზე ცეცხლის კერიდან 90 მ მანძილზე. N1 სცენარის დროს მოქნილი ცეცხლგამძლე ბარიერი ამოქმედებული არ არის.

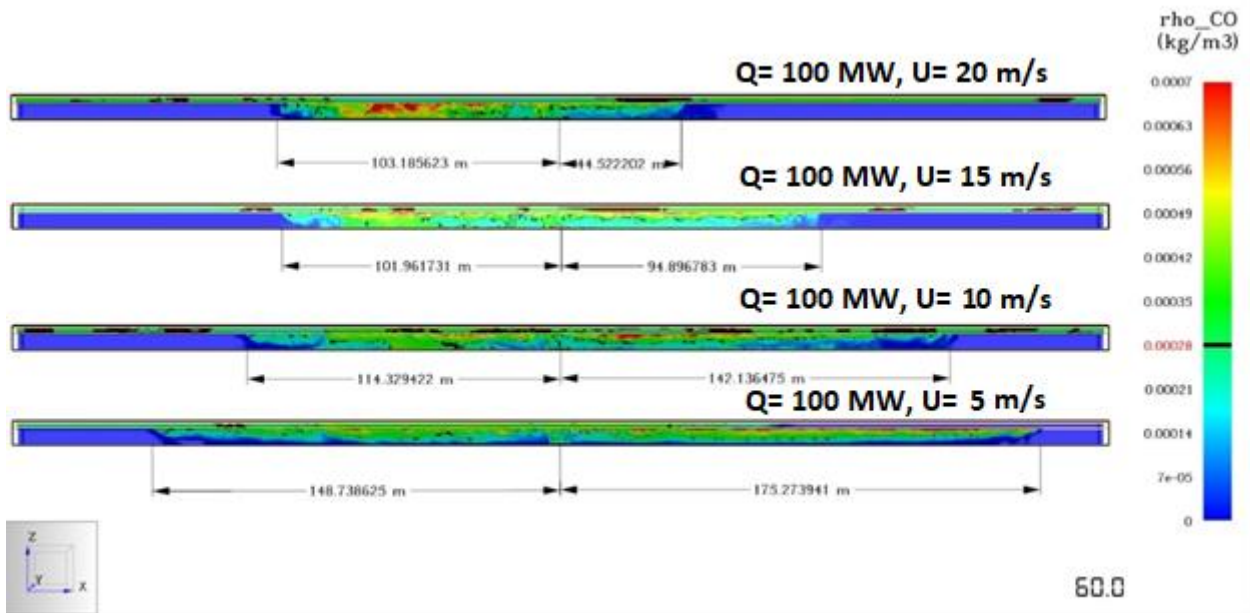
N2 სცენარი სრულად იმეორებს N1 სცენარს, N2 სცენარში ღია სახანძრო ფანჯარასთან დამატებით, ცეცხლის კერიდან 94 მ მანძილზე, მარცხენა პორტალის მხარეზე, ამოქმედებულია მოქნილი ცეცხლგამძლე ბარიერი.

N3 სცენარი - ხანძრის მიმდინარეობისას სტანდარტული და სახანძრო ვენტილაცია ერთობლივად ფუნქციონირებენ, ღია სახანძრო ვენტილაციისათვის საჭირო ორი ფანჯარა. ერთი მათგანი ამოქმედებულია ცეცხლის კერიდან 90 მ მანძილზე მარცხენა პორტალის მხარეზე, ხოლო მეორე მათგანი - ცეცხლის კერიდან 109 მ მანძილზე მარჯვენა პორტალის მხარეზე. ორივე სავენტილაციო ფანჯარასთან, ცეცხლის კერიდან მოშორებით, პორტალების მხარეებზე ამოქმედებულია თითო ცალი მოქნილი ცეცხლგამძლე ბარიერი.

ყოველი სცენარის შემთხვევაში დაცული იყო შემდეგი საწყისი და სასაზღვრო პირობები: ჩვეულებრივი სტანდარტული ვენტილაციისა და სახანძრო ვენტილაციის მოდელირება ითვალისწინებდა ჰაერის რაოდენობის 33 %-ით ზრდას წვის პროდუქტების მატების ხარჯზე ისეთნაირად, რომ სუფთა ჰაერის მისაწოდებელ არხში და გაჭუჭყიანებული ჰაერის ასარინებელ არხში ერთი და იმავე სავენტილაციო ნაკადის პირობებში დაცული იყო ერთნაირი სიჩქარე - 5, 10, 15 და 20 მ/წმ ყოველ მათგანში. მოდელირების დრო შეადგენდა 60 წმ. საწყისი და სასაზღვრო პირობების ასეთი კონფიგურაცია თითოეული სცენარის შეფასების საშუალებას იძლევა. ამის შედეგად გამოვკვეთება ის თავისებურებანი, რაც ახასიათებს ხანძრის უფრო რეალისტურად მიმდინარე სცენარს, თომასის სცენართან შედარებით, რომელიც, როგორც უკვე აღინიშნა, სავენტილაციო ჰაერის ხარჯის 100 %-იან ზრდას ითვალისწინებდა ნამწვი აირების ხარჯზე.

ფიგ. 1-ზე წარმოდგენილია 1-ლი სცენარის რეალიზაციის შედეგები ძირითად სატრანსპორტო გვირაბში ერთ-ერთი დამაზიანებელი ფაქტორის - ნახშირბადის მონოქსიდის CO-ს გავრცელების მაგალითზე 100 მგვტ სიმძლავრის ხანძრისათვის.





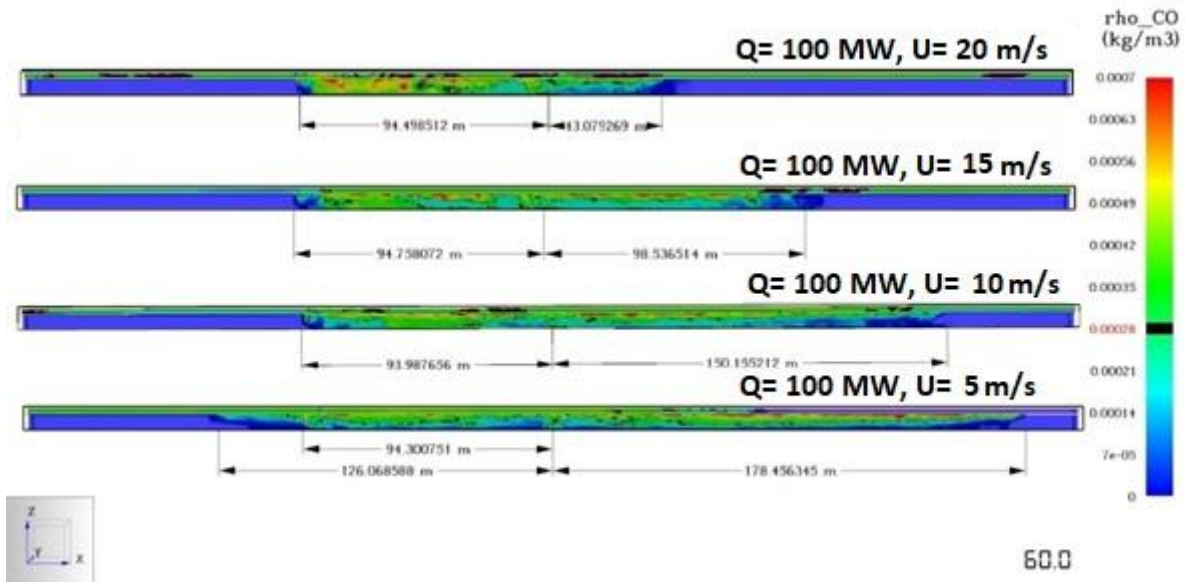
ფიგ. 1. სახანძრო და სტანდარტული ვენტილაციის ერთობლივი მოქმედებისას, ნახშირბადის მონოოქსიდის კონცენტრაციის ცვალებადობა გვირაბში, ცეცხლგამძლე ბარიერით შემოუსაზღვრავი ხანძრის პირობებში

ფიგ. 1-დან ჩანს, რომ საწყისი პირობისათვის, როცა სახანძრო სავენტილაციო ფანჯრებიდან გაწოვის კრიტიკული სიჩქარე აკმაყოფილებს პირობას  $u_{c.exh} \geq 20$  მ/წმ, ძირითად სატრანსპორტო გვირაბში პრაქტიკულად ადგილი აღარ აქვს ნამწვი აირების გავრცელებას ამოქმედებული სახანძრო ფანჯრის ფარგლებს გარეთ. აღნიშნული განსაკუთრებით გამოკვეთილად ჩანს მარჯვენა პორტალის მხარეზე.

აღსანიშნავია, რომ პირობას  $u_{c.exh} \geq 20$  მ/წმ გადამწყვეტი მნიშვნელობა აქვს უსაფრთხო სავენტილაციო მდგომარეობის შექმნის თვალსაზრისით. ამასთან ერთად, შედარებით უფრო მეტად მძიმდება სიტუაცია ხანძრის ორივე მხარეზე, როდესაც სახანძრო ვენტილაციის სიჩქარე შედარებით დაბალია და არ აღემატება 15 მ/წმ როგორც სახანძრო ვენტილაციის ფანჯრებში, ისე გაჭუჭყიანებული ჰაერის ასარინებელ არხში.

ხანძრის შედეგად გამოყოფილი ნამწვი აირების სწრაფი და ეფექტური ლოკალიზაციისათვის, შემოთავაზებულია საქართველოს პატენტი P 2022 7371 დაცული მეთოდის გამოყენება, რაც მდგომარეობს სახანძრო ფანჯრებთან ცეცხლგამძლე ბარიერების გარკვეული წესით დამონტაჟებასა და საჭირო დროს მათ ამოქმედებაში. კერძოდ, მე-2 სცენარში მოქნილი ტრანსფორმირებადი ცეცხლგამძლე ბარიერი დამონტაჟებულია მარცხენა პორტალის მხარეზე მდებარე სახანძრო ფანჯრის მახლობლად 4 მ მანძილზე (ხანძრის კერიდან კი 94 მ მანძილზე), რის შედეგადაც ხანძრით აღძრულ ნაკადზე მისი ზემოქმედებით ხდება ნაკადის ინერციით გავრცელების შესაძლებლობის ბლოკირება ბარიერს მიღმა.

ფიგ. 2-ზე წარმოდგენილია ხანძრის განვითარების სიტუაციური სურათი, როდესაც მარცხენა პორტალის მხარეზე მდებარე სახანძრო ფანჯრის მახლობლად, ფანჯრიდან 4 მ მანძილზე, გვირაბის ჭერიდან იატაკის მიმართულებით დამონტაჟებულია 2 მ სიმაღლის ცეცხლგამძლე ბარიერი.

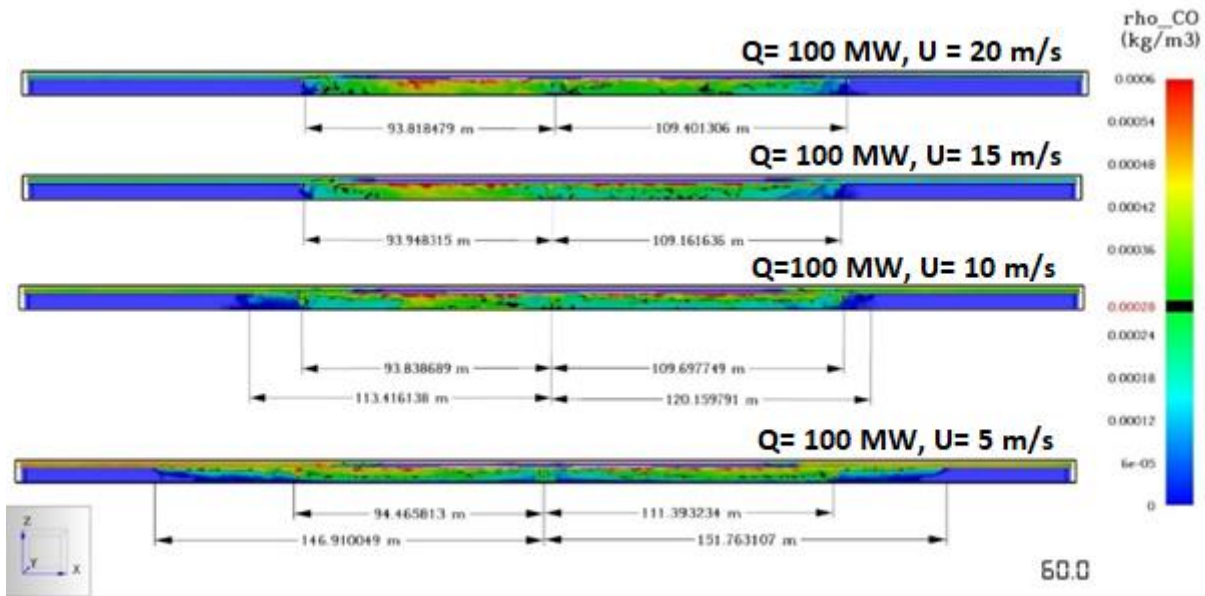


ფიგ. 2. ხანძრის განვითარების სცენარი ერთდროულად მოქმედი სახანძრო და სტანდარტული ვენტულაციის დროს, ცეცხლგამძლე ბარიერით ცალმხრივად შემოსაზღვრული ხანძრის კერის პირობებში.

როგორც ფიგ.2-დან ჩანს, ხანძრის კერიდან მარცხენა მხარეზე დამონტაჟებულ მოქმედ სახანძრო ფანჯარასთან, რომელიც ხანძრის კერიდან 94 მ მანძილზე არის განლაგებული, ცეცხლგამძლე ბარიერის ამოქმედების შედეგად გაუმჯობესდა სავენტულაციო სიტუაცია ბარიერსა და მარცხენა პორტალს შორის. კერძოდ, შეფერხდა დამაზიანებელი ფაქტორების გავრცელება ბარიერის მოქმედების ზონაში. ხანძრის მეორე მხარეზე, რომელიც არ არის შემოსაზღვრული ანალოგიური ბარიერით, სიტუაცია პრაქტიკულად არ შეცვლილა პირველ სცენართან შედარებით.

ამრიგად, ცეცხლგამძლე ბარიერის ეფექტურობა სახეზეა  $u_{c,exh} \geq 20$  მ/წმ პირობასთან შედარებით გაწოვის უფრო ნაკლები სიჩქარეებისათვისაც. კერძოდ, სიჩქარეებისათვის 10 და 15 მ/წმ, ხანძრით აღძრული ნაკადების გავრცელება შემოიფარგლა დამონტაჟებული ცეცხლგამძლე ბარიერის ლოკაციით (94 მ).

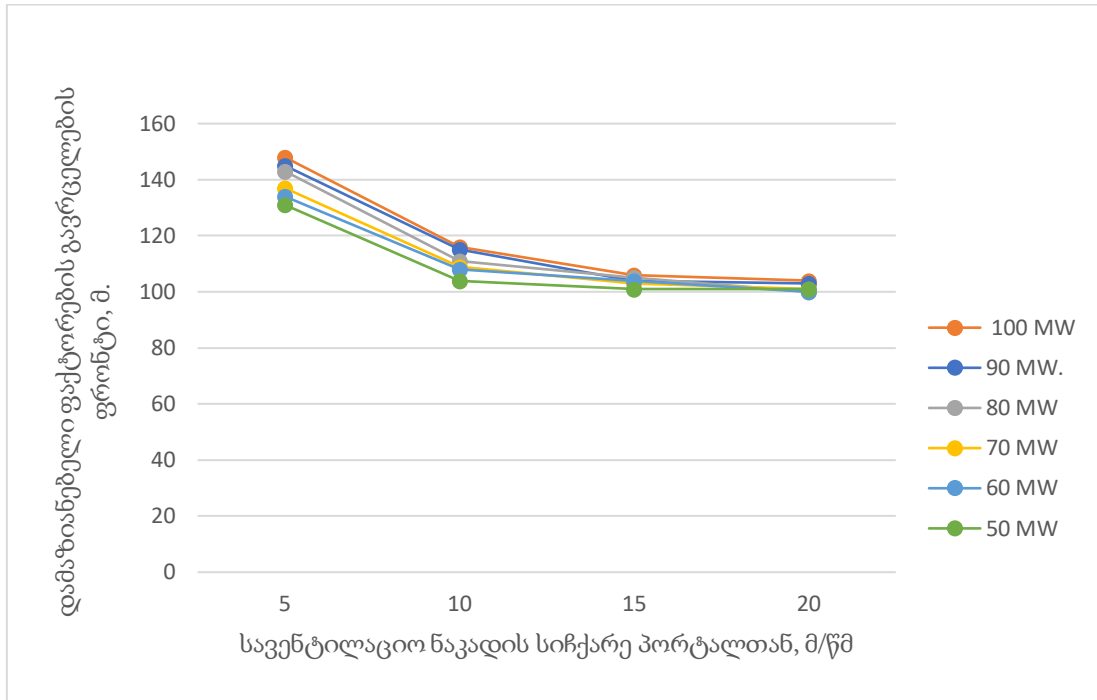
მე-2 სცენარის შედეგები მიღებული იქნა საბაზისოდ და მათზე დაფუძნებით დამუშავდა მე-3 სცენარი, რომლის დროსაც ხანძრის ორივე მხარეზე მდებარე მოქმედ (ღია) სახანძრო ფანჯრებთან, სატრანსპორტო გვირაბის ჭერზე იატაკის მიმართულებით, დამონტაჟდა 2 მ სიმაღლის ცეცხლგამძლე ბარიერი. მიღებული შედეგები წარმოდგენილია ფიგ. 3-ზე.



ფიგ. 3. ხანძრის განვითარების სცენარი ერთდროულად მოქმედი სახანძრო და სტანდარტული ვენტილაციის დროს, ცეცხლგამძლე ბარიერით ორმხრივად შემოსაზღვრული ხანძრის კერის პირობებში.

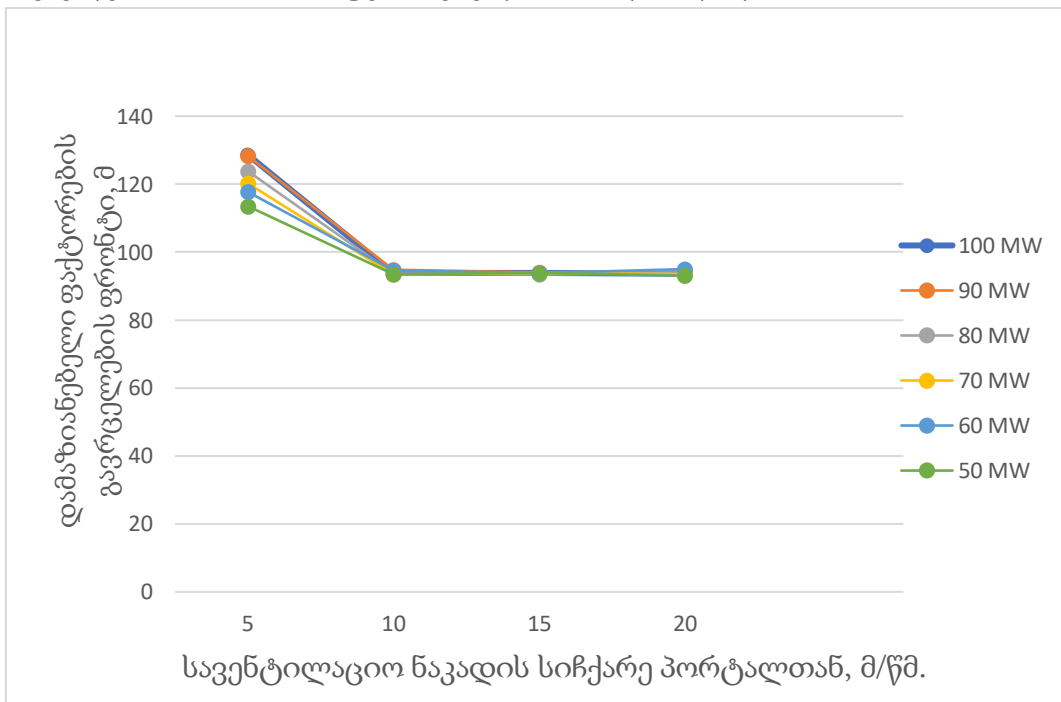
როგორც ფიგ. 3-დან ჩანს, ბარიერები განთავსებულია შესაბამის სახანძრო ფანჯრებთან ხანძრის კერიდან მარცხნივ 94 მ მანძილზე და ხანძრის კერიდან მარჯვნივ 109 მ მანძილზე. მოდელირების შედეგების მიხედვით სახანძრო ფანჯრებში გაწოვის სიჩქარეებისათვის 15 და 20 მ/წმ ხანძრით აღძრული ნაკადების გავრცელება სრულად შემოიფარგლა დამონტაჟებული ცეცხლგამძლე ბარიერის მითითებული მანძილებით 94 მ და 109 მ, ხოლო კრიტიკულ რიცხვით სიდიდეზე  $u_{c,exh} \geq 20$  მ/წმ გაცილებით ნაკლები სიჩქარეებისათვის 5 და 10 მ/წმ, ნამწვი პროდუქტების გავრცელება შეფერხდა მხოლოდ ნაწილობრივ. კერძოდ, 10 მ/წმ სიჩქარისათვის მითითებული ბარიერების მიღმა გავრცელება მოხდა ხანძრის ორივე მხარეზე შესაბამისად 113 და 120 მ მანძილზე. ხოლო 5 მ/წმ სიჩქარისათვის დამაზიანებელი ფაქტორის გავრცელება შესაბამისად მოხდა 147 მ და 151 მ მანძილებზე.

წარმოდგენილ ამოცანებში ხანძრით აღძრული ნაკადების მოქმედება მეტწილად განპირობებულია სახანძრო ფანჯრებში სავენტილაციო ნაკადის გაწოვის სიჩქარით (ან დაახლოებით იმავე რიგის ჰაერის სიჩქარით ორივე არხის პორტალებთან), ხანძრის სიმძლავრით და წვის პროდუქტების უკუდინების მანძილით. მიღებული შედეგები ფიგ. 4 და ფიგ. 5-ზე განზოგადებულია 50-100 მგვტ სიმძლავრის ხანძრებისათვის. აღნიშნულ ფიგურებზე მოცემულია ნამწვი აირების უკუდინების მანძილის ცვალებადობა ნაკადის სიჩქარის მიხედვით სავენტილაციო არხების პორტალებთან.



ფიგ. 4. გვირახის მარცხენა ფრთა ღია სახანძრო ფანჯრით ხანძრის კერიდან 94 მ მანძილზე მოქნილი ბარიერის გარეშე.

წარმოდგენილი დიაგრამებიდან ჩანს, რომ მოქნილი ბარიერების გამოყენებით წვის პროდუქტების გავრცელების მანძილი ხანძრის კერიდან მინიმუმ 10 %-ით მაინც მცირდება ყველა განხილული სიმძლავრის ხანძრისათვის. ბარიერის ეფექტურობა კარგად ჩანს აგრეთვე, როდესაც მისი მონტაჟი განხორციელებულია ხანძრის კერის ორივე მხარეზე ღია სახანძრო ფანჯრების გავლენის ზონაში, ამ უკანასკნელთა მახლობლად.



ფიგ. 5. გვირახის მარცხენა ფრთა ღია სახანძრო ფანჯრით ხანძრის კერიდან 94 მ მანძილზე, როცა ხანძრის კერა ბარიერით ორმხრივად არის შემოსაზღვრული.

#### 4. Conclusions

მოქნილი ტრანსფორმირებადი ბარიერების გამოყენებით, გვირაბის აეროდინამიკური წინაღობის ხელოვნური გაზრდით მისი სავალი ნაწილის განივი კვეთის ნაწილობრივი გადაფარვით, აგრეთვე სავენტილაციო ფანჯრებში ჰაერის დამატებითი ინტენსიური გაწოვით შესაძლებელია შევაფერხოთ წვის პროდუქტების (დამაზიანებელი ფაქტორების) უკონტროლო გავრცელება გვირაბის სავალი ნაწილის გასწვრივ. გვირაბის წარმოდგენილი გეომეტრიის, სახანძრო და სტანდარტული ვენტილაციის მოცემული ტექნოლოგიის პირობებში შესაძლებელია ვმართოთ ნამწვი ტოქსიკური აირების გავრცელების პროცესი და მოვახდინოთ მისი ლოკალიზაცია ხანძრის კერის მახლობლად ამოქმედებული სახანძრო ფანჯრების გავლენის ზონაში. 50–100 მგვტ სიმძლავრის ხანძრების შემთხვევაში ხანძრის კერიდან 90-110 მ მანძილით დაშორებული სახანძრო ფანჯრებისა და მათ მახლობლად დამონტაჟებული ბარიერების ამოქმედებით. ბარიერებით შემოსაზღვრული ლოკალიზაციის უბნის ფარგლებში ხდება ყველა დამაზიანებელი ფაქტორის ზღვრული მაჩვენებლების სწრაფი ზრდა, რაც მხედველობაში უნდა იქნეს მიღებული გვირაბის მომსახურე ოპერატორის მიერ უბედურების ზონაში მოქცეული ადამიანების ევაკუაციასთან დაკავშირებული გადაწყვეტილებების მიღების დროს.

#### ლიტერატურა

1. Lanchava O., Nozadze G., Jangidze M. (2022) Georgian Patent, P 7371.
2. Thomas P.H. (1958) Fire Research Notes **351**, <http://www.iafss.org/publications/frn/351/-1>
3. Thomas P.H. (1968) Fire Research Notes **723**, Fire Research Station, Watford, UK.
4. Vaitkevicius A., Carvel R., Colella F. (2016) Fire Technology **52**: 1619–1628 DOI: 10.1007/s10694-015-0512-z.
5. Ingason H., In: Beard A., Carvel R. (2012) Handbook of Tunnel Fire Safety, ICE Publishing, London: 273–308.
6. Lanchava O., Javakhishvili G. (2021) Impact of strong fires on a road tunnel ventilation system. *Bulletin of the Georgian National Academy of Sciences* **15**(4): 38-45.
7. Lanchava O. (2019) Analysis of critical air velocity for tunnel fires controlled by ventilation, *Mining Journal* **1**(42): 126-132.
8. Lanchava O.A. (1998) Hygroscopic heat and mass transfer in underground structures. GTU, Tbilisi: 272.
9. Lanchava O., Nozadze G., Bochorishvili N., Lebanidze Z., Arudashvili N., Jangidze M., Tsikarishvili K. (2014) Criteria for evaluation of emergency firefighting in transport tunnels. *Transport Bridge Europe-Asia*: 29-34.
10. Lanchava O., Ilias N. (2020) Critical velocity analysis for safety management in case of tunnel fire. *MATEC Web of Conferences* **305**, 00023, SESAM 2019 <https://doi.org/10.1051/mateconf/202030500023>
11. Lanchava O., Ilias N., Radu S.M., Nozadze G., Jangidze M. (2022) Preventing the spread of combustible products in tunnels by implementing a divisible system. *Environmental Engineering and Management Journal* **21**/4: 627-635.

## საავტომობილო გვირაბებში ხანძრის მხუთავი აირების გავრცელება კრიტიკული სიჩქარის, უკუდინების მანძილისა და გრადიენტ ფაქტორის გათვალისწინებით

ზაზა ხოკერაშვილი<sup>1</sup>, ნანა მაჭავარიანი<sup>1</sup>, დავით ცანავა<sup>1</sup>

<sup>1</sup>საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

საქართველოს ეკონომიკის განვითარების სტრატეგიულ გეგმაში, ერთ-ერთ ძირითად მიმართულებად სატრანზიტო პოტენციალის ოპტიმალურად გამოყენებას განიხილება, სადაც ძირითადი აქცენტები სატრანსპორტო ინფრასტრუქტურის მოდერნიზაციაზე და განვითარებაზე არის დასმული. ამასთან დაკავშირებით ქვეყნის მასშტაბით დაგეგმილია და წარმატებით მიმდინარეობს ჩქაროსნული ავტომანქანების-ტრალეების ძირითადი და დამხმარე ნაგებობების პროექტების რეალიზება, რომლის ერთ-ერთ შემადგენელ კომპონენტს ქვეყნის მასშტაბით 50-ზე მეტი საავტომობილო გვირაბების მშენებლობა წარმოადგენს. ასეთი რთული პროექტების წარმატებით რეალიზების კრიტერიუმად მისი მდგრადობა და უსაფრთხო ექსპლუატაცია განიხილება. აქედან გამომდინარე, მნიშვნელოვანია მაქსიმალურად ობიექტურად შეფასდეს ყველა ის რისკ-ფაქტორი, რომლებიც განაპირობებენ საავტომობილო გვირაბების უსაფრთხოდ ფუნქციონირებას [1].

საავტომობილო გვირაბის უსაფრთხოდ ექსპლუატაციის ერთ-ერთ ძირითად რისკ-ფაქტორს, სხვადასხვა მიზეზებით ინიცირებული და განვითარებული ხანძარი წარმოადგენს, რომლის მხუთავი აირები ყველაზე დიდ საშიშროებას წარმოადგენს საგანგებო ვითარებაში აღმოჩენილი ადამიანების სიცოცხლისათვის, ხოლო ჭარბმა სითბომ შესაძლებელია გამანადგურებელი ზიანი მიაყენოს ინფრასტრუქტურას. ამგვარად, საავტომობილო გვირაბის ექსპლუატაციას, უსაფრთხოების უზრუნველყოფის თვალსაზრისით, ხანძარი წარმოადგენს ერთ-ერთ ძირითად საფრთხეს, რომლის რისკის დონე განისაზღვრება, გვირაბში ხანძრის შესაძლო ინიცირების ალბათობისა და ამ ხანძრით მიყენებული შესაძლო ზიანის სიმძიმის ხარისხის მიხედვით.

