

საქართველოს  
საინჟინრო  
სიახლანი

სსს

1'22

GEORGIAN  
ENGINEERING  
NEWS

GEN

---

ISSN 1512-0287



საქართველოს  
საინჟინერო  
სიანხლანო

GEORGIAN  
ENGINEERING  
NEWS

**N1, vol. 95, 2022**

# საქართველოს საინჟინრო სიახლენი GEORGIAN ENGINEERING NEWS, vol. 95, 2022

საერთაშორისო საინჟინრო აკადემია  
საქართველოს საინჟინრო აკადემია

მთავარი რედაქტორი: არჩილ ფრანგიშვილი

## სარედაქციო კოლეგია

- პ. ბიელიკი (სლოვაკეთი), ბ. გუსევი (რუსეთი), ნ. ედილბერტო (პერუ), ი. ემრი (სლოვაკეთი),  
ა. ვასილევი (უკრაინა), ლ. ივანოვი (რუსეთი), ა. კაბულოვი (უზბეკეთი),  
ბ. კატალინიჩი (ავსტრია), ვ. კეკელიძე (რუსეთი), პ. კერვალიშვილი (საქართველო),  
კ. კოჟოგულოვი (ყირგიზეთი), ს. მინასიანი (სომხეთი), ო. ნამიჩეიშვილი (საქართველო),  
პ. ნიკიტენკო (ბელარუსია), დ. ნოვიკოვი (რუსეთი), ა. პაშაევი (აზერბაიჯანი),  
რ. ჯინევიჩიუსი (ლიტვა), ბ. ჟუმაგულოვი (ყაზახეთი), ლ. საიდმუროდოვი (ტაჯიკეთი),  
რ. შრაფტი (გერმანია), დ. ჩომახიძე (საქართველო), გ. ჯავახაძე (საქართველო),  
ა. ჯანახმადოვი (აზერბაიჯანი)

## სარედაქციო საბჭო

დ. გორგიძე, ა. დოლიძე, ქ. მახაშვილი

## International Engineering Academy Georgian Engineering Academy

Editor-in-Chief: Archil Prangishvili

## EDITORIAL BOARD

N. Edilberto (Peru), D. Chomakhidze (Georgia), G. Javakhadze (Georgia), A. Janahmadov (Azerbaijan),  
P. Bielik (Slovakia), B. Gusev (Russia), I. Emri (Slovenia), L. Ivanov (Russia), A. Kabulov (Uzbekistan),  
K. Kozhogulov (Kyrgyz Republic), B. Katalinich (Austria), P. Kervalishvili (Georgia),  
V. Kekelidze (Russia), S. Minasyan (Armenia), R. Ginevičius (Lithuania), O. Namicheishvili (Georgia),  
P. Nikitenko (Belarus), D. Novikov (Russia), A. Pashayev (Azerbaijan), L. Saidmurodov (Tajikistan),  
R. Shraft (Germany), A. Vasiliev (Ukraine), B. Zhumagulov (Kazakhstan).

## EDITORIAL STAFF:

D. Gorgidze, A. Dolidze and K. Makhashvili

Georgian Engineering News (GEN)LTD

DOI: <https://doi.org/10.36073/1512-0287>

Address: TECHINFORMI, St. Kostava 47, Tbilisi 0179

Tel.: 995 (32) 2335315, 2335122

Fax: 995 (32) 2335122

[e-mail:nellym@caucasus.net](mailto:nellym@caucasus.net)

Internet: [www.tech.caucasus.net](http://www.tech.caucasus.net)

Copyright © by GEN LTD

ვლადიმერ ღოღობე - 90





**2022 წლის 25 აპრილს დაბადებიდან 90 წელი შეუსრულდებოდა ჟურნალ Georgian Engineering News-ის დამაარსებელსა და მთავარ რედაქტორს, საქართველოს და საერთაშორისო საინჟინრო აკადემიების აკადემიკოსს, სსრკ სახელმწიფო პრემიის ლაურეატს, ტექნიკის მეცნიერებათა დოქტორს, პროფესორ ვლადიმერ დოლიძეს**

ვ. დოლიძე ერთ-ერთი პიონერია სსრკ-ში pH- და იონომეტრიის ჩამოყალიბების და განვითარების საქმეში.

ვ. დოლიძის მიერ შესრულებული იქნა ფუნდამენტური სამუშაოები ანალიზური ტექნიკის საშუალებების – პირველადი გარდამქმნელებისა და ხელსაწყოების შემუშავებისათვის. მიღებული იქნა ელექტროდული თვისებების მქონე სხვადასხვა მასალები; განვითარებული იქნა იონსელექტიური ელექტროდების იონმიმოცვლითი თეორია ექსტრემალურ პირობებში; დამუშავდა ასიმეტრიული პოტენციალის წარმოქმნის მექანიზმთან დაკავშირებული საკითხები; შემუშავდა ელექტროდული სისტემების მახასიათებლების მეტროლოგიის, საიმედოობის და ნორმირების საკითხები.

ვ. დოლიძის მიერ მიღებული შედეგები ფართოდ არის გამოყენებული ელექტროდების, გადამწოდების, pH-მეტრების, იონომეტრების შესაბამის სამეცნიერო-ტექნიკურ დოკუმენტაციებში. მის მიერ შესრულებული სამუშაოებით შესაძლებელი გახდა pH- და იონომეტრიის საშუალებების ფართომასშტაბიანი წარმოების განხორციელება ქ. გომელის საზომი ხელსაწყოების ქარხანაში და თბილისის სსგ ანალიზხელსაწყო ქარხანაში. მათი მასიური დანერგვით მიღწეული იქნა მნიშვნელოვანი ეკონომიური ეფექტი. ეს საშუალებები ფართოდ გამოიყენება მრეწველობის და სოფლის მეურნეობის სხვადასხვა დარგებში, მედიცინაში, ეკოლოგიაში, თანამედროვე ენერგეტიკაში და სხვ.

მინის ელექტროდის და მასალების ელექტროდული თვისებების თეორიის სამუშაოების ციკლისათვის ვ. დოლიძეს მიენიჭა სსრკ სახელმწიფო პრემია მეცნიერების და ტექნიკის დარგში.

ვ. დოლიძე დაჯილდოვებული იყო „საპატიო ნიშნისა“ და „ღირსების ორდენით“ და სხვა სახელმწიფო ჯილდოებით. მისი სამეცნიერო ხელმძღვანელობით და კონსულტაციით შესრულებულია სადოქტორო და საკანდიდატო დისერტაციები.

ვ. დოლიძე ქართული საინჟინრო მეცნიერების ჭეშმარიტად გამორჩეული წარმომადგენელი გახლდათ. მან თავისი მაღალი მოქალაქეობრივი ღირსებით ფართო საზოგადოების პატივისცემა და სიყვარული დაიმსახურა. მის სახელს და ნაღვაწს არ დაივიწყებს მადლიერი შთამომავლობა.

ივანე ბოჩბიძე - 80





*2022 წლის 12 ივნისს დაბადებიდან 80 წელი შეუსრულდებოდა საქართველოს საინჟინრო აკადემიის ერთ-ერთი დამფუძნებელსა და აკადემიის აკადემიკოს-მდივანს, საერთაშორისო საინჟინრო აკადემიისა და ინფორმატიზაციის საერთაშორისო აკადემიის ნამდვილი წევრს, რუსეთის საბუნებისმეტყველო აკადემიის ნამდვილი წევრს, სსრ კავშირის სახელმწიფო პრემიის ლაურეატს, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის რექტორის მრჩეველს, თეოლოგიის სასწავლო-სამეცნიერო ცენტრის ხელმძღვანელის მოადგილეს, პროფესორს ივანე (ვანო) გორგიძეს.*

ბატონი ვანო გორგიძე აქტიური სისტემების მართვის თეორიის ერთ-ერთი დამფუძნებელი იყო. მისი სამეცნიერო შრომები ეხება მეცნიერებისა და ტექნიკის ისტორიას, მართვის პრობლემებს, მართვის სისტემებს, ორგანიზაციული სისტემების აგება-მართვას; ავტორია მრავალი სამეცნიერო პუბლიკაციისა.

60-იანი წლების ბოლოს მართვის მეცნიერების წინაშე დადგა ყველაზე რთული ამოცანა – ადამიანის, ადამიანთა ჯგუფის, კოლექტივის, საზოგადოების მართვის ამოცანა. ამ პერიოდში ჩამოყალიბდა „აქტიური ელემენტის ცნება ანუ მართვის ობიექტი, რომელიც ფლობს აქტიურობის თვისებას. გამოიკვეთა აქტიური სისტემების თეორიის ქართული სკოლის კონტურები, რომლის უდავო ლიდერი გახდა ი. გორგიძე. ბატონი ვანო გორგიძე აქტიური სისტემების მართვის თეორიის ერთ-ერთი დამფუძნებელი იყო. მისი სამეცნიერო შრომები ეხება მეცნიერებისა და ტექნიკის ისტორიას, მართვის პრობლემებს, მართვის სისტემებს, ორგანიზაციული სისტემების აგება-მართვას; ავტორია მრავალი სამეცნიერო პუბლიკაციისა. აღსანიშნავია ისიც, რომ მისი თაოსნობით საქართველოს ტექნიკურმა უნივერსიტეტმა არაერთი მნიშვნელოვანი სამეცნიერო-ტექნიკური და მაღალ პოლიგრაფიულ დონეზე შესრულებული წიგნი გამოსცა.

იგი დაჯილდოებული იყო „ღირსების ორდენით“, საპატრიარქოს სიგელით, საერთაშორისო საინჟინრო აკადემიის დიპლომით და სხვა მაღალი ჯილდოთი. გამოქვეყნებული აქვს მრავალი სამეცნიერო ნაშრომი, მათ შორის 10-ზე მეტი მონოგრაფია. იყო მრავალი სამეცნიერო ჟურნალის სარედაქციო კოლეგიის წევრი.

ბატონი ვანო უაღრესად კაცთმოყვარე, მზრუნველი და სიკეთის მთესველი ადამიანი გახლდათ. ის მარად ახალგაზრდა და უშრეტი იდეების მატარებელი იყო და ასეთად იცოცხლებს ის ჩვენს მეხსიერებასა და ცნობიერებაში, ასეთად დარჩება მრავალი ადამიანის წარმოსახვაში.

უფალმა, დააწესოს მისი სული მართალთა საყოფელში, ამინ!

სარჩევი

<i>ვლადიმერ დოლიძე – 90</i>	3
<i>ივანე ბორბიძე – 80</i>	5
არაწრფივი მემბანიკური სისტემების ბანივი და ბრძივი რხევების ანალიზი <i>გაგაშელი ლ.შ., გაგაშელი ა.ლ.</i>	11
IoT სისტემები და ავტომატიზაციის მემბანიკები <i>ჯოხაძე პ.დ., ტაბატაძე პ.ს.</i>	19
სისტემური უსაფრთხოება და თანამედროვე ფერმის მართვის სისტემები <i>ჯოხაძე პ.დ., ტაბატაძე პ.ს.</i>	22
მრავალკრიტიკული ოპტიმიზაციის ამოცანის გადაწყვეტა რელაციურ მონაცემთა ბაზების მართვის სისტემების უზრუნველყოფის მიზნით <i>მარგველაშვილი ა.გ.</i>	25
ორბანიზაციის ბიზნეს-პროცესების ავტომატიზირება ERP სისტემით, ERP სისტემის დანერგვის სარბიველი და პრობლემები <i>კოტრიკაძე ქ.ო., ხუჭუა თ.მ.</i>	33
ციფრული კავშირის უნივერსალური მომსახურების უმარგვენელის განსაზღვრა <i>მერაბიშვილი მ.გ.</i>	36
რადიო ქსელების ხარისხის უმარგების „ETSI 103 559“-ს თანამედროვე სტანდარტის მიმოხილვა <i>ტყეშელაშვილი თ.მ.</i>	40
უმარგლეს საბანანათლებლო დაწესებულებაში მიმდინარე საინოვაციო საქმიანობის უმარგების ტრანსფერისა და კომერციალიზაციის ძირითადი თავისებურებების უმარგებითი ანალიზი <i>ხუციშვილი ს.ა., განსიტაშვილი ზ.ა., გორგიძე დ.ა., ხართიშვილი მ.პ.</i>	44
თანამედროვე ტექნოლოგიების გამოყენება ბანათლების სფეროში <i>ნამჩევაძე ც.გ., ბიწაძე ე.ი.</i>	48
ევროპული ოფციონის მოდელირება რთული პროცენტით <i>მანაშვილი ქ.ა., ტყემალაძე გ.შ., ხეჩინაშვილი ზ.ჯ., დოჭვირი ბ.მ.</i>	51
მიგრატორუქტურის გავლენა ლოკალურ დეფორმაციასა და დამლილობითი მიგრატორუქტურის უარმოქმნაზე <i>ეთერაშვილი თ.გ.</i>	57
გაბნეული ველის სტრუქტურა ხუთ-პორტიანი ტალღამტარული უნიასხრების/განმტოებლის/ მთელს ფიზიკურ არეში სისტემის კომბინირებულ რეშიმში კვებისას <i>შენგელია მ.ა., ხოჭოლავა დ.ზ., ბერიძე მ.გ., ქევიშვილი მ.გ.</i>	65
ცოცხალი ორბანიკების მიერ ხელოვნურად უქმნილი აკუსტიკური დიასახონის ელექტრომაგნიტური ველის უამოქმედების აღქმის მემბანიკი <i>შენგელია მ.ა., ბერიძე მ.გ., ხოჭოლავა დ.ზ., ქევიშვილი მ.გ.</i>	68



ჰომო საპინენიდან რობო საპინენისკენ <i>ნამიჩეიშვილი ო.მ., გოგიაშვილი ჟ.გ., რამაზაშვილი მ.თ.</i>	70
რადიაციის ბავლენის შესწავლა CMS-ის წინააღმდეგ შრიან დეტექტორებზე ეკოლოგიური ბაზის ნახავის გამოყენებით <i>ლომიძე ი.ჯ.</i>	74
რადიოაქტიური ნარჩენების მართვის ახალი საწარმოების ნარჩენების მიღების ზოგადი პრიტიკურიშემო <i>გიორგაძე ი.ს.</i>	80
ღია ნაბავსაყრელი ტერიტორიების რევიტალიზაცია. პროცესი და შედეგი <i>ლომიძე მ.ზ.</i>	85
ღია უკონტროლო ნაბავსაყრელების ზემოქმედება ბარემოზე (ქ. ბათუმის მაბალითზე) <i>ლომიძე მ.ზ.</i>	89
ქალაქ რუსთავისა და მისი მიმდებარე რეგიონების მოსახლეობის სანამელი წყალმომარაბების სისტემის ეკოქიმიური და მიკრობიოლოგიური ანალიზის შედეგები <i>ნიკურაძე თ.რ., გვერდწითელი ლ.გ., სურმაგა ა.ა., ერისთავი დ.გ.</i>	92
მდინარე ხრამის წყალსა და ფსკერულ დანალექებში მძიმე მეთალების ბანაწილების რიცხვითი მოდელი <i>ნიკურაძე თ.რ., გვერდწითელი ლ.გ., სურმაგა ა.ა.</i>	100
Ca <sup>2+</sup> იონის ბავლენის კვლევა ბუნებრივი წყლის Z-კოტენციალსა და ელექტრობამტარობაზე <i>ბიბილეიშვილი გ.გ., მაჭულაშვილი მ.ა., ბუთხუზი თ.გ., კაკაბაძე ე.გ.</i>	107
სანამელ წყალში უსიამოვნო სუნის ბაჩენის პრობლემა და მისი აღმოფხვრის მეთოდები <i>სოსელია მ.თ.</i>	109
სანამელი წყლის უსიამოვნო სუნის მოცილების ტექნოლოგია ასპანას თიხის გამოყენებით <i>ბაგრატიონ-დავითაშვილი ა.ნ., სოსელია მ.თ.</i>	113
ნაბელავის საბადოს მინერალურ წყლებში არსებული ბაზების კვლევის შედეგები <i>მაღლაკელიძე ა.გ.</i>	116
ღმანისის მინერალური წყაროს წყლის ქიმიური კვლევა <i>ომიაძე ხ.ჯ.</i>	123
პოლიმერული კომპოზიციის ბასნის პროცესის ხარისხობრივი მაჩვენებლის კვლევა და შედეგების მათემატიკური მოდელირება <i>ბიბილეიშვილი გ.გ., ებანოიძე ლ.ო., ყუფარაძე ლ.პ., ჯაგაშვილი ზ.დ.</i>	126
მემბრანის სრუტურის წარმომგმნელი პოლიმერული დანამატის ბავლენის კვლევა ფორიანობის რაოდენობრივ მახასიათებლებზე <i>ბიბილეიშვილი გ.გ., გოგესაშვილი ნ.ნ., კეჭერაშვილი მ.გ., კაკაბაძე ე.გ.</i>	130

მიკროფილტრაციული პროცესის კვლევა მემბრანის ზედაპირზე დანალექის წარმოქმნის პირობებში <i>ბიბილეიშვილი გ.გ., კეჭერაშვილი მ.გ., გოგესაშვილი ნ.ნ., ჯაგაშვილი ზ.დ.</i>	132
რძის ქარხანაში არსებული ავტომატური სისტემის მთავარი ელემენტები <i>მენაბდე თ.რ., ოთხოზორია ნ.კ.</i>	135
ფიზიოლოგიურად ღირებული სიმინდის ზეთის მისაღებად ჩანასახის გადაგეგმვის კომპლექსური ტექნოლოგიის განხილვა <i>აფაქიძე ა.რ., სირაძე მ.გ., ბერძენიშვილი ი.გ.</i>	139
საქართველოს ენერგო სექტორში არსებული ელექტრო მოწყობილობების დიფერენციალურ ზემოქმედებაში პოლიმერობის ბიფენილების შემცველობის დადგენა <i>თანდილაშვილი გ.ლ., ლევაშვილი ი.თ., გელიაშვილი ზ.ე., ახოზაძე ს.რ.</i>	142
ვანადიუმ (V)-ის კომპლექსწარმოქმნის შესწავლა შერეულ ლიგანდიან სისტემაში მუსამე კომპონენტის თანაობისას <i>წიგნაძე-ფანჩიძე ც.შ.</i>	146
ღვინეებში ზოგიერთი ფიზიოლოგიურად აქტიური ნივთიერებების კვლევა, ძროგატობრაფიის მეთოდის გამოყენებით <i>შათირიშვილი შ.ი., კილაძე მ.თ., შათირიშვილი ი.შ.</i>	149
ფუნგიციდების ბავლენა ღვინის ორბანული მჟავების შემცველობაზე <i>ქვარცხავა გ.რ., ალექსიძე გ.ნ., კალანდია ა., ხოსიტაშვილი მ.ლ., ორმოცაძე მ.ლ., ბუიშვილი გ.თ.</i>	152
ფუნგიციდების ბავლენა ღვინის ფენოლმჟავაზე <i>ალექსიძე გ.ნ.</i>	158
<b>ПОКРЫТОСЕМЕННЫЕ КАК ПАТОГЕНЫ РАСТЕНИЙ</b> <i>Канчавели Ш.С., Павлашвили К.М., Чачхиани-Анашвили Н.Р.</i>	164
<b>ЭПИФИТОТИОЛОГИЯ ФИТОПАТОГЕННЫХ БАКТЕРИЙ И ИХ ПАЗАРИТИЧЕСКАЯ СПЕЦИАЛИЗАЦИЯ</b> <i>Канчавели Ш.С., Павлашвили К.М.</i>	167
ტუჩის ბალზამის (საცხის) რეცეპტურის შემუშავება საფეხავის ჯიშის ყურძნის წიკვის გამოყენებით <i>დეგლარიანი ნ.გ., წერეთელი თ.მ.</i>	170
პალიასტომის ტვის ტალახიდან ბიოლოგიურად აქტიური ნივთიერებების გამოყოფა და მათი სამკურნალო-კოსმეტიკური მიზნით გამოყენების შესაძლებლობა <i>კარგარეთელი გ.თ.</i>	173
ვანის ქედის ბენტონიტური ფერადი თიხების ფიზიკურ-ქიმიური თვისებების შესწავლა და მათი გამოყენება მედიცინასა და კოსმეტიკაში <i>ჯოლოგუა მ.ა.</i>	176





არაწრფივი მქანნიკური სისტემების ბანივი და ბრძივი რხევების ანალიზი

გაგაშედი ლ.შ., გაგაშედი ა.დ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი  
დრეკსელის უნივერსიტეტი ფილადელფია, აშშ

1. როგორც ცნობილია, განვითარებული ქვეყნების მოსახლეობის ის ნაწილი, რომელთაც ყოველდღიურად უხდებათ სხვადასხვა სახის თანამედროვე საწარმოებში მუშაობა, მუზავრობა და სხვა სახის საქმიანობა, ძირითადად განიცდიან როგორც განივი, ასევე გრძივი რხევების ზემოქმედებას. აღნიშნული რხევების და „მანვე“ ვიბრაციების ხანგრძლივი ზეგანვლენის შედეგად საკმაოდ ფართოდ გაგრცვლდა ისეთი პროფესიული დაავადებები, როგორიცაა ვიბროდაავადება, ფსიქიკური აშლილობა და გულსისხლძარღვთა დაავადებები. აქედან გამომდინარე, მნიშველოვანია ზემოთ ჩამოთველილი სისტემების, როგორც არაწრფივი მქანნიკური სისტემების განივი და გრძივი რხევების მათემატიკური ანალიზი და მათში ადამიანის ორგანიზმის მონაცემების, როგორც მქანნიკური მოდელის გათვალისწინება, ხოლო რადგანაც ადამიანის ორგანიზმზე ძირითადად მანვედ მოქმედებს დაბალი სიხშირის ვიბრაციები (1–30 ჰც), ამიტომ თუ სისტემაში ადამიანის ჩართვა მოხდება როგორც ბლანტი – დრეკადი დემპფერი, მქანნიკური იმპედანსის მოდული და არგუმენტი შეფასებული უნდა იქნეს დაბალ სიხშირეებზე, რაც საშუალებას მოგვცემს დავადგინოთ ვიბრაციების ის ძირითადი ნორმები, რომლებიც გააუმჯობესებენ ოპერატორების მუშაობის პირობებს და თავიდან აგვაცილებენ ზემოთ აღნიშნულ მანვე მოვლენების განვითარებას [1].

არაწრფივი მქანნიკური სისტემების მოძრაობის განტოლებები განივი და გრძივი მიმართულებებით ადამიანის, როგორც მქანნიკური მოდელის და ჩვენს მიერ ექსპერიმენტულად დამუშავებული დრეკად-მადემპფირებელი ელემენტების მახასიათებლების გათვალისწინებით, მიიღებს სახეს

$$\left. \begin{aligned} m_1 \ddot{x}_1 + k_1 x_1 + \mu \dot{x}_1 - k_2 [(x_2 - x_1) + (x_2 - x_1)_g] \times \\ \times [1 + \lambda \cdot \text{sgn}(\dot{x}_2 - \dot{x}_1)] = P_{\text{გ}} \cdot \cos \alpha \cdot \cos \omega t; \\ m_2 \ddot{x}_2 + k_2 [(x_2 - x_1) + (x_2 - x_1)_g] \times \\ \times [1 + \lambda \cdot \text{sgn}(\dot{x}_2 - \dot{x}_1)] = 0; \\ m \ddot{y} + R(y, \dot{y}) = P_{\text{გ}} \cdot \sin \alpha \cdot (\omega t + \varphi) \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

სადაც  $\sin(\omega t + \varphi)$  არის პოლიჰარმონიული ფუნქცია;  $\omega$  – შემაშფოთებელი ძალის სიხშირე;  $t$  – დინამიკური რეჟიმის დრო;  $\varphi$  – განივი მიმართულებით იძულებითი რხევების გადაადგილების ფაზა.