საავტომობილო გვირაბში ხანძრის შესაძლო ინიცირების ალბათობა და ამ ხანძრით შესაძლო ზიანის სიმძიმის ხარისხი ძირითადად დამოკიდებულია იმ პრევენციული ღონისძიებების შემუშავებაში, დაგეგმვაში და დანერგვაში, რომლებიც პირველ რიგში თავიდან აგვაცილებდა ხანძრის ინიცირებასა და განვითარებას, ხოლო ასეთის განვითარების შემთხვევაში კი, მინიმუმამდე დაიყვანდა შესაძლო შედეგების სიმძიმის ხარისხს [2, 3]. ამასთან ერთად მუდმივად უნდა გვახსოვდეს, რომ ასეთი ვითარების ფორმირებისას

ადამიანების სიცოცხლისა და ჯანმრთელობის გადარჩენაზე ზრუნვა ნომერ პირველ ამოცანას წარმოადგენს.

გვირაბში ხანძრის ინიცირებისა და განვითარებისას, საგანგებო ვი-თარებაში აღმოჩენილი ადამიანების გადარჩენის ერთ-ერთ ძირითად პრევენციულ ღონისძიებად, მოქნილი სავენტილაციო სისტემების, მუშაობის სწორი და ეფექტური რეჟიმების შერჩევა-ფუნქციონირება წარმოადგენს ხანძრის შემთხვევაში რეალურად მიმდინარე პროცესების გავლენის გათვალისწინებით. აღნიშნულის მხედველობაში მიღებით, თანამედროვე ტექნოლოგიებით აღჭურვილი გვირაბის სავენტილაციო სისტემები საშუალებას აძლევს ექსტრემალურ ვითარებაში აღმოჩენილ ადამიანებს დროულად და ორგანიზებულად განახორციელონ თვითევაკუაცია და დატოვონ სახიფათო ზონა.

მოხსენებაში მოცემულია საავტომობილო გვირაბების ციფრული და ფიზიკური მოდელირების შედეგები. პირველი მათგანი არის სრულმასშტაბიანი ხოლო ფიზიკური მოდელის შემთხვევაში გამოყენებულია მასშტაბი 1:10. განვსაზღვრულია მხუთავი აირების გავრცელების კანონზომიერება და ხასიათი სავენტილაციო ნაკადის მოძრაობის ხასიათს, მისი კრიტიკული სიჩქარის, უკუდინების მანძილის, გრადიენტ-ფაქტორისა და ხანძრის სიმძლავრის მიხედვით. შედეგები წარმოდგენილია გრაფიკებისა და ცხრილების სახით, რომელთა გამოყენება შესაძლებელია საგანგებო სიტუაციების მართვის პროექტების დამუშავებისათვის ხანძრის პირობებში კონკრეტული გვირაბის გეოგრაფიული გარემოს გეომეტრიისა და სხვა მონაცემების მხედველობაში მიღებით.

### Acknowledgements

This work was supported by Shota Rustaveli National Science Foundation (SRNSF) [Grant number AR-19-1936, Project title “*Development and testing of transformable system to save life in road tunnel in case of fire*”].

მოხსენდა კონფერენციას „ტექნიკურ მეცნიერებათა პრობლემები“ ერევანში 2022 წლის 22 მაისს.

### გამოყენებული ლიტერატურა

1. O. Lanchava. Analysis of critical air velocity for tunnel fires controlled by ventilation. Mining Journal No 1, Tbilisi, 2019: 126-132.
2. O. Lanchava, N. Ilias, G. Nozadze, S. Radu, R. Moraru, Z. Khokerashvili, N. Arudashvili. FDS Modelling of the Piston Effect in Subway Tunnels. Environmental Engineering and Management Journal 18 (4), 2019: 317-325.
3. O. Lanchava, N. Ilias, G. Nozadze, S. Radu, R. Moraru, Z. Khokerashvili, N. Arudashvili. The impact of the piston effect on the technological characteristics of ventilation in the subway tunnels. *Proceedings of 8th International Symposium “Occupational Health and Safety” SESAM, Vol. 2, Petrosani, Romania, 2017: 342-352.*

# Propagation of carbon monoxide in road tunnels in case of fire by considering the critical velocity, backlayering and gradient factor

Zaza Khokerashvili<sup>1</sup>, Nana Macharaviani<sup>1</sup>, Davit Tsanava<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Georgian Technical University

The optimal use of transit potential is viewed as one of the basic means under the Economic Development Strategic Plan for Georgia with a primary emphasis on the modernization and development of the transport infrastructure. In this regard, the construction and improvement projects for the main and auxiliary highway structures are planned and carried out successfully across the country, with the construction of over 50 road tunnels in the country being one of the components. The sustainability and safe operation of the tunnels is the criterion for the successful implementation of such complex projects. As a result, it is critical to evaluate all risk factors for the safe operation of road tunnels as objectively as possible [1].

One of the major risk factors for the safe operation of a road tunnel is fires that start and spread for a variety of reasons, with the released carbon monoxide threatening the lives of people in emergency and the excess heat capable of inflicting the catastrophic damage to infrastructure. Thus, fires during the operation of road tunnels are one of the major threats to safety, with the level of risk determined by the likelihood of fire initiation in the tunnel and the severity of the potential damage caused by such a fire.

The likelihood of fire initiation in the tunnel, as well as the severity of potential damage from such a fire, are largely determined by the development, planning, and implementation of preventive measures, which will, first and foremost, prevent the initiation and development of fire, and, in the event of fire, will minimize the severity of potential consequences [2, 3]. At the same time, we must keep in mind that saving human lives and health during an emergency is priority number one.

In the event of a tunnel fire, one of the primary preventive measures to save the lives of people in emergency situations is the selection and operation of flexible ventilation systems, correct and efficient modes of operation, taking into account the impact of actual processes during the fire. With this in mind, tunnel ventilation systems equipped with modern technologies enable people in the life-threatening situations to evacuate in a timely and organized manner and escape the danger zone.

The report presents the outcomes of digital and physical road tunnel modeling. The former is full-scale, whereas the latter is 1:10 scale. Carbon monoxide propagation is determined by the nature of the ventilation flow motion, its critical velocity, backlayering distance, gradient factor, and fire strength. The findings are presented in the form of graphs and tables, which can be used to develop life-saving and emergency control projects in the event of a fire, taking into account the specific tunnel geographical conditions, geometry, and other relevant data.



## ხანძრის გავლენა გვირაბის ვენტილაციაზე რიცხვითი მოდელირების შედეგების მიხედვით

ომარ ლანჩავა<sup>1</sup>, გიორგი ჯავახიშვილი<sup>2</sup>

<sup>1</sup> შრომის დაცვისა და საგანგებო სიტუაციების მართვის დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, თბილისი, საქართველო

<sup>2</sup> სამთო ტექნოლოგიების დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, თბილისი, საქართველო

**აბსტრაქტი.** ნაშრომში მოცემულია FDS გარემოში რიცხვითი მოდელირებით შესრულებული ხანძრის მიწისქვეშ განვითარების სცენარები და თანმდევი პროცესების ანალიზი. ნაჩვენებია გრძივი ვენტილაციის კრიტიკული სიჩქარის, წვის პროდუქტების უკუდინების სიგრძისა და გრადიენტ-ფაქტორის ცვალებადობა ხანძრის სიმძლავრის, გვირაბის გეომეტრიისა და სხვა ფაქტორების მიხედვით. აღნიშნულია, რომ ფრუდის რიცხვის კრიტიკული მნიშვნელობა, ისე როგორც ვენტილაციის კრიტიკული სიჩქარე არ არიან მუდმივი სიდიდეები მიწისქვეშ მიმდინარე რთულ პროცესებში. კონკრეტული რიცხვითი მაგალითების მიხედვით ნაჩვენებია, რომ თერმულად და მექანიკურად აღძრული სავენტილაციო ნაკადები ერთმანეთთან ალგებრულად იკრიბებიან და აღნიშნული გარემოების მხედველობაში მიღების გარეშე შესაძლებელია გართულდეს სიცოცხლის გადარჩენა მიწისქვეშა ხანძრების შემთხვევაში. როგორც თეორიულად, ისე რიცხვითი ექსპერიმენტების გზით ნაშრომში დადგენილად უნდა მივიჩნიოთ, რომ ძლიერ ხანძარს გვირაბებში შეუძლია აღძრას ვენტილატორებზე უფრო დიდი დინამიკური წნევა, რომელსაც შეუძლია დადმავალი სავენტილაციო ნაკადების გადაყირავება 3% და უფრო მეტი დახრილობის გვირაბებში. წინამდებარე ნაშრომი დღის წესრიგში აყენებს არა მხოლოდ ხანძრის შემთხვევათა გულმოდგინე დაწვრილებით აღწერასა და ანალიზს, არამედ კონკრეტული გვირაბის გეომეტრიის, ადგილმდებარეობის, ბუნებრივი პირობების, სავენტილაციო სისტემებისა და ხანძრის სიმძლავრის მიხედვით მოქმედების ცხადი ალგორითმის დამუშავების საჭიროებას და მიღებული შედეგების გავრცელებას მამშველებზე, გვირაბის მომსახურე პერსონალსა და მთელ საზოგადოებაზე.

**საკვანძო სიტყვები:** გრძივი ვენტილაცია, კრიტიკული სიჩქარე, უკუდინება, გრადიენტ-ფაქტორი, FDS მოდელირება.

### 1. შესავალი

სტატისტიკის მიხედვით ცალკეულ გვირაბში სერიოზული ხანძრის მოხდენის შესაძლებლობა ართუ ისე მაღალია, მაგრამ პერსპექტივაში გვირაბების რაოდენობის მატება და

მოდრაობის ინტენსიურობის ზრდა იწვევს ხანძრის გაჩენის რისკის მომატებას. ხანძრის განვითარება მიწისქვეშ თავისებურებებით ხასიათდება, რომლებიც შეზღუდულ მიწისქვეშა სივრცეში აუცილებლად გამოიწვევენ კატასტროფულ შედეგებს. ამიტომ საავტომობილო გვირაბების ვენტილაცია დაფუძნებულია ორ ერთმანეთისაგან განსხვავებულ სცენარზე: 1. გვირაბის ვენტილაცია სტანდარტულ პირობებში, 2. სახანძრო ვენტილაციის დამუშავება საგანგებო პირობებისათვის სიცოცხლის, ინფრასტრუქტურის გადარჩენისა და ხანძრის ლიკვიდაციისათვის ხელშეწყობის მიზნით.

გვირაბის ხანძრების საშიშროება განპირობებულია წვის ტოქსიკური პროდუქტების ანომალური გავრცელებით მიწისქვეშა სივრცეში, რომელიც პრაქტიკულად მთლიანად ზღუდავს ხილვადობას. შესრულებული კვლევებისა და არსებული გამოცდილების მიხედვით შესაძლებელია კვალიფიციურად გადაწყდეს ხანძართან დაკავშირებული ისეთი საკითხები, როგორებიცაა: კვამლის გავრცელების პრევენცია მიწისქვეშ [1-5], ტემპერატურის დინამიკა და მისი მავნე გავლენის შემცირება გვირაბებში [6-8], ხანძრის მიწისქვეშ განვითარების სცენარები [4, 9-11], კვამლისა და ტოქსიკური წვის პროდუქტების გავრცელების კანონზომიერებები სავენტილაციო ნაკადის მოძრაობის საპირისპირო მიმართულებით [5, 10-12], კრიტიკული სიჩქარის, უკუდინების მანძილის თეორიული და ექსპერიმენტული კვლევა [11, 13-15], გვირაბის დახრილობის გავლენა უკუდინების სიგრძეზე ბუნებრივი ვენტილაციის პირობებში [5, 12], ხანძრის გავლენა სავენტილაციო სისტემაზე [7, 12, 15].

გრძივი ვენტილაციის კრიტიკული სიჩქარე და წვის პროდუქტების უკუდინების სიგრძე გვირაბის ვენტილაციის მნიშვნელოვანი ტექნოლოგიური პარამეტრებია ხანძრის შემთხვევაში. უკუდინება არის წვის პროდუქტების საპირისპირო გავრცელება ჰაერის სუფთა ჭავლზე, რაც გამოწვეულია მათი მაღალი ტემპერატურით, ამის გამო ნაკლები სიმკვრივით და მოძრაობით ამომგდები ძალების ხარჯზე.

კრიტიკული სიჩქარე კი არის უკუდინების გამომრიცხავი მინიმალური სიჩქარე, რომელიც უნდა მიენიჭოს სავენტილაციო ნაკადს გრძივი სავენტილაციო სისტემის პირობებში. სახანძრო ვენტილაციის ორივე მნიშვნელოვანი პარამეტრი სამეცნიერო მიმოქცევაში შემოტანილია თომასის მიერ [17, 18]. კრიტიკული სიჩქარის კონცეფციამ განვითარება ჰპოვა დახრილი გვირაბებისათვის მას შემდეგ, რაც კრიტიკული სიჩქარის რიცხვითი სიდიდის შემასწორებელი კოეფიციენტი - გრადიენტ-ფაქტორი იქნა შემოღებული. ვენტილაციის ყველა აღნიშნული ტექნოლოგიური პარამეტრი ფართოდ გამოიყენება სახანძრო ვენტილაციის დამუშავების საქმეში [19-23].

ჩვენს ნაშრომში [7] კლაპირონის განტოლების საფუძველზე დადგენილია, რომ გვირაბებში ძლიერი ხანძრის პირობებში თერმულად აღძრული ნაკადი ყოველთვის პრევალირებს მექანიკურად აღძრულ ნაკადზე. ამიტომ ხანძარს ამ თვალსაზრისით უფრო მეტი პოტენციალი აქვს, ვიდრე უმძლავრეს საგვირაბე ვენტილატორებს. შესაბამისად, ყველა ცნობილი უსაფრთხო სავენტილაციო სისტემები უსაფრთხოებას ინარჩუნებენ მხოლოდ გარკვეულ პირობებში და მხოლოდ გარკვეულ დროის შუალედში. როგორც წესი, ეს უკანასკნელი ყოველთვის შეზღუდულია ძლიერი ხანძრების შემთხვევაში.

## 2. თეორია

უკუდინების კრიტიკული სიჩქარე ფრუდის კრიტერიუმს პირველად დაუკავშირა თომასმა [17], აღნიშნა რა, რომ წვის პროდუქტებისა და ჰაერის ნარევის დინების ხასიათი დამოკიდებულია კვამლის ტივტივადობისა და სავენტილაციო ჭავლის ინერციული ძალების ფარდობაზე, რომელიც გამოხატულია ფრუდის კრიტერიუმით და მცირე მასშტაბის სპირტის ალის მიხედვით შემოიტანა კრიტერიუმის კრიტიკული რიცხვითი სიდიდე  $Fr_c = 1$ .

თვით ფრუდის კრიტერიუმს კი აქვს სახე

$$Fr_c = \frac{\Delta \rho g H}{\rho_0 u_c^2} \quad (1)$$

ფორმულებში შემავალი სიმბოლოები განმარტებულია ცხრილში 1.

ცხრილი 1. ფორმულებში შემავალი სიდიდეების განმარტება და განზომილებები

$p$  - წნევა, კპა;

$v$  - აირის კუთრი მოცულობა,  $v = 1/\rho$ , მ<sup>3</sup>/კგ;

$\rho$  - აირის სიმკვრივე, კგ/მ<sup>3</sup>;

$R$  - აირის კუთრი მუდმივა,  $R = 287$  ჯ/(კგ·K);

$m$  - ნამწვი აირის მასა, კგ;

$V$  - ჰაერის მოცულობა, რომელიც მონაწილეობს წვის პროცესში, მ<sup>3</sup>;

$dV$  - მოცულობის ნაზარდი, მ<sup>3</sup>;

$dl$  - ნაკადის მიერ გავლილი მანძილი, მ;

$du$  - ნაკადის სიჩქარის ნაზარდი მოცემულ მომენტში, მ/წმ;

$A$  - გვირაბის განივი კვეთის ფართობი, მ<sup>2</sup>;

$\tau$  - დრო, წმ;

$p_2$  - ხანძრის მიერ განვითარებული წნევის სიდიდე, კპა;

$c_p$  - ჰაერის კუთრი თბოტევადობა, კჯ/(კგ·K);

$Fr_c$  - ფრუდის კრიტიკული რიცხვი;

$g$  - გრავიტაციული აჩქარება, მ/წმ<sup>2</sup>;

$H$  - გვირაბის სიმაღლე, მ;

$k$  - პროპორციულობის მუდმივა;

$k_g$  - გრადიენტ-ფაქტორი;

$l$  - გვირაბის სიგრძე, მ;

$b$  - გვირაბის სიგანე, მ;

$\dot{Q}$  - მთლიანი სითბოს გამოყოფის მაჩვენებელი ნატურაში, კვტ;

$\dot{Q}_c$  - კონვექციური სითბო, კვტ;

$s$  - გვირაბის დახრილობა, %;

$T$  - კვამლის საშუალო ტემპერატურა, K;

$T_0$  - გარე ჰაერის ტემპერატურა, K;

$\Delta T$  - ტემპერატურის ნაზარდი, K;

$u_c$  - კრიტიკული სიჩქარე ჰორიზონტალური გვირაბისათვის, მ/წმ;

$u_{cs}$  - კრიტიკული სიჩქარე დახრილ გვირაბში, მ/წმ;

$u_0$  - გრძივი ვენტილაციის საწყისი სიჩქარე, მ/წმ;

$\Delta\rho$  - სიმკვრივეთა სხვაობა გარე ჰაერსა და კვამლს შორის, კგ/მ<sup>3</sup>;

$\rho_0$  - გარე ჰაერის სიმკვრივე, კგ/მ<sup>3</sup>;

$\varphi$  - გვირაბის სიგანის ფარდობა გვირაბის სიმაღლესთან;

$L_b$  - უკუდინების სიგრძე, მ.

ხანძრისათვის დამახასიათებელი უმნიშვნელოვანესი პარამეტრი გრძივი ვენტილაციის პირობებში - კრიტიკული სიჩქარე ჰორიზონტალური გვირაბებისათვის განისაზღვრება ფორმულით

$$u_c = k \left( \frac{g \dot{Q}_c H}{\rho_0 c_p T A} \right)^{1/3} \quad (2)$$

პროპორციულობის მუდმივა  $k$  განისაზღვრება ფრუდის კრიტიკული რიცხვით

$$k = Fr_c^{-1/3} \quad (3)$$

ხანძრის მიერ გამოყოფილი კონვექციური სითბო განისაზღვრება ფორმულით

$$\dot{Q}_c = \rho_0 c_p u_0 A \Delta T \quad (4)$$

კონვექციური სითბოსა და საერთო სითბოს შორის შემდეგი დამოკიდებულებაა

$$\dot{Q}_c = 0.7 \dot{Q} \quad (5)$$

კვამლის საშუალო ტემპერატურა გამოითვლება ფორმულით

$$T = T_0 + \frac{\dot{Q}_c}{\rho_0 c_p A u_c} \quad (6)$$

სირთულის გამო დახრილ გვირაბებში კრიტიკული სიჩქარე და უკუდინების სიგრძე ნაკლებად არის შესწავლილი და მათი სიდიდეების გამოთვლა ხდება ჰორიზონტალური გვირაბებისათვის არსებული შედეგების გამოყენებით [24]. დახრილ გვირაბში კრიტიკული სიჩქარის  $u_{cs}$  საანგარიშო ფორმულაში გამოყენებულია ჰორიზონტალური გვირაბისათვის კრიტიკული სიჩქარის რიცხვითი სიდიდე  $u_c$  შემდეგი განტოლებით [25]

$$u_{cs} = k_g u_c \quad (7)$$

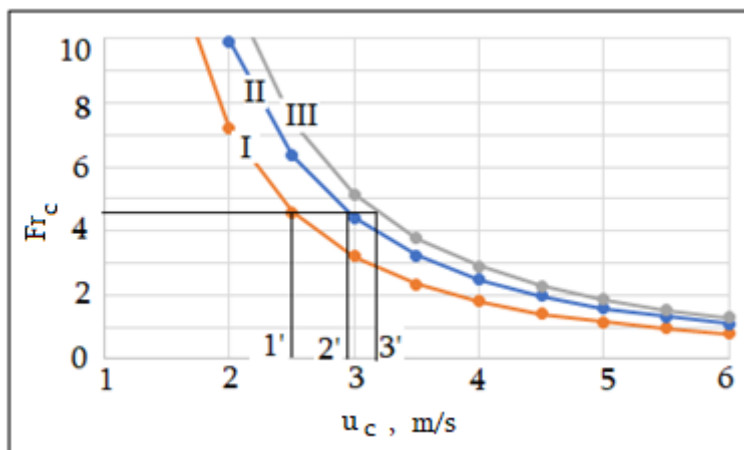
მესამე მნიშვნელოვანი პარამეტრი - უკუდინების სიგრძე  $L_b$  განისაზღვრება შემდეგი ფორმულით

$$\frac{L_b}{H} = 18.5 \ln(u_{cs}/u_c) \quad (8)$$

აღსანიშნავია, რომ კრიტიკული სიჩქარის განსაზღვრისათვის ფორმულით (2), საჭიროა კვამლის საშუალო ტემპერატურისა და პროპორციულობის მუდმივას ცოდნა, ხოლო მათი საანგარიშო ფორმულები (3) და (6) შეიცავენ საძიებელ სიდიდეს  $u_c$ -ს. აღნიშნულის დასაძლევად შემოიტანეს 4.5-ის ტოლი ფრუდის კრიტიკული რიცხვი, რაც ამარტივებს გაანგარიშებას, მაგრამ არ არის საკითხის გადაჭრის გზა [7, 8].

დანზიგერმა და კენედიმ [26], ისე, რომ არ შეუსწავლიათ პროცესები სათანადო სიღრმით, რეინოლდსის რიცხვის მსგავსად ელოდნენ რა, რომ ფრუდის კრიტერიუმსაც ექნებოდა კრიტიკული რიცხვითი სიდიდე, კრიტიკული რიცხვითი მნიშვნელობა 4.5 შემოიტანეს თითქოსდა ლისა და სხვების მითითებული ნაშრომის მიხედვით [27], რომელიც მრავალი ავტორის მიერ განხილვის საგანი იყო წლების განმავლობაში კრიტიკული სიჩქარისა და უკუდინების მანძილთან დაკავშირებით. ანალოგიურია კენედის მოხსენება „კრიტიკული სიჩქარე: წარსული, აწმყო და მომავალი“, რომელიც მან გააკეთა 1996 წელს ლონდონში სემინარზე „კვამლი და კრიტიკული სიჩქარე გვირაბებში“ [28].

აღნიშნული დაშვება საკითხს ამარტივებს, რადგან ამ შემთხვევაში ფორმულა (3)-ის მიხედვით კოეფიციენტი  $k = 0.606$ , მაგრამ არ არის მართებული, რაც ჩანს ქვემოთ მოცემული ფიგურიდანაც.



**ფიგ. 1.** ფრუდის კრიტიკული რიცხვის ცვალებადობა კრიტიკული სიჩქარის მიხედვით, როცა გვირაბის სიმაღლე არის 6 მ; გვირაბის განივი კვეთის ფართობი 50 მ<sup>2</sup>; გარე ჰაერის ტემპერატურა 293 K ; კვამლის საშუალო ტემპერატურების შესაბამისად: I – 573; II – 903; III – 1373 K.

ფიგ. 1-დან ჩანს, რომ კრიტიკული სიჩქარის რიცხვითი სიდიდის ცვალებადობის დიაპაზონი არის 2.5-3.2 მ/წმ მაშინ, თუ ფრუდის კრიტიკული რიცხვი არის მუდმივი სიდიდე ( $Fr_c = 4.5$ ). ამგვარად, კრიტიკული სიჩქარის მაქსიმალური სიდიდე ამ შემთხვევაში შეადგენს 3.2 მ/წმ და თითქოსდა ანალოგიურ პირობებში უკუდინების პრობლემა აღარ უნდა არსებობდეს. მით უმეტეს, რომ ავარიული ვენტილაციის სტრატეგიაში მიღებულია, რომ გრძივი ვენტილაციის პირობებში, ჰაერის სიჩქარე 3 მ/წმ საკმარისია კვამლის კონტროლისათვის გვირაბების დიდ ნაწილში ნებისმიერი ხანძრის პირობებში. აღნიშნული დებულება დასაბამს იღებს თომასიდან [18], რომელიც აგრეთვე დადასტურებულია

ნაშრომებში [3, 16]. კვამლის გაკონტროლების იდეა კი არის, რომ ხანძრის კერიდან გვირახის ჰაერმიმწოდებელ პორტალამდე უნდა იყოს კვამლისა და წვის სხვა ტოქსიკური პროდუქტებისაგან თავისუფალი ზონა.

აღნიშნული დებულებისა და მასთან დაკავშირებული არსებითი მნიშვნელობის საკითხების მართებულობის შემოწმების მიზნით შევასრულეთ რიცხვითი მოდელირება FDS პროგრამულ გარემოში სასრულ მოცულობათა მეთოდის გამოყენებით.

### 3. შედეგები და დისკუსია

#### 3.1. ხანძრის სცენარები გვირახში გრძივი ვენტილაციის პირობებში

FDS პროგრამულ გარემოში სასრულ მოცულობათა მეთოდის გამოყენებით შესწავლილია გვირახში სხვადასხვა სიმძლავრის 5, 10, 20, 30, 50 მეგავატი ხანძრების განვითარების სცენარები სხვადასხვა დახრილობის გვირახებში ( $s = 0, 1, 3, 4, 6 \%$ ). გვირახის გეომეტრია შემდეგია: სიგრძე -  $l = 100$  მ; სიგანე -  $b = 8$  მ; სიმაღლე -  $H = 6$  მ; ხანძრის კერის ფართობი  $16$  მ<sup>2</sup>; გვირახის გვერდების თანაფარდობის კოეფიციენტი  $\varphi = 1.33$ . ცეცხლის კერა გეომეტრიული ზომებით  $2.75 \times 5.8 \times 1.5$  მ განთავსებულია გვირახის ცენტრალურ ნაწილში. ხანძრის მოდელირებისათვის უმრავლეს შემთხვევებში წვის რეაგენტი იყო ბენზინი. შესრულდა აგრეთვე ცალკეული რიცხვითი ექსპერიმენტები წვის შემდეგ რეაგენტებზე: დიზელი, ნავთობი და შეშა. მოდელირების დრო -  $120$  წმ. რიცხვითი ამოცანების მოდელირებისათვის გამოყენებული იქნა მოცულობითი ბადური მეთოდი, ბადის ცალკეული უჯრედის ზომები იყო  $0.5 \times 0.5 \times 0.5$  მ. ყოველი მოდელი შეიცავდა დაახლოებით  $55$  ათას უჯრედს.

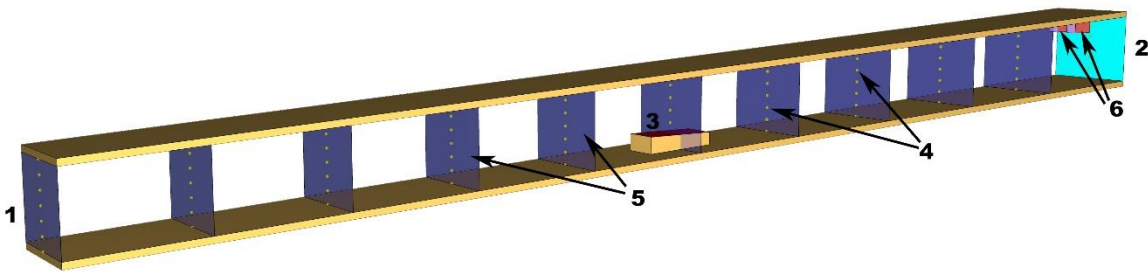
დადმავალი სავენტილაციო ნაკადების მოდელირებისათვის ზედა პორტალთან დროისათვის  $\tau = 0$  წმ ჩაირთვება 2, 3 ან 4 ცალი ჭავლური ვენტილატორი, რომელთა ჯამური წარმადობა შესაბამისად შეადგენს 28, 42 და 56 მ<sup>3</sup>/წმ. ვენტილატორის მიერ განვითარებული წნევა არის 2000 პა. ვენტილატორები ექვეციით წარიტაცებენ ჰაერის ნაკადს, რომლის საშუალო სიჩქარე გვირახში ცვალებადია ვენტილატორების რიცხვის მიხედვით. დროის მომენტში  $\tau = 60$  წმ მოდელზე ამოქმედდება ხანძარი და ექსპერიმენტი დანარჩენ დროში გრძელდება ხანძრის თანხლებით. აღმავალი სავენტილაციო ნაკადების მოდელირებისათვის ვენტილატორების ჩართვა მოხდება ქვედა პორტალთან, ხოლო დანარჩენი აღწერილის ანალოგიურად განხორციელდება.

მოდელირების შედეგების რეგისტრაციისთვის გამოყენებული იქნა წერტილოვანი და მოცულობითი ვირტუალური საზომი მოწყობილობები. წერტილოვანი საზომი მოწყობილობები ახდენდნენ გასაზომი სიდიდის რეგისტრაციას განთავსების წერტილში. ასეთი მოწყობილობები განლაგდა გვირახის ღერძულა ხაზზე გრძივი მიმართულებით  $10$  მ ინტერვალით ორ რიგად. პირველი რიგი განლაგდა გვირახის სავალი ნაწილიდან  $1.7$  მ სიმაღლეზე, ხოლო მეორე რიგი -  $5.7$  მ-ზე. მოდელირებისას გამოყენებული იქნა ოთხი ჯგუფის საზომი მოწყობილობები, რომლებიც ახდენდნენ ჰაერის სიჩქარის, ტემპერატურის, ჰაერის და ჭვარტლის სიმკვრივეების გაზომვას და დამახსოვრებას. მოცულობითი საზომი მოწყობილობები ახდენდნენ გვირახის ერთეულოვანი სისქის ელემენტარულ კვეთში ჰაერის,

ნახშირბადის მონოქსიდის, ნახშირბადის დიოქსიდისა და ჭკარტლის სიმკვრივეების საშუალო მნიშვნელობების განსაზღვრას.

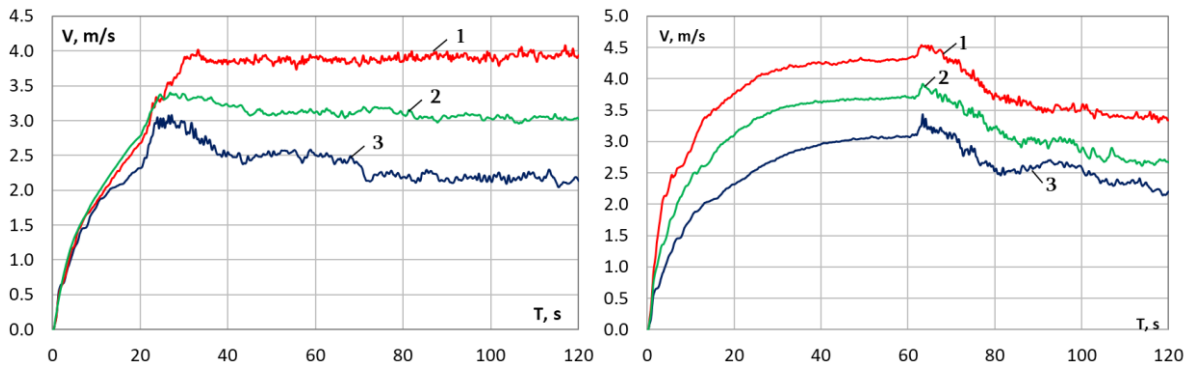
ჰაერის მოძრაობის სიჩქარის დეტალური აღრიცხვისთვის გამოყენებული იქნა გაზომვის კომბინირებული მეთოდი, როდესაც რეგისტრაცია ხორციელდებოდა როგორც წერტილოვანი, ისე მოცულობითი საზომი მოწყობილობების მეშვეობით. ამასთან, წერტილოვანი მოწყობილობები განლაგდა გვირაბის ღერძულა ხაზის მართობულ სიბრტყეზე. ყოველ სიბრტყეში შვიდი-შვიდი ცალი ანალოგიური მოწყობილობა ერთმანეთისაგან 1 მ დაშორებით განლაგდა ისე, რომ პირველი მოწყობილობა განთავსდა იატაკის დონეზე. სიბრტყეებს შორის დაშორება ექსპერიმენტის მსვლელობისას შეადგენდა 10 მ (ფიგ 2).

წარმოვადგენთ გვირაბში ხანძრის მოდელირების დამახასიათებელ სქემას, რომელიც შეესაბამება როგორც დახრილ, ისე ჰორიზონტალურ გვირაბს. ყველა მოდელისათვის ხანძრის კერა განლაგებული არის გვირაბის ცენტრალურ ნაწილში. აღმავალი ნაკადის შემთხვევაში ჰაერის მიწოდება ხდება პორტალიდან 1, ხოლო გაჭუჭყიანებული ჰაერის არინება - პორტალიდან 2. დაღმავალი ნაკადისათვის პირიქით - ჰაერმიწოდებელი არის პორტალი 2.



**ფიგ. 2.** ჭავლური ვენტილატორებისა და საზომი მოწყობილობების განლაგება გვირაბის მოდელზე გრძივი ვენტილაციის სხვადასხვა სქემებისათვის: 1 - ქვედა პორტალი, საიდანაც იწყება სიგრძის ათვლა; აღნიშნულ პორტალში დამონტაჟებულია ორი, სამი ან ოთხი ცალი ჭავლური ვენტილატორი აღმავალი სავენტილაციო ნაკადებისათვის; 2 - ზედა პორტალი, სადაც დამონტაჟებულია ორი, სამი ან ოთხი ცალი ჭავლური ვენტილატორი დაღმავალი სავენტილაციო ნაკადებისათვის; 3 - ხანძრის კერა; 4 - წერტილოვანი საზომი მოწყობილობები; 5 - მოცულობითი საზომი მოწყობილობები; 6 - ვენტილატორები დაღმავალი სავენტილაციო ნაკადებისათვის.

ექსპერიმენტების მიზანი იყო კრიტიკული სიჩქარის განუხრელი ზრდის დემონსტრირება ხანძრის სიმძლავრის მატების პირობებში, აგრეთვე უკუდინების თავიდან ასაცილებლად აღნიშნული ცნებაზე დაფუძნების რეალობასთან შეუსაბამობა რიცხვითი მოდელირების შედეგების შესაბამისად. გვირაბის განივი კვეთისათვის აღებული იქნა მარკუთხა ფორმის მარტივი გეომეტრია. სავენტილაციო ნაკადის საშუალო სიჩქარის ცვალებადობა 50 მგვტ ხანძრის შემთხვევაში სხვადასხვა დახრილობის გვირაბებში მოცემულია ფიგ. 3-ის მარცხენა ნახაზზე. ამ შემთხვევაში გვირაბში ჰაერის მიწოდება ხდება ერთმანეთის მიმართ პარალელურად დამონტაჟებული ორი ცალი ჭავლური ვენტილატორით. იმავე ფიგურის მარჯვენა ნახაზზე მოცემულია სავენტილაციო ნაკადის სიჩქარის ცვალებადობა როცა ერთმანეთის პარალელურად მოქმედებენ ორი, სამი და ოთხი ცალი ერთდროულად ჩართული ვენტილატორები.



**ფიგ. 3.** სავენტილაციო ნაკადის საშუალო სიჩქარის ცვალებადობა 50 მგვტ ხანძრის შემთხვევაში: მარცხენა ნახაზზე: 1 - დახრილობა 6 % (აღმავალი ნაკადი); 2 - დახრილობა 0 % ; 3 - დახრილობა 6 % (დაღმავალი ნაკადი), ერთდროულად მოქმედებს ორი ვენტილატორი, ხანძარი ამოქმედდა 20 წმ-ის შემდეგ; მარჯვენა ნახაზზე: 1 - ერთდროულად მოქმედებს ოთხი ვენტილატორი; 2 - ერთდროულად მოქმედებს სამი ვენტილატორი; 3 - ერთდროულად მოქმედებს ორი ვენტილატორი, ხანძარი ამოქმედდა 60 წმ-ის შემდეგ.

ფიგ. 3-ის მარცხენა ნახაზიდან გვირახის ნულოვანი დახრილობის შემთხვევაში ჩანს, რომ ხანძარი წარმოადგენს წინაღობას სავენტილაციო ნაკადისათვის (მრუდი 2). დროში 0.00 წმ ჩაერთო ჭავლური ვენტილაცია, სავენტილაციო ნაკადმა მიიღო სიჩქარე დაახლოებით 3.4 მ/წმ-მდე. მე-20 წმ-ზე გვირახის ცენტრალურ ნაწილში ამოქმედებული 50 მგვტ სიმძლავრის ხანძარი დროსელური ეფექტის ხარჯზე ამცირებს ჰაერის სიჩქარეს 0.4 მ/წმ-ით. ამ შემთხვევაში ხანძრის მიერ აღძრული წევა პრაქტიკულად ნულის ტოლია.

ვენტილაციის დაღმავალი ნაკადის შემთხვევაში (მრუდი 3) სავენტილაციო ნაკადი არის დადებითი მიმართულების, ხანძრის არსებობა კვლავ წინაღობაა ვენტილაციისათვის და იგი ჰაერის სიჩქარეს ამ შემთხვევაშიც დაახლოებით 0.4 მ/წმ-ით ამცირებს, ხოლო სიჩქარის დანარჩენი შემცირება - დაახლოებით 1.4 მ/წმ არის ხანძრის მიერ აღძრული უარყოფითი მიმართულების ნაკადისა და დადებითი მიმართულების სავენტილაციო ნაკადის ალგებრულად შეკრების შედეგი.

აღმავალი სავენტილაციო ნაკადის შემთხვევაში (მრუდი 1) სავენტილაციო და ხანძრის მიერ აღძრული ნაკადის ალგებრული შეკრება ზრდის ჯამურ ნაკადს დაახლოებით 1.3 მ/წმ-ით, რადგან ორივე ნაკადი ერთ მიმართულებისაა. კერძოდ, ორივე ნაკადი არის უარყოფითი მიმართულების. ხანძარი ამ შემთხვევაშიც აეროდინამიკური წინაღობაა სავენტილაციო ნაკადისათვის და ჯამური სიჩქარე შემცირებულია სათანადო სიდიდით, დაახლოებით 0.4-0.5 მ/წმ-ით.

ამგვარად გამოიკვეთა, რომ ჰაერის სიმკვრივის შემცირებით აღძრული ნაკადი 3.0-3.5-ჯერ უფრო ძლიერ გავლენას ახდენს სავენტილაციო ნაკადის ინტენსიურობისა და ხარჯის შემცირებაზე, ვიდრე ხანძარი როგორც ადგილობრივი წინაღობა.

რალა აღნიშვნა უნდა, ამ აზრაცში მოცემული აღწერა უფრო სრულყოფილია, ვიდრე დროსელის ეფექტის გავლენის სხვა ავტორების მიერ შესრულებული უფრო ადრინდელი ანალიზები, რომლებიც საერთოდ არ ღებულობდა მხედველობაში მექანიკური და თერმული სავენტილაციო ნაკადების ალგებრულად შეკრების შესაძლებლობას.

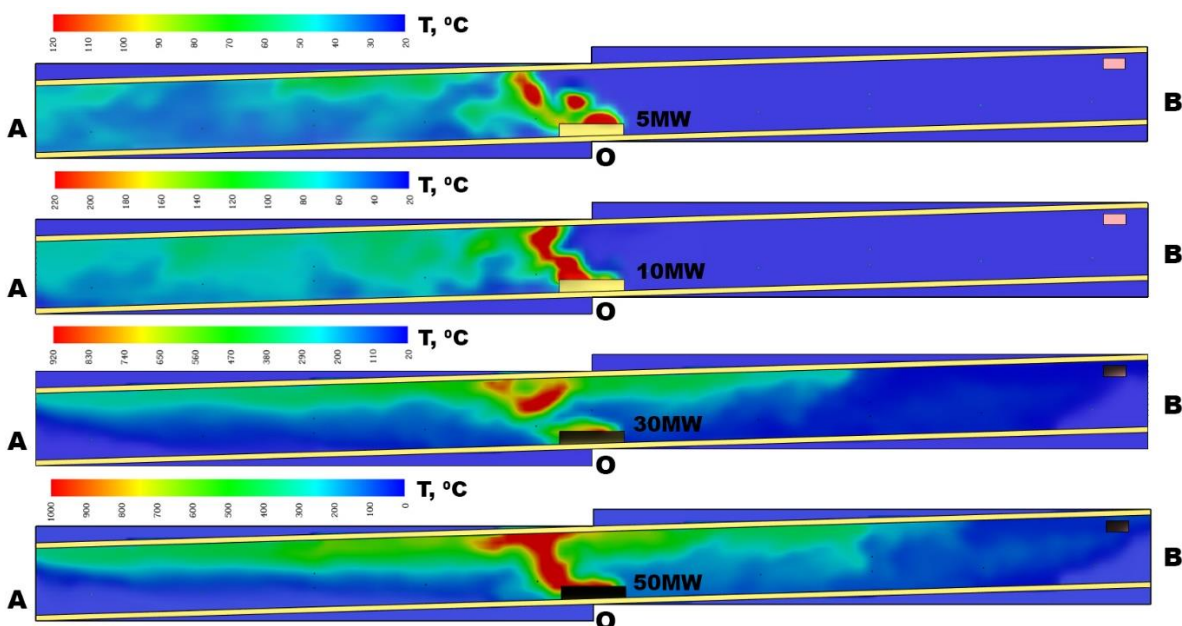


ლისა და სხვების ნაშრომში [27] შესწავლილი იყო 0,3X0,3X10 მ ზომების შემის ხერგილისაგან გამოწვეული ხანძარი აეროდინამიკურ მილში და აგრეთვე აღნიშნული იყო აეროდინამიკური წინაღობის შესახებ, რომელიც ხანძრის კერაზე 6-ჯერ მატულობდა, ხოლო ხანძრის მიღმა ორივე მხარეზე - დაახლოებით 1.5-ჯერ. შესაბამისად, მოცემულ ნაშრომში დიფერენცირებული არ არის სიმკვრივის შემცირებით შექმნილი გარემოება, ყველაფერი მიწერილია აეროდინამიკურ წინაღობაზე და პროცესების ანალიზი სიღრმით არ გამოირჩევა. იმავე ნაშრომში აღნიშნულია, რომ უკუდინება შეიმჩნეოდა, როცა ხანძრის კერაზე დროსელირებული სავენტიაციო ნაკადის სიჩქარე შეადგენდა 0.6 მ/წმ-ს, რაც შეესაბამებოდა ფრუდის კრიტერიუმის რიცხვით სიდიდეს  $Fr_c \approx 7$ . არც ეს მონაცემები არ შეესაბამება ჩვენს მიერ მიღებულ მაჩვენებლებს. ნაშრომში [16] ყურადღება გამახვილებულია ხანძრის უნარზე მოახდინოს სავენტიაციო ნაკადის დროსელირება, რაც ნიშნავს დამატებითი აეროდინამიკური წინაღობის შექმნას სავენტიაციო ჭავლის მოძრაობის გზაზე. დიფერენცირებული ამ ნაშრომშიც არ არის ნაკადების ალგებრულად შეკრებით გამოწვეული ფიზიკური ეფექტები და ხანძრით შექმნილი აეროდინამიკური წინაღობა. იმავე ნაშრომში მითითებულია, რომ ხანძრის სიმძლავრის ზრდის პირობებში სულ უფრო მეტი ჭავლური ვენტიატორი არის საჭირო კვამლის კონტროლისათვის აღმოდებულ გვირაბებში, რაც აგრეთვე არის აღწერილი მომდევნო აბზაცში ჩვენი შედეგების მიხედვითაც.

ფიგ. 3-ის მარჯვენა ნახაზიდან ჩანს, რომ გვირაბის განივკვეთში ერთმანეთის პარალელურად მოქმედი ორი ცალი ვენტიატორის შემთხვევაში, ჰაერის სიჩქარე ხანძრის ამოქმედებამდე აღწევს კრიტიკული სიჩქარის დეკლარირებულ რიცხვით სიდიდეს (3.0 მ/წმ), მაგრამ ხანძრის ამოქმედების შემდეგ ( $\tau = 60$  წმ) ჰაერის ნაკადის საშუალო სიჩქარე კი არ მატულობს წვის პროდუქტების დამატების შედეგად, არამედ კლებულობს, რაც არის უკუდინების შედეგი გვირაბის იმ ნაწილში, სადაც გადის სუფთა ჭავლი. სამი ვენტიატორის ერთდროულად მოქმედების შემთხვევაში სიჩქარე აღწევს კრიტიკულ სიჩქარეზე გაცილებით უფრო მეტ რიცხვით სიდიდეს და უტოლდება 3.5 მ/წმ, მაგრამ სუფთა ჰაერის ჭავლზე უკუდინებას მაინც აქვს ადგილი. ფიგ. 3-ის მარჯვენა ნახაზიდან აგრეთვე ჩანს, რომ გვირაბის განივკვეთში ერთმანეთის პარალელურად მოქმედი ოთხი ცალი ვენტიატორის შემთხვევაშიც კი, ხანძრის ამოქმედების შემდეგ ( $\tau = 60$  წმ) ჰაერის ნაკადის საშუალო სიჩქარე კი არ მატულობს წვის პროდუქტების დამატების შედეგად, არამედ კლებულობს. ამ მოვლენის ბუნება გახსნილია ნაშრომებში [29-39], რომლებშიც აღნიშნულია, რომ ხანძარი აღძრავს საგვირაბე ვენტიატორების შესაძლებლობებზე გაცილებით მაღალ დინამიკურ წნევას.

ამგვარად, გრძივი ვენტიაციის კრიტიკული სიჩქარე 3 მ/წმ, რომელიც უკუდინების თავიდან ასაცილებელ ზღვრულ სიჩქარედ მითითებულია ნაშრომებში [3, 16, 18], სინამდვილეში განუხრელად იზრდება რიცხვითი მოდელირების წარმოდგენილი შედეგების მიხედვით, რაც აგრეთვე ირიბად ადასტურებს, რომ ცნობები ფრუდის კრიტიკული რიცხვის მუდმივობის შესახებ გვირაბის ხანძრებში არ შეესაბამება სინამდვილეს. ჩვენი შეხედულებით აქ მნიშვნელოვანია თერმულად და მექანიკურად აღძრული ნაკადების ალგებრულად შეკრებადობის მხედველობაში მიღება გვირაბის ხანძრებში და აგრეთვე, ხანძრის ისეთი სცენარების დამუშავება მიწისქვეშა სივრცისათვის, როცა ხანძრის კერაზე სუფთა და გაჭუჭყიანებული ჰაერის ნაკადების ერთმანეთთან შერევა სხვადასხვა პროპორციით ხდება.

ფიგ. 4-ზე წარმოდგენილია რიცხვითი მოდელირების შედეგები 5, 10, 30, 50 მგვტ სიმძლავრის ხანძრებისათვის სხვადასხვა დახრილობის 0, 1, 3, 4, 6 % გვირაბებში. გვირაბის გეომეტრია: სიგრძე - 100 მ; სიგანე - 8 მ; სიმაღლე - 6 მ; ხანძრის კერის ფართობი 16 მ<sup>2</sup>; ცეცხლის კერა განთავსებულია გვირაბის ცენტრალურ ნაწილში. ხანძრის მოდელირებისათვის წვის რეაგენტი - ბენზინი. მოდელირების დრო 120 წმ, B პორტალთან დროისათვის  $\tau = 0$  წმ ერთმანეთის მიმართ პარალელურად ჩაირთვება 2 ცალი ჭავლური ვენტილატორი ჯამური წარმადობით 28 მ<sup>3</sup>/წმ და წნევით 2000 პა. ვენტილატორები ექვეციით წარიტაცებენ ჰაერის ნაკადს, რომლის ხარჯი შესაძლებელია განისაზღვროს ჰაერის სიჩქარისა და გვირაბის კვეთის მიხედვით. დროის მომენტში  $\tau = 20$  წმ მოდელზე ამოქმედდება ხანძარი და ექსპერიმენტი დანარჩენ დროში გრძელდება ხანძრის თანხლებით. ამ პერიოდისათვის სავენტილაციო ნაკადს დაფარული აქვს მანძილი B პორტალიდან ხანძრის კერამდე



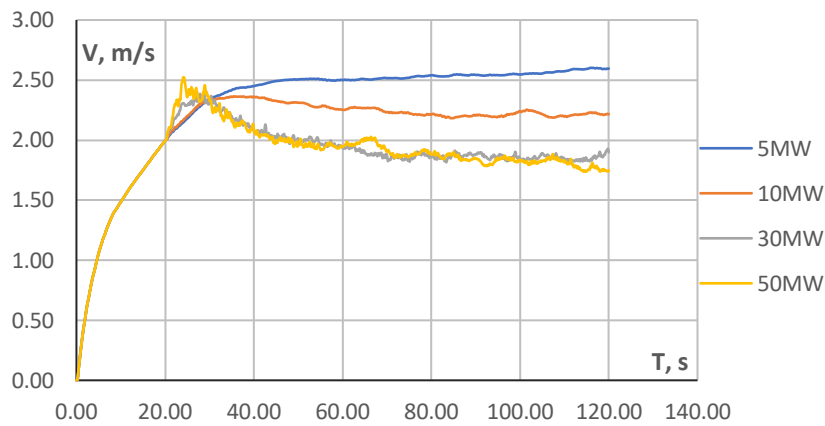
ფიგ. 4. ჰორიზონტალური გვირაბის ვენტილაცია 5, 10, 30, 50 მგვტ ხანძრის გაჩენის მომენტისათვის  $\tau = 20$  წმ: 1 - ჭავლური ვენტილატორი; O - ხანძრის კერის ცენტრი.

სხვადასხვა სიმძლავრის ხანძრის დროს გამოყოფილი მავნე აირებისა და კვამლის მოცულობის სიდიდეები შეტანილია ცხრილში 2. შეფასება გაკეთებულია გვირაბის ნულოვანი დახრილობის პირობებში. ამ შემთხვევაში ჰაერის სიმკვრივის შემცირება ტემპერატურის მომატების შედეგად პრაქტიკულად არ იწვევს უკუდინებას, ხოლო წვის პროდუქტები შეერევა სავენტილაციო ნაკადში და იწვევს ამ უკანასკნელის სიჩქარის გაზრდას. ჰაერის სიჩქარე გვირაბში განისაზღვრა რიცხვითი მოდელის მიხედვით ჰაერის ნაკადის ფრონტის მოძრაობის შესაბამისად B პორტალიდან A პორტალის მიმართულებით. სიჩქარე  $u_1$  განისაზღვრა B პორტალიდან O წერტილამდე მანძილისა და მის დასაფარავად საჭირო დროის მიხედვით, ჰაერის შესაბამისი ხარჯი არის  $G_1$ . სიჩქარე  $u_2$  შეესაბამება მანძილს O წერტილიდან A პორტალამდე, ჰაერის შესაბამისი ხარჯი არის  $G_2$ . კვამლისა და წვის სხვა ტოქსიკური პროდუქტების ხარჯი განისაზღვრა ფორმულით

$$G = G_2 - G_1 \quad (9)$$

ცხრილი 2. ჰაერის ხარჯი და სიჩქარე გვირაბში მოდელირების მიხედვით

ხანძრის სიმძლავრე, მგვტ	$u_1$ , მ/წმ	$u_2$ , მ/წმ	$G_2$ , მ <sup>3</sup> /წმ	$G_1$ , მ <sup>3</sup> /წმ	$G$ , მ <sup>3</sup> /წმ
5	2.9	3.6	139.2	172.8	33.6
10	2.9	4.1	139.2	196.6	57.6
30	2.9	5.0	139.2	240.0	100.8
50	2.9	5.6	139.2	268.8	129.6



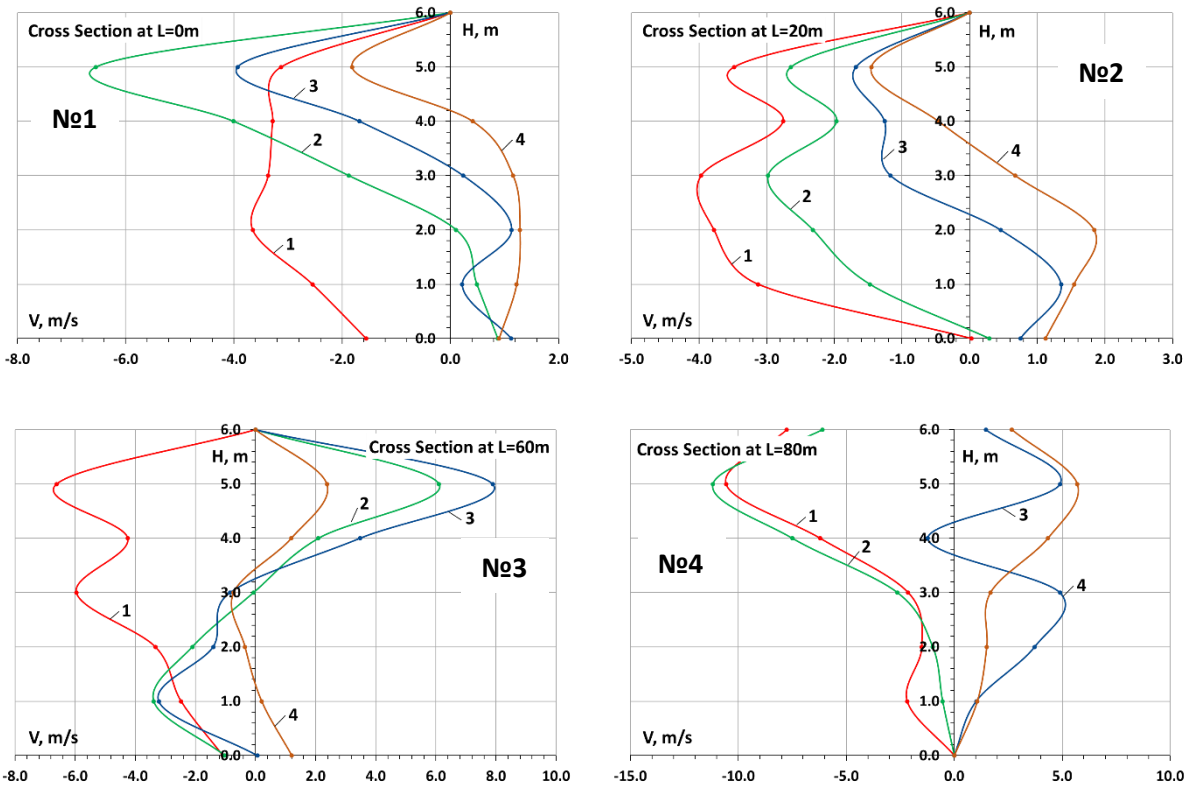
ფიგ. 5. დახრილ გვირაბში (3%) ჰაერის საშუალო სიჩქარის ცვალებადობა ხანძრის სიმძლავრის მიხედვით დაღმავალი სავენტილაციო ნაკადებისათვის.

დახრილ გვირაბებში, ხანძრის პროდუქტების შერევის მიუხედავად, ხანძრის ამოქმედების პერიოდის ( $\tau = 20$  წმ) შემდეგ, სავენტილაციო ნაკადის სიჩქარე ყოველთვის არ მატულობს. ფიგ. 5-დან ჩანს, რომ 30 და 50 მგვტ სიმძლავრის ხანძრებისათვის სავენტილაციო ნაკადის საშუალო სიჩქარე კლებულობს, მიუხედავად იმისა, რომ ჰაერს უფრო მეტი წვის პროდუქტები შეერევა, ვიდრე 5 მგვტ ხანძრის დროს. ამ შემთხვევაში, საბოლოოდ, ნაკადის ინერციის ძალებს გაცილებით აღემატება ჰაერის სიმკვრივის შემცირებით გამოწვეული ტივტივადობის ძალები. უფრო ზუსტად, პროცესზე გავლენის თვალსაზრისით, სავენტილაციო ნაკადის მოცულობის ზრდის ტემპი გაცილებით ჩამორჩება ტივტივადობის ძალების გავლენის ტემპს.

### 3.2. სიჩქარის პროფილები გვირაბის დამახასიათებელ განივ კვეთებში

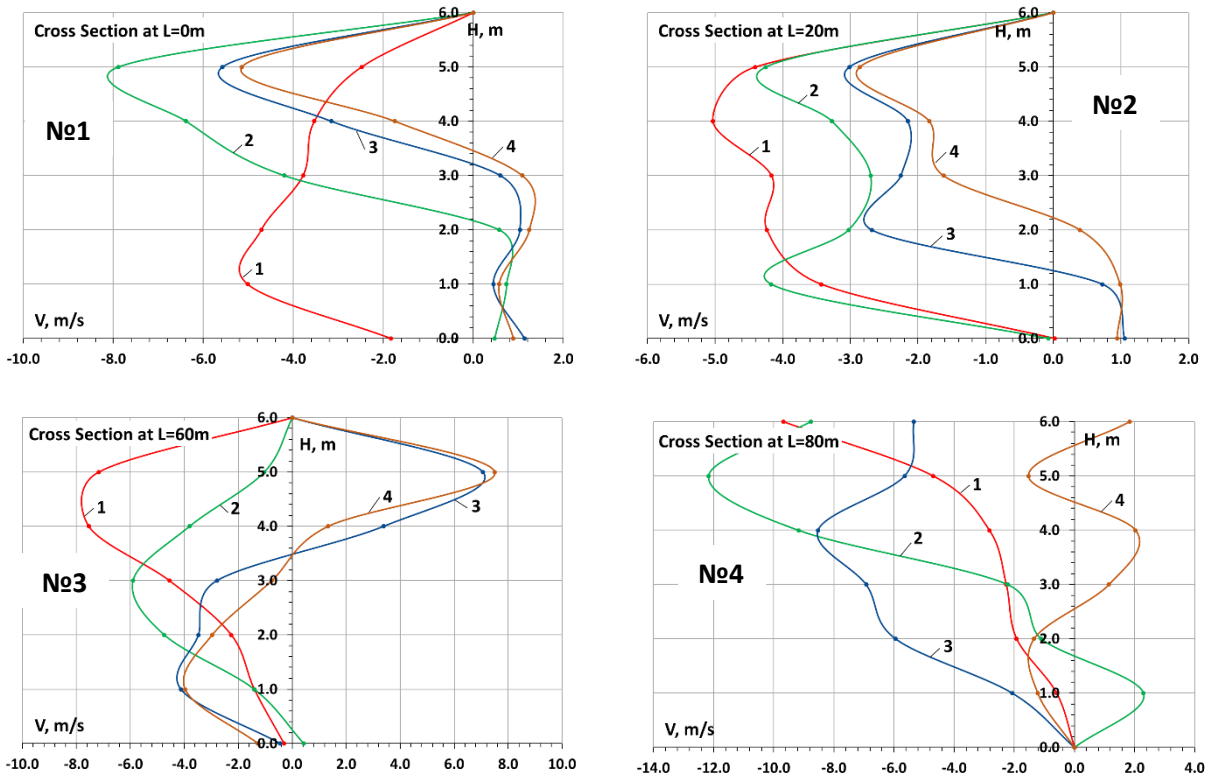
რიცხვითი მოდელირების შედეგად მიღებული სიჩქარის პროფილები მოცემულია ფიგ. 6, 7 და 8-ზე. ყველა ფიგურაზე განივი კვეთები მოცემულია ქვედა პორტალიდან დაშორების მანძილის მიხედვით შემდეგი კანონზომიერებით: ნახაზი N1 - ქვედა პორტალი; ნახაზი N2 - ქვედა პორტალიდან დაშორება 20 მ; ნახაზი N3 - ქვედა პორტალიდან დაშორება 60 მ და ნახაზი N4 - ქვედა პორტალიდან დაშორება 80 მ. მრუდების ნომრები შეესაბამება დროის შუალედებს

ექსპერიმენტის დაწყებიდან: 1 -  $\tau = 60$  წმ; 2 -  $\tau = 80$  წმ; 3 -  $\tau = 100$  წმ; 4 -  $\tau = 120$  წმ. სიჩქარის პროფილების ყველა ნახაზზე სიჩქარის უარყოფითი მნიშვნელობა ნიშნავს ნაკადის მოძრაობას პორტალისაკენ 1, ხოლო დადებითი მნიშვნელობა - პორტალისაკენ 2 (იხ. ფიგ. 2).