გამოსახულება  $k_2 [(x_2 - x_1) + (x_2 - x_1)_g] [1 + \lambda \cdot \text{sgn}(\dot{x}_2 - \dot{x}_1)]$  აღწერს დრეკად-მადემპფირებელი ელემენტების ჰისტერეზისულ მახასიათებელს დინამიკურ რეჟიმში; სადაც  $k_2$  - ჰისტერეზისული მარყუჟის საშუალო სიხისტეა დამყარებულ დინამიკურ რეჟიმში;  $\lambda$  – მანვე ენერგიების შთანთქმის მაჩვენებელი დინამიკურ რეჟიმში,  $|\lambda| < 1$ ;  $x_2, x_1$  – გადაადგილების განზოგადებული კოორდინატებით;  $\dot{x}_2, \dot{x}_1$  – ვიბროსიხქარეების განზოგადებული კოორდინატები;  $m_1$  – სისტემის მთლიანი მასა;  $k_1$  - სისტემის საშუალო სიხისტე დინამიკურ რეჟიმში;  $\mu$  – ბლანტი ხახუნის კოეფიციენტი;  $P_{\text{გ}} \cdot \cos \alpha$  – შემაშფოთებელი ძალის ვერტიკალური შემადგენელი;  $P_{\text{გ}}$  – შემაშფოთებელი ძალის ამპლიტუდა;  $\alpha$  – შემაშფოთებელი ძალის ვერტიკალური დერძიდან გადახრის კუთხე;  $\cos \omega t$  – შემაშფოთებელი ძალის ჰარმონიულობის გამსახდერელი;  $m_2$  – ვიბროდამცა-



ვი საშუალების და ადამიანის ჯამური მასა;  $\ddot{x}_2, \ddot{x}_1$  – ვიბროანქარების განზოგადებული კოორდინატები;  
გამოსახულება

$$R(y, \dot{y}) = (k_1' + k_2') \cdot y + H \operatorname{sgn} \dot{y}$$

აღწერს ადამიანის და ვიბროდამცავი საშუალების დრეკად-მადემპირებელ მახასიათებელს ჰორიზონტალური მიმართულებით; სადაც  $k_1'$  – მათი საშუალო სიხისტეა დინამიკურ რეჟიმში;  $k_2'$  – მთლიანი სისტემის ჯამური სიხისტე ჰორიზონტალური გადაადგილებისას;  $H$  – ადამიანის და დამცავი საშუალების მშრალი ხახუნის კოეფიციენტი ჰორიზონტალური რეჟიმში;  $y$  – გადაადგილების განზოგადებული კოორდინატი ჰორიზონტალური მიმართულებით;  $\dot{y}$  – ვიბროსიქარის განზოგადებული კოორდინატი;  $\ddot{y}$  – შესაბამისად ვიბროანქარების განზოგადებული კოორდინატი;  $m$  – მთლიანი სისტემის მასა;  $P_{3\delta} \cdot \sin \alpha$  – შემაშფოთებელი ძალის ჰორიზონტალური შემადგენელი;  $P_{3\delta}$  – მისი ამპლიტუდა;  $\alpha$  – ჰორიზონტალური ღერძიდან გადახრის კუთხე.

ვერტიკალურ რეჟიმში (1) სისტემის შესაბამის ერთგვაროვან განტოლებებს ექნებათ სახე

$$\left. \begin{aligned} & m_1 \ddot{x}_1 + k_1 x_1 + \mu \dot{x}_1 - k_2 [(x_2 - x_1) + (x_2 - x_1)_g] \times \\ & \times \left[ 1 + \lambda \cdot \operatorname{sgn} \frac{\partial [(\dot{x}_2 - \dot{x}_1) + (\dot{x}_2 - \dot{x}_1)_g]}{\partial t} \right] = 0; \\ & m_2 \ddot{x}_2 + k_2 [(x_2 - x_1) + (x_2 - x_1)_g] \times \\ & \times \left[ 1 + \lambda \cdot \operatorname{sgn} \frac{\partial [(\dot{x}_2 - \dot{x}_1) + (\dot{x}_2 - \dot{x}_1)_g]}{\partial t} \right] = 0 \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

როდესაც  $(\dot{x}_2 - \dot{x}_1)$  და  $(\dot{x}_2 - \dot{x}_1)_g$  – ორივე მეტია ნულზე გვექნება დატვირთვის მრუდი, ხოლო როდესაც  $(\dot{x}_2 - \dot{x}_1)$  და  $(\dot{x}_2 - \dot{x}_1)_g$  – ორივე ნაკლებია ნულზე გვექნება განტვირთვის მრუდი. შესაბამისად მახასიათებელი განტოლებები მიიღებს სახეს

$$\begin{aligned} & S^4 + \frac{\mu}{m_1} S^3 + \left[ \frac{k_1 + k_2 (1 \pm \lambda)}{m_1} + \frac{k_2 (1 \pm \lambda)}{m_2} \right] S^2 + \\ & + \mu k_2 (1 \pm \lambda) (m_1 - m_2)^{-1} \cdot S + (m_1 \cdot m_2)^{-1} k_1 \cdot k_2 (1 \pm \lambda) = 0. \end{aligned} \quad (3)$$

განხილული სისტემის მოძრაობის მდგრადი და არამდგრადი რეჟიმები განისაზღვრება მახასიათებელი სისტემის ფესვების მნიშვნელობებით, კერძოდ, თუ მახასიათებელი განტოლების ყველა ფესვს აქვს უარყოფითი ნამდვილი ნაწილი, მაშინ თავისუფალი რხევების ამპლიტუდები დროთა განმავლობაში განიცდიან ჩახშობას და მთლიანად სისტემა იმოძრაებს მდგრად რეჟიმში. იმისათვის, რომ მეოთხე ხარისხის განტოლების ყველა ფესვს ჰქონდეს უარყოფითი ნამდვილი ნაწილი, აუცილებელია მისი ყველა კოეფიციენტი იყოს დადებითი და დაცული იქნეს უტოლობა

$$a_3 (a_1 \cdot a_2) - a_0 \cdot a_3^2 - a_1^2 \cdot a_4 > 0,$$

სადაც  $a_0, a_1, a_2, a_3, a_4$  არის მახასიათებელი განტოლების კოეფიციენტები.

ჩვენს შემთხვევაში, რადგან  $|\lambda| < 1$ , ამიტომ (3) განტოლების ყველა კოეფიციენტი დადებითია, უტოლობა კი მიიღებს სახეს

$$\frac{\mu k_2(1 \pm \lambda)}{m_1 m_2} \left[ \frac{\mu}{m_1} \left( \frac{k_1 + k_2(1 \pm \lambda)}{m_1} + \frac{\mu k_2(1 \pm \lambda)}{m_1 m_2} \right) - \frac{\mu k_2(1 \pm \lambda)}{m_1 m_2} \right] - \frac{k_2(1 \pm \lambda) \cdot k_1 \cdot \mu^2}{m_1^3 \cdot m_2} = \mu^2 k_2 (1 \pm \lambda)^2 \cdot m_1^{-3} \cdot m_2^{-1} > 0, \quad (4)$$

ე.ი. მახასიათებელი განტოლების ყველა ფესვის ნამდვილი ნაწილი იქნება უარყოფითი. თუ შემოვიტანთ აღნიშვნებს ფესვებისათვის

$$S_1 = -P_1 + iq_1; S_2 = -P_2 + iq_2; S_3 = -P_1 - iq_1; S_4 = -P_2 - iq_2; \text{ ამასთან } P_1 > 0; P_2 > 0; i^2 = -1,$$

მაშინ (2) დიფერენციალურ განტოლებათა სისტემის ზოგადი ინტეგრალი, როდესაც  $\dot{x}_2 - x_1 > 0$  ან  $\dot{x}_2 - x_1 < 0$ , მიიღებს სახეს

$$\left. \begin{aligned} x_1^0 &= e^{-P_1 t} (A_1^0 \cos q_1 t + \beta_1^0 \sin q_1 t) + \\ &+ e^{-P_2 t} (A_1^1 \cos q_2 t + \beta_1^1 \sin q_2 t); \\ x_2^0 &= e^{-P_1 t} (A_2^0 \cos q_1 t + \beta_2^0 \sin q_1 t) + \\ &+ e^{-P_2 t} (A_2^1 \cos q_2 t + \beta_2^1 \sin q_2 t), \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

სადაც  $x_1^0$  და  $x_2^0$  არის თავისუფალი რხევების გადაადგილებები, ხოლო მუდმივები (ამპლიტუდები)  $A_1^0, B_1^0, A_1^1, B_1^1, A_2^0, B_2^0, A_2^1, B_2^1$  განისაზღვრება საწყისი პირობებიდან, რომლებიც თავის მხრივ განსაზღვრული იქნება კონკრეტული ობიექტისთვის მათი მუშაობის რეჟიმებიდან გამომდინარე [2].

სისტემა (5)-დან ჩანს, რომ თავისუფალი რხევები ჩვენს შემთხვევაში შეგვიძლია განვიხილოთ, როგორც ერთმანეთზე ზედდებული ორი რხევითი პროცესი, რომლებიც დროთა განმავლობაში განიცდიან ექსპონენციალურ ჩახშობას. აღნიშნულ რხევებს გააჩნიათ ერთნაირი სიხშირეები  $q_1$  და  $q_2$  და ჩახშობის ერთნაირი ფაქტორები  $P_1$  და  $P_2$ . ისინი ერთმანეთისგან განსხვავდებიან მხოლოდ ამპლიტუდებით და ერთმანეთისაგან დაძრული არიან ფაზებით,

როდესაც გვაქვს გარდამავალი პროცესი ე.ი.  $\dot{x}_2 - \dot{x}_1 = 0$ , მაშინ

$$\begin{aligned} &e^{-P_1 t_1} (D_1 \sin q_1 t_1 + D_2 \cos q_1 t_1) + e^{-P_2 t_2} (D_3 \sin q_2 t_2 + D_4 \cos q_2 t_2) = \\ &= D_5 \cos(\omega t_1 + \phi_1^0) + D_6 \cos(\omega t_2 + \phi_2^0), t_2 - t_1 \neq 0; \end{aligned} \quad (6)$$

სადაც

$$\begin{aligned} D_1 &= P_1(B_1^0 - B_2^0) + q_1(A_1^0 - A_2^0); \\ D_2 &= P_1(A_1^0 - A_2^0) + q_1(B_1^0 - B_2^0); \\ D_3 &= P_2(B_1^1 - B_2^1) + q_2(A_1^1 - A_2^1); \\ D_4 &= P_2(A_1^1 - A_2^1) + q_2(B_1^1 - B_2^1); \\ D_5 &= A \cdot \omega; D_6 = B \omega; t_1 < t < t_2; \end{aligned}$$

$\phi_1^0$  და  $\phi_2^0$  – რხევების ფაზები აღნიშნულ რეჟიმში.

და იძულებითი რხევების ამპლიტუდებია, რომლებიც წარმოიშობიან თვით სისტემის შიგნით, ცალკეული ელემენტების ურთიერთქმედების დროს.