**ფიგ. 6.** დაღმავალი სავენტილაციო ნაკადის სიჩქარის პროფილები ორი ცალი ჭავლური ვენტილატორის მუშაობის დროს, მრუდები შეესაბამებიან დროის შუალედებს: 1 -  $\tau = 60$  წმ; 2 -  $\tau = 80$  წმ; 3 -  $\tau = 100$  წმ; 4 -  $\tau = 120$  წმ.

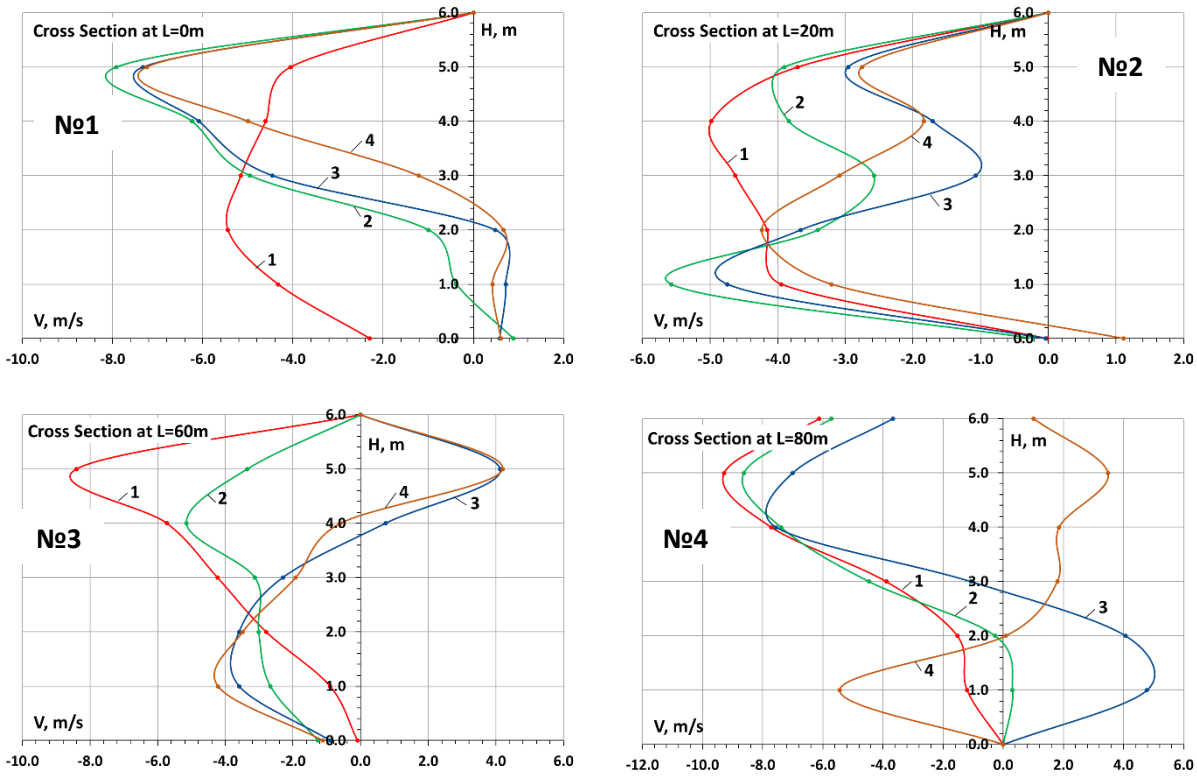
ფიგ. 6-ის ნახაზიდან 1, მრუდი 1 გვიჩვენებს, რომ ხანძრის ამოქმედებამდე ჰაერის ნაკადი მოძრაობს პორტალი 1-ის მიმართულებით, ხოლო სიჩქარის ეპიურას აქვს კლასიკური სახე. ამ დროს ზედა პორტალთან ერთდროულად მუშაობს ორი ჭავლური ვენტილატორი. როგორც კი ამოქმედდება ხანძარი, მაშინვე იცვლება სიტუაცია (მრუდები 2, 3 და 4). ჰაერის მოძრაობის მიმართულებას და ინტენსიურობას უკვე უფრო მეტად განაპირობებს ხანძრის მიერ აღძრული დინამიკური წნევა, ხოლო ვენტილატორების გავლენა შემცირების ტენდენციით ხასიათდება. აღსანიშნავია, რომ სიჩქარის პროფილების ყველა წარმოდგენილი ნახაზი ცხადყოფს, რომ წნევის ცვალებადობა ვრცელდება ბგერის სისწრაფით, რაც ანალოგიური სისწრაფით სათანადო შედეგების ცვალებადობას იწვევს.



**ფიგ. 7.** დაღმავალი სავენტილაციო ნაკადის სიჩქარის პროფილები სამი ცალი ჭავლური ვენტილატორის მუშაობის დროს, მრუდები შეესაბამებიან დროის შუალედებს: 1 -  $\tau = 60$  წმ; 2 -  $\tau = 80$  წმ; 3 -  $\tau = 100$  წმ; 4 -  $\tau = 120$  წმ.

ის გარემოება, რომ ზოგიერთი შედეგი ამოვარდნილია აღწერილი საერთო სურათიდან, განსაკუთრებით ფიგ. 7-ზე წარმოდგენილი მასალების მიხედვით, ადასტურებს ხანძრის ძლიერ გავლენას, აგრეთვე მექანიკური (ვენტილატორის მუშაობით) და თერმული (ხანძრით გავლენით) ენერგიებით აღძრული ნაკადების ალგებრულად შეკრების რთულ პროცესს, რაც პულსაციურობით და შემთხვევითობებით არის ნიშანდებული.

ფიგ. 8-ის ყველა ნახაზიდან ჩანს, რომ პორტალში 2 ერთდროულად მოქმედი ოთხი ცალი ჭავლური ვენტილატორის შემთხვევაშიც კი თერმული წევა პრევალირებს ვენტილატორების გავლენაზე და ხდება სავენტილაციო ნაკადის დაშრევა. ეს მოვლენა საერთოდ ეწინააღმდეგება კრიტიკული სიჩქარის ცნებას, რომლის თანახმადაც ერთი პორტალი არის გვირაბში სუფთა ჰაერის მიმწოდებელი, ხოლო მეორე პორტალი - გაჭუჭყიანებული ჰაერის ასარინებელი. წარმოდგენილი შედეგებიდან ჩანს, რომ ორივე პორტალიდან ხდება როგორც ჰაერის მიწოდება, ისე გაჭუჭყიანებულის არინება, რაც უნდა განვიხილოთ როგორც ძლიერი ხანძრის გავლენა და კრიტიკული სიჩქარის შეუსაბამობა ასეთი ხანძრების შეფასებისა და მართვის მიზნით. აღნიშნულიდან გამომდინარე, რიცხვითი სრულმასშტაბიანი მოდელირების შედეგების მიხედვით სრულიად ცხადია, რომ კრიტიკული სიჩქარის გამოყენებას აქვს ზღვარი, რაც სხვა თანაბარ პირობებში შემოსაზღვრულია ხანძრის სიმძლავრით და გვირაბის დახრილობით.



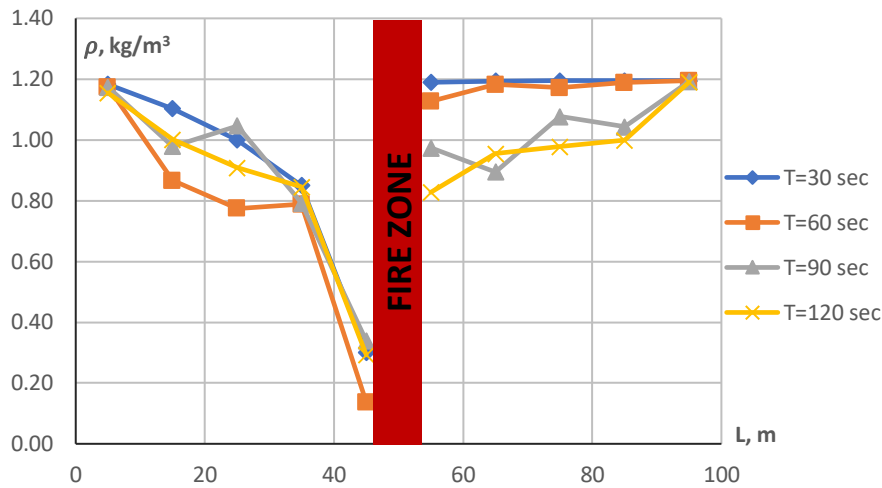
**ფიგ. 8.** დაღმავალი სავენტილაციო ნაკადის სიჩქარის პროფილები ოთხი ცალი ჭავჭავი ვენტილატორის მუშაობის დროს, მრუდები შეესაბამებიან დროის შუალედებს: 1 -  $\tau = 60$  წმ; 2 -  $\tau = 80$  წმ; 3 -  $\tau = 100$  წმ; 4 -  $\tau = 120$  წმ.

### 3.3. ჰაერის სიმკვრივისა და ტემპერატურის ცვალებადობა გვირაბის სიგრძეზე

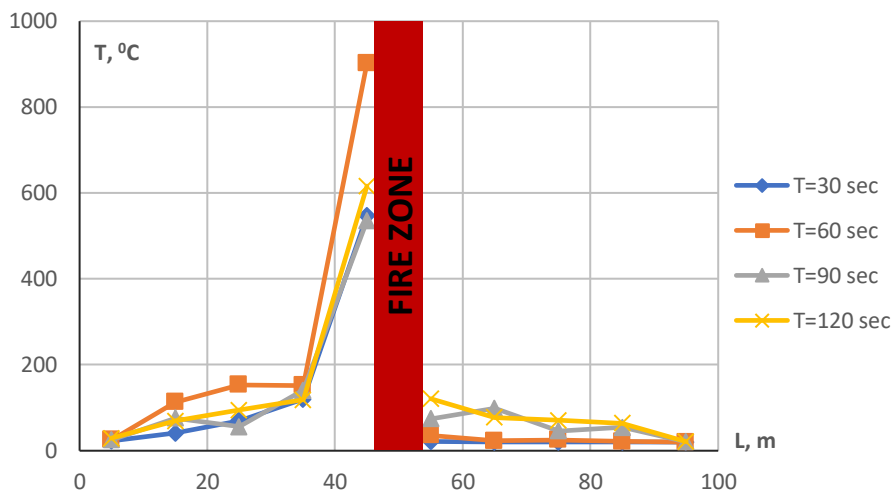
სავენტილაციო ჰაერის სიმკვრივის დინამიკა ხანძრის კერაზე და გვირაბის სიგრძის მიხედვით მოცემულია ფიგ. 9-ზე. ნახაზიდან ჩანს, რომ დაღმავალ ნაკადზე ჰაერის სიმკვრივე შემცირებულია და უშუალოდ ხანძრის კერაზე მისი მინიმალური სიდიდე იცვლება 0.18 - 0.28 კგ/მ<sup>3</sup> ფარგლებში. ანალიზისათვის ავიღოთ სიმკვრივის რიცხვითი სიდიდის მაქსიმალური მნიშვნელობა 0.28 კგ/მ<sup>3</sup>. ხანძრის კერაზე მაქსიმალური ტემპერატურა, რომელმაც განაპირობა ჰაერის სიმკვრივის შემცირება მოცემულ ნიშნულამდე შეადგენს 610 °C, ანუ 883 K (იხ. ფიგ. 10).

კლაპეირონის განტოლებით განსაზღვრული ხანძრის მიერ აღძრული წნევა მოცემული მაჩვენებლებისათვის შეადგენს 71.0 kPa. შევნიშნოთ, რომ ასეთი სიდიდის დინამიკური წნევა გვირაბში ყველა შემთხვევაში გამოიწვევს სავენტილაციო ნაკადის გადაყირავებას. კლაპეირონის განტოლებას ამ შემთხვევაში აქვს სახე

$$pv = RT \tag{10}$$



ფიგ. 9. სავენტილაციო ჰაერის სიმკვრივის ცვალებადობა 3% დახრილობის გვირაბის სიგრძის მიხედვით 30 მგვტ სიმძლავრის ხანძრის პირობებში.



ფიგ. 10. სავენტილაციო ჰაერის ტემპერატურის ცვალებადობა 30 მგვტ სიმძლავრის ხანძრის პირობებში, გვირაბის ცენტრალურ გრძივ სიბრტყეზე იატაკიდან 1.7 მ სიმაღლეზე 3% დახრილობის გვირაბის სიგრძის მიხედვით.

მამასადამე, როგორც თეორიულად, ისე რიცხვითი ექსპერიმენტების გზით დადგენილად უნდა მივიჩნიოთ, რომ ძლიერ ხანძარს გვირაბებში შეუძლია აღძრას ვენტილატორებზე უფრო დიდი დინამიკური წნევა, რომელსაც შეუძლია დადებითი მიმართულების (დაღმავალი) სავენტილაციო ნაკადების გადაყრავება 3% და უფრო მეტი დახრილობის გვირაბებში.

#### 4. დასკვნები

თეორიულად და რიცხვითი ექსპერიმენტებით დადგენილია, რომ სითბოს გამოყოფის მაღალი მაჩვენებლის მქონე ძლიერი ხანძარი აღძრავს საგვირაბე ჰავლური ვენტილატორების სტატიკურ წნევაზე გაცილებით უფრო დიდ დინამიკურ წნევას. შესაბამისად, აღნიშნული სიდიდეებით გამოწვეული ნაკადები, მათი მოძრაობის სხვადასხვა მიმართულების პირობებში, ალგებრულად შეკრების შემდეგ, იწვევენ ძლიერ უკუდინებას დაღმავალი სავენტილაციო ნაკადების შემთხვევაში. ამიტომ კრიტიკული სიჩქარის დეკლარირებული რიცხვითი სიდიდე 3 მ/წმ ამ შემთხვევაში ვერ უზრუნველყოფს უკუდინების თავიდან

აცილებას, რაც მხედველობაში უნდა იქნეს მიღებული სახანძრო ვენტილაციის პროექტების შედგენის დროს, რადგან ამ დროს უარესდება უბედურების ზონაში მოხვედრილი ადამიანების თვითევაკუაციის შესაძლებლობები.

შესრულებული ანალიზი მკაფიოდ უჩვენებს, რომ მომხდარი ხანძრების შესწავლა და განზოგადება გამოდგება მათი მავნე გავლენის შესამცირებელი ღონისძიებების ადეკვატური დაგეგმვისა და განხორციელებისათვის. აღნიშნული დღის წესრიგში აყენებს არა მხოლოდ ხანძრის შემთხვევათა გულმოდგინე დაწვრილებით აღწერასა და ანალიზს, არამედ კონკრეტული გვირაბის გეომეტრიის, ადგილმდებარეობის, ბუნებრივი პირობების, სავენტილაციო სისტემების და ხანძრის სიმძლავრის მიხედვით მოქმედების ცხადი ალგორითმის დამუშავების საჭიროობას და მიღებული შედეგების გავრცელებას მამველებზე, გვირაბის მომსახურე პერსონალსა და მთელ საზოგადოებაზე.

## References

1. Chow W.K., Gao Y., Zhao J., Dang J.F., Chow C.L., Miao L.: Smoke movement in tilted tunnel fires with longitudinal ventilation, *Fire Safety Journal* **75**, 2015, pp14–22.
2. Ingason H., Li Y.Z.: Model scale tunnel fire tests with point extraction ventilation, *Journal of Fire Protection Engineering* **21**(1), 2011, pp 5-36.
3. Kong J., Xu Z., You W., Wang B., Liang Y., Chen T.: Study of smoke back-layering length with different longitudinal fire locations in inclined tunnels under natural ventilation, *Tunnelling and Underground Space Technology* **107**, 2021, 103663.
4. Ilias N., Lanchava O., Nozadze G.: Numerical modelling of fires in road tunnels with longitudinal ventilation system, *Quality Access to Success*, **18**(S1), 2017, pp 77-80.
5. Vauquelin O., D Telle D.: Definition and experimental evaluation of the smoke “confinement velocity” in tunnel fires, *Fire Safety Journal* **40**(4), 2005, pp 320-330.
6. Lei P., Chen C., Zhang Y., Xu T., Sun H.: Experimental study on temperature profile in a branched tunnel fire under natural ventilation considering different fire locations, *International Journal of Thermal Sciences* **159**, 2021, 106631.
7. Lanchava O., Javakhishvili G.: Impact of strong fires on a road tunnel ventilation system, *Bulletin of the Georgian National Academy of Sciences* **15** (4), 2021, pp 38-45.
8. Lanchava O.: Analysis of critical air velocity for tunnel fires controlled by ventilation, *Mining Journal* **1**(42), 2019, pp 126-132.
9. Deberteix P., Gabay D., Blay D.: Experimental study of fire-induced smoke propagation in a tunnel in the presence of longitudinal ventilation, *Proceedings of the International Conference on Tunnel Fires and Escape from Tunnels*, 2001.
10. Lanchava O., Ilias N., Nozadze G.: Some problems for assessment of fire in road tunnels, *Quality Access to Success* **18** (S1), 2017, pp 69-72.
11. Li Y.Z., Ingason H.: Effect of cross section on critical velocity in longitudinally ventilated tunnel fires, *Fire Safety Journal* **91**, 2017, pp 303-311 <https://doi.org/10.1016/j.firesaf.2017.03.069>.
12. Fan C.G., Yang J.: Experimental study on thermal smoke backlayering length with an impinging flame under the tunnel ceiling, *Experimental Thermal and Fluid Science* **82**, 2017, pp 262–268.
13. Yi L., Xu Q., Xu Z., Wu D.: An experimental study on critical velocity in sloping tunnel with longitudinal ventilation under fire, *Tunnelling and Underground Space Technology* **43**, 2014, pp 198-203.



14. Weng M., Lu X., Liu F., Du C.: Study on the critical velocity in a sloping tunnel fire under longitudinal ventilation, *Applied Thermal Engineering* **94**, 2016, pp 422–434.
15. Li Y.Z., Ingason H.: Discussions on critical velocity and critical Froude number for smoke control in tunnels with longitudinal ventilation, *Fire Safety Journal* **99**, 2018, pp 22-26.
16. Vaitkevicius A., Carvel R., Colella F.: Investigating the Throttling Effect in Tunnel Fires, *Fire Technology* **52**, 2016, pp 1619–1628 DOI: 10.1007/s10694-015-0512-z.
17. Thomas P.H.: The movement of buoyant fluid against a stream and the venting of underground fires, *Fire Research Notes*, **351**, 1958, <http://www.iafss.org/publications/frn/351/-1>.
18. Thomas P.H.: The Movement of Smoke in Horizontal Passages against an Air Flow. *Fire Research Station*. Boreham Wood, 1968, p 8.
19. Road tunnels: vehicle emissions and air demand for ventilation, PIARC Technical Committee C4, Technical report 2012R05EN: 87 <http://www.piarc.org>, 2012.
20. Road tunnels: vehicle emissions and air demand for ventilation, PIARC Technical Committee D5, Technical report 2019R02EN: 62 <http://www.piarc.org>, 2019.
21. NFPA 502, Standard for Road Tunnels, Bridges, and Other Limited Access Highways, 2020.
22. Lanchava O., Ilias N., Nozadze G., Radu S.M., Moraru R.I., Khokerashvili Z., Arudashvili N.: FDS Modelling of the Piston Effect in Subway Tunnels. *Environmental Engineering and Management Journal* **18**(4), 2019, pp 317-325.
23. Li J., Li Y.F., Cheng C.H., Chow W.K.: A study on the effects of the slope on the critical velocity for longitudinal ventilation in tilted tunnels, *Tunnelling and Underground Space Technology* **89**, 2019, pp 262-267.
24. Li Y.Z., Lei B., Ingason H.: Study of critical velocity and backlayering length in longitudinally ventilated tunnel fires, *Fire Safety Journal* **45**, 2010, pp 361-370.
25. Lia J., Li Y.F., Cheng C.H., Chow W.K.: A study on the effects of the slope on the critical velocity for longitudinal ventilation in tilted tunnels, *Tunneling and Underground Space Technology* **89**, 2019, pp 262-265.
26. Danziger N.H., Kennedy W.D.: Longitudinal ventilation analysis for the Glenwood canyon tunnels, *Fourth International Symposium on the Aerodynamics and Ventilation of Vehicle Tunnels*, BHRA *Fluid Engineering*, 1982, pp 169-186.
27. Lee C.K., Chaiken R.F., Singer J.M.: Interaction between duct fires and ventilation flow: an experimental study, *Combustion Science and Technology* **20**, 1979, pp 59-72.
28. Kennedy W.D.: Critical velocity: past, present and future, *Seminar of Smoke and Critical Velocity in Tunnels*, JFL Lowndes, 1996, pp 305–322.
29. Lanchava O., N. Ilias N.: Calculation of railway tunnels ventilation. *Journal of Engineering Sciences and Innovation*, **5**(1), 2020, pp 69-86.
30. Lanchava O., Abashidze G., Tsverava D.: Securing fire safety for underground structures, *Quality Access to Success*, **18**(S1), 2017, pp 47-50.
31. Lanchava O., Ilias N., Nozadze G., Radu S.M.: Heat and hygroscopic mass exchange modeling for safety management in tunnels of metro, *Quality Access to Success*, **20**(S1), 2019, pp 27-33.
32. Lanchava O., Ilias N.: Complex calculation method of temperature, mass transfer potential and relative humidity for ventilation flow. *Technical Sciences* **3** (1), 2018, pp 69-84.
33. Lanchava O.A. Heat and mass exchange in newly driven mine workings. Sov. Min. Sci. (Engl. Transl.); (United States) **21**(5), 1986.
34. Lanchava O., Ilias N., Nozadze G., Radu S.M., Moraru R.I., Khokerashvili Z., Arudashvili N.: The impact of the piston effect on the technological characteristics of ventilation in the subway tunnels.

*Proceedings of 8th International Symposium “Occupational Health and Safety” SESAM, 2017, pp 342-352.*

35. Lanchava O., Nozadze G., Bochorishvili N., Lebanidze Z., Arudashvili N., Jangidze M., Tsikarishvili K.: Criteria for evaluation of emergency firefighting in transport tunnels. *Transport Bridge Europe-Asia*, 2014, pp 29-34.
36. Lanchava O., Ilias N.: Critical velocity analysis for safety management in case of tunnel fire. *MATEC Web of Conferences* **305**, 00023 (2020), SESAM 2019 <https://doi.org/10.1051/mateconf/202030500023>
37. Lanchava O., Ilias N., Nozadze G.: Numerical simulation of air flow in short metro ventilation shafts caused by a piston effect. *MATEC Web of Conferences* **305**, 00050 (2020), SESAM 2019. <https://doi.org/10.1051/mateconf/202030500050>
38. Lanchava O., Ilias N., Radu S.M., Jangidze M., Khokerashvili Z.: Fire development study on physical models of transport tunnels. *MATEC Web of Conferences* 342, 03020 (2021) <https://doi.org/10.1051/mateconf/202134203020>
39. Lanchava O., Ilias N., Radu S.M., Nozadze G., Tsanava D.: Analysis of the use of transformable elements in intelligent tunnel ventilation systems. *MATEC Web of Conferences* 354, 00020 (2022) <https://doi.org/10.1051/mateconf/202235400020>
40. Lanchava O.A.: Hygroscopic heat and mass transfer in underground structures. GTU, Tbilisi, 1998, p 272.

## სიცოცხლის გადარჩენის პრობლემები საავტომობილო გვირაბებისათვის ხანძრის პირობებში

ომარ ლანჩავა

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

საქართველოს საავტომობილო გვირაბების საპროექტო გადაწყვეტების თანახმად, გვირაბების უსაფრთხო ექსპლუატაციის ერთ-ერთი ძირითადი რისკ-ფაქტორი არის ხანძრის გაჩენის შესაძლებლობა აქედან გამომდინარე უარყოფითი შედეგებით. მოხსენებაში განხილული იქნება მიწისქვეშ ხანძრის განვითარების სცენარები რიცხვითი მოდელირების შედეგების მიხედვით. აგრეთვე ხანძრის სიმძლავრის, გვირაბის გეომეტრიის, ადგილმდებარეობისა და სხვა მაჩვენებლების მიხედვით გვირაბის მომსახურე პერსონალისა და მაშველების სწავლებისა და ცნობიერების ამაღლების რეკომენდაციები, რაც გამოსაყენებელი იქნება სატრანსპორტო გვირაბების უსაფრთხო ექსპლუატაციისა და სიცოცხლის გადარჩენისათვის ხანძრის შემთხვევაში.

გვირაბებში ხანძრის პირობებში სიცოცხლის გადარჩენა აღიარებული საერთაშორისო პრობლემაა, რომლის გადაჭრაზე მრავალი მეცნიერი და ინჟინერი მუშაობს მთელ მსოფლიოში. სიცოცხლის გადარჩენაზე აქცენტირება განსაკუთრებით მას შემდეგ გაძლიერდა, რაც მასშტაბურ ხანძრებს მოჰყვა ადამიანთა მსხვერპლი. ალპების გვირაბებში მომხდარი ძლიერი ხანძრების შემდეგ ევროპის კომისიამ შეიმუშავა მინიმალური მოთხოვნები გვირაბების სახანძრო უსაფრთხოების შესახებ [1]. მოთხოვნები განიხილავს ადმინისტრაციულ, ორგანიზაციულ და ტექნიკურ ასპექტებს. განსაკუთრებული ყურადღება ენიჭება რისკის ანალიზს როგორც უსაფრთხოების კონტროლისა და უზრუნველყოფის მეთოდს. რისკის ანალიზის შედეგად საზოგადოებისათვის უფრო ხელშესახები გახდა აღნიშნული პრობლემა, რამაც განაპირობა რამდენიმე კვლევითი პროექტის დაფინანსება [2, 3].

აღსანიშნავია, რომ ტომასმა ჯერ კიდევ 1958 წელს გაამახვილა ყურადღება უკუდინებაზე. ეს ის შემთხვევაა, როცა ცხელი კვამლი მოძრაობს გვირაბის ჭერის გასწვრივ სუფთა ჰაერის ნაკადის საპირისპიროდ. მოგვიანებით, 1968 წელს ტომასმა შემოიტანა კრიტიკული სიჩქარის ცნება, რომელიც საჭიროა უკუდინების გამოსარიცხავად გვირაბის ხანძრების პირობებში. გვირაბების უმრავლესობისათვის კრიტიკული სიჩქარის მაქსიმუმი ინგასონის მიხედვით არის დაახლოებით 3 მ/წმ [3], რაც დადასტურებულია აგრეთვე უფრო მოგვიანებით გამოქვეყნებულ მისივე და სხვა მკვლევარების ნაშრომებში. ნაშრომში [4] აღნიშნულია, რომ ვენტილატორის სიმძლავრე უნდა გაიზარდოს ხანძრის ზომის ზრდასთან ერთად, ხოლო სიჩქარე 3 მ/წმ საკმარისი იქნება უკუდინების გამოსარიცხავად. აღნიშნულიდან გამომდინარე, ის გარემოება, რომ მოცემული კრიტიკული სიჩქარე გამორიცხავს უკუდინებას, არ არის დაყენებული ექვეყნებში.

წინამდებარე მოხსენებაში დამაჯერებლად იქნება დასაბუთებული, რომ აღნიშნული კრიტიკული სიჩქარე არის კერძო შემთხვევა და ხანძრის უკლებლივ ყველა მოსალოდნელ

შემთხვევაში ის ვერ უზრუნველყოფს უკუდინების პრევენციას [5]. უკუდინების გამორიცხვა კი მეტად მნიშვნელოვანია შეზღუდულ მიწისქვეშა სივრცეში სიცოცხლის გადასარჩენად [6]. მოხსენებაში წარმოდგენილი ახალი შედეგების არსი მოძველებული სამეცნიერო დებულებების კრიტიკული ანალიზზე და ინტერდისციპლინურობაზე არის დაფუძნებული, მოხსენების ავტორის მიერ შემოღებული დებულება იმის შესახებ, რომ ძლიერი ხანძარი აღძრავს საგვირაბე ვენტილატორების სტატიკურ წნევაზე უფრო მეტ დინამიკურ წნევას ფართოდ გამოიყენება ამ ნაშრომის სადისკუსიო ნაწილში.

მოხსენებაში ნაჩვენებია იქნება კრიტიკული სიჩქარის შესახებ მონაცემების არასაკმარისობა სასურველი შედეგების მისაღებად დიდი სიმძლავრის ხანძრებისათვის მაღალი გრადიენტის მქონე გვირაბებში, ანუ მაშინ, როცა ყველაზე რთულ პრობლემას წარმოადგენს სიცოცხლის გადარჩენა [7-12]. აღსანიშნავია, რომ სხვა ქვეყნების ანალოგიურად, საქართველოს ეკონომიკის მდგრადობაც დიდადაა დამოკიდებული სატრანსპორტო სისტემის გამართულ მუშაობაზე. ამ სისტემაში გვირაბი საკვანძო ელემენტია, რადგან გზის ყველაზე უფრო რთული მონაკვეთის გადალახვა მისი მემწევობით ხდება და სწრაფდება ტვირთბრუნვა. გვირაბი ზოგადად და განსაკუთრებით მაღალი გამტარებლობის პირობებში, იმავდროულად პრობლემური ელემენტაცაა, რადგან მასში მოსალოდნელია ხანძრის გაჩენა. გვირაბში ხანძარი ხასიათდება ძლიერი დამანგრეველი მოქმედებით და ამის გამო ხანგრძლივ უარყოფით გავლენას მოახდენს გვირაბის ნორმალურ ფუნქციონირებაზე, რაც დამაჯერებლად არის განხილული მოხსენებაში პრევენციულ ღონისძიებებთან ერთად.

როგორც ცნობილია, გვირაბების ფუნქციონირების ხანგრძლივი პერიოდით მოშლა გამოიწვევს პირდაპირ ზარალს, შეაფერხებს ეკონომიკის განვითარებას და ქვეყანას უმძიმეს მდგომარეობაში ჩააყენებს. ამის გამო გვირაბის უსაფრთხო ვენტილაციასთან დაკავშირებული საკითხების ახალი გადაწყვეტების შემოტანა მნიშვნელოვანია. მათში გაანალიზებულია მსოფლიოს გვირაბებში მომხდარი რეზონანსული ხანძრების მიზეზები და შედეგები. უფრო რეალისტურად არის შეფასებული სავენტილაციო სისტემის შესაძლებლობები. განხილულია ვენტილაციის სისტემის მოსალოდნელი კოლაფსი და მავნე გავლენის შესამცირებელი ღონისძიებები შესაბამისად და ადეკვატურად არის დამუშავებული.

აქედან გამომდინარე, საქართველოს საავტომობილო გვირაბებში შესაძლებელი იქნება სიცოცხლის უფრო საიმედოდ გადარჩენა, აგრეთვე შესაძლებელი იქნება გვირაბების ხანგრძლივი პერიოდით მყობრიდან გამოყვანის თავიდან აცილება. გვირაბისა და მისი ინფრასტრუქტურის მწყობრიდან გამოყვანის შედეგად გამოწვეული პირდაპირი მატერიალური ზარალის შემცირებასთან ერთად, აღნიშნული აგვაცილებს ზარალს გვირაბების მოცდენისა და საერთაშორისო ტვირთების გადამისამართების გამო. შემოთავაზებულ მოხსენებაში საკმარისი სისრულით განხილულია აღნიშნული საკითხები.

## REFERENCES

1. EC (2004) Directive 2004/54/EC of the European parliament and of the council on minimum safety requirements for tunnels in the Trans-European Road Network. European Commission, Brussels.
2. Beard A, Cope D (2007) Assessment of the Safety of Tunnels - Study. Science and Technology Options Assessment. European Parliament, Brussels.
3. Ingason H, Lönnemark A (2012) Heat Release Rates in Tunnel Fires: A Summary. In: Beard A, Carvel R (eds) In the Handbook of Tunnel Fire Safety, 2nd end. ICE Publishing: 273–328.

4. Vaitkevicius A, Colella F, Carvel R (2014) Rediscovering the Throttling Effect. In: Ingason H, Lönnemark A (eds) Proceedings from the Sixth International Symposium on Tunnel Safety and Security (ISTSS 2014), Marseille, France. SP Technical Research Institute of Sweden: 373–378.
5. Lanchava O., Javakhishvili G. (2021) Impact of strong fires on a road tunnel ventilation system. *Bulletin of the Georgian National Academy of Sciences*, Vol. 15 No4: 38-45.
6. Lanchava O. (2019) Analysis of critical air velocity for tunnel fires controlled by ventilation. *Mining Journal No 1*, Tbilisi: 126-132.
7. Lanchava O., Ilias N., Nozadze G., Radu S.M. (2019) Heat and hygroscopic mass exchange modeling for safety management in tunnels of metro. *Quality Access to Success* 20, S1.
8. Lanchava O., Ilias N., Nozadze G., Radu S.M., Moraru R.I., Khokerashvili Z., Arudashvili N. (2019) FDS Modelling of the Piston Effect in Subway Tunnels. *Environmental Engineering and Management Journal* 18 (4): 317-325.
9. Lanchava O., N. Ilias N. (2020) Calculation of railway tunnels ventilation. *Journal of Engineering Sciences and Innovation*, 5(1): 69-86.
10. Lanchava O., Abashidze G., Tsverava D. (2017) Securing fire safety for underground structures, *Quality Access to Success*, 18(S1): 47-50.
11. Lanchava O., Ilias N. (2018) Complex calculation method of temperature, mass transfer potential and relative humidity for ventilation flow. *Technical Sciences* 3 (1),:69-84.
12. Lanchava O.A. Heat and mass exchange in newly driven mine workings. Sov. Min. Sci. (Engl. Transl.); (United States) 21(5), 1986.

## Life-saving problems during fire in road tunnels

Omar Lanchava

Georgian Technical University, Tbilisi

One of the main risk factors for the safe operation of tunnels, according to the design solutions of Georgian road tunnels, is the possibility of fire initiation with relevant negative consequences. The report will discuss the fire development scenarios under the ground based on the results of numerical modeling, as well as the recommendations for training and raising awareness of fire service personnel and rescuers depending on fire capacity, tunnel geometry, location and other factors, which will be applicable to the safe operation of transport tunnels and the survival of fire in the event of a fire.

Saving lives during tunnel fires is a well-known international issue that many scientists and engineers around the world are attempting to solve. The emphasis on life-saving has increased, particularly in the aftermath of large-scale fires that killed people. Following severe fires in Alpine tunnels, the European Commission developed minimum tunnel fire safety requirements [1]. Administrative, organizational, and technical aspects are all taken into account in the requirements. Risk analysis is given special consideration as a method of safety control and assurance. This problem became more visible to the public as a result of risk analysis, which resulted in the funding of several research projects [2, 3].

It is worth noting that Thomas began focusing on backlayering as early as 1958. Backlayering occurs when hot smoke flows along the tunnel ceiling in the opposite direction of a stream of fresh air. Later, in 1968, Thomas introduced the concept of critical velocity, which was required to eliminate backlayering in the event of tunnel fires. According to Ingason, the maximum critical speed for most tunnels is around 3 m/s [3], as evidenced by his and other researchers' later published works. According to paper [4,] fan capacity must be increased in proportion to increasing fire size, while a velocity of 3m/s will suffice to prevent backlayering. Given the foregoing, the fact that a given critical velocity precludes backlayering is unquestionable.

The present report will demonstrate convincingly that the aforementioned critical velocity is a private case failing to prevent backlayering for all fires [5]. Backlayering must be eliminated in order to save lives in a confined underground space [6]. The essence of the new findings presented in the report is based on a critical analysis of outdated scientific provisions and interdisciplinarity; the provision introduced by the report's author that strong fires induce dynamic pressure greater than static pressure in tunnel fans is widely used in the discussion of this paper.

The report will demonstrate the insufficiency of the critical velocity data to obtain the desired results in the case of strong fires in tunnels with high gradients, i.e., when saving lives is most difficult [7-12]. It should be noted that the sustainability of the Georgian economy, like that of other countries, is heavily reliant on the proper operation of the transportation system. A tunnel is an important component in this system because it crosses the most difficult road sections and speeds up cargo turnover. A tunnel is a problematic element in general, but especially when it comes to high conductivity because of the possibility of fires in it. The tunnel fire is destructive and consequently, has a long-term negative impact on the trouble-free operation of the tunnel, as convincingly discussed in the report along with preventive measures.

Long tunnel inactivation, as is well known, will cause direct damage, impede economic development, and place the country in a difficult situation. This is why it is critical to develop new solutions to tunnel ventilation problems. They investigate the causes and consequences of resonant fires in world tunnels, assess the ventilation system's capabilities more realistically, consider the ventilation system's expected collapse, and duly develop relevant measures to reduce harmful impacts.

Therefore, it will be possible to save lives more reliably in the road tunnels of Georgia, as well as prevent long tunnel failures. This will help avoid losses caused by tunnel idling and the diversion of international shipments, in addition to reducing direct material damage caused by the tunnel failure and its infrastructure. The proposed report goes into sufficient detail on these issues.

### **Acknowledgements**

This work was supported by Shota Rustaveli National Science Foundation (SRNSF) [Grant number AR-19-1936, Project title “*Development and testing of transformable system to save life in road tunnel in case of fire*”].

მოხსენდა კონფერენციას „ტექნიკურ მეცნიერებათა პრობლემები“ ერევანში 2022 წლის 22 მაისს.

## ტრანსფორმირებადი ელემენტებით აღჭურვილ საავტომობილო გვირაბში ხანძრის განვითარების ანალიზი რიცხვითი მოდელირების მეთოდით

ასოც. პროფ. ზაზა ხოკერაშვილი\*, პროფ. ნანა მაჭავარიანი\*, ასოც. პროფ. ნინო არუდაშვილი\*  
დოქტორანტი დავით ცანავა\*

\* შრომის დაცვისა და საგანგებო სიტუაციების მართვის დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, თბილისი, საქართველო

როგორც ცნობილია, საავტომობილო ტრანსპორტის გვირაბებში ინიცირებული და განვითარებული ძლიერი ხანძრებისას, სადაც გრძივი სავენტილაციო სისტემები გამართულად ფუნქციონირებენ, დგება ისეთი მომენტი, როდესაც მექანიკური ვენტილაციით აღძრული ჰაერის ნაკადები ვეღარ ახდენენ გავლენას წვის შედეგად ფორმირებულ წვევის ძალებზე და განვითარებულ ნაკადებზე. ამის შედეგად გვირაბის ორივე მხარეზე ჰაერის დაკვამლიანება იმდენად ინტენსიურად მიმდინარეობს, რომ აღნიშნული გარემო ადამიანის სიცოცხლისათვის პრაქტიკულად გამოუსადეგარი ხდება. ხანძრის ასეთი სცენარისას, საგანგებო ვითარებაში აღმოჩენილი ადამიანების გადარჩენის ერთადერთი საშუალება სახიფათო სივრციდან ორგანიზებული და დროული თვითევაკუაციაა [1]. აღნიშნულის წარმატებით განხორციელების განმაპირობებელად თვითევაკუაციის დროის ხანგრძლივობა განიხილება. ბუნებრივია, რომ საევაკუაციო დროის გახანგრძლივება დადებითად აისახება ადამიანების გადარჩენის შესაძლებლობებზე. აღწერილ ვითარებაში, ტრანსფორმირებადი სისტემების მოქნილი ელემენტების (მოქნილი სავენტილაციო ცეცხლგამძლე ბარიერების) ეფექტურად გამოყენება საშუალებას იძლევა, მნიშვნელოვანი გავლენა მოახდინოს საევაკუაციო დროის გახანგრძლივებაზე.

აღნიშნული სისტემების ფუნქციონირების ეფექტურობის ხარისხის დასადგენად განვახორციელეთ საავტომობილო გვირაბში სხვადასხვა სიმძლავრის ხანძრების რიცხვითი მოდელირება FDS პროგრამულ გარემოში სასრული მოცულობების მეთოდის გამოყენებით [2-4], რომელიც უფრო ადრე წარმატებით იქნა გამოყენებული სატრანსპორტო გვირაბებში მოძრავი შემადგენლობის დგუშის ეფექტის შესასწავლად და ვენტილაციის ტექნოლოგიური პარამეტრების დასადგენად. შევირჩიეთ საავტომობილო გვირაბი, რომელშიდაც მოქმედებს სტანდარტული გრძივი სავენტილაციო სისტემა. ამოცანაა გრძივი სექმის პირობებში ნამწვი აირების გავრცელების შეფერხება საევაკუაციო გზაზე. გვირაბის სიგრძე განისაზღვრა 400 მ-ით, განვიკვეთის ფართობი - 42 მ<sup>2</sup>-ით. მოდელირების ხანგრძლივობა 190 წმ-ით. სასრული მოცულობის კონტურის მინიმალური ზომები - 0,25 X 0,25 X 0,25 მ, ხოლო მაქსიმალური - 0,5

X 0,5 X 0,5 მ. აღნიშნული რიცხვითი მაჩვენებლებით მიღწეული იქნა სასაზღვრო პირობების ეფექტური დაცვა დამოძღვრულ ამოცანებში. ინიცირებული ხანძრის კერა მდებარეობს გვირაბის ცენტრში, იატაკიდან 0,1 მ სიმაღლეზე, რომლის ფართობი მოდელირების სხვადასხვა ამოცანებში განისაზღვრა 10-15 მ<sup>2</sup>-ით. წვის პროცესის რეაგენტად გამოყენებული იყო მ 27 პოლიურეთანი, მოდელირება განხორციელდა ხანძრის 5, 10, 15, 20, 30, 50 მგვტ სიმძლავრეებისათვის, ორი პირობით: 1. როცა საავტომობილო გვირაბში არ ფუნქციონირებს მოქნილი ტრანსფორმირებადი სისტემები, 2. როცა საავტომობილო გვირაბში მოქნილი ტრანსფორმირებადი სისტემები აქტივირებულია და გადაკეტილი აქვს გვირაბის განივი კვეთის 50%.

მოდელირების შედეგად გამოიკვეთა იმ მახასიათებლების ცვალებადობა, რომლებიც გავლენას ახდენენ ადამიანების ჯანმრთელობასა და სიცოცხლისუნარიანობაზე და გვირაბის უსაფრთხოებასა და მდგრადობაზე. დადგინდა, რომ მოქნილი სავენტილაციო ცეცხლგამძლე ბარიერების გამოყენების შედეგად შესაძლებელია ნამწვი აირების გავრცელების შეფერხება, რითაც მოსალოდნელია ევაკუაციის ეფექტურობის ამაღლება სიცოცხლის გადასარჩენად.

შესრულებული კვლევების მიხედვით დადგინდა, რომ გვირაბში განვითარებული 50 მგვტ სიმძლავრის ხანძრის შემთხვევაში, 180 წმ-ის შემდეგ, 60 °C ტემპერატურის იზოთერმა ხანძრის კერიდან ორივე მხარეზე ვრცელდება 75 მ მანძილზე და „ეშვება“ თითქმის იატაკის დონეზე, გავრცელების ვერტიკალური სიმაღლე ამ შემთხვევაში შეადგენს 0.5 მ იატაკის დონიდან. მოქნილი სავენტილაციო ცეცხლგამძლე ბარიერების მოქმედების შემთხვევაში გავრცელების ვერტიკალური სიმაღლე იატაკიდან 2.5 მ-მდე იზრდება და ტემპერატურული ფაქტორი პრაქტიკულად უსაფრთხო ხდება. ამგვარად, დადგინდა 60 °C კრიტიკული იზოთერმის გავრცელება ხანძრის კერიდან დაშორების მიხედვით გვირაბის ჰორიზონტალურ და ვერტიკალურ სიბრტყეებში.

ტრანსფორმირებადი ელემენტებით გვირაბის გადაფარვის შემთხვევაში, ელემენტებით შემოსაზღვრული გვირაბის მონაკვეთის შიგა სივრცეში, ჰიფსომეტრულად ნულოვანი დონიდან 2 მ სიმაღლემდე დადგენილია ტოქსიკური აირების პირდაპირ პროპორციული ზრდა ხანძრის სიმძლავრის ზრდასთან ერთად. მოხსენებაში წარმოდგენილი იქნება, ვერტიკალურ სიბრტყეში ნახშირბადის მონოქსიდის კრიტიკული კონცენტრაციის (200 მგ/მ<sup>3</sup>) გავრცელების ხასიათი და ცვალებადობის გრაფიკები მითითებული სიმძლავრის ხანძრებისათვის, რომლებიც გამოსაყენებელი იქნება გვირაბის პერსონალისათვის სიცოცხლის გადარჩენის კონკრეტული ამოცანების გადაწყვეტის დროს. ნაშრომში ნაჩვენებია, რომ გვირაბის განივი კვეთის 50%-ით გადაფარვის დროს შიგა სივრცეში ნახშირბადის მონოქსიდის ფეთქებადი კონცენტრაცია არ წარმოიშვება.

### ***Acknowledgements***

This work was supported by Shota Rustaveli National Science Foundation (SRNSF) [Grant number AR-19-1936, Project title “*Development and testing of transformable system to save life in road tunnel in case of fire*”].



## References

1. Lanchava O., Abashidze G., Tsverava D. (2017) Securing fire safety for underground structures. Quality-Access to Success **18** (S1), 47-50.
2. Lanchava O., Ilias N., Nozadze G., Radu S.M., Moraru R.I., Khokerashvili Z., Arudashvili N. (2019) FDS Modelling of the Piston Effect in Subway Tunnels. Environmental Engineering and Management Journal **18** (4), 317-325.
3. Lanchava O., Ilias N., Nozadze G., Radu S.M., Moraru R.I., Khokerashvili Z., Arudashvili N. (2017) The impact of the piston effect on the technological characteristics of ventilation in subway tunnels. Proceedings of 8th International Symposium “Occupational Health and Safety”, SESAM, 342-352.
4. Lanchava O., Ilias N. (2018) Complex calculation method of temperature, mass transfer potential and relative humidity for ventilation flow in subway. Technical Sciences **3** (1), 69-84.

## Analysis of Fire Development in a Road Tunnel Equipped with Transformable Elements by Using Numerical Modeling Method

Associate Prof. Zaza Khokerashvili\*, Prof. Nana Machavariani\*, Associate Prof. Nino Arudashvili\*  
Doctoral Student David Tsanova\*\*

\*Labor Safety and Emergency Management Department, *Georgian Technical University, Tbilisi, Kostava Street, 77, Georgia*

As it is known, in case of strong fires initiated and developed in road tunnels with properly functioning longitudinal ventilation systems, at some moment, the air flows induced by mechanical ventilation can no longer affect the traction forces and flows formed as a result of combustion. Consequently, the smoke formation in the air on both sides of the tunnel is so intense that the environment becomes practically unsuitable for human life. In case of such a fire scenario, the only way to save people from the emergency is well-organized and timely self-evacuation from the dangerous environment [1]. The success depends on the duration of self-evacuation. Naturally, the longer the evacuation time is, the more the chances of saving the people are. In this case, the efficient use of flexible elements of transformable systems (flexible ventilation fire-proof barriers) allows significantly prolonging the evacuation time.

In order to evaluate the efficiency of the said systems, we did numerical modeling of fires of different strengths in the motor tunnel with FDS software using the finite volume method [2-4], which was successfully used earlier to study the piston effect of a train in road tunnels and to determine the technological parameters of ventilation. We selected a motor tunnel with a standard longitudinal

ventilation system. Our goal was to delay the propagation of flue gases along the evacuation route under the longitudinal plan. The length of the tunnel was 400 m, and the cross-sectional area was 42 m<sup>2</sup>. Modeling duration was 190 seconds. The minimum dimensions of the contour of the finite volume were 0.25 X 0.25 X 0.25 m, and the maximum dimensions were 0.5 X 0.5 X 0.5 m. Efficient observance of the boundary conditions in the modeled problem was provided by using the given numerical values. The seat of the initiated fire was located in the center of the tunnel, at the height of 0.1 m from the floor, with its area in various modeling problems was 10 to 15 m<sup>2</sup>. M27 polyurethane was used as a combustion process reagent; modeling was provided for 5, 10, 15, 20, 30, 50 MW fires, in two different conditions: 1. when flexible transformable systems are not activated in the motor tunnel, 2. when flexible transformable systems are activated in the motor tunnel covering 50% of the cross section of the tunnel.

Modeling revealed the variability of the characteristics that influence human health and vitality, as well as tunnel safety and sustainability. It was established that the use of flexible ventilation fire-proof barriers can hamper the propagation of flue gases what is expected to increase the effectiveness of evacuation to save lives.

The studies demonstrated that in case of 50 MW fire in the tunnel, after 180 seconds, 60°C temperature isotherm from the seat of fire travels to both sides to a distance of 75 m and "descends" almost to the floor level. The vertical height of propagation is 0.5 m from the floor level. With flexible ventilation fire-proof barriers, the vertical height of propagation increases to 2.5 m from the floor and temperature decreases to a practically safe level. Thus, the propagation of 60°C critical isotherm in the horizontal and vertical planes of the tunnel was calculated depending on the distance from the seat of fire center.

In case of blocking the tunnel with transformable elements, in the inner space of the tunnel section bounded with elements, from a hypsometrically zero level to a height of 2 m, a directly proportional increase in toxic gases with increasing fire strength was established. The report will describe the nature of propagation of critical concentration of carbon monoxide (200 mg/m<sup>3</sup>) in the vertical plane and the graphs of variation for fires of specified strength, which will be useful for tunnel personnel in solving concrete life-saving problems. The paper demonstrates that when 50% of the tunnel cross-section is covered, no explosive concentration of carbon monoxide is produced in the inner tunnel space.

## პრობიოტიკური მიკროორგანიზმები – *Propionibacterium* ssp.

ტერეზა პაპიანი

დოქტორანტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

### რეზიუმე

პროპიონმჟავა ბაქტერიები მიეკუთვნება პრობიოტიკურ მიკროორგანიზმებს. მათი პრობიოტიკური თვისებები, ჯერ კიდევ ბოლომდე არ არის შეფასებული. ნაშრომში დახასიათებულია რძის პროპიონმჟავა ბაქტერიების პრობიოტიკური თვისებები: მაღალ მჟავიანობაზე ზრდა, ნაღვლის მჟავას მიმართ ტოლერანტობა, პათოგენური მიკროორგანიზმების დათრგუნვის უნარი, ანტიბიოტიკური მგრძობელობა. ასევე სხვადასხვა ფერმენტირებული რძის პროდუქტების შენახვის ვადის გაგრძელება, რაც განპირობებულია პროპიონმჟავას სინთეზის უნარით. პროპიონმჟავა ბაქტერიების თვისებებიდან გამომდინარე შესაძლებელია ადვილად გადაილახოს ტექნოლოგიური დაბრკოლებები წარმოების ოპტიმიზაციის პროცესში. ეს კი საშუალებას იძლევა მომავალში მათი გამოყენების სხვადასხვა ფერმენტირებული პრობიოტიკური საკვების მისაღებად.

### მიმოხილვა

ბუნებრივ „მიკრობიოფაბრიკებს“ – პრობიოტიკებს აქვთ უნარი წარმოქმნან უამრავი სასარგებლო და ბიოლოგიურად აქტიური მეტაბოლიტები, რომლებიც მოქმედებენ ადამიანის ორგანოებზე (განსაკუთრებით ნაწლავურ ფლორაზე) და იწვევენ გამაჯანსაღებელ ქმედებას. პრობიოტიკური მიკროორგანიზმები საინტერესოა თავიანთი ბიოტექნოლოგიური პოტენციალით და ადამიანის ორგანიზმზე სასარგებლო თერაპიული მოქმედების სპექტრით. ეს არის მაღალ მჟავიანობაზე ზრდა, ნაღვლის მჟავას მიმართ ტოლერანტობა, პათოგენური მიკროორგანიზმების დათრგუნვის უნარი, ანტიბიოტიკური მგრძობელობა. ასევე სხვადასხვა ფერმენტირებული რძის პროდუქტების შენახვის ვადის გაგრძელება, რაც განპირობებულია პროპიონმჟავას სინთეზის უნარით.

„პრობიოტიკი“ ბერძნული სიტყვაა და ნიშნავს „სიცოცხლისთვის“. ანტიბიოტიკებისგან განსხვავებით, რომლებიც ნიშნავს „სიცოცხლის წინააღმდეგ“ (აქ იგულისხმება მიკროორგანიზმების წინააღმდეგ). პრობიოტიკების კავშირი ფერმენტირებული საკვების მიღებასთან ჯერ კიდევ დიდი ხნით ადრე შენიშნეს ძველმა ბერძნებმა და რომაელებმა [1].

ტერმინი „პრობიოტიკი“ განსაზღვრავს ნივთიერებებს, რომლებიც ასტიმულირებენ სხვა მიკრობების ზრდას; ეს პირველად აღწერა 1907 წელს მეჩნიკოვმა, ნობელის პრემიის ლაურეატმა. მან აღნიშნა, რომ პრობიოტიკულ მიკრობებს აქვთ სასარგებლო გავლენა ადამიანის ჯანმრთელობაზე. მან წამოაყენა ჰიპოთეზა, რომ ფერმენტირებული რძის პროდუქტები, რომლებიც შეიცავდა ჩხირის ფორმის ბაქტერიებს (*Lactobacillus* spp.), გახდა ბულგარელების ჯანმრთელობის და დღეგრძელობის მიზეზი [2].

საერთაშორისო ორგანიზაციამ FAO/WHO განსაზღვრა პრობიოტიკები, როგორც „ცოცხალი მიკრობები“, რომლებიც სწორად გამოყენებისას, უზრუნველყოფენ მასპინძლის ჯანმრთელობის სასარგებლო ფუნქციებს. პრობიოტიკები უნდა უძლებდეს კუჭის დაბალ მჟავიანობას, საჭმლის მომნელებელი ფერმენტების და ნაღვლის მჟავების მოქმედებას და პათოგენების წინააღმდეგ ანტიმიკრობულ მოქმედებას, ასევე ანტიბიოტიკების მიმართ მდგრადობას [3].

მცენარეული და ცხოველური წარმოშობის საკვებ პროდუქტებს შორის მაღალი კვებითი და ბიოლოგიური ღირებულებით გამოირჩევა რძე და რძის პროდუქტები. რძის კვებითი ღირებულება გამოიხატება იმაში, რომ ის შეიცავს ადამიანის ორგანიზმისათვის საჭირო ყველა აუცილებელ ნივთიერებებს (ცილები, ცხიმები, ნახშირწყლები, მინერალური ნაერთები, ვიტამინები), კარგად ბალანსირებულ და ადვილად შესათვისებელ ფორმაში. რძის ფერმენტირებული პროდუქტები ასევე მდიდარია პრობიოტიკური მიკროორგანიზმებით.

სტატიაში მიმოხილულია რძის ფერმენტირებული პროდუქტები, რომელთა მაღალი პრობიოტიკური თვისებები განპირობებულია პროპიონმჟავა ბაქტერიებით.

პროპიონმჟავა ბაქტერიები (PCB) გამოიყენება ფერმენტირებული რძის პროდუქტების წარმოებაში სხვა რძემჟავა ბაქტერიებთან ერთად. ასეთი პროდუქტების წარმოების სირთულე განპირობებულია იმით, რომ პროპიონმჟავა ბაქტერიას აქვს მჟავას წარმოქმნის სუსტი ენერგია და არ ახდენს რძის ფერმენტირებას.

კლასიკური პროპიონმჟავა ბაქტერიები ძირითადად გვხვდება რძესა და რძის პროდუქტებში, ასევე ფერმენტირებულ რძეში, მაგრამ გვხვდება სხვა საკვებშიც (ბოსტნეულის მარინადებში, დამარილებულ ხორცში და სხვ.) პროპიონმჟავა ბაქტერიებისთვის დამახასიათებელ ძირითად რეაქციას წარმოადგენს რძის შაქრის, რძის მჟავის და მისი მარილების ბიოქიმიური გარდაქმნა პროპიონმჟავად. ამ დუდილის დროს, გარდა პროპიონმჟავასი წარმოიქმნება ძმარმჟავა, ნახშირორჟანგი, ქარვის მჟავა, აცეტონი, დიაცეტილი და სხვადასხვა აქროლადი არომატული ნახშირწყალბადები – დიმეთილ სულფიდი, აცეტალდეჰიდი, პროპიონალდეჰიდი, ეთანოლი და პროპანოლი. ასევე ვიტამინები (განსაკუთრებით B12), ბაქტერიოცინები, ფერმენტების და სხვა სასიცოცხლო მეტაბოლიტები.

გარდა ამისა, პროპიონმჟავა ბაქტერიების დადებითი ეფექტი არის იმუნური სისტემის სტიმულირება და სისხლში ქოლესტერინის დონის დაქვეითება. მათ აქვთ ანტიმიკრობული მოქმედების ფართო სპექტრი, რაც აფერხებს ზოგიერთი გრამუარყოფითი და გრამდადებითი ბაქტერიების, აგრეთვე ზოგიერთი ობის სოკოს და საფუარის ზრდას [4].

პროპიონმჟავა ბაქტერიები ერთ-ერთი ისეთი მნიშვნელოვანი კლასია, რომელიც თავდაპირველად გამოიყენებოდა შვეიცარიული ყველებისა და გარკვეული ფერმენტირებული საკვების წარმოებისთვის. სამრეწველო მასშტაბით, ისინი გამოიყენება როგორც დომინანტური სასტარტო კულტურები. შვეიცარული ტიპის ყველი დიდი რაოდენობით იწარმოება მთელ მსოფლიოში შერჩეული პროპიონმჟავა ბაქტერიების გამოყენებით. რძის PAB-ის სახეობებს შორის, სასურველია *Propionibacterium freudenreichii*-ის შერჩეული შტამები, რომლებიც გამოიყენება ინოკულაციური დოზით  $10^3$ – $10^4$  კწე/გ.