მე-(6) ტრანსცენდენტული განტოლების უმცირესი დადებითი ფესვი დროის გარკვეული მომენტისათვის და ვიბროსიჩქარეთა ( $\dot{x}_1$  და  $\dot{x}_2$ ) ტოლობის დროს განსაზღვრავს გარდამავალი პროცესის დროს თავისუფალი რხევების ამპლიტუდას და ფაზურ გადაადგილებას. ჩვენს შემთხვევაში, რადგან ადგილი აქვს რხევების ექსპონენციალურ ჩახშობას, სისტემის ცალკეული ელემენტების, მათ შორის ადამიანის სამუშაო ადგილის გადაადგილებას იქნება შემოსაზღვრული მნიშვნელობაში დროის უსასრულოდ ზრდის შემთხვევაშიც, ამდენად მათი მნიშვნელობები ყოველთვის ნაკლები იქნება კრიტიკული და რეზონანსული რეჟიმების ამპლიტუდების მნიშვნელობებთან შედარებით:

$$x_1 < (x_1)_{რეზ.}; \quad x_2 < (x_2)_{რეზ.}$$

2. ზოგადად (1) სისტემის ამონახსნი მცირე პარამეტრის მეთოდის გათვალისწინებით შეიძლება წარმოდგენილი იქნეს შემდეგი სახით:

$$x_1 = x_1^0 + \lambda x_1^1 + \lambda^2 x_1^2 + \dots;$$

$$x_2 = x_2^0 + \lambda x_2^1 + \lambda^2 x_2^2 + \dots$$

როდესაც  $\lambda = 0$  ე.ი. პროცესის დასაწყისში, ადგილი არა აქვს დემპფირებას, გვექნება  $x_1 = x_1^0$  და  $x_2 = x_2^0$ , მაშინ მივიღებთ სისტემას

$$\begin{cases} m_1 \ddot{x}_1^0 = -k_1 x_1^0 + k_2 (x_2^0 - x_1^0) - \mu \dot{x}_1^0 + P_{3\delta} \cos \alpha \cdot \sin \omega t; \\ m_2 \ddot{x}_2^0 = -k_2 (x_2^0 - x_1^0). \end{cases} \quad (7)$$

მე-(7) სისტემის კერძო ამონახსნი შეიძლება წარმოდგენილი იქნეს შემდეგი სახით

$$\begin{cases} x_1^0 = c_1 \sin \omega t + c_2 \cos \omega t = c_0 \sin (\omega t + \varphi_1^0); \\ x_2^0 = c_3 \sin \omega t + c_4 \cos \omega t = c_0^1 \sin (\omega t + \varphi_2^0). \end{cases}$$

შევიტანოთ ეს მნიშვნელობები სისტემაში (7) მივიღებთ

$$c_0 = \frac{P_{3\delta} \cos \alpha (k_2 - m_2 \omega^2)}{\sqrt{[(k_1 - m_1 \omega^2)(k_2 - m_2 \omega^2) - k_2 m_2 \omega^2]^2 + \mu^2 \omega^2 (k_2 - m_2 \omega^2)^2}};$$

$$c_0^1 = \frac{k_2}{k_2 - m_2 \omega^2} \cdot c_0; \quad \varphi_1^0 = \arctg \frac{c_2}{c_1}; \quad \varphi_2^0 = \arctg \frac{c_4}{c_3};$$

$$c_0 = \sqrt{c_1^2 + c_2^2}; \quad c_0^1 = \sqrt{c_3^2 + c_4^2}.$$

ვიბროსიჩქარეები შესაბამისად განისაზღვრება დამოკიდებულებებით

$$\dot{c}_0 = c_0 \omega \cos(\omega t + \varphi_1^0); \quad \dot{c}_0^1 = c_0^1 \cdot \omega \cos(\omega t + \varphi_2^0).$$

როგორც ზემოთ აღვნიშნეთ, კვლევის ძირითადი მიზანია შევარჩიოთ ვიბროდამცავი საშუალების, დრეკად-მადემპფირებელი თვისებების განმსაზღვრელი პარამეტრების ისეთი მნიშვნელობები, რომელთათვისაც მოხდება ადამიანის, როგორც ოპერატორის სამუშაო ადგილის ვიბროსიჩქარის ამპლიტუდის მინიმიზაცია. ე.ი. გვექნება

$$c_0^1 = P_{3\delta} \cdot \cos \alpha \cdot c,$$

სადაც

$$c = \sqrt{\left[ (k_1 - m_1 \omega^2) \left( 1 - \frac{m_2 \omega^2}{k_2} \right) - m_2 \omega^2 \right]^2 - \mu^2 \omega^2 \left( 1 - \frac{m_2 \omega^2}{k_2} \right)^2}.$$

განვიხილოთ ფუნქცია  $f(k_2 \cdot \omega) = c \cdot \omega$ . ამ ფუნქციისათვის სტაციონარულობის წერტილები, ანუ კრიტიკული მნიშვნელობები განისაზღვრება ტოლობებით:

$$\frac{\partial f}{\partial k_2} = 0; \quad \frac{\partial f}{\partial \omega} = 0, \text{ საიდანაც მივიღებთ}$$

$$(k_2)_{\text{კრიტ.}} = \frac{m_2 \omega^2 \left[ (k_1 - m_1 \omega^2)^2 + \mu^2 \omega^2 \right]}{(k_1 - m_1 \omega^2) [k_1 - (m_1 + m_2) \omega^2 + \mu^2 \omega^2]} .$$

ამ გამოსახულებების ანალიზით მივიღებთ, რომ როდესაც  $\frac{\partial f}{\partial k_2} > 0$ , მაშინ

$$k_2 > (k_2)_{\text{კრიტ.}}, \text{ ხოლო, როდესაც } \frac{\partial f}{\partial k_2} < 0, \text{ მაშინ } k_2 < (k_2)_{\text{კრიტ.}} .$$

რეზონანსული სიხშირე კი განისაზღვრება ფორმულით

$$\omega_{\text{რეზ.}}^2 = \frac{2k_1}{m_1} - \frac{\mu^2}{m_1^2} + \sqrt{\frac{k_1^2}{m_1^2} + \frac{4k_1\mu^2}{m_1^3} + \frac{\mu^4}{m_1^3}} .$$

თუ ვიბროდამცავი საშუალების სიხისტის საშუალო მნიშვნელობას შევარჩევთ ისე, რომ დაცული იქნეს პირობა

$$k_2 < m_2 (m + m_2)^{-1} \cdot k_1, \text{ მაშინ}$$

$$c < c_{\text{რეზ.}},$$

ე.ი. დინამიკური რეჟიმი დამყარებული იქნება რეზონანსულის რეჟიმის მიღწევამდე, როდესაც  $\lambda > 0$ , ცხადია დინამიკურ რეჟიმებში წარმოიშობა სუბ და სუპერჰარმონიული პროცესები, რომელთაც მივიღებთ ანალიზურად თუ (1) სისტემაში შევიტანთ ზოგად ამონახსნებს და გავშლით  $\lambda$ -ს ხარისხების მიხედვით

$$\left. \begin{aligned} m_1 \ddot{x}_1' + k_1 x_1' - k_2 (x_2' - x_1') + \mu x_1' &= M_1 - M_2 \cos 2\omega t + M_3 \sin 2\omega t; \\ m_2 \ddot{x}_2' + k_2 (x_2' - x_1') &= -M_1 + M_2 \cos 2\omega t - M_3 \sin 2\omega t; \end{aligned} \right\} \quad (8)$$

სადაც

$$M_1 = 2k_2 \sqrt{(c_3 - c_1)^2 + (c_4 - c_2)^2} \cdot \pi^{-1};$$

$$M_2 = 2k_2 \sqrt{(c_3 - c_1)^2 + (c_4 - c_2)^2} \cos(\varphi_1^0 + \varphi_2^0);$$

$$M_3 = 2k_2 \sqrt{(c_3 - c_1)^2 + (c_4 - c_2)^2} \sin(\varphi_1^0 + \varphi_2^0).$$

(8) სისტემის ამონახსნი, როდესაც  $2\omega \neq \sqrt{\frac{k_2}{m_2}}$ , უნდა ვეძებოთ სახით

$$\left. \begin{aligned} x_1' &= N_0 + N_1 \sin 2\omega t + N_2 \cos 2\omega t; \\ x_2' &= N_0' + N_3 \sin 2\omega t + N_4 \cos 2\omega t. \end{aligned} \right\} \quad (9)$$

თუ გამოსახულებებს (9) შევიტანთ სისტემაში (8), განვსაზღვრავთ კოეფიციენტების  $N_0, N_1, N_2, N_3, N_4$  - ის მნიშვნელობებს, საიდანაც მარტივი გარდაქმნებით განისაზღვრება სუპერჰარმონიული ( $2\omega$ ) ვიბროსიხქარის ამპლიტუდა

$$N = \frac{8m_2\omega^2 \sqrt{M_2^2 + M_3^2}}{\left[ (k_1 - 4m_1\omega^2)(k_2 - 4m_2\omega^2) - 4k_2m_2\omega^2 \right]^2 + 4\mu^2\omega^2(k_2 - 4m_2\omega^2)^2}.$$

ვიბროსინქარის ამპლიტუდის კრიტიკული მნიშვნელობა დამოკიდებული იქნება საშუალო კრიტიკულ სიხისტეზე, რომელიც თავის მხრივ დამოკიდებულია  $\lambda$ -ზე. ჩვენს შემთხვევაში

$$(k_2)_{კრიტ.} = \frac{m_2(2\omega)^2 \left[ (k_1 - m_1(2\omega)^2) \right]^2 + \mu^2(2\omega)^2}{[k_1 - m_1(2\omega)^2] [k_1 - (m_1 + m_2)(2\omega)^2] + \mu^2(2\omega)^2}.$$

ანტირეზონანსის პირობა განისაზღვრება შემდეგი ტოლობებით:

$$\begin{aligned} 8\pi^{-1}m_2k_2\omega^2 \sqrt{(c_3 - c_1)^2 + (c_4 + c_2)^2} &= 0; \\ \omega^4 - \left( \frac{k_1}{m_1} + \frac{k_2}{m_2} + \frac{k_2}{m_1} \right) \omega^2 + \frac{k_1 \cdot k_2}{m_1 m_2} &= 0; \\ \omega_{რეზ.}^2 &= \frac{b}{2} \pm \sqrt{\frac{b^2}{4} - \frac{k_1 k_2}{m_1 m_2}}; \quad b = \frac{k_1}{m_1} + \frac{k_2}{m_2} + \frac{k_2}{m_1}. \end{aligned}$$

რადგან ანტირეზონანსული რეჟიმი მიიღწევა შემაშფოთებელი ძალის ძირითადი სიხშირის დროს და მას გარკვეულ პირობებში შეიძლება დაერთოს რხევები სიხშირით  $2\omega, 3\omega \dots$ , მოსალოდნელია სისტემაში მთლიანად სუპერპარმონიული რეზონანსების წარმოშობა, რაც იმას ნიშნავს, რომ ვიბროდამცავი საშუალება უნდა უზრუნველყოფდეს რხევების ჩახშობას ფართო სიხშირულ სექტორში [3].

მთლიანი სისტემის დინამიკურობის კოეფიციენტი დემპფირების გათვალისწინებით გამოითვლება ფორმულით

$$k_{დ.} = \frac{c_0}{\xi_0} - k_2 \frac{c_0^0 - c_0(1 + \lambda)}{m_2 \xi_0 \omega^2},$$

სადაც  $\xi_0 \omega^2 = P_{გბ.} \sin \alpha \cos \omega t \cdot m_2^{-1}$ .