ამ ტიპის ყველის მომწიფება ხდება კვირების განმავლობაში  $24^{\circ}\text{C}$ -ზე, pH-ი იზრდება 5,2-ამდე და იქმნება პროპიონმჟავა ბაქტერიის *Propionibacterium freudenreichii* ზრდის კარგი ( $10^9$  კწე/გ) პირობები. პროპიონმჟავა ბაქტერიების ნელი დუდილის დროს წარმოქმნილი ლაქტატიდან მიიღება პროპიონატი, აცეტატი და  $\text{CO}_2$ , რაც ხელს უწყობს შვეიცარული ყველისათვის დამახასიათებელ დიდ ხვრელების, ე.წ. „თვალეების“ წარმოქმნას [5]. აქროლადი მჟავები ყველს ანიჭებს სპეციფიურ გემოს და სუნს.

ასევე შესწავლილია პრობიოტიკური ყველი ჩედარი. გარდინერმა (2002) დაამზადა ჩედარის ყველის ექვსი პარტია, რომელიც შეიცავდა კომერციულად ხელმისაწვდომი პრობიოტიკური კულტურების სხვადასხვა კომბინაციებს. ყველის მომწიფებაში აქტიურად მონაწილეობდნენ სხვადასხვა რძემჟავა ბაქტერიებიც და *Propionibacterium freudenreichii*-ის შტამებიც. PAB-ის ურთიერთქმედება რძემჟავა ბაქტერიებთან ძალიან მნიშვნელოვანია, რადგან მათ შეუძლიათ გავლენა მოახდინონ ტექსტურაზე, გემოსა და სიმწიფის სტაბილურობაზე [6].

საქართველოში პროპიონმჟავა ბაქტერიები სხვა რძემჟავა ბაქტერიებთან ერთად გვხვდება თუშური გუდის ყველში. თუმცა ამ შემთხვევაში ისინი სასტარტო კულტურებად არ გამოიყენება. მრავლდებიან გუდაში ყველის მომწიფების პერიოდში და ყველის სასიამოვნო გემოს განაპირობებენ.

პროპიონმჟავა ბაქტერიების სხვადასხვა ახალმა ფუნქციებმა და პოტენციურმა შესაძლებლობებმა ისინი მრავალმხრივად გამოსაყენებელ ბაქტერიების ჯგუფში გააერთიანა. მზარდია ასევე ტენდენცია პროპიონმჟავა ბაქტერიების ფერმენტირებულ რძეში პრობიოტიკად გამოყენების შესაძლებლობაზე [7].

მაღალი პრობიოტიკური თვისებები განპირობებულია პროპიონმჟავა ბაქტერიების სხვა მახასიათებლებითაც: მათ აქვთ ძლიერი იმუნომოდულატორული და ანტიმუტაგენური თვისებები, შეუძლიათ შეამცირონ რიგი ქიმიური ნაერთების გენოტოქსიური მოქმედება (მათ შორის საკვებიდან) და ულტრაიისფერი სხივები, არ მოინელება კუჭ-ნაწლავის ტრაქტში, მდგრადია ნაღვლის მჟავების ზემოქმედების მიმართ, უძლებს კუჭის დაბალ (pH2) მჟავიანობას, ასინთეზირებს B ჯგუფის ვიტამინებს (B12), ასტიმულირებს მსხვილ ნაწლავში ბიფიდობაქტერიების ზრდას, თრგუნავს ფერმენტების აქტივობას, რომლებიც მონაწილეობენ მუტაგენების, კანცეროგენების და სიმსივნის ზრდის პრომოტორების ფორმირებაში, ანტიოქსიდანტური ფერმენტების (თავისუფალი რადიკალების განეიტრალება) და მოკლე ჯაჭვის ცხიმოვანი მჟავების (პროპიონური, ძმარმჟავების) სინთეზირებას [8].

პროპიონმჟავა ბაქტერიები რეზისტენტულია ანტიბიოტიკების მიმართ (მაგალითად როგორცაა პენიცილინი, ქლორტეტრაციკლინი, ქლორმიცეტინი, სტრეპტომიცინი, ერითრომიცინი). შესაბამისად, ამ ანტიბიოტიკების კომბინირებული გამოყენება შესაძლებელია როგორც ადამიანებში, ასევე ცხოველებში და ფრინველებში, რიგი დაავადებების მკურნალობისას. ფრინველების სამკურნალოდ შესაძლებელია საკვებთან ან წყალთან შერევით გამოყენებული იქნეს რძემჟავა და პროპიონმჟავა ბაქტერიების შტამები [9].

პროპიონმჟავას ბაქტერიებისთვის პროპიონის მჟავას დუდილის რეაქციებს უპირველესი მნიშვნელობა აქვს. დუდილის ძირითადი პროდუქტებია პროპიონმჟავა, ძმარმჟავა და CO<sub>2</sub>. პროპიონმჟავა ბაქტერიები ცნობილია, როგორც B ვიტამინების აქტიური მწარმოებლები, განსაკუთრებით B12 ვიტამინის. ამჟამად ვიტამინი B12 მსოფლიოში მხოლოდ პროპიონმჟავა ბაქტერიებით იწარმოება. ვიტამინი B12-ის როლი ადამიანის ორგანიზმში ძალზე მნიშვნელოვანია. ის აკონტროლებს დნმ-ის სინთეზს (შესაბამისად, უჯრედების დაყოფას), სისხლის წითელი უჯრედების მომწიფებას, ზრდის T-სუპრესორების დონეს, რაც ხელს უწყობს აუტოიმუნური პროცესების შეზღუდვას. ვიტამინი B12 მოქმედებს ცილების მეტაბოლიზმზე, მონაწილეობს ცხოველური მეთიონინის, ვალინის, ტრეონინის, ლეიცინის, იზოლეიცინის ოპტიმალური შემცველობის რეგულირებაში [10].

აღსანიშნავია რომ პროპიონმჟავა ბაქტერიებს ბიფიდოგენური თვისებები ახასიათებს. ბიფიდობაქტერიები ნაწლავის მიკრობიომის ერთ-ერთი მთავარი და დომინანტი წარმომადგენელია. არსებობს მოსაზრება, რომ პროპიონმჟავა ბაქტერიების პერორალური მიღების (10<sup>10</sup> კწე/გ ოდენობით ორი კვირის განმავლობაში) შედეგად აღინიშნება მსხვილ ნაწლავში როგორც პროპიონმჟავა ბაქტერიების, ასევე ბიფიდობაქტერიების შემცველობის მკვეთრი ზრდა [11].

ამრიგად, შეიძლება ითქვას, რომ პროპიონმჟავა ბაქტერიები, გარდა ზემოთ ჩამოთვლილი პრობიოტიკური თვისებებისა, ზრდის სხვადასხვა ფერმენტირებული რძის პროდუქტების შენახვის ვადას, ამდიდრებს მათ პრობიოტიკური მიკროორგანიზმების ცოცხალი უჯრედებით და ვიტამინი B12-ით, ასევე მნიშვნელოვანია მათი მაღალი პოტენციური ბიოტექნოლოგიაში გამოყენების თვალსაზრისით.

### გამოყენებული ლიტერატურა:

1. Reid, G., Gadir, A.A. and Dhir, R. (2019) Probiotics: Reiterating What They Are and What They Are Not. *Frontiers in Microbiology*, 10, 424.
2. Chuayana, E.L.J., et al. (2003) Antimicrobial Activity of Probiotics from Milk Products. 32.
3. FAO/WHO (2006) Probiotics in Food: Health and Nutritional Properties and Guidelines for Evaluation. Report of a Joint FAO/WHO Expert Consultation on Evaluation of Health and Nutritional Properties of Probiotics in Food Including Powder Milk with Live Lactic Acid Bacteria, Cordoba, Argentina, 1-4 October 2001 [and] Report of a Joint FAO/WHO Working Group on Drafting Guidelines for the Evaluation of Probiotics in Food, London, Ontario, Canada, 30 April-1 May 2002. FAO Food and Nutrition Paper 85, Food and Agriculture Organization of the United Nations, World Health Organization, Rome.
4. Adams, M. C., and Huang, Y. (2005). Probiotic Propionibacterium. 11/018,911
5. M.T.Fröhlich Wyder H.P.Bachmann. Cheeses With Propionic Acid Fermentation. *J. Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology*. 2004, 2, 141-156.
6. Gardiner, G. E., Bouchier, P., O'sullivan, E., Kelly, J., Collins, K., Fitzgerald, G., Ross, R.P., Stanton, C. (2002). A spray-dried culture for probiotic Cheddar cheese manufacture. *International Dairy Journal*, 12, 749-756.
7. საჩანელი თ., ამირანაშვილი ლ., გაგელიძე ნ. თუმური გუდის ყველის მიკრობიოტას დომინანტი კომპონენტები. (2019) საქართველოს სოფლის მეურნეობის აკადემიის მონაშე. 1(41)88-92
8. Foligné, B., Deutsch, S. M., Breton, J., Cousin, F. J., Dewulf, J., Samson, M., Pot, B., Jan, G. (2010). Promising immunomodulatory effects of selected strains of dairy propionibacteria as evidenced in vitro and in vivo. *Appl. Environ. Microbiol.*, 76:8259-8264.
9. Amiranashvili L.L., Gagelidze N.A., Makaradze L.A., Varsimashvili Kh.I., Tolordava L.L., Tinikashvili L.M., Amashukeli N.V., Sachaneli-Qadagishvili T.Z. (2017). The effect of homoprobiotic preparation "Probiogeo" supplemented with drinking water and feed on survivability and growth performance of broiler-chickens. *Annals of Agrarian Science* 15,4,476-479
10. Ali MN, Mohd MK (2011) Enhancement in vitamin B12 production by mutant strains of *Propionibacterium freudenreichii*. *Int J Eng Sci* 3:4921-4925
11. L. Meile *etal.* (2008) Safety assessment of dairy microorganisms: *Propionibacterium* and *Bifidobacterium* . *Int. J. Food Microbiol.*

# Probiotic microorganisms – *Propionibacterium* ssp.

Tereza Papian

*Doctoral student, Technical University of Georgia*

## Abstract

Propionic acid bacteria belong to probiotic microorganisms, probiotic properties of which have not yet been thoroughly investigated. The research describes the probiotic features of milk propionic acid bacteria, including growth at high acidity, tolerance to bile acid, ability to suppress pathogenic microorganisms, and antibiotic susceptibility, as well as the ability to extend the shelf life of various fermented milk products due to the synthesis of propionic acid. Propionic acid bacteria have a robust nature, which makes it easy to overcome technological difficulties in the process of optimizing production. This enables them to be used in the future for the production of various fermented probiotic foods.



## ფერთა ჰარმონიზაცია ქართულ ორნამენტში

ლია ლურსმანაშვილი<sup>1</sup>, გულნარა კვანტიძე<sup>2</sup>, ნატო ფაილოძე<sup>3</sup>

<sup>1</sup>პროფესორი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი არქიტექტურის, ურბანისტიკისა და დიზაინის ფაკულტეტი, <sup>2</sup>საქართველოს ეროვნული მუზეუმი, ისტორიისა და ეთნოგრაფიის კოლექციები, უფროსი კურატორი <sup>3</sup>აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი საინჟინრო-ტექნოლოგიური ფაკულტეტი

### რეზიუმე

ნაშრომში განხილულია ქართულ ორნამენტში გამოყენებული ფერების კვლევის საკითხები.

ორნამენტი ქართულ ეთნოგრაფიულ სინამდვილეში მრავალფეროვნადაა წარმოდგენილი საერო-საეკლესიო სამოსში, ფეხსაცმელში, ხალიჩურ ნაწარმში, იარაღში, სამკაულში, ქვითხურობაში, ხითხურობაში, მეთუნეობაში და სხვ. ფერთა უხვი პალიტრითაა გადმოცემული ორნამენტი ფერწერულ იკონოგრაფიაში, ხელნაწერ წიგნებსა და მინიატიურებში. ორნამენტი, როგორც ქართული კულტურული მემკვიდრეობის ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი ძეგლი, ეროვნული იდენტობისა და თვითმყოფადობის მატარებელია.

საქართველოში ტურიზმის განვითარებას თან მოჰყვა ეთნოგრაფიული ნივთების კომერციალიზაცია, ვხვდებით უხეშ უზუსტობებს - ფორმების, წარმოშობის, დომინანტი ფერებისა და შემკულობების თვალსაზრისით. ხშირად ნაკეთობებზე გამოსახული ორნამენტების არც ფორმას და არც ფერთა შეხამებას საერთო არ აქვს ძველ ქართულ ორნამენტთან. გაჩნდა საშიშროება იმისა, რომ გაგრძელდეს სტილიზირება და საზოგადოების არაინფორმაციულობამ განაპირობოს მისი სრული აღრევა და მივიწყება.

ქართულ სამეცნიერო სივრცეში ორნამენტი შესწავლილია როგორც მხატვრული, ასევე სიმბოლური თვალსაზრისით.

მიუხედავად საკითხის კვლევის არსებული მდგომარეობისა, ჯერ კიდევ არ მომხდარა ქართული ორნამენტის სისტემატიზაცია ფორმის, ფერისა და სიმბოლური მახასიათებლების მიხედვით და მათი რაციონალური გამოყენება სხვადასხვა ტექნოლოგიებში ორიგინალური ფორმისა და ფერის შენარჩუნებითა და დაცვით.

შოთა რუსთაველის საქართველოს ეროვნული სამეცნიერო ფონდის მიერ დაფინანსებული პროექტი „ძველი ქართული ნაქსოვი ორნამენტის სახეობების კვლევა და მემკვიდრეობის ძეგლის მოძიებას, შესწავლა-გაანალიზებას, სისტემატიზაციასა და კლასიფიცირებას თანამედროვე საფეიქრო ტექნოლოგიებში დანერგვის მიზნით. პროექტის განხორციელებაში ერთ-ერთი მნიშვნელოვანია ყოფაში გამოყენებული ფერთა გამის, ფერთა შეხამების, ჰარმონიულობის, შეპირისპირების ან მათი კონტრასტულობის და გამოყენებული საღებარების (ქიმიური/ ბუნებრივი შესაღები მასალა) მოძიება და შესწავლა, რისთვისაც დაიგეგმა სამეცნიერო ჯგუფის მივლინებები აღმოსავლეთ საქართველოს რეგიონებში (ბოლნისი, გორი, სიღნაღი, თელავი, ალვანი ,თუშეთი).

მივლინებების პერიოდში რეგიონულ და კერძო მუზეუმებში დაცული მასალისა და ყოფაში (ოჯახებში) შემორჩენილი ნივთების მიხედვით, მოხდა მოძიებული ორნამენტის სახეებისა და ფერების ფოტოფიქსაცია, ჩატარდა ინტერვიუები არამატერიალური კულტურული მემკვიდრეობის მატარებლებთან, მოხდა ჩაწერა შემდგომი დამუშავების მიზნით.

მატერიალური კულტურის ძეგლებიდან საგანგებოდ შევისწავლეთ ეკლესია-მონასტრების, სალოცავებისა და ძველი საცხოვრებელი სახლების შიდა და გარე ინტერიერში არსებული დეკორი, მოხდა მათი ფოტოფიქსაცია, ზემოთ აღნიშნული თანმიმდევრობით კვლევისათვის.

**საკვანძო სიტყვები:** *ორნამენტი, ფერი, ჰარმონიზაცია, აღქმა, ქართული კოსტიუმი, დომინანტი ფერი, ფორმა, კულტურული მემკვიდრეობა*

ფერთა შეხამების შერჩევა, რომელიც ჰარმონიზირდება ინდივიდუალური მომხმარებლის გარეგნულ სახესთან, წარმოადგენს რთულ და მნიშვნელოვან საკითხს და ეფუძნება ფერთა მხედველობითი აღქმის კანონზომიერებებს.

ჰარმონიზაცია არის შეთანხმება და თანმიმდევრობა ფერთა შეხამებაში. იგი წარმოიქმნება ფერთა შეპირისპირების ან მათი კონტრასტულობის საფუძველზე.

ფერთა ჰარმონია მჭიდროდაა დაკავშირებული როგორც კოსტიუმის, ასევე მისი ელემენტების ფორმასთან და დანიშნულებასთან. ამიტომ დიდი მნიშვნელობა ენიჭება ფერთა აზრობრივ და სიმბოლურ დატვირთვას. ამას ადასტურებს ფერთა ისტორიული სიმბოლიკაც.

ფერთა სიმბოლიკას გასულ საუკუნეებში დიდი მნიშვნელობა ენიჭებოდა. ძველად ფერის მიხედვით განასხვავებდნენ ყოველდღიურ, სადღესასწაულო და სარიტუალო სამოსს. მაგალითად, ქართველი მეფე ახალ წელს ყვითელი ყაბარჩით იმოსებოდა [ხელმწიფის კარის გარიგება], ყვითელი ფერი კი ჩინეთში საიმპერატორო ფერად მიიჩნეოდა. წითელ და ლურჯ სამოსს მეომრები ატარებდნენ. თაღ ფერებს ზოგადად სოციალურად დაბალი წოდებრივი ფენა იცვამდა.

უძველესი ცივილიზაციის ხალხებში (მაგ, ეტრუსკები (Funeral dance, Etruscan fresco from a tomb cover, 5th century B.C.) და სხვ.) შავი, წითელი და თეთრი გლოვის აღმნიშვნელი ფერები იყო, როგორც ეს ბოლო დრომდე შემორჩა ხევისურულ ყოფას. ამავდროულად კი იგივე ფერებით (შავი, წითელი, თეთრი) შეკერილი სამოსით სადღესასწაულო, ოფიციალურ და საზეიმო შეხვედრების დროს იმოსებოდნენ მონარქები და სხვა დაწინაურებული პირები. თეთრი სადღესასწაულო. საქორწილო ფერია, ძველად და ახლა პატარძლის ჩაცმულობა თოვლივით თეთრი ფერი უმწიკვლობის, სინაზისა და სიწმინდის სიმბოლოა.

საკითხის შესწავლის შედეგად დადგინდა, რომ ქართველთა ჩაცმულობაში სამი ძირითადი ფერი დომინირებს. ესენია: თეთრი, წითელი და შავი. ცნობილია ასევე ისიც, რომ ქართული ფოლკლორი სწორედ აღნიშნული ფერებითაა გაჯერებული და თითოეულ მათგანს თავისი მნიშვნელობა და სიმბოლური დატვირთვა გააჩნია. ქართველ ეთნოსთა ამ ფერებისკენ ლტოლვა ვალენტობის ეკოლოგიური თეორიის (EVT) თანახმად ბიოლოგიურადაა კოდირებული ქართულ გენეტიკაში, რომელიც ჯერ ქვეცნობიერ სამყაროში დაილექა, შემდეგ კი მსოფლმხედველობასა და იდენტობაში გამოვლინდა და ადგილი მატერიალურ კულტურაშიც დაიმკვიდრა [კვანტიძე გ. ფერების სიმბოლიზმი ქართულ ტრადიციულ კოსტიუმში. ჟურნალი ისტორია, არქეოლოგია, ეთნოგრაფია, N 7. 2022].

ფერთა ჰარმონიზაციის მიხედვით, ქართული კოსტიუმი და ორნამენტი მრავალმხრივ საინტერესოა. რეგიონალურ სამოსში ვხვდებით ჰარმონიულ, მტკიცე და ქრომატულ ხევისურულ (სურ.1) და თუშურ ტალავარს (სურ.2.); ჰარმონიულ, მშვიდ, ჟღერად, მყარ, მდგრად და აქრომატულ ზოგადქართულსა და აფხაზურ ჩოხა-ახალუხებსა (სურ.3) და სარტყელ-გულისპირიან ქართულ კაბას (სურ.4). კონტრასტულ, დინამიურ და ნაჯერფერებიან აჭარულ სიხმა კაბას (სურ. 5), ჩათაკასა და თოლაბუსის სარტყელს, ასევე სამცხე-ჯავახურ ჩაქურასა და ქალის კაბას. მდგრად და ნაჯერფერებიან რაჭულ კაფთარას (სურ. 6), ჩიმჩიყსა და ფემტემალს; მკვეთრად აქრომატულ, მტკიცე და მშვიდ სვანურს; არამდგრად და ჰარმონიულ გურულს, მტკიცე და ბრძოლისუნარიან ნაბადს, მდგრად და დინამიურ ელეგს (სურ.7) და ა.შ.

ფერთა სიმბოლიკას აქტუალობა არ დაუკარგავს დღესაც. თანამედროვე ფერთა თეორიის მიხედვით, თანაბარკონტრასტული ფერადი სივრცე წარმოადგენს წერტილთა სამგანზომილებიან მიმდევრობას, სადაც თითოეული ფერადი სხეულის ფერთა ხასიათის აღქმას წარმოადგენს: სიღიავე, ფერადი დინება, გაჯერებულობა. ფერადი ტონი იცვლება წრეზე, გაჯერებულობა რადიუსზე, სიღიავე ვერტიკალზე. არაჰარმონიულად იკვეთება ფერთა ისეთი შეხამებაც, რომელთა შორის განსხვავებაც ფერთა წრის გარშემოწერილობის არაუმცირეს 1/3-ის ტოლია. მეორე მხრივ, ორი მომდევნო მსგავსი ფერებიდან ჰარმონიულად ითვლება ის, რომელიც უფრო ადვილად აღსაქმელია.

ჰარმონიულად ითვლება ერთნაირი სიღიავის ფერი, ან ერთი ფერის მეორესთან დამატების გზით მიღებული ფერები. ჰარმონია მიიღება ისეთ ფერთა შეხამებით, რომელთა არჩევის სისტემაც არაორაზროვნად ნათელია. ასე მაგ., ყვითელი ფერის კონტრასტულობის გამოსავლენად უკეთესია გამოვიყენოთ მუქი ყავისფერი ფონი და არა შავი, რადგანაც შავის

ყვითელ ფერთან შეხამებისას, ქრომატული კონტრასტის კვალდაკვალ, შეიძლება გარდაიქმნას მოცისფრო ელფერის ფერად.

ჰარმონია მიიღწევა ნიუანსის, იგივეობისა და კონტრასტის პრინციპით. ჰარმონიის მაჩვენებლად გვევლინება დომინანტი ფერი, რომელიც კომპოზიციაში თამაშობს ძირითად როლს. ფერის დომინანტური როლი განისაზღვრება მის მიერ დაკავებული ფართობის მიხედვით, გაჯერებულობით ან სიმკვეთრით. კონტრასტის ჰარმონიაში ყველა ფერი ეწინააღმდეგება მთავარს, ხოლო ნიუანსისა და იგივეობის ჰარმონიაში ყველა ფერი ერთმანეთს უახლოვდება გაჯერებულობით, სიღიავით, სითბოთი და სიცივით. იგივეობისა და ნიუანსის ჰარმონიის შემადგენელი ფერები განლაგებულია ფერთა წრის სპექტრის საზღვრებში, მაგ.: ლურჯი და ღია ლურჯი. ერთფეროვან ჰარმონიაში გამოიყენება ერთი ფერის რამდენიმე ელფერი (ყავისფერი, კრემისფერი, ხორცისფერი). ნიუანსის ჰარმონია შედგება მომიჯნავე, ან მონათესავე ფერებისაგან, რომლებიც ფერთა წრეზე გვერდიგვერდაა განთავსებული: ცისფერი და მოცისფრო-მომწვანო; ნარინჯისფერი და ნარინჯისფერ-წითელი. თუმცა, ერთფეროვან და მონათესავე ჰარმონიებს შეუძლიათ გამოიწვიონ მონოტონურობის, დაღლილობისა და გაღიზიანების შეგრძნება, განსაკუთრებით, მოდუნებული, უსიცოცხლო, ინერტული ჯგუფის ფერებისათვის. ასეთი სამოსის გამოსაცოცხლებლად მიზანშეწონილია კომპოზიციაში აქცენტის შეტანა თვისობრივად სხვა ფერის მცირე ზომის ლაქის სახით. ასეთი აქცენტის მეორე როლია ყურადღების კონცენტრაცია ტანსაცმლის ამა თუ იმ საჭირო მონაკვეთზე. თუ მონათესავე ფერთა შერწყმა არის მსუბუქი, ნაკლებად აქტიური და სტატიური, კონტრასტული ფერების შერწყმა პირიქითაა - მკვეთრი, აქტიური და ემოციური. კონტრასტულად ითვლება ფერები, რომლებიც განლაგებულნი არიან ფერთა წრეზე ერთმანეთის საპირისპიროდ 90 გრადუსზე მეტი კუთხით.

*კონტრასტულ ფერთა* შეხამება შეიძლება იყოს რამდენიმე სახის: დამატებით ფერთა ერთი წყვილის შეხამება, რომლებიც მოთავსებული არიან ფერთა წრის დიამეტრის მოპირდაპირე ბოლოებზე (მაგ: ყვითლისა და იისფრის და წითლისა და მწვანის შეხამება). დამატებითი ფერების (მაგ.: მოყვითალო მომწვანოსთან, მოწითალო იისფერთან), სამი ფერის კონტრასტული შერწყმა ან ტრიადის ჰარმონიის შედგენა შესაძლებელია ძირითადი ფერებისა და მათ ელფერებისგან. ფერები განლაგებულია ფერთა წრეში ჩახაზული ტოლგვერდა სამკუთხედის წვეროებზე, მაგ: ყვითელი, წითელი, ლურჯი ან ნარინჯისფერი, მწვანე და იისფერი.

*ქრომატული ჰარმონიის* რაოდენობა განუსაზღვრელია. ქრომატული ფერები არაქრომატულებთან ქმნიან სხვადასხვა შეხამებას. თბილი ფერი განსაკუთრებით იგებს მუქი არაქრომატულების გვერდით, ხოლო ცივი-ნათელთან. გაჯერებული ფერები ჰარმონიაში თეთრთან და შავთან, ნაკლებად გაჯერებულები სხვადასხვა ელფერის რუხთან. არაქრომატული ფერები ამ შეხამებაში გამოიყენება სხვა ფერებისა და დეტალებს გამოსაკვეთად. ყოველთვის ჰარმონიულად და კლასიკური შეხამების აქრომატულ ფერებად გვევლინებიან: თეთრი შავთან, რუხი შავთან, თეთრი რუხთან, ღია რუხი მუქთან. ამავე დროს, ფერადი ჰარმონია სიმპათია-ანტიპათიის საგანია და თავისთავად ქმნის ემოციურ

შთაბეჭდილებას, რომელიც შეიძლება ერთ ადამიანსაც კი განსხვავებული ჰქონდეს. ამ შემთხვევაში დადებითი ემოციური შთაბეჭდილება შეიძლება მივიღოთ იმ ფერებისგან, რომლებსაც ადრე გულგრილად ვუყურებდით. გადაღლილობის ამ ფსიქოლოგიური პრინციპიცაა აგებული ფერთა მოდური შეხამების ცვლილებამ, რომლებიც ზოგჯერ მკვეთრად ცვლიან მათ ჰარმონიულობაზე წარმოდგენას. როცა ფერები ეხებიან ერთმანეთს, ისინი გავლენას ახდენენ ერთმანეთზე და შეუძლიათ წარმოქმნან განსხვავებული შთაბეჭდილებები. ქრომატული კონტრასტის კვალდაკვალ შავი გაფორმება წითელ ფონზე ჩანს მომწვანოდ, იისფერ ფონზე-მომწვანო-მოყვითალოდ. ლურჯი ნახატი წითელ ფონზე გამოიყურება მომწვანოდ. საერთოდ, მუქი ფერი ღია ფერის სიახლოვეს გვერჩვენება უფრო მუქად და პირიქით. ნეიტრალური ფერის ზოლი ერთმანეთზე ზეგავლენას ცვლის ფერებში.

ფერთა შეხამებაზე დიდ ზეგავლენას ახდენს ამა თუ იმ ფერის სიჭარბე. ზოგჯერ ძირითადი ფერი შეიძლება გამოვკვეთოთ კონტრასტული ფერის გასაფორმებელი დეტალით. ძირითადი ქსოვილისათვის ჩვეულებრივ იყენებენ შედარებით რბილ და მშვიდ ტონს, გასაფორმებელი მასალისთვის კი-გაჯერებულსა და მკვეთრს. ფერთა შეხამების ჰარმონიულობა დამოკიდებულია საგნის ფერადი მონაკვეთის აბსოლუტურ კუთხურ სიდიდეზე, კომპოზიციასა და თვით ფერებზე. როგორც ვიცით, შესრულებული მინიატურა 10-ჯერ გადიდებისას უხეშდება. კოსტიუმში ეს წარმოჩინდება გასაფორმებელი ორნამენტის რაოდენობის ან გასაფორმებელი ელემენტის მასის გადიდებით. მცირე მოცულობის გაფორმება ყოველთვის გამოიყურება მკვეთრად. ქართულ კოსტიუმში ფერთა შეხამების ჰარმონიულობის თვალსაჩინო მაგალითია ხევსურული ტალავარის ორნამენტი, თუშური ჩითების დეკორი, მოხეური კაბის ზოომორფული ორნამენტი და სხვ.

ცნობილია, რომ საგნის ფარდობითი ზომის მონაკვეთები ზემოქმედებენ ფერთა ჰარმონიის წარმოშობაზე. მიუღებელი ფერებიც შეიძლება იქცეს ჰარმონიულად, თუ შევცვლით საგნის ფაქტურას ან გამოვიყენებთ მას სხვადასხვა რაოდენობით. აუცილებელია გავითვალისწინოთ, რომ აქტიური ფერები თანაბარი ფლობის შემთხვევაში, გადაწონიან პასიური მწვანისა და ლურჯის აღქმას კოსტიუმში. წითელი ფერი უფრო მკვეთრი და დასამახსოვრებელია. წითელი ფერის განსაკუთრებულობას წარმოადგენს ის, რომ არასაკმარისად აჩვენებს საგნისა და მასალის სტრუქტურულ თვისებებს, რაც აშკარად აჭარული კოსტიუმის ფერთა ჰარმონიზაციას მიესადაგება.

ქართული კოსტიუმის ორნამენტში ფერთა კომპოზიციის 3 სახეა მოცემული: 1) ერთფეროვანი; 2) პოლარული (ქრომატული-აქრომატულთან, ღია-მუქთან, თბილი-ცივ ფერთან, გაჯერებული-ნაკლებად გაჯერებულთან; 3) მრავალფეროვანი-ტრიადის ჰარმონია მონათესავე ფერებთან მაგ.: წითელი კაბა, ყვითელი ჟაკეტი, ლურჯი ყელსახვევი და ა.შ. რაც ძლიერ მოგვაგონებს აჭარელი ქალის კოსტიუმს.

ფერთა თეორიის მიხედვით, გაჯერებული ფერების დიდი რაოდენობა თვალს აღიზიანებს, ამიტომ კოსტიუმში, განსაკუთრებით კი კლასიკური სტილის სამოსში მათ ყველაზე ხშირად გამოიყენებენ გაფორმების სახით ან დამატებით ელემენტად. ქართულ კოსტიუმში გაჯერებული ფერების რაოდენობა ორნამენტშია გამოყუენებული, რაც ამ

პრობლემას, ანუ თვალის გაღიზიანებას ხსნის საოცარი ჰარმონიული შეხამება კოსტიუმის ქსოვილისა და ამ კოსტიუმზე სამშვენისად დატანილი ორნამენტის ფერები.

ამგვარად, როგორც კვლევამ აჩვენა, ქართულ კოსტიუმსა და ორნამენტში ფერთა შერწყმა, ტონი, გაჯერებულობა და შეხამება სრული ჰარმონიულობით პასუხობს ფერთა თეორიის მოთხოვნას და ქართველთა გენეტიკურად ესთეტიური გემოვნების გამორჩეული მაჩვენებელია.

### გამოყენებული ლიტერატურა

1. დოლიძე ნ., დათუაშვილი მ., უგრეხელიძე ი., ჩარკვიანი ი., ჩირგაძე ქ., ლურსმანაშვილი ლ., კვანტიძე გ., 2017: ქართული ეროვნული სამოსის ილუსტრირებული ცნობარი. მონოგრაფია. გამომც. აწსუ. ქუთ.
2. დოლიძე ნ., დათუაშვილი მ., უგრეხელიძე ი., ჩარკვიანი ი., ჩირგაძე ქ., ლურსმანაშვილი ლ., კვანტიძე გ., 2017: ქართული ეროვნული სამოსის კონსტრუქტორული და ტექნოლოგიური დაგეგმარება. მონოგრაფია. აწსუ გამომც. ქუთ.
3. დოლიძე ნ., დათუაშვილი მ., უგრეხელიძე ი., ჩარკვიანი ი., ჩირგაძე ქ., ლურსმანაშვილი ლ., კვანტიძე გ., 2017: ქართული ეროვნული სამოსის ტერმინთა განმარტებითი ლექსიკონი. აწსუ გამომცემლობა. ქუთ.
4. კვანტიძე გ., 2018: ქართული სამოსის ორნამენტი. მონოგრაფია. გამომცემლობა სვეტი. თბ.
5. კვანტიძე გ., 2019: ქართული ჩაცმულობა (XVI-XVIII სს.), მონოგრაფია, თბილისი
6. თოფურია ნ., 1953: მასალები ვაზის კულტურის ისტორიისათვის საქართველოში, მასალები საქართველოს ეთნოგრაფიისათვის, საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის გამომცემლობა. თბ.
7. კალანდია, გ. 2017: ქსოვილი საქართველოდან. რედ. გ. კვანტიძე, საქართველოს ხელოვნების სასახლე, საქართველოს კულტურისა და ძეგლთა დაცვის სამინისტრო. გამომც. „ფავორიტი“. თბ.
8. ხიდაშელი, მ. 2010: არქაული ხანის გეომეტრიული სიმბოლოები, საქართველოს ძველი კულტურის საკითხები, თბ.
9. ხიდაშელი, მ. 2010 : ფერის სიმბოლიკა მახლობელი აღმოსავლეთის ადრესამიწათმოქმედი კულტურებსა და ქართულ ხალხურ კულტურაში, საქართველოს ძველი კულტურის საკითხები, თბ.
10. ღონღაძე, გ. 2004: ფერთამეტყველება ქართულ შელოცვებში. ქართველური მემკვიდრეობა. VIII. თბ.
11. "ხელმწიფის კარის გარიგება" 1970: ქართული სამართლის ძეგლები, ტექსტი გამოსაცემად მოამზადა, გამოკვლევები, ლექსიკონები და საძიებლები დაურთო ი. სურგულაძემ, გამომც. „საბჭოთა საქართველო“, თბ.

## ილუსტრაციები



სურ.1 – ხევსურული ტალავარი. XIX ს-ის I ნახ. საქართველოს ეროვნული მუზეუმი. სიმონ ჯანაშიას სახ. საქართველოს მუზეუმი



სურ.2 – თუმური ტალავარი. XIX ს-ის I ნახ. საქართველოს ეროვნული მუზეუმი. სიმონ ჯანაშიას სახ. საქართველოს მუზეუმი





სურ.3 – ზოგადქართული და აფხაზური ჩოხა-ახალუხი. XIX ს-ის I ნახ. საქართველოს ეროვნული მუზეუმი. სიმონ ჯანაშიას სახ. საქართველოს მუზეუმი



სურ.4 – ზოგადქართული სარტყელ-გულისპირიანი ქართული კაბა. XIX ს-ის I ნახ. საქართველოს ეროვნული მუზეუმი. სიმონ ჯანაშიას სახ. საქართველოს მუზეუმი



სურ.5 – აჭარული სიხმა კაბა. XIX ს-ის I ნახ. საქართველოს ეროვნული მუზეუმი. სიმონ ჯანაშიას სახ. საქართველოს მუზეუმი



სურ.6 – რაჭული კაფთარა. XIX ს-ის I ნახ. საქართველოს ეროვნული მუზეუმი. სიმონ ჯანაშიას სახ. საქართველოს მუზეუმი



სურ.7 - ზოგადქართული ელეგი. XVIII ს-ის II ნახ. საქართველოს ეროვნული მუზეუმი. სიმონ  
ჯანაშიას სახ. საქართველოს მუზეუმი

# Color Harmonization in Georgian Ornaments

Lia Lursmanashvili<sup>1</sup>, Gulnara Kvantidze<sup>2</sup>, Nato Failodze<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Professor, Georgian Technical University, Faculty of Architecture, Urban Planning and Design; ORCID ID 0000-0001-9453-5820 <sup>2</sup> Senior Curator of History and Ethnography Collection Georgian National Muzeum, ORCID ID - 0000-0002-5582-0693; <sup>3</sup> Akaki Tsereteli State University, Faculty of Engineering and Technology, ORCID ID - 0000-0002-7298-6281

---

## ABSTRACT

In the paper are discussed the issues of research of the colors used in Georgian ornament.

In the Georgian ethnography, the ornaments are represented in a various way as in secular so in the church clothes, shoes, carpet products, weapons, jewelry, stone carpentry, pottery and etc.

The ornaments are presented with a rich palette of colors in pictorial iconography, manuscripts and miniatures. Ornament, as one of the important monuments of Georgian cultural heritage, is the representation of national identity and indigenosity.

The development of tourism in Georgia was accompanied by the commercialization of ethnographic items and as a matter of fact, we find gross inaccuracies - in terms of forms, origin, dominant colors and decorations.

As a result, often, neither the shape nor the combination of colors of the ornaments have anything to do with the old Georgian ornament. There is a danger that the stylization will continue and lack of information will lead to its complete confusion and even to oblivion.

In the Georgian sciences ornaments are studied as in the artistic so in the symbolic ways.

In spite of existing situation with studies, systemization of the Georgian ornaments is not conducted according to form, color and symbolic peculiarities and their rational usage in the various technologies sustaining and protecting the original forms and colors.

**Keywords:** *Ornament, Color, Harmonization, Perception, Georgian dress, Dominant color, Form, Cultural Heritage*



კვლევის შედეგები გვიჩვენებს, რომ T ლიმფოციტებისა და მისი სუბპოპულაციების რაოდენობრივი შეფასება სტატისტიკურად სარწმუნო კორელაციას სიმსივნის სხვადასხვა ჰისტოლოგიურ ტიპებთან მიმართებაში არ უჩვენებს, რისი მიზეზიც შეიძლება იყოს სიმსივნეების ინტრასიმსივნური ჰეტეროგენულობა და ინდივიდ სპეციფიურობა.

**საკვანძო სიტყვები:** საკვერცხის კიბო; საკვერცხის მიკროგარემო; სიმსივნის მაინფილტრირებელი ლიმფოციტები; TILs;

### **მიმოხილვა**

საკვერცხის კიბო წარმოადგენს მთელს მსოფლიოში გინეკოლოგიური სიმსივნეებით განპირობებული სიკვდილიანობის მთავარ მიზეზს[1]. საქართველოში საკვერცხის კიბო გავრცელების მიხედვით მეოთხე ადგილს, ხოლო სიკვდილიანობის მაჩვენებლის მიხედვით მესამე ადგილს იკავებს. უახლესი ეპიდემიოლოგიური მონაცემების მიხედვით, 2021 წელს აშშ-ში საკვერცხის კიბოს 21421 ახალი შემთხვევა და მისგან გამოწვეული სიკვდილის 13770 ფაქტი დაფიქსირდა[1]–[3]. ადრეული სკრინინგული მეთოდების არარსებობისა და უსიმპტომო კლინიკური მიმდინარეობის გამო, საკვერცხის კიბოს უმეტესობა დიაგნოსტირებულია პროგრესულ სტადიაზე, როდესაც დაავადების პროგნოზი უკვე ცუდია. თანამედროვე მედიკამენტური მკურნალობისა და ქირურგიის მიღწევების მიუხედავად, საკვერცხის კარცინომა მაინც რჩება ყველაზე ლეტალურ გინეკოლოგიურ კიბოდ. 5 წლიანი გადარჩენის მაჩვენებელი 46%-ია ყველა სტადიის კომბინირების შემთხვევაში [3], [4].

ჰისტოლოგიური წარმოშობის მიხედვით საკვერცხის სიმსივნეები იყოფა ეპითელურ, ჩანასახოვან და სტრომულ სიმსივნეებად. საკვერცხის პირველადი სიმსივნეების თითქმის 90% ეპითელური წარმოშობისაა[5], [6]. ჯანდაცვის მსოფლიო ორგანიზაციის (WHO) კლასიფიკაციის მიხედვით, საკვერცხის სიმსივნეები კლასიფიცირდება შემდეგ ტიპებად: სეროზული, მუცინური, ენდომეტრიული, ნათელ უჯრედოვანი, გარდამავალ უჯრედოვანი, შერეული ეპითელური, არადიფერენცირებული და არაკლასიფიცირებული. ამ ტიპებიდან ყველაზე გავრცელებულია საკვერცხის სეროზული კარცინომა. FIGO კლასიფიკაციის მიხედვით საკვერცხის სეროზული კარცინომა კლასიფიცირდება როგორც დაბალი და მაღალი ხარისხის, რასაც აქვს მნიშვნელოვანი პროგნოზული ღირებულება. გარდა ამისა, საკვერცხის სეროზული სიმსივნეების ქვეჯგუფი კლასიფიცირდება, როგორც borderline, რომელსაც ახასიათებს როგორც კეთილთვისებიანი სეროზული ცისტადენომების, ასევე ავთვისებიანი სეროზული კარცინომების ჰისტოლოგიური ნიშნები [3], [7], [8].

საკვერცხის კარცინომების მიკროგარემო, ძირითადად, წარმოდგენილია მაკროფაგებით, დენდრიტული უჯრედებით, ნეიტროფილებიდა და ლიმფოციტებით. საკვერცხის ეპითელური კარცინომის მაინფილტრირებელმა ლიმფოციტებმა (TIL) უკანასკნელი ხუთი წლის განმავლობაში დიდი ინტერესი გამოიწვია.

იმუნო-ონკოლოგიური ბიომარკერების საერთაშორისო სამუშაო ჯგუფმა (The International Immuno-Oncology Biomarkers Working Group) 2017 წელს განსაზღვრა „ინტრაეპითელური“ (iTILs), როგორც უშუალოდ სიმსივნეში წარმოდგენილი ლიმფოციტები TIL-ები და



"სტრომული" (sTILs), როგორც TILs, რომელიც იმყოფება ეპითელური შრის ქვემოთ 1 მმ-ით. ანთებითი ინფილტრატის შესაფასებლად, sTIL-ები და iTIL-ები გამოიხატება პროცენტულად ან მედიანით [5], [9].

გარკვეული კვლევების თანახმად მოწოდებულია რეკომენდაცია თუ როგორ უნდა შეფასდეს სიმსივნის მაინფილტრირებელი ლიმფოციტების არსებობა. უნდა დათვალიერდეს 3-10 მხედველობის ველი პრეპარატის x200 ან x400 მაღალი გადიდების ველში (HPF). TIL-ების შეფასება სხვადასხვა ორგანოთა სისტემის სიმსივნეებში გარკვეულ კვლევებში წარმოებს როგორც H&E-ით ასევე IHC-ით სხვადასხვა ანტისხეულების გამოყენებით [10].

კვლევებში არ არსებობს უნივერსალური მიდგომა და რეკომენდაცია, შესაბამისად ზოგიერთ კვლევაში ვხვდებით ოთხი ხარისხით ინფილტრაციის შეფასების მოდელს (დაბალი: 1-2, საშუალო 3-19 და მაღალი  $\geq 20$ ) მაშინ როცა სხვა ავტორების მიხედვით, თუ TIL-ები  $> 5$  ან 10 HPF-ზე, განსაზღვრებოდა, როგორც დადებითი iTIL-ები და გამოიყოფოდა მხოლოდ დადებითი და უარყოფითი შემთხვევები.

საკვერცხის ეპითელურ სიმსივნეებში შეიძლება აღმოჩნდეს T უჯრედების სხვადასხვა ქვეჯგუფები: ვლინდება CD8+ T ციტოტოქსიური და CD4+ T ჰელპერი ლიმფოციტები მათი გამოვლენა ხდება ზედაპირზე არსებული მოლეკულების ან მათ მიერ წარმოებული ციტოკინების საშუალებით. ჰელპერი CD4+ უჯრედები იყოფა ქვეტიპებად: Th1 უჯრედები, რომლებიც წარმოქმნიან ინტერლეიკინს 2 (IL-2) და ინტერფერონ-  $\gamma$ -ს (INF- $\gamma$ ) (მოქმედებს CD8+ უჯრედებზე); Th2 უჯრედები, რომლებიც გამოიმუშავებენ IL-4, 5, 6, 10 და 13 (ჰუმორული იმუნიტეტი); Th17 უჯრედები, რომლებიც გამოიმუშავებენ IL-17; და T ფოლიკულური ჰელპერი (TFH,) რომლებიც ურთიერთქმედებენ B ლიმფოციტებთან[11]-[13].

სიმსივნის მაინფილტრირებელი B ლიმფოციტები (B-TILs) გამოვლინდა ზოგიერთ სოლიდურ სიმსივნეში, მათ შორის საკვერცხის ეპითელურ კარცინომაში. მარეგულირებელი T უჯრედები (TREG) წარმოქმნის ციტოკინებს იმუნოსუპრესიული აქტივობით, მათ შორის IL-10 და TGF $\beta$ . FOXP3 და CD25-ის ექსპრესიის საშუალებითაც ხშირად ხდება სიმსივნის მიკროგარემოში არსებული TREG-ების იდენტიფიცირება. სიმსივნეში და მის გარშემო გამოვლენილია ყველა ტიპის იმუნური უჯრედი [13].

საკვერცხის კიბო არის ჰეტეროგენული დაავადება სიმსივნის მაინფილტრირებელ ლიმფოციტებთან TIL-ებთან მიმართებით. ჰისტოლოგიური ქვეტიპების თვალსაზრისით, კვლევების უმეტესობა მოიცავს მხოლოდ საკვერცხის მაღალი ხარისხის სეროზულ კარცინომებს, სხვა ჰისტოლოგიურ ტიპებთან მიმართებით კვლევები მწირია.

## მასალა და მეთოდები

ჩვენი კვლევის თანახმად განხორციელებულ იქნა კოჰორტული რეტროგრადული ანალიზი, რისთვისაც გამოყენებული იყო თბილისის სახელმწიფო სამედიცინო უნივერსიტეტის სასწავლო-სამეცნიერო და დიაგნოსტიკური ლაბორატორიის საარქივო მასალა

არაპერსონიფიცირებული პარაფინის ბლოკები. პაციენტები დიაგნოსტირებული იყვნენ 2019 წლის 1 თებერვლიდან 2022 წლის 28 თებერვლამდე ამავე განყოფილებაში. კვლევა მხარდაჭერილია თბილისის სახელმწიფო სამედიცინო უნივერსიტეტის ეთიკის კომისიის მიერ (N2-2022/95). ნიმუშები რანდომულად იქნა შერჩეული თითოეული სიმსივნის ჰისტოლოგიური ტიპისათვის თანაბარი რაოდენობით. კვლევაში ჩართული იყო სულ 75 შემთხვევა, რომლებიც გადანაწილდნენ შემდეგ ქვეტიპებად:

- I ჯგუფი - საკვერცის სეროზული მოსაზღვრე (borderline) სიმსივნეები (n=15).
- II ჯგუფი - საკვერცხის მუცინური მოსაზღვრე სიმსივნეები (n=15),
- III ჯგუფი - საკვერცის მუცინური კარცინომა (n=15),
- IV ჯგუფი - საკვერცხის დაბალი ხარისხის სეროზული კარცინომა (n=15),
- V ჯგუფი - საკვერცხის მაღალი ხარისხის სეროზული კარცინომა (n=15).

შესაბამის ჯგუფებში დაიგეგმა იმუნოჰისტოქიმიური კვლევა და განხორციელდა შემდეგი საფეხურების გათვალისწინებით. FFPE ქსოვილოვანი ნიმუშები დეპარაფინირებულ იქნა ქსილოლში, რეკიდრატირებულ იქნა ეთანოლის სერიული განზავების გამოყენებით (96%, 80%, 70%) და განხორციელდა ანტიგენის აღდგენის პროცედურა.

გამოყენებულ იქნა მზა ანტისხეულები შემდეგი ანტიგენებისთვის: CD3 (clone: LN10) და CD4 (clone: 4B12), CD8 (clone: 4B11)(მწარმოებელი Novocastra). შეღებვა და ვიზუალიზაცია განხორციელდა Bond polymer refine detection system-ის მეშვეობით.

იმუნოჰისტოქიმიური კვლევის შედეგების შეფასება განხორციელდა ორი დამოუკიდებელი პათანატომის მიერ (გ.ბ; შ.კ) რაოდენობრივი მონაცემები დამუშავდა შესაბამისი სტატისტიკური მეთოდების გამოყენებით: კორელაცია განისაზღვრა Spearman rank test-ის მიხედვით ხოლო შედარებითი ანალიზისთვის ჯგუფებს შორის გამოყენებული იქნა Mann-Whitney და Kruskal-Wallis ტესტი. მგრძნობელობა და სპეციფიურობა შეფასდა 95%-იანი სარწმუნოების ინტერვალით. P რიცხვი <0.05 განხილულ იქნა სტატისტიკურად სარწმუნოდ. ყველა სტატისტიკური დამუშავება განხორციელდა SPSS statistical software V20.0-ის საშუალებით.

## შედეგები და განხილვა

იმუნოჰისტოქიმიური კვლევის შედეგების ინტერპრეტაციის შემდგომ იმუნოკომპეტენტური უჯრედების პროცენტული ექსპრესიის საფუძველზე გამოვლინდა ყველა ჯგუფში შესაბამისი ქვეჯგუფები შეფასებული იქნა CD3, CD4, CD8ის ქვეჯგუფებში მარკერების ექსპრესიის ხარისხის მიხედვით შემთხვევების პროცენტული განაწილება:

- მარკერების ექსპრესიის დაბალი ხარისხი (0-2%);
- ზომიერი ხარისხი -(3-8%);
- მაღალი ხარისხი - (9>);

	CD 3	CD 3	CD 3	CD 4	CD 4	CD 4	CD 8	CD 8	CD 8
	0-2	3-8	9 >	0-2	3-8	9 >	0-2	3-8	9 >
სეროზული მოსაზღვრე სიმსივნე	46. 7	53. 3	0.0	40. 0	60. 0	0.0	80. 0	20. 0	0.0
სეროზული კარცინომა - დაბალი ხარისხის	33. 3	26. 7	40. 0	46. 7	53. 3	0.0	26. 7	53. 3	20. 0
სეროზული კარცინომა - მაღალი ხარისხის	0.0	46. 7	53. 3	66. 7	33. 3	0.0	0.0	46. 7	53. 3
მუცინური მოსაზღვრე სიმსივნე	73. 3	26. 7	0.0	60. 0	40. 0	0.0	80. 0	20. 0	0.0
მუცინური კარცინომა	33. 3	66. 7	0.0	73. 3	26. 7	0.0	20. 0	33. 3	46. 7

**ცხრილი N1** CD3, CD4, CD8ის ქვეჯგუფებში მარკერების ექსპრესიის ხარისხის მიხედვით შემთხვევების პროცენტული განაწილება.

გამოკვლევულ საკვერცხის სეროზულ-მოსაზღვრე შემთხვევებიდან (n=15) **CD3**-ის დაბალი ხარისხის ექსპრესია აღინიშნებოდა შემთხვევათა 46.6%-ში; ზომიერი ექსპრესია 53.5%-ში; მაღალი ექსპრესია არ აღინიშნებოდა. **CD4**-ის დაბალი ხარისხის ექსპრესია აღინიშნებოდა შემთხვევათა 40%-ში; ზომიერი ექსპრესია 60%-ში; მაღალი ექსპრესია არ აღინიშნებოდა. **CD8**-ის დაბალი ხარისხის ექსპრესია აღინიშნებოდა შემთხვევათა 80%-ში; ზომიერი ექსპრესია 20%-ში; მაღალი ექსპრესია არ აღინიშნებოდა.

გამოკვლევულ საკვერცხის სეროზული დაბალი ხარისხის კარცინომების შემთხვევებიდან (n=15) **CD3**-ის დაბალი ხარისხის ექსპრესია აღინიშნებოდა შემთხვევათა 33.3%-ში; ზომიერი ექსპრესია 46.6%-ში; მაღალი ექსპრესია 53.3%-ში. **CD4**-ის დაბალი ხარისხის ექსპრესია აღინიშნებოდა შემთხვევათა 40.0%-ში; ზომიერი ექსპრესია 53.3%-ში; მაღალი ექსპრესია არ აღინიშნებოდა. **CD8**-ის დაბალი ხარისხის ექსპრესია აღინიშნებოდა შემთხვევათა 26.6%-ში; ზომიერი ექსპრესია 53.3%-ში; მაღალი ექსპრესია 20%-ში;

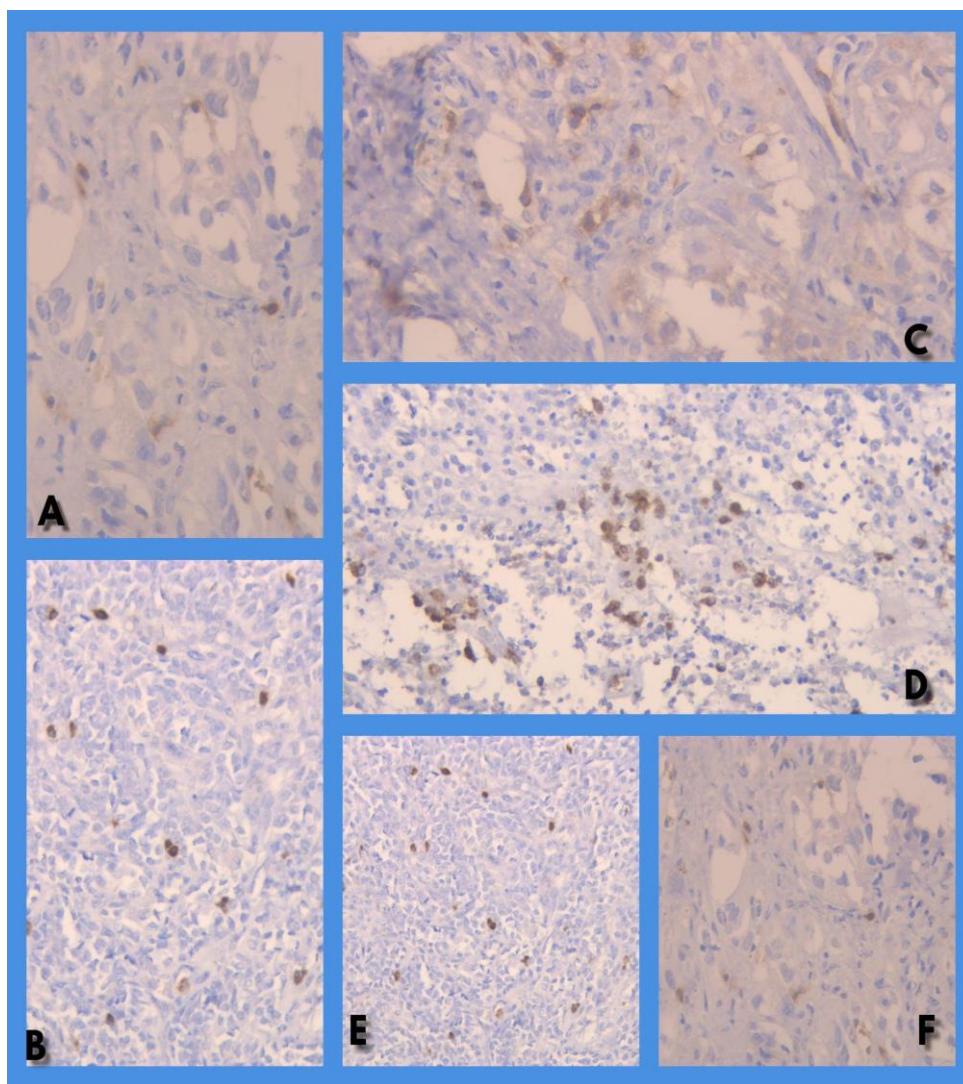
გამოკვლევულ საკვერცხის სეროზული მაღალი ხარისხის კარცინომების შემთხვევებიდან (n=15) **CD3**-ის დაბალი ხარისხის ექსპრესია არ აღინიშნებოდა არცერთ შემთხვევათა ; ზომიერი ექსპრესია 46.6%-ში; მაღალი ექსპრესია 53.3%-ში. **CD4**-ის დაბალი ხარისხის ექსპრესია აღინიშნებოდა შემთხვევათა 66.6%-ში; ზომიერი ექსპრესია 33.3%-ში; მაღალი ექსპრესია არ

აღინიშნებოდა. **CD8**-ის დაბალი ხარისხის ექსპრესია არ აღინიშნებოდა არცერთ შემთხვევაში; ზომიერი ექსპრესია 46.6%-ში; მაღალი ექსპრესია 53.3%-ში;

გამოკვლევულ საკვერცხის მუცინურ-მოსაზღვრე შემთხვევებიდან (n=15) **CD3**-ის დაბალი ხარისხის ექსპრესია აღინიშნებოდა შემთხვევათა 73.6%-ში; ზომიერი ექსპრესია 26.6%-ში; მაღალი ექსპრესია არ აღინიშნებოდა. **CD4**-ის დაბალი ხარისხის ექსპრესია აღინიშნებოდა შემთხვევათა 60%-ში; ზომიერი ექსპრესია 40%-ში; მაღალი ექსპრესია არ აღინიშნებოდა. **CD8**-ის დაბალი ხარისხის ექსპრესია აღინიშნებოდა შემთხვევათა 80%-ში; ზომიერი ექსპრესია 20.0%-ში; მაღალი ექსპრესია არ აღინიშნებოდა.