გამოსახულებიდან ჩანს, რომ დამცავი საშუალების დემპფირების უნარის გაზრდით დინამიკურობის კოეფიციენტი მცირდება და შესაძლებელია მოიძებნოს ისეთი ოპტიმალური მნიშვნელობები, რომელთათვისაც  $k_{დ.} < 1$ , რაც თავის მხრივ უზრუნველყოფს სისტემის რეზონანსულ და სუპერრეზონანსულ რეჟიმებში მუშაობას და პერსონალის სამუშაო პირობებს მნიშვნელოვან გაუმჯობესებას. რაც შეეხება სისტემის საშუალო სიხისტეს, მისი სტაციონარული მნიშვნელობა შემდეგია

$$(k_1)_{კრიტ.} = m_1 \omega^2 + \frac{k_2 m_2 \omega^2}{k_2 - m_2 \omega^2},$$

როდესაც  $k_1 > (k_1)_{კრიტ.}$ ,  $k_1$  კოორდინატის მნიშვნელობა იქნება მინიმალური.

საკვლევი სისტემის განივი რხევების მნიშვნელობა გამოისახება (1) სისტემის ერთგვაროვანი განტოლების ამონახსნით

$$y = d_0 + d_1 \cos P_1 t + d_2 \sin P_2 t_1,$$

სადაც  $d_0 = \frac{H}{c_0 + c_0^1}$ ;  $d_1$  და  $d_2$  განისაზღვრება საწყისი პირობებით  $d_1 = c_0 - d_0$ ;  $d_2 = 0$ .



ასეთ შემთხვევაში ზოგად ამონახსნს ექნება სახე

$$y = d \sin(\omega t + \varphi) = \frac{P_{\text{პ.}} \sin(\omega t + \psi)}{\sqrt{(\omega_0^2 - \omega^2)^2 + \frac{\gamma_0}{\sigma_0^2} \cdot \omega}},$$

სადაც  $\omega$  – თავისუფალი რხევების სიხშირე;  $\gamma_0 = \frac{\mu}{m}$ ;  $\sigma_0$  - პოლიჰარმონიული პროცესის დისპერსიის მნიშვნელობა;

$$\psi = \varphi + \arctg \frac{\gamma_0 \omega}{\sigma_0(\omega_0^2 - \omega^2)};$$

$$\sigma_0^2(t) = \frac{1}{2} \cdot \frac{P_{\text{პ.}} \omega^2}{2(\omega_0^2 - \omega^2) + \omega^2 t},$$

ანუ განხილულ შემთხვევაში  $\sigma_0$ -ს აქვს ჰიპერბოლის სახე [4].

დასკვნები

1. მიღებული შედეგის ფიზიკური აზრი მდგომარეობას იმაში, რომ თუ  $H > P_{\text{პ.}}$ , მაშინ სისტემის განივი რხევები თითქმის არ ფიქსირდება და  $\dot{y}$  – განივი რხევების ვიბროსინქარის ამპლიტუდა თითქმის ნულის ტოლია. ცხადია, როდესაც  $\omega$  უახლოვდება  $\omega$ -ს წარმოიქმნება რეზონანსული რეჟიმი და  $\sigma_0$  – არ არის შემოსაზღვრული. რეზონანსულ რეჟიმში მუშაობის თავიდან აცილების პირობა გამოისახება უტოლობით

$$\frac{P_{\text{პ.}}^2}{2} < \frac{H^2}{m_1^2} \cdot \frac{4n}{3(3n-1)}, \quad (10)$$

სადაც  $n$  – ჰარმონიკების რიცხვია მიმდინარე პროცესში, მე-10 უტოლობის შესრულება და მისი შენარჩუნება მთელი დინამიკური რეჟიმის განმავლობაში უზრუნველყოფს მთლიანი სისტემის განწყობას განივი რხევების რეზონანსული რეჟიმებიდან და ვიბროსინქარეთა ამპლიტუდების მინიმალურ მნიშვნელობებს.

2. ზოგადი ამონახსნის ანალიზის საფუძველზე მივიღებთ  $k_1'$  – კოეფიციენტის ისეთ მნიშვნელობებს, რომლებიც იქნებიან სტაციონარული წერტილები სისტემისათვის, ე.ი.  $k_1' = m\omega^2 - k_2'$  შემთხვევაში, თუ შესრუდება უტოლობები

$$P_{\text{პ.}}^2 \sin^2 \alpha < \frac{8}{3} H^2 \left( \frac{n}{3n-1} \right) \quad \text{და} \quad k_1' > m\omega^2 - k_2',$$

მაშინ მთლიანი სისტემა შეინარჩუნებს სტატიკურ მდგრადობას და ჰორიზონტალური გადაადგილებები იქნება მინიმალური, რაც თავის მხრივ გამორიცხავს აგრეთვე სისტემაში ავტორხევითი პროცესების განვითარებას. აღნიშნული ავტორხევითი პროცესები ზოგადად შეიძლება გახდნენ სისტემის სტატიკური მდგრადობის დაკარგვის მიზეზი.

#### ლიტერატურა

1. Gavasheli L.Sh. Theory of vibration protection of nonlinear mechanical systems. -Tbilisi, Metsniereba, 2006, p.272.
2. Leon Makharadze, Levan Gavasheli. Deformation of Elastic Damping Bodes, Hysteresis Friction. //Journal of Applied Mathematics and Computation, 2020, 4(3), p.57-63.

3. Makharadze L.I., Gavasheli L.Sh. Transverse Damping of Main Pipelines of Hydrotransport Systems under the Influence of Parametric Forces. //Georgian Engineering News, №2, 2016, p.59-64.
4. Gavasheli L, Gavasheli A. Random oscillations of nonlinear systems with distributed Parameter. /Ann Math Phys., 2021, 4(1): 084-091.DOI: <https://dx.doi.org/10.17352/amp.000027>

**SUMMARY**

**ANALYSIS OF LONGITUDINAL AND TRANSVERSE OSCILLATIONS OF NONLINEAR MECHANICAL SYSTEMS**

**Gavasheli L.Sh. and Gavasheli A.L.**

**Georgian Technical University**

**Drexel University, Philadelphia, USA**

The paper considers the mathematical analysis of longitudinal and transverse oscillations of nonlinear mechanical systems, taking into account the elastic-damping properties of the human operator body. The optimal values of those basic parameters that ensure the improvement of the amplitude-frequency characteristics of these systems as a whole and the effective protection of the human operator from harmful vibrations have been established. Analysis of longitudinal and transverse oscillations of nonlinear mechanical systems

**Keywords:** nonlinear mechanical systems, longitudinal and transverse oscillations, amplitude-frequency characteristics amplitude-frequency characteristics

## IoT სისტემები და ავტომატიზაციის მმართველობა

ჯოსაძე პ.დ., ტაბატაძე პ.ს.

## საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

## 1. შესავალი

მას შემდეგ, რაც ტერმინი IoT (Internet of Things) ანუ „ნივთების ინტერნეტი“ დაარსდა, რაც 1999 წელს დაიწყო, კაცობრიობის ყოველდღიური ჩვეულებრივი თუ საქმიანი ცხოვრება დიდი გამოწვევების წინაშე დადგა.

მარტივი სიტყვებით IoT არის მთელი მსოფლიოს გარშემო არსებული ციფრულად დაკავშირებული მილიარდობით ფიზიკური მოწყობილობის სამყარო. „ნივთები“, რომლებიც აგროვებენ, ანალიზებენ და აზიარებენ მონაცემებს მათი გამოყენებისა და მათ გარშემო არსებული გარემოს შესახებ. ეს ობიექტები დაკავშირებულია ინტერნეტთან, პროგრამულ უზრუნველყოფასთან, სენსორებთან და სხვადასხვა აპარატურასთან, რაც მათ საშუალებას აძლევს დაუკავშირდნენ და გაცვალონ მონაცემები ქსელში გაერთიანებულ სხვა სისტემებთან და მოწყობილობებთან.

წინამდებარე სტატიაში განხილულია IoT სისტემების არსი, მათი მოქმედების მექანიზმი, მნიშვნელობა, გამოყენების მეთოდები, უპირატესობები და უარყოფითი მხარეები. მოყვანილია ამა თუ იმ სფეროში მათი გამოყენების მაგალითები.

## 2. ძირითადი ნაწილი

IoT ეკოსისტემა მოიცავს ინტერნეტთან დაკავშირებად „ჭკვიან“ მოწყობილობებს, რომლებიც იყენებენ ერთმანეთთან შემჭიდროებულ სისტემებს, როგორებიცაა კონტროლერები, სენსორები და კომუნიკაციის მოწყობილობები. ისინი აგროვებენ, გზავნიან და მოქმედებენ იმ მონაცემების მიხედვით, რომლებსაც კრებენ მათი გარემოდან. IoT მოწყობილობები აზიარებენ მათ მიერ სენსორებიდან შეგროვებულ ინფორმაციას IoT ჰაბებთან ან სხვა შუამავალ მოწყობილობებთან დაკავშირების გზით, სადაც მონაცემები ან ადგილობრივადვე ანალიზდება ან იგზავნება სპეციალურ სერვერზე შემდგომი ანალიზისთვის. მოწყობილობები დაგალებებს ასრულებენ ადამიანის ჩარევის გარეშე, თუმცა აღსანიშნავია ის, რომ ადამიანებს შეუძლიათ შეიტანონ ცვლილებები მათ მოქმედებებში ან წინასწარ გაუწერონ მოქმედების გეგმა [1].

IoT მოწყობილობებში შესაძლებელია ხელოვნური ინტელექტის და მანქანური სწავლების დანერგვა, რათა უფრო ეფექტურად განხორციელდეს მართვის პროცესები.

სერვერზე, როგორც ერთგვარ ღრუბელზე, თავს იყრის მოწყობილობებიდან წამოსული მონაცემთა ნაკადი, რომლებიც გროვდება სხვადასხვა სახის სენსორით. ეს შესაძლებლობას აძლევს მომხმარებელს (სისტემის მმართველს) მასზე მორგებული ინტერფეისით, რომელიც წარმოდგენილი იქნება სმარტფონის ან კომპიუტერული მოწყობილობის ეკრანზე. შეცვალოს მართვის პარამეტრები, გამორთოს ან ჩართოს რომელიმე მოწყობილობა და ამავედროულად არ არის საჭირო ავტომატიზირებულ მოწყობილობასთან ერთ ლოკაციაზე ყოფნა.

ავტომატიზაციის მექანიზმები აკავშირებს ყველა მოწყობილობასა და სენსორს ერთმანეთთან და ამით უზრუნველყოფს პროცესების შეუფერხებლად მუშაობას, ადამიანის ჩარევის გარეშე. ავტომატიზაციის სისტემები ხელს უწყობს ადამიანური რესურსისა და ენერჯის დაზოგვას, იგი მუშაობს შეუსვენებლად, სამუშაო და არასამუშაო საათებშიც. ამით ბიზნესის, ფერმის თუ სამწარმო საქმიანობა უფრო შედეგიანი და ეფექტური ხდება. პროცესების მენეჯმენტში ავტომატიზაცია და IoT მოწყობილობები ეხმარება კომპანიებს გააუმჯობესონ არსებული ტექნოლოგიები, როგორებიცაა შტრიხკოდები, მათი დამატებით პასიური რადიოსიხშირული იდენტიფიკაციით (RFID), როგორიცაა ტრეკერის ტეგები ციკლების დათვლის შესასრულებლად ან გლობალური პოზიციონირების სისტემა (GPS) აღჭურვილობისა და ფლოტის მართვისთვის [2].