გამოკვლევულ საკვერცხის მუცინური კარცინომების შემთხვევებიდან (n=15) **CD3**-ის დაბალი ხარისხის ექსპრესია აღინიშნებოდა შემთხვევათა 33.3%-ში; ზომიერი ექსპრესია 66.6%-ში; მაღალი ექსპრესია არ აღინიშნებოდა. **CD4**-ის დაბალი ხარისხის ექსპრესია აღინიშნებოდა შემთხვევათა 73.3%-ში; ზომიერი ექსპრესია 26.6%-ში; მაღალი ექსპრესია არ აღინიშნებოდა. **CD8**-ის დაბალი ხარისხის ექსპრესია აღინიშნებოდა შემთხვევათა 20%-ში; ზომიერი ექსპრესია 33.3%-ში; მაღალი ექსპრესია 46.3%-ში;

**სურათი N1.**



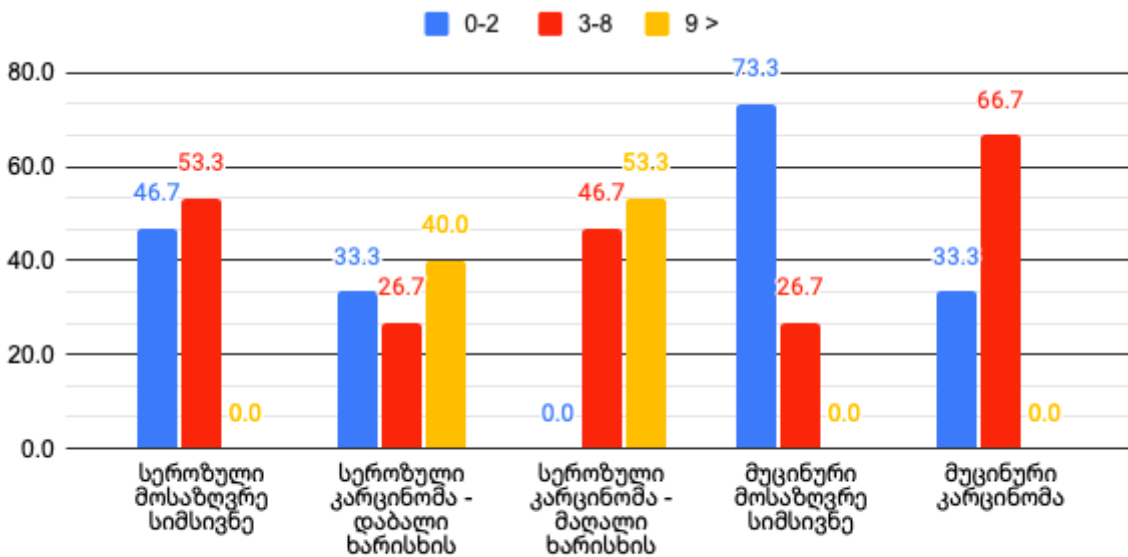
A. IHC/200x: CD3-ის ზომიერი ხარისხის ექსპრესია საკვერცხის მაღალი ხარისხის სეროზულ კარცინომაში;  
 B. IHC/200x: CD8-ის მაღალი ხარისხის ექსპრესია საკვერცხის მაღალი ხარისხის სეროზულ კარცინომაში;  
 C. IHC/200x: CD4-ის ზომიერი ექსპრესია საკვერცხის მუცინურ კარცინომებში;  
 D. IHC/200x: მაღალი ექსპრესია CD8-ის მაღალი ხარისხის ექსპრესია საკვერცხის დაბალიხარისხის სეროზულ კარცინომაში;  
 E. IHC/200x: მაღალი ექსპრესია CD3-ის ზომიერი ხარისხის

ექსპრესია საკვერცხის დაბალი ხარისხის სეროზულ კარცინომაში; F. IHC/200x: CD3-ის ზომიერი ექსპრესია საკვერცხის მუცინურ კარცინომებში;

**შედარება:**

საკვერცხის სეროზულ მოსაზღვრე სიმსივნის შემთხვევებში CD3-ის დაბალი ხარისხის (0-2%) ექსპრესია 1.57ჯერ ნაკლებია საკვერცხის მუცინურ მოსაზღვრე სიმსივნესთან შედარებით; ზომიერი ხარისხის (3-8%) ექსპრესია 2 ჯერ მეტია; CD4-ის დაბალი ხარისხის (0-2%) ექსპრესია 0.66ჯერ ნაკლებია საკვერცხის მუცინურ მოსაზღვრე სიმსივნესთან შედარებით; ზომიერი ხარისხის (3-8%) ექსპრესია 0.6 ჯერ მეტია; CD8-ის დაბალი და ზომიერი ხარისხის ექსპრესიის მონაცემი მუცინურ მოსაზღვრე სიმსივნის ანალოგიურია; ზომიერი ხარისხის (3-8%) ექსპრესია 0.6 ჯერ მეტია;

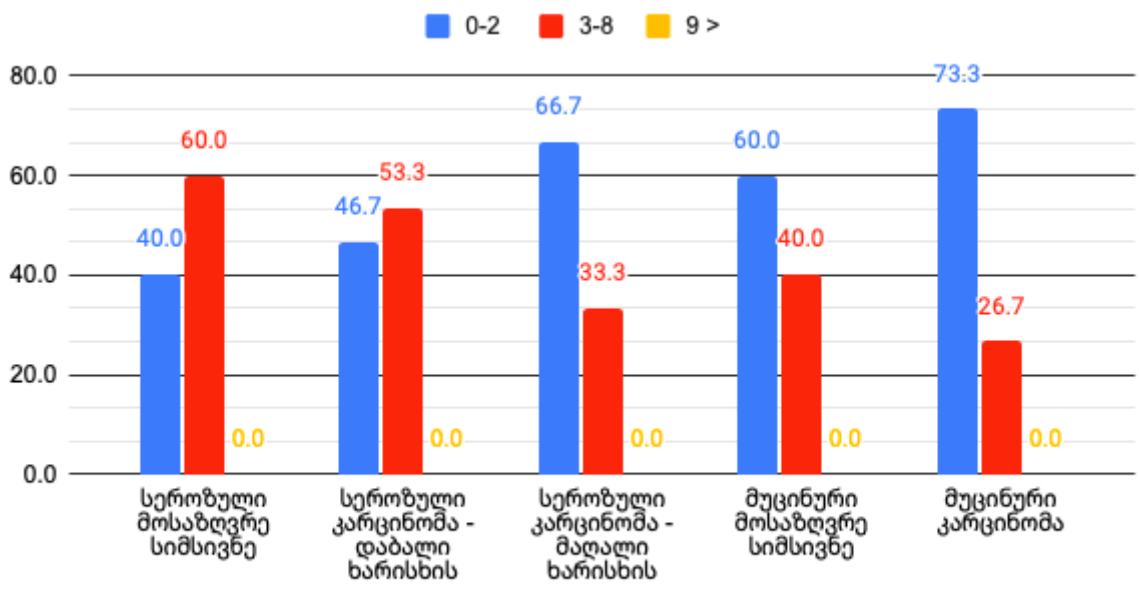
საკვერცხის სეროზული მოსაზღვრე სიმსივნეებში - CD3-ის დაბალი ხარისხის ექსპრესია 0.7ჯერ მეტია საკვერცხის დაბალი ხარისხის სეროზული კარცინომასთან შედარებით ; ზომიერი ხარისხის ექსპრესია ორჯერ მეტია; CD4- ის დაბალი ხარისხის ექსპრესია სეროზულ მოსაზღვრე სიმსივნის შემთხვევებში 1.1 ჯერ ნაკლებია საკვერცხის დაბალი ხარისხის სეროზულ კარცინომებთან შედარებით; ზომიერი ექსპრესია 1.1 ჯერ მეტია; CD8- ის დაბალი ხარისხის ექსპრესია სეროზულ მოსაზღვრე სიმსივნის შემთხვევებში 3.0 ჯერ მეტია საკვერცხის დაბალი ხარისხის სეროზულ კარცინომებთან შედარებით; ზომიერი ექსპრესია 2.6 ჯერ ნაკლებია;



დიაგრამა 1. CD3-ის ექსპრესია

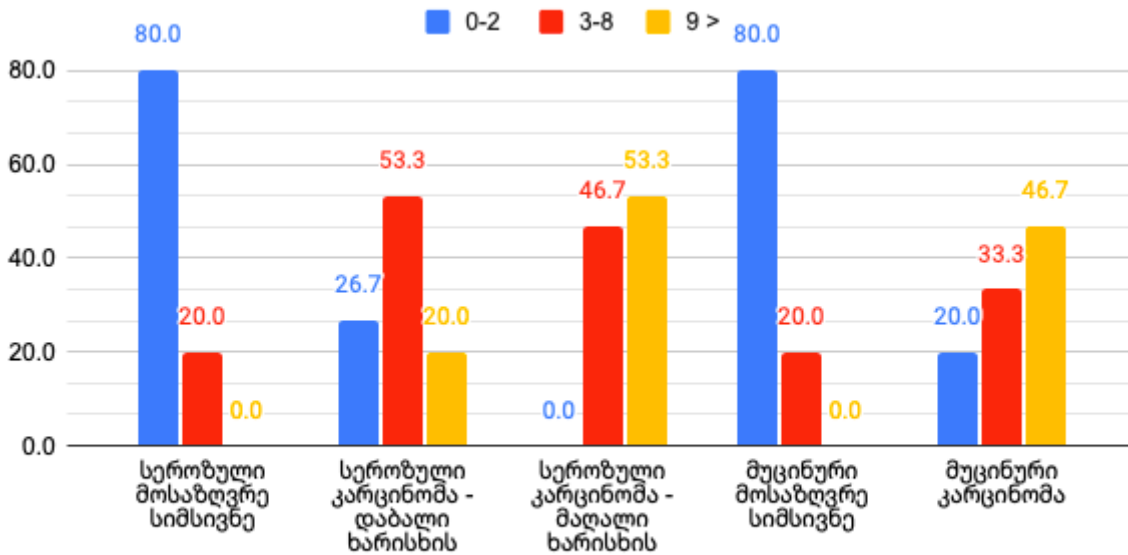
საკვერცხის დაბალი ხარისხის სეროზული კარცინომის შემთხვევებში CD3-ის დაბალი ხარისხის ექსპრესია აღინიშნება 33.3% ში მაშინ როცა მაღალი ხარისხის სეროზულ

კარცინომებში დაბალი ხარისხის ექსპრესია არ აღინიშნა. ზომიერი ექსპრესია 1.7ჯერ მეტია მაღალი ხარისხის სეროზულ კარცინომებში; მაღალი ხარისხის ექსპრესია აღინიშნა 1.3 ჯერ უფრო მეტ შემთხვევაში მაღალი ხარისხის სეროზულ კარცინომებში დაბალი ხარისხის კარცინომებისგან განსხვავებით. CD4-ის დაბალი ხარისხის ექსპრესია საკვერცხის დაბალი ხარისხის სეროზულ კარცინომებში 0.6ჯერ ნაკლებია მაღალი ხარისხის სეროზულ კარცინომებთან შედარებით. ზომიერი ხარისხის ექსპრესია 1.6ჯერ მეტია დაბალი ხარისხის სეროზულ კარცინომებში; CD8-ის ზომიერი ხარისხის ექსპრესია 1.1ჯერ მეტია სეროზულ დაბალი ხარისხის კარცინომებში მაღალი ხარისხის კარცინომასთან შედარებით; მაღალი ხარისხის ექსპრესია 0.3 ჯერ ნაკლებია დაბალი ხარისხის სეროზულ კარცინომებში მაღალი ხარისხის სეროზული კარცინომისაგან განსხვავებით.



დიაგრამა 2. CD4-ის ექსპრესია

საკვერცხის მუცინური სიმსივნის შემთხვევებში CD3-ის დაბალი ხარისხის ექსპრესია 2.2 ჯერ მეტად აღინიშნა საკვერცხის მუცინური კარცინომასთან შედარებით; ზომიერი ექსპრესია მუცინურ მოსაზღვრე სიმსივნეში 0.3 ჯერ ნაკლებია მუცინურ კარცინომასთან შედარებით. CD4-ის დაბალი ხარისხის ექსპრესია 1.2ჯერ მეტია მუცინურ კარცინომის შემთხვევებში; ზომიერი ხარისხის ექსპრესია 1.5 ჯერ მეტია მუცინურ სიმსივნეში მუცინურ კარცინომასთან შედარებით; CD8-ის ექსპრესიის დაბალი ხარისხი მუცინურ მოსაზღვრე სიმსივნეების 4ჯერ მეტია მუცინურ კარცინომასთან შედარებით. მუცინურ კარცინომებში აღინიშნება ზომიერი ხარისხის ექსპრესია 1.6ჯერ უფრო ხშირად მუცინურ მოსაზღვრე სიმსივნესთან შედარებით.



ცხრილი 3. CD8-ის ექსპრესია

## დასკვნა

კვლევის შედეგები გვიჩვენებს, რომ T ლიმფოციტებისა და მისი სუბპოპულაციების რაოდენობრივი შეფასება სტატისტიკურად სარწმუნო კორელაციას სიმსივნის სხვადასხვა ჰისტოლოგიურ ტიპებთან მიმართებაში არ უჩვენებს, რისი მიზეზიც შეიძლება იყოს სიმსივნეების ინტრასიმსივნური ჰეტეროგენულობა და ინდივიდ სპეციფიურობა.

## გამოყენებული ლიტერატურა

- [1] D. L. Longo and R. C. Young, “The natural history and treatment of ovarian cancer,” *Annu Rev Med*, vol. 32, pp. 475–490, 1981, doi: 10.1146/annurev.me.32.020181.002355.
- [2] J. Ferlay *et al.*, “Estimating the global cancer incidence and mortality in 2018: GLOBOCAN sources and methods,” *Int J Cancer*, vol. 144, no. 8, pp. 1941–1953, Apr. 2019, doi: 10.1002/ijc.31937.
- [3] P. Achimas-Cadariu, P. Kubelac, A. Irimie, I. Berindan-Neagoe, and F. Rühli, “Evolutionary perspectives, heterogeneity and ovarian cancer: a complicated tale from past to present,” *J Ovarian Res*, vol. 15, no. 1, pp. 1–13, Dec. 2022, doi: 10.1186/S13048-022-01004-1/FIGURES/1.
- [4] M. Timmermans, G. S. Sonke, K. K. van de Vijver, M. A. van der Aa, and R. F. P. M. Kruitwagen, “No improvement in long-term survival for epithelial ovarian cancer patients: A population-based study between 1989 and 2014 in the Netherlands,” *Eur J Cancer*, vol. 88, pp. 31–37, Jan. 2018, doi: 10.1016/j.ejca.2017.10.030.
- [5] M. C. A. Wouters *et al.*, “Treatment regimen, surgical outcome, and t-cell differentiation influence prognostic benefit of tumor-infiltrating lymphocytes in high-grade serous ovarian

cancer,” *Clinical Cancer Research*, vol. 22, no. 3, pp. 714–724, Feb. 2016, doi: 10.1158/1078-0432.CCR-15-1617.

- [6] S. Zhan *et al.*, “New Insights into Ferroptosis Initiating Therapies (FIT) by Targeting the Rewired Lipid Metabolism in Ovarian Cancer Peritoneal Metastases,” *Int J Mol Sci*, vol. 23, no. 23, Dec. 2022, doi: 10.3390/ijms232315263.
- [7] Y. Xu, F. Zuo, H. Wang, J. Jing, and X. He, “The current landscape of predictive and prognostic biomarkers for immune checkpoint blockade in ovarian cancer,” *Front Immunol*, vol. 13, p. 1045957, Oct. 2022, doi: 10.3389/fimmu.2022.1045957.
- [8] S. Gomez *et al.*, “Inhibiting DNA methylation and RNA editing upregulates immunogenic RNA to transform the tumor microenvironment and prolong survival in ovarian cancer,” *J Immunother Cancer*, vol. 10, no. 11, p. e004974, Nov. 2022, doi: 10.1136/jitc-2022-004974.
- [9] J. M. Santos *et al.*, “Oncolytic adenovirus shapes the ovarian tumor microenvironment for potent tumor-infiltrating lymphocyte tumor reactivity,” *J Immunother Cancer*, vol. 8, no. 1, Jan. 2020, doi: 10.1136/jitc-2019-000188.
- [10] Y. R. Chung, H. J. Kim, M. H. Jang, and S. Y. Park, “Prognostic value of tumor infiltrating lymphocyte subsets in breast cancer depends on hormone receptor status,” *Breast Cancer Res Treat*, vol. 161, no. 3, pp. 409–420, Feb. 2017, doi: 10.1007/s10549-016-4072-9.
- [11] G. Mittica *et al.*, “Adoptive immunotherapy against ovarian cancer,” *J Ovarian Res*, vol. 9, no. 1, May 2016, doi: 10.1186/s13048-016-0236-9.
- [12] S. E. Stanton and M. L. Disis, “Clinical significance of tumor-infiltrating lymphocytes in breast cancer,” *J Immunother Cancer*, vol. 4, no. 1, Oct. 2016, doi: 10.1186/s40425-016-0165-6.
- [13] P. P. Santoiemma and D. J. Powell, “Tumor infiltrating lymphocytes in ovarian cancer,” *Cancer Biol Ther*, vol. 16, no. 6, pp. 807–820, Jan. 2015, doi: 10.1080/15384047.2015.1040960.

## Features of distribution of intratumoral lymphocytes in ovarian epithelial tumours of different histological types and degree of malignancy

Rusudan Devadze<sup>1</sup>; Arsen Gvenetadze<sup>2</sup>; Shota Kepuladze<sup>3</sup>; George Burkadze<sup>4</sup>

<sup>1</sup>PhD Student at Ivane Javakhishvili Tbilisi State University; <sup>2</sup> Associate Professor at Ivane Javakhishvili Tbilisi State University; <sup>3</sup> PhD Student at Tbilisi State Medical University, MD, Pathologist; <sup>4</sup> Professor at Tbilisi State Medical University, Head of the Department of Molecular pathology;

### Abstract

Ovarian cancer is the leading cause of death from gynaecological cancers worldwide. In Georgia, ovarian cancer ranks fourth in terms of prevalence, and third in terms of mortality rate. According to the latest epidemiological data, there will be 21,421 new cases of ovarian cancer and 13,770 deaths from



ovarian cancer in the United States in 2021. Due to the lack of early screening methods and asymptomatic clinical courses, most ovarian cancer is diagnosed at an advanced stage, when the prognosis of the disease is already poor. Despite the advances in modern medical treatment and surgery, ovarian carcinoma remains the most lethal gynaecological cancer. The 5-year survival rate is 46% for all stages combined. The microenvironment of ovarian carcinomas is mainly represented by macrophages, dendritic cells, neutrophils and lymphocytes. Epithelial ovarian carcinoma-infiltrating lymphocytes (TIL) have attracted much interest in the last five years. Ovarian cancer is a heterogeneous disease concerning tumour-infiltrating lymphocytes and TILs. In terms of histological subtypes, most studies include only high-grade serous carcinomas of the ovary, and studies on other histological types are scarce. The results of our study show that the quantitative evaluation of T lymphocytes and their subpopulations does not show a statistically reliable correlation between different histological types of tumours, which may be due to the intratumoral heterogeneity and individual specificity of tumours.

**Keywords:** *ovarian cancer; microenvironment of the ovary; tumor infiltrating lymphocytes; TILs;*

## ადგილობრივი ნედლეულის გარდაქმნის პროცესები კლინკერის წარმოების მბრუნავი ღუმელის სისტემაში რეაქტორ-დეკარბონიზატორის გამოყენების გათვალისწინებით

ვახტანგ ჩხეიძე

უფროსი პროცეს მენეჯერი, ღუმელის ექსპერტ სისტემის პროექტ მენეჯერი, შპს ჰაიდელბერგცემენტ ჯორჯია

### აბსტრაქტი

ცემენტის და კლინკერის წარმოებისთვის ყოველთვის აქტუალური იყო დანახარჯების შემცირება, ნამწვი ჰაერების ანუ ემისიების შემცირება და ხარისხის სტაბილური გაზრდა. თანამედროვე მსოფლიოში CO<sub>2</sub>-ის გამონაბოლქვის შემცირებაზე ყურადღება განსაკუთრებითაა გამახვილებული, გლობალური დათბობის და სხვა ბევრი გარემოს დაცვითი საკითხების აქტუალობიდან გამომდინარე. არსებული გამოწვევებიდან გამომდინარე სადოქტორო ნამუშევრის ძირითად მიზნები იყო:

- სველი მეთოდის, გრძელი მბრუნავი ღუმელების მშრალი მეთოდის, რეაქტორ-დეკარბონიზატორიანი ღუმელით ჩანაცვლება, კლინკერის ხარისხის გაზრდის ან შენარჩუნების პირობებში
- კავთისხევის კირქვის კარიერის ამოწურვის გამო, მთავარი ნედლეულის წყაროს ჩანაცვლება
- საწვავის რაოდენობის და ჩამჯდარი ნაცრის გავლენის შესწავლა და საუკეთესო ნარევის შერჩევა
- ნედლეული კომპონენტების სხვადასხვა მიქსების გამოცდა და საუკეთესო ნარევის დადგენა
- ნედლეული ფქვილის და საწვავის კლინკერად გარდაქმნის პროცესის შესწავლა
- პუცოლანური დანამატის - ტუფის გააქტიურება კლინკერის მაცივარში.

სველი მეთოდიდან მშრალ მეთოდზე გადასვლა მოხდა ისე, რომ კლინკერის დაფქვადობა გაიზარდა, კლინკერის სიმტკიცე იგივე ან გაზრდილია შედარებით ნაკლები LSF-ის კოეფიციენტით, სითბური ხარჯი ტონა კლინკერზე შემცირდა 2-ჯერ და წარმადობა გაიზარდა 2-ჯერ (ერთად აღებულ 3 სველ ღუმელთან მიმართებაში).

საკვანძო სიტყვები: ცემენტი, კლინკერი, ტუფი, ემისიები, კირქვა, კლინკერის მაცივარი, პუცოლანური მასალა

კავთისხევის კარიერის გადართვით გამოწვეული სირთულეები მოგვარებულ იქნა, სასხორის კირქვასთან ერთად გამამდიდრებლად გამოყენებულ იქნა დედოფლის წყაროს კირქვა რომლის 95%-ზე მეტი კალციუმის კარბონატია. ეს ჩანაცვლება მოხდა ისე, რომ კლინკერის ხარისხზე უარყოფითი გავლენა არ ჰქონია და პირიქით იგივე უფრო მეტად სტაბილური და აქტიური გახადა.

ნახშირის და შესაბამისად ნაცრის 2-ჯერ შემცირების შემდეგ ნედლეული ფქვილის ქიმია გადაითვალა ისე რომ კლინკერის ხარისხი იყო იგივე ან გაზრდილი. შესაბამისი გადათვლა ხდებოდა ცდების ყველა ეტაპზე.

კლინკერის ახალი მეთოდით გამოწვის პროცესი შესწავლილი და ოპტიმიზირებული იქნა. ნედლეულის და საწვავის გადანაწილების 20 ინდუსტრიული ექსპერიმენტის შედეგად დადგინდა საუკეთესო მიქსები, რომელთა საშუალებით კლინკერის ხარისხი იზრდება ან იგივე რჩება, ხოლო თბური დანახარჯი, საწვავის და ნედლეული ფქვილისგან მიღებული CO<sub>2</sub>-ის ემისიები კი შემცირდა.

ყველაზე მნიშვნელოვანი მიღწევა იყო ტუფის თერმული აქტივაცია, რომელიც წარმატებით დამთავრდა უკვე არა მხოლოდ ლაბორატორიული არამედ ინდუსტრიული ექსპერიმენტითაც. ინოვაციური იდეის საწყისი ის იყო რომ ფიზიკურად შეკავშირებული წყლის გამოდევნა (გამოშრობა) პუცოლანურ მასალას გაცილებით აქტიურს ხდის და მისი 10%-მდე მოხმარება კლინკერთან მიმართებაში არამხოლოდ ინარჩუნებს არამედ ზრდის კიდევ ამ ნარევის სიმტკიცეს კლინკერთან შედარებით.

არსებული პუცოლანური მასალის გააქტიურების მეთოდი შესწავლილი იყო ძველი რომაელებისპერიოდიდან მოყოლებული. თუმცა პუცოლანური დანამატის გააქტიურებას სჭირდება არანაკლები თბური ენერჯია გასახერხებლად ვიდრე კლინკერს და შესაბამისად ისიც გამოყოფს დამატებით CO<sub>2</sub>-ის ემისიებს. ამიტომ სტანდარტული მიდგომით გააქტიურებული პუცოლანური მასალა შედარებით ნაკლებად ამცირებს გამონაბოლქვს, თერმულ და სხვა ხარჯებს, ამასთანავე საჭიროებს მინიმუმ 10 მილიონის ინვესტიციას და მინიმუმ 6 თვიან სამონტაჟო პერიოდს.

კლინკერის წარმოების პროცესების სრული შესწავლიდან გამომდინარე გამოიკვეთა სექცია, სადაც ტემპერატურა 600°C-დან 1200°C-მდე მერყეობს და მის შესამცირებლად გარემო ჰაერებს ვიყენებთ. აღნიშნული სექცია არის კლინკერის მაცივარი, სადაც ლუმელიდან გადმოსული 1200-1300°C-ზე გახურებული კლინკერი ხვდება. კლინკერი გაივლის 30 მეტრიან მაცივარს და დაახლოებით 100°C-მდე გაცივდება. ჩვენთვის სასურველი ტემპერატურები ცხელი მხრიდან 5-დან 10 მეტრამდე მონაკვეთში იყო.

ცხელი ბოლოდან 10 მეტრის მოშორებით მოხდა მასალის ჩამყრელი ყელის მოწყობა სადაც ტუფის მიწოდება 2 ბრუნ-რეგულირებადი ლენტით და ხვიმირით ხდება. 5% დოზით საწარმოო ექსპერიმენტი წარმატებულად დამთავრდა, მაგრამ ასევე შესაძლებელია პროპორციების გაზრდა 10%-მდე, შემდეგი ცდების პირობებში. ასევე ჩაყრის წერტილის

გადატანა შეიძლება უფრო ცხელი მხარისკენ რაც კიდევ უფრო მეტად გააქტიურებს ტუფს და მოგვცემს საშუალებას გავზარდოთ მისი პროცენტულობა კლინკერში.

ყველაზე მნიშვნელოვანია ის, რომ აღნიშნულმა ექსპერიმენტმა საშუალება მოგვცა ვაწარმოოთ 100% კლინკერი 90% ემისიებით და თერმული ხარჯით, რაც გლობალურად წარმოუდგენელი შედეგია. პროექტის განხორციელება ხდება მინიმალური დანახარჯებით (200 ათასი ლარი) და რაც მთავარია არ მოითხოვს საწვავით მიღებულ თერმულ ენერგიას, რაც საოპერაციო ხარჯებს და ემისიებს თითქმის ანულებს. მაცივრის აღნიშნული სექცია შეიძლება გამოყენებულ იქნას ნებისმიერი სხვა ცემენტის დანამატი მასალის შრობა-გახურებისთვის.

## **Conversion processes of local raw materials considering the use of reactor-decarbonizer in rotary kiln system for clinker production**

**Vakhtang Chkheidze**

Senior process manager, Kiln expert system project manager, LLC HeidelbergCement Georgia

### **Abstract**

In cement and clinker production energy consumption reduction, specific emissions reduction and quality stable increase always has been daily challenge which was addressed in many studies. Nowadays, CO<sub>2</sub> emissions are under special focus since the gas is a main contributor in global warming and many other environmental topics. Considering existing challenges, the PhD study is addressing following:

- Revamping from wet process to the new dry line clinker production process
- Revamping from the old Kavtiskhevi quarry to new Saskhori quarry
- Raw meal, kiln feed and clinker quality adjustment after changing the type and amount of the fuel
- Study of clinkerization process based on the modified design
- Activation of puzzolanic material – Tuff in the clinker cooler

Clinker production process change from wet process to dry process was performed the way that clinker quality was at least the same but grindability of the clinker was increased with relatively lower lime saturation factor. Of course by avoiding drying wet slurry and making heat exchange process more efficient due to more dispersive, powderous material the heat consumption was reduced twice and capacity of the kiln line was doubled.

The difficulties caused by switching the Kavtishkevi quarry were solved by using Saskhori limestone as a main source and Dedopsitskaro limestone was used as a sweetener, which contains more than 95% calcium carbonate. This substitution took place in such a way that it did not have a negative impact on the quality of the clinker and on the contrary made it more stable and active.

After reducing coal and thus ash by 2 times, raw flour chemistry was recalculated so that the quality of clinker was the same or increased. Appropriate recalculation was done at all stages of trials.

The clinker process burning with a new method was studied and optimized. As a result of 20 industrial experiments of raw material and fuel distribution, the best mixes were determined, by means of which the quality of clinker increases or remains the same, while the thermal consumption was reduced as was CO<sub>2</sub> emissions from fuel and from raw meal.

The most important achievement was the thermal activation of Tuff (Zeolite), which was successfully completed not only in the laboratory but also in the industrial experiment. The origin of the innovative idea was that the drying out of physically bound water makes the puzzolanic material much more active due to created pores. The material usage (with clinker) up to 10% in relation to clinker not only preserves but also increases the strength of this mix compared to clinker.

The method of activation of existing puzzolanic material has been studied since the ancient Roman period. However, the activation of the puzzolanic additive requires less thermal energy than the clinker, and therefore also emits additional CO<sub>2</sub> emissions. Therefore, the puzzolanic material activated by the standard approach reduces emissions, thermal and other costs relatively less, and also requires an investment of at least 10 million and an installation period of at least 6 months.

Based on a complete study of the clinker production processes, a section was identified where the temperature ranges from 600°C to 1200°C and we use ambient air to reduce it. This section is a clinker cooler, where clinker heated at temperatures 1200-1300°C is coming out of from the rotary kiln. The clinker is passing a 30-meter cooler and cools down to about 100°C. The temperatures we wanted were 5 to 10 meters from the hot side. 10 meters away from the hot end, a material discharge chute was arranged, where tuff is supplied with transport conveyors and hopper. The production experiment with a dose of 5% was successful, but it is also possible to increase the proportions to 10% in the following trials. Also, the feeding point on the clinker cooler roof can be moved to the hotter side, which will further activate the tuff and allow us to increase its percentage in the clinker.

The most important is that this experiment allowed us to produce 100% clinker with 90% emissions and thermal consumption, which is an incredible result globally, especially for CO<sub>2</sub> reduction. The project was implemented with minimal costs (200,000 GEL) and, most importantly, does not include the thermal energy obtained with fuel, which almost cancels the operating costs and emissions. This section of the clinker cooler can be studied to use for drying and heating any other cement additive material.

**Key words:** *Cement, clinker, tuff, emissions, limestone, clinker cooler, puzzolanic material*