**IoT სისტემების დადებითი და უარყოფითი მხარეები.**

დადებითი მხარეები:

1. ინფორმაციაზე წვდომა დისტანციურად ნებისმიერ დროს ნებისმიერი ადგილიდან ინტერნეტის საშუალებით;
2. გაუმჯობესებული კომუნიკაცია ერთმანეთთან დაკავშირებულ ელექტრონულ მოწყობილობებს შორის;
3. მონაცემთა პაკეტების გადაგზავნა მასთან დაკავშირებულ ქსელთან დროისა და სახსრების დაზოგვით;
4. დავალებების ავტომატიზაცია ხელს უწყობს ბიზნესის ხარისხის გაუმჯობესებას და ადამიანური რესურსის დაზოგვას.

უარყოფითი მხარეები:

5. რაც უფრო იზრდება ერთმანეთთან დაკავშირებული მოწყობილობების რაოდენობა და ხდება მეტი ინფორმაციის მიმოცვლა, იზრდება ჰაკერული თავდასხმებით კონფიდენციალური ინფორმაციის მოპარვის რისკიც;

1. საწარმოებს საბოლოოდ შეიძლება დიდი რაოდენობის მოწყობილობებთან მოუწიოთ დაკავშირება, ამდენი ინფორმაციის მიღება და დამუშავება კი სირთულეებთან იქნება ასოცირებული;

2. სისტემაში შეცდომის არსებობის შემთხვევაში, ის მასთან დაკავშირებულ ყველა მოწყობილობას მოიცავს;

3. გამომდინარე იქიდან რომ არ არსებობს რაიმე საერთაშორისო სტანდარტები IoT სისტემების თავსებადობისთვის, სხვადასხვა მწარმოებლების მოწყობილობებისთვის რთული იქნება ერთმანეთთან კომუნიკაცია.

IoT სისტემები აქტიურად გამოიყენება სხვადასხვა სფეროში. ავტომატიზაცია ხელს უწყობს როგორც ვაჭრობისა და ტურიზმის, ისე სოფლის მეურნეობისა და სხვა სფეროების განვითარებას. თუ როგორ მართავენ და აკონტროლებენ მწარმოებლები ინვენტარს, ფერმერები თვალყურს ადევნებენ საკუთარ პირუტყვს, უკლიან და კვებავენ მათ ავტომატიზირებულად. IoT სისტემები შრომატევად და რუტინულ საქმეს არიდებს ფერმერსა თუ სხვა მეწარმეს. ასეთი სახის ტექნოლოგიები კაცობრიობის განვითარების შედეგია. სწორად დაგეგმილი და აწყობილი ავტომატიზაციის მექანიზმები, მართლაც რომ აადვილებს და სისტემების მართვას მეტად მოქნილს ხდის.

ეს სისტემები გარდა სმარტფონებისა და კომპიუტერული მოწყობილობებისა, ასევე შეიძლება დაინერგოს საყოფაცხოვრებო ნივთებზე, როგორებიცაა ნათურები, საკეტები, სიგნალიზაციები, „ჭკვიანი“ მიკრო-ტალღური ღუმელები ან კლიმატის მართვის ტექნიკა, ასევე სპორტული ფიტნეს მოწყობილობები, თვითმართვადი მანქანები, რაც მათ ანალიტიკურ და გამოთვლით შესაძლებლობებს უფრო მაღალ დონეზე ეფექტურად გამოიყენებს.

საოფისე შენობები ასევე შეიძლება გახდეს უფრო ეფექტური მათი ფუნქციონირების ავტომატიზაციის გზით გარემოსდაცვითი მოთხოვნების თვალსაზრისით, როგორცაა განათება, ტენიანობის კონტროლი და სხვა. ასევე ქარხნებში, სადაც მწარმოებლები ავტომატიზირებენ დიაგნოსტიკებისა და მოხსენების უწყვეტობას, ავტომატიზაციისა და IoT-ის კომბინაციას შეუძლია მიაწოდოს ინფორმაცია წარმოების პროცესის თითოეულ ასპექტზე, შეამციროს ხარვეზები და გაზარდოს ეფექტურობა. საცალო ბიზნესებისთვის, სენსორებს და მდებარეობის შექურობებს შეუძლიათ მომხმარებელთა ქცევის შესახებ ღირებული ინფორმაციის მიწოდება და ამავდროულად, ესმარებიან მომხმარებლებს სხვადასხვა გზით, როგორცაა მიმართულებების მიწოდება მაღაზიაში ნავიგაციისთვის ან სასურველი პროდუქტების მოსაძებნად.

IoT მოწყობილობებს შეუძლიათ დაეხმარონ ექიმებს და სხვა სამედიცინო პერსონალს დისტანციურად აკონტროლონ თავიანთი პაციენტები, განსაკუთრებით თუ ისინი სახიფათო პირობებში არიან. მათ ასევე შეუძლიათ დაეხმარონ საავადმყოფოს ადმინისტრატორებს აქტივების მონიტორინგში, მაგალითად, საავადმყოფოს საწო-

ლების ხელმისაწვდომობის დადგენაში. ფერმერებს – განსაკუთრებით მათ, ვისაც აქვს ფართომასშტაბიანი ფერმები – შეუძლიათ გამოიყენონ ჭკვიანი ფერმერული გადაწყვეტილებები მოსავლის მინდვრების მონიტორინგისთვის სენსორების გამოყენებით და ავტომატიზირებული სარწყავი სისტემების ნებისმიერი ადგილიდან. მეცხოველეობის მფლობელებს შეუძლიათ გამოიყენონ უკაბელო IoT აპლიკაციები, რათა მიიღონ მონაცემები მათი პირუტყვის ჯანმრთელობის შესახებ, მათ შორის, როდესაც ისინი ავად არიან, დაავადების გავრცელების თავიდან ასაცილებლად, ან როდესაც ისინი მშობიარობას აპირებენ.

ბევრი რამ შეიქმნა ავტომატიზაციისა და IoT სისტემებით, რაც საზოგადოებას უმარტივეს ცხოვრებას. ტარებადი მოწყობილობები, მაგალითად როგორებიცაა ჭკვიანი საათები ან ფიტნეს ტრეკერები, მომხმარებლებს ეხმარება უკეთ აკონტროლონ საკუთარი ჯანმრთელობა. ასევე ჭკვიანი დინამიკები, მაგალითად როგორებიცაა Google Home, ადვილებს ინფორმაციის მიღებას, ტაიმერების დაყენებას, სხვადასხვა ჭკვიანი მოწყობილობის ხმის გამოყენებით მართვას ან თუნდაც მუსიკის შერჩევასა და დაკრას.

### 3. დასკვნა:

ზემოთ აღნიშნული მაგალითები ცხადყოფს, რომ ავტომატიზაციის მექანიზმები და IoT სისტემები სწორედ რუტინული და შრომატევადი საქმიანობის ჩანაცვლების ლოგიკური გადაწყვეტილებაა. მარტივად, სწრაფად და ეფექტურად შესაძლებელია როგორც მონაცემების შეგროვება, ასევე ამა თუ იმ ბრძანების გაცემით სხვადასხვა მოწყობილობის მართვა. ამიტომ შეგვიძლია ვთქვათ, რომ მართვის სისტემები და ავტომატიზაცია თანამედროვე მსოფლიოს აღმოჩენა და განვითარებადი პროცესია, რაც კიდევ უფრო განავითარებს სხვადასხვა სფეროს თავისი ეფექტურობით.

### ლიტერატურა

1. Alice James, Avishkar Seth & Subhas Chandra Mukhopadhyay. IoT System Design: Project Based Approach. Springer Nature Switzerland AG, Gewerbestrasse 11, 6330 Cham, Switzerland, 2021.
2. Marilyn Wolf. Embedded System Interfacing: Design for the Internet-of-things Iot and Cyber-physical Systems Cps. Morgan Kaufmann Publishers In, 50 Hampshire Street, 5th Floor, Cambridge, MA 02139, United States, 2019.

### SUMMARY

#### IoT SYSTEMS AND AUTOMATION MECHANISMS

Jokhadze P.D. and Tabatadze P.S.

Georgian Technical University

The paper deals with IoT systems meaning, effectively usability and modern methods. The negative and positive aspects of the IoT systems are considered. The developed, adaptive algorithm of the IoT control system operation is considered.

**Keywords:** IoT system, automation system, smart devices, sensors, future technologies.



სისტემური უსაფრთხოება და თანამედროვე ფერმის მართვის სისტემები

ჯოხაძე პ.დ., ტაბატაძე პ.ს.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

1. შესავალი

უსაფრთხოების მართვის სისტემები წარმოადგენენ შემუშავებული პროცესების ერთობლიობას ჯანმრთელობისა და უსაფრთხოების მართვის მიზნით და უსაფრთხოების მაღალი სტანდარტების შესანარჩუნებლად სამუშაო სივრცეში.

უსაფრთხოების სისტემის შერჩევა ზოგჯერ შეიძლება დიდ სირთულეებთან იყოს დაკავშირებული, განსაკუთრებით აგრობიზნესისთვის, რომლისთვისაც არსებობს უამრავი ალტერნატიული ვარიანტი. ვარიანტების შესამცირებლად მათი დაჯგუფება შეიძლება ორ კატეგორიად: უსაფრთხოების მართვის სისტემები, რომლებიც ზოგადად ემსახურებიან ყველას და ინდუსტრიული, სპეციალური სისტემები, რომლებიც შექმნილია ექსკლუზიურად სოფლის მეურნეობისთვის. განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია უსაფრთხოების მართვის სისტემები ზუსტად და კორექტულად იქნეს მორგებული არა მხოლოდ მოსალოდნელ საფრთხეებზე, არამედ წარმოების კონკრეტულ დარგებზე.

სოფლის მეურნეობაში სპეციფიკური სისტემების შემუშავება ხორციელდება იმ მიზნით, რომ დაეხმაროს აგრობიზნესს მაქსიმალურად ეფექტურ და რაციონალურად მუშაობაში, ჯანმრთელობისა და უსაფრთხოების პროცესებისა და პროცედურების მართვის გამარტივების გზით.

ფერმები აწყდებიან საფრთხეების მთელ რიგ ნაირსახეობას, მათ შორის საფრთხეებს, რომელთაც შესაძლოა წააწყდნენ მრეწველობის სხვა დარგებშიც და ასევე უშუალოდ სასოფლო-სამეურნეო დარგისთვის დამახასიათებელ საფრთხეებს. საფრთხეების ფართო სპექტრი მოიცავს სტიქიურ მოვლენებს (მაგ.: სეტყვა, მდინარის ადიდება, ქარიშხალი და სხვა), ტემპერატურის უეცარი, მოულოდნელი ვარდნა ან მატება, ცხოველების თავდასხმა, ფერმის ცხოველის დაკარგვა, რესურსების ირაციონალური გამოყენება, ეკოლოგიური დაბინძურება, უბედური შემთხვევები (მაგ. ხანძარი, მიწისძვრა, CO-ს გაჟონვა).

წინამდებარე სტატიაში განიხილება Atmel AVR ოჯახის მიკროკონტროლერის ბაზაზე აგებული, ფუნქციურად დასრულებული სახის მქონე, ე.წ. ფორმ-ფაქტორ მოწყობილობის „არდუინოსა“ და მისი მოდულების გამოყენების შესაძლებლობები სოფლის მეურნეობაში. მათი მუშაობის ალგორითმის შესაბამისად დაპროგრამებით შესაძლებელია მარტივად და ოპერატიულად იქნას გამოვლენილი ზემოთ აღნიშნული საფრთხეები და განხორციელდეს მათი ეფექტური მართვა.

2. პრობლემები და მათი გადაჭრის გზები

არდუინოს მოწყობილობების რიგი წარმოადგენს სხვადასხვა რესურსების მქონე Atmel AVR ოჯახის 8 ბიტანი მიკროკონტროლერის ბაზაზე აგებულ ღია პლატფორმის მქონე, ფუნქციურად დასრულებულ მოწყობილობების რიგს, რომელთაგან მეტად პოპულარულ მოწყობილობები აგებულნი არიან ATmega328 და ATmega2560 მიკროკონტროლერების ბაზაზე, რაც განპირობებულია მათი შედარებით მაღალი რესურსებით.

საყოველთაოდ ცნობილი ფაქტია, რომ მცენარის ზრდისა და საბოლოოდ მაღალი ხარისხის მოსავლის მიღების ერთ-ერთი ყველაზე მნიშვნელოვან განმსაზღვრელ ფაქტორს კლიმატი წარმოადგენს, ამიტომ ნებისმიერი ფერმერისთვის სასიცოცხლოდ მნიშვნელოვანია მისი ფერმის გარემოს კლიმატური მდგომარეობის შესწავლა და მონიტორინგი.

ფერმის მართვის დროს პროდუქციის წარმოების გაზრდისთვის წამოჭრილ პრობლემათა დიდი ნაწილის მოგვარება შესაძლებელია გარემო ფაქტორებზე შესაბამისი ინფორმაციის შეგროვებით მეტეოროლოგიური სადგურებიდან. ეს უკანას-

კნელი ეხმარება ფერმერს გაერკვეს კლიმატის ინტერაქციულ გავლენასა და მოსავლის მართვის ფაქტორებში. ამინდის მუდმივი მონიტორინგის სისტემის გამოყენება ერთ-ერთი ყველაზე ეფექტური გზაა ფერმების აღჭურვისთვის, რათა დროულად მოხდეს ამინდის ცვლილების დაფიქსირება მოსავლის მიყვანის უკეთესი მენეჯ-მენტისთვის.

**ნიადაგის ტენიანობის** სენსორი ზომავს წყლის შემცველობას ნიადაგში. ტენიანობის ზონდი შექმნილია ფერმის ტერიტორიაზე გარკვეული წესით განთავსებული ტენიანობის აღმქმელი მრავალი სენსორისგან. მიწის ტენიანობის განსაზღვრა მნიშვნელოვანია ფერმერისთვის ირიგაციული სისტემების ეფექტურად გამოსაყენებლად. ამით ფერმერი არა მხოლოდ ნაკლებ წყალს იყენებს მოსავლის მოსაყვანად, არამედ მას შეუძლიათ გაზარდოს მოსავლის რაოდენობა და ხარისხი, რაც მიიღწევა მცენარის ზრდის კრიტიკულ პერიოდში ნიადაგის ტენიანობის ოპტიმალური მართვით.

**ჰაერის ტენიანობის სენსორი**, იგივე ჰიგრომეტრი, ზომავს და რეგულარულად აგზავნის ინფორმაციას ჰაერში ფარდობითი ტენიანობის შესახებ. ეს ნიშნავს იმას, რომ ის ზომავს ჰაერის ტემპერატურას და ტენიანობას ერთად. ფარდობითი ტენიანობა, გამოხატული პროცენტებში, არის კონკრეტულ მომენტში არსებული ჰაერის ტენიანობის ფარდობა იმ მაქსიმალურ ნიშნულთან რისი შეკავებაც ამ ტემპერატურაზე ჰაერს შეუძლია. ჰაერის ფარდობითი ტენიანობა იცვლება ტემპერატურის ფლუქტუაციების შესაბამისად. რაც უფრო მაღალია ტემპერატურა, მით მეტი სითხის შეკავება შეუძლია ჰაერს ანუ მაღალია ფარდობითი ტენიანობაც [1].

ყველაზე გავრცელებული ტენიანობის სენსორები იყენებენ ე.წ. „ტევადურ“ მგრძნობიარე ელემენტს. ეს სისტემა დაფუძნებულია მგრძნობიარე ელემენტის ელექტრული ტევადობის გაზომვაზე, რომლის ერთმანეთთან ახლოს მდებარე ფირფიტებს შორის მოთავსებული გარემოს დიელექტრიკული შეღწევადობა იცვლება ტენიანობის მიხედვით და შესაბამისად იცვლება თვით მგრძნობიარე ელემენტის ტევადობაც. თავის მხრივ სენსორი შექმნილია მეტალის ორი ფირფიტისგან (შემონაფენისგან), რომელთა შორისაც მოთავსებულია პოლიმერის დიელექტრული ფირფიტა. დიელექტრიკული ფირფიტა აგროვებს ტენიანობას ჰაერიდან, რაც იწვევს მყისიერ ცვლილებებს შემონაფენებს შორის არსებული ელექტრული ველის დაძაბულობაში – ძაბვაში. ძაბვის ეს ცვლილებები გარდაისახება ციფრულ სახეში ანალოგურ-ციფრული გარდამსახით და მიღებული მონაცემების შემდგომი დამუშავებით განისაზღვრება ჰაერის ფარდობითი ტენიანობა. ამ შემთხვევაში ჰაერის ფარდობითი ტენიანობის რეგულირება შესაძლებელია მხოლოდ დახურულ სივრცეებში (სათბურებში) ტემპერატურის რეგულირების საშუალებით.

### **მოსავლის ცხოველებისგან და ხანძრისგან დაცვის გონიერი სისტემა**

სოფლის მეურნეობა ქმნის ქვეყნისთვის საკვები პროდუქციის მნიშვნელოვან მარაგს. მოსავლის დიდი წილი ხშირად ნადგურდება ცხოველებისგან და ასევე გაჩენილი ხანძრების გამო. მართვის თანამედროვე სისტემების საშუალებით შესაძლებელია თავიდან იქნას აცილებული ცხოველთა შესვლა ფერმის ტერიტორიაზე. მნიშვნელოვანია რომ ასეთი სისტემები სრულიად უსაფრთხო იქნება ცხოველებისა და ადამიანებისათვის.

დაცვის სისტემა იყენებს შემდეგი ტიპის სენსორებს PIR (Passive infrared sensor – პასიური ინფრაწითელი სენსორი), Smoke (დაკვამლიანების სენსორი) და GSM (Global System for Mobile Communication – მობილური კომუნიკაციის გლობალური სისტემა). როცა ცხოველი უახლოვდება PIR სენსორს, ის აფიქსირებს ამ ცხოველის მოძრაობას. აღნიშნული საწყისი სიგნალის მიღების შემდეგ ის განიცდის წინასწარ დამუშავებას და გადაეცემა მიკროკონტროლერს. სისტემის გააქტიურების შედეგად კი ჩაირთვება სიგნალი, პარალელურად კი მეპატრონეს აპლიკაციაში გაეგზავნება ტექსტური და ხმოვანი შეტყობინება. მთლიანი პროცესი იმართება მიკროკონტროლერით. მიკროკონტროლერის მოწყობილობა გამოიყენება სიგნალის მისაღებად PIR და/ან Smoke სენსორებიდან და GSM მოდულით მეპატრონისთვის შესაბამისი შეტყობინების გასაგზავნად. ხანძრის შემთხვევაში გააქტიურებს ხანძარსაწინააღმდეგო სისტემას, ტემპერატურის დავარდნის შემდეგ ჩართავს სავენტილაციო სისტემას

კვამლის გაწოვის მიზნით. მოძრაობის სენსორის (PIR) გააქციურების შემთხვევაში ის ატყობინებს ფერმერს რომ ცხოველი ცდილობს ფერმაში შესვლას [2].

### 3. დასკვნა:

სტატიაში განხილული მაგალითებიდან ნათლად ჩანს სისტემური უსაფრთხოების ეფექტურობა და მართვის სიმარტივე მიკროკონტროლერისა და მისი სენსორების გამოყენებით. შედეგად ვიღებთ როგორც უსაფრთხო სამუშაო გარემოს ფერმერებისთვის, ასევე იზღება პროდუქციის ხარისხი და რაოდენობა.

### ლიტერატურა

1. R Kohila, K Raja. Arduino based Agriculture Weather Monitoring and Security System using GPRSL. //International Journal of Advance Research and Innovation, 2019, Volume 7 Issue 2, pp. 170-172.
2. Srikanth N, Aishwarya, Kavita H M, Rashmi Reddy K, Soumya D B (Assistant professor), UG students Dept of ECE, RYMEC, Ballari, Smart Crop Protection System from Animals and Fire using Arduino. // International Journal of Engineering Research in Electronics and Communication Engineering (IJERECE), 2019, Vol 6, Issue 4.

### SUMMARY

#### SYSTEMS SECURITY AND MODERN FARM MANAGEMENTING SYSTEMS

**Jokhadze P.D. and Tabatadze P.S.**

**Georgian Technical University**

The paper deals with using Arduino microcontroller unit and sensors in modern farms. Here is discussed, how these technologies help farmers to increase quality and quantity of their products and improve safety of their workplace.

**Keywords:** automation system, control system, Arduino microcontroller, humidity sensor, smoke sensor, PIR sensor, modern farm technologies.

მრავალკრიტიკიული ოპტიმიზაციის ამოცანის გადაწყვეტა რელაციურ მონაცემთა ბაზების მართვის სისტემების შერჩევის მიზნით

მარგველაშვილი ა.გ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

1. შესავალი

სტატიაში წარმოდგენილია მონაცემთა ბაზის მართვის თანამედროვე სისტემების შედარება. ნაშრომში აღწერილია მეთოდოლოგია, რომელიც შესაძლებელს ხდის მონაცემთა ბაზის მართვის ოპტიმალური სისტემის შერჩევას რიგი კრიტერიუმების მიხედვით. თ.საათის იერარქიების ანალიზის მეთოდი გამოიყენება როგორც მათემატიკური აპარატი მონაცემთა ბაზის მართვის სისტემის ანალიზში.

პრობლემის გადასაჭრელად შერჩეული იქნა სხვადასხვა წარმოების მონაცემთა ბაზის მართვის ხუთი ყველაზე პოპულარული სისტემა: Oracle, MS SQL Server, PostgreSQL, MySQL, SQLite (სურათი).



მონაცემთა ბაზების მართვის თანამედროვე სისტემები

მონაცემთა ბაზის მართვის სისტემების შედარებისას გათვალისწინებულ იქნა მთელი რიგი კრიტერიუმები: ღირებულება, ფუნქციონალობა, შესრულება, კროს-პლატფორმა, წარმოების ადგილი წყვილი მონაცემთა ბაზების შედარება თითოეული კრიტერიუმით.

განხილულ იქნა სხვადასხვა პრიორიტეტების მქონე მონაცემთა ბაზების შედარების ორი ვარიანტი (კრიტერიუმების შეწონილი ნაკრები): ღირებულების ძირითადი როლი მონაცემთა ბაზების არჩევისას; მონაცემთა ბაზის მუშაობის და ფუნქციონალურობის გაგრძელება ხარჯზე;

გაანგარიშების შედეგმა აჩვენა, რომ „ღირებულების“ პრიორიტეტის შემთხვევაში, ალგორითმმა შესთავაზა თავისუფლად განაწილებული იმპორტის PostgreSQL DBMS; პრიორიტეტული „შესრულებითა და მახასიათებლებით“ ვარიანტისთვის – კომერციული იმპორტირებული Oracle DBMS.

ამჟამად, ინფორმაციული ტექნოლოგიების სფეროში შეიძლება გამოიყოს გადაუდებელი ამოცანა: მონაცემთა ბაზის მართვის სისტემების (DBMS) უფრო ხელმისაწვდომი ანალოგების გამოყენება;

ამოცანების გადასაჭრელად, შედარება მოხდა სხვადასხვა წარმოების ყველაზე პოპულარული DBMS-ებისა. რომელიც მოიცავს: Oracle, MS SQL Server, PostgreSQL. შედარებისთვის დაემატა უფრო მარტივი MySQL DBMS და SQLite. DBMS შეიძლება ვიზუალურად დაიყოს ორი კრიტერიუმის მიხედვით: ღირებულება (ლიცენზირებული/თავისუფლად განაწილებული) და წარმოების ადგილი (შიდა/იმპორტირებული).

## 2. ძირითადი ნაწილი

### DBMS-ის ძირითადი მახასიათებლები

თითოეულ ზემოთ ჩამოთვლილ DBMS-ს აქვს ინდივიდუალური მახასიათებლები, უპირატესობები და უარყოფითი მხარეები, რომლებიც შედარებულია ქვემოთ. Oracle არის უძველესი DBMS, რომელიც მუშავდება 1979 წლიდან. ამჟამად Oracle-ს აქვს მრავალი უნიკალური ტექნოლოგია, რომელიც უზრუნველყოფს მის კონკურენტულ უპირატესობას. როგორც აღიარებული ლიდერი ამ პროგრამული უზრუნველყოფის ინდუსტრიაში, – Oracle ფლობს მონაცემთა ბაზის მართვის სისტემების მსოფლიო ბაზრის თითქმის ნახევარს. MS SQL Server DBMS, ისევე როგორც Oracle DBMS, შეიძლება კლასიფიცირდეს როგორც ინდუსტრიული დონის DBMS. MS SQL Server DBMS-ს აქვს ფუნქციონირების ფართო სპექტრი და არანაირად არ ჩამოუვარდება Oracle DBMS-ს მისი შესრულების თვალსაზრისით. ზოგიერთ შემთხვევაში, უმჯობესია გამოვიყენოთ MS SQL Server როგორც DBMS, როგორც Microsoft-ის პროდუქტი. მაგალითად, თუ პროექტი დაწერილია Microsoft-ის ტექნოლოგიების გამოყენებით, კერძოდ, თუ სერვერი იყენებს Windows Server ოპერაციულ სისტემას ან .Net განვითარების გარემოს, შეიძლება არ იყოს MS SQL Server-ის ალტერნატივა.

მთავარი განსხვავება MySQL-სა და ინდუსტრიული დონის DBMS-ს შორის არის ის, რომ MySQL შექმნილია ამოცანების ვიწრო დიაპაზონის გადასატრედად. თავის მხრივ, DBMS ინდუსტრიულ დონეს არ აქვს შეზღუდვები გამოყენებაში, დაწყებული მარტივი მონაცემთა ბაზიდან, რომელიც ემსახურება საიტს ან მცირე კომპანიას და დამთავრებული მონაცემთა უზარმაზარი მძლავრი სანახევით.

PostgreSQL-ის უპირატესობა MySQL-თან შედარებით არის SQL სტანდარტის მაქსიმალურად შესრულების მცდელობა უახლესი სტანდარტების დანერგვით, რაც მნიშვნელოვნად აფართოებს ამ DBMS-ის ფუნქციონირებას.

SQLite არის მონაცემთა ბაზის ძრავა დაწერილი C ენაზე. ეს არ არის დამოუკიდებელი აპლიკაცია; უფრო სწორად, ეს არის ბიბლიოთეკა, რომელსაც პროგრამული უზრუნველყოფის დეველოპერები ათავსებენ თავიანთ აპებში. როგორც ასეთი, ის მიეკუთვნება ჩაშენებული მონაცემთა ბაზების ოჯახს. ეს არის მონაცემთა ბაზის ყველაზე ფართოდ გავრცელებული ძრავა, რადგან მას იყენებენ რამდენიმე საუკეთესო ვებ ბრაუზერი, ოპერაციული სისტემა, მობილური ტელეფონები და სხვა ჩაშენებული სისტემები. SQLite-ს აქვს კავშირები პროგრამირების ბევრ ენაზე. ის ჩვეულებრივ მიჰყვება PostgreSQL-ს სინტაქსს, მაგრამ არ ახორციელებს ტიპის შემოწმებას. ეს ნიშნავს, რომ შეიძლება, მაგალითად, ჩასვათ სტრიქონი მთელ რიცხვად განსაზღვრულ სვეტში. SQLite არ ახორციელებს მცირე, სწრაფ, თვითმყოფად, მაღალი საიმედოობის, სრულფასოვანი, SQL მონაცემთა ბაზის ძრავას. SQLite არის ყველაზე ხშირად გამოყენებული მონაცემთა ბაზის სისტემა მსოფლიოში. SQLite ჩაშენებულია ყველა მობილურ ტელეფონში და კომპიუტერების უმეტესობაში და მოყვება უამრავ სხვა აპლიკაციაში, რომლებსაც ადამიანები ყოველდღიურად იყენებენ. SQLite ფაილის ფორმატი სტაბილურია, პლატფორმათაშორისი და უკან თავსებადი და დეველოპერები პირობას დებენ, რომ შეინარჩუნებენ მას 2050 წლამდე. SQLite მონაცემთა ბაზის ფაილები ჩვეულებრივ გამოიყენება კონტეინერებად სისტემებს შორის მდიდარი შინაარსის გადასატანად და როგორც მონაცემთა გრძელვადიანი საარქივო ფორმატი. აქტიურ გამოყენებაში 1 ტრილიონზე მეტი SQLite მონაცემთა ბაზაა.

### DBMS-ის არჩევისთვის საჭირო კრიტერიუმები

კონკრეტული პრობლემის გადასატრედად, ოპტიმალური DBMS-ის დასადგენად, განვსაზღვრავთ კრიტერიუმების ჩამონათვალს: ღირებულება, ფუნქციონალობა, შესრულება, ჯვარედინი პლატფორმა, წარმოების ადგილი.

ნაშრომში განხილულია შესაძლო პრიორიტეტების სამი ვარიანტი DBMS-ის არჩევისას. პირველ რიგში, შესყიდვისა და ტექნიკური მომსახურების ღირებულებამ უნდა შეასრულოს მთავარი როლი DBMS-ის არჩევისას. მეორეც, DBMS-ის ფუნქ-



ციონალობა და მახასიათებლები უნდა აღემატებოდეს მის ღირებულებას. შემოთავაზებული კრიტერიუმებისა და პრიორიტეტების მიხედვით ოპტიმალური DBMS-ის მოსაძებნად ვიყენებთ ტ. საატის იერარქიების ანალიზის მეთოდს. შევიმუშავოთ DBMS კრიტერიუმების შეფარდების შკალა (ცხრ. 1).

ცხრილი 1. მონაცემთა ბაზების მართვის სისტემების კრიტერიუმების თანაფარდობის მასშტაბი

მნიშვნელობის ხარისხი	განმარტება	კომენტარი
1	თანაბარი მნიშვნელობა	ორი ქმედება თანაბრად უწყობს ხელს მიზნის მიღწევას
3	ერთი მოქმედების მნიშვნელობის გარკვეული უპირატესობა მეორეზე	არსებობს არგუმენტები ერთ-ერთი ქმედების უპირატესობის სასარგებლოდ, მაგრამ ისინი საკმარისად დამაჯერებელი არ არის
5	მნიშვნელოვანი ან მაღალი მნიშვნელობა	არსებობს სანდო მონაცემები ან ლოგიკური მსჯელობები, რომლებიც აჩვენებენ უპირატესობას რომელიმე ქმედებისა
7	აშკარა ან ძალიან ძლიერი მნიშვნელობა	დამაჯერებელი მტკიცებულება ერთი მოქმედების სასარგებლოდ მეორის მიმართ
9	აბსოლუტური მნიშვნელობა	მტკიცებულება ერთი მოქმედების უპირატესობისთვის, რომელიც არის უადრესად დამაჯერებელი სხვების წინაშე
2; 4; 6; 8	შუალედური მნიშვნელობები ორ მეზობელ განსჯას შორის	საჭიროა კომპრომისული გადაწყვეტა

კრიტერიუმების კოეფიციენტების შკალის გამოყენებით, ტ. საატ-ის იერარქიების ანალიზის მეთოდის მიხედვით, განვახორციელებთ ყველა DBMS-ის წყვილ შედარებას თითოეული კრიტერიუმისთვის. შედარების შედეგად მივიღებთ ალტერნატივების წყვილი შედარების ხუთ მატრიცას [1,2].

ცხრილი 2. მონაცემთა ბაზების მართვის სისტემების წყვილი შედარების მატრიცა „ღირებულების“ კრიტერიუმის მიხედვით

	ღირებულება				
	oracle	mssql	postgre	mysql	sqlite
oracle	1	0.3	0.11	0.11	0.14
mssql	3	1	0.11	0.11	0.14
postgre	9	9	1	1	7
mysql	9	9	1	1	7
sqlite	7	7	0.14	0.14	1

განვიხილოთ მატრიცის შედგენის მაგალითი „ღირებულების“ კრიტერიუმის მიხედვით (ცხრ. 2). ვიპოვოთ თითოეული მწკრივის ელემენტების ნამრავლი:

$$W_i = \sqrt[n]{a_{i,1} \dots a_{i,n}} \quad (1)$$

სადაც  $n = 5$  არის ელემენტების რაოდენობა მწკრივში, ხოლო  $a_{i1} \dots a_{in}$   $i$ -ური მწკრივის ელემენტები.

ჯერ თითოეულ მწკრივს ვამრავლებთ ერთმანეთზე, მიღებული შედეგი აგვყავს მე-5 ხარისხში (კრიტერიუმების ჯამი, ამ შემთხვევაში 5-ის ტოლია) და ვიღებთ:

$$W_1=0.226, W_2=0.351, W_3=3.554, W_4=3.554, W_5=1$$

გამოვთვალთ ნორმალიზების ფაქტორი:

$$r = \sum_{i=1}^n W_i \tag{2}$$

სადაც  $n=5$  არის ელემენტების რაოდენობა ხაზში.

ვიღებთ  $r=8.684$

$i$  რიგის პრიორიტეტული ვექტორი გამოითვლება ფორმულით:

$$a_i = \frac{W_i}{r}, \tag{3}$$

სადაც  $i=1, \dots, n$ .

შევასრულოთ DBMS-ის წყვილი შედარების მატრიცების მსგავსი გამოთვლა კრიტერიუმების მიხედვით „ფუნქციონალობა“, „შესრულება“, „კროს-პლატფორმა“, „წარმოების ადგილი“ (ცხრ. 3).

ცხრილი 3. მონაცემთა ბაზების მართვის სისტემების წყვილი შედარების მატრიცები კრიტერიუმების მიხედვით „ფუნქციონალობა“, „შესრულება“, „კროს-პლატფორმა“, „წარმოების ადგილი“

ფუნქციონალი						შესრულება					
	oracle	mssql	postgre	mysql	sqlite		oracle	mssql	postgre	mysql	sqlite
oracle	1	3	5	7	5	oracle	1	3	5	7	7
mssql	0.33	1	5	7	5	mssql	0.2	1	3	5	3
postgre	0.2	0.2	1	3	1	postgre	0.2	0.33	1	3	1
mysql	0.14	0.14	0.33	1	0.33	mysql	0.14	0.2	0.33	1	0.33
sqlite	0.2	0.2	1	3	1	sqlite	0.14	0.33	1	3	1
წარმოების ადგილი						კროს-პლატფორმულობა					
	oracle	mssql	postgre	mysql	sqlite		oracle	mssql	postgre	mysql	sqlite
oracle	1	1	1	1	1	oracle	1	1	1	1	1
mssql	1	1	1	1	1	mssql	1	1	1	1	1
postgre	1	1	1	1	1	postgre	1	1	1	1	1
mysql	1	1	1	1	1	mysql	1	1	1	1	1
sqlite	1	1	1	1	1	sqlite	1	1	1	1	1

გამოვთვალთ „ღირებულების“ კრიტერიუმის პრიორიტეტული ვექტორის მნიშვნელობები თითოეული რიგისთვის, ამისათვის საჭიროა ნორმალიზების ფაქტორი ( $r$ ) გავყოთ თითოეული მწკრივის ელემენტების ნამრავლზე ( $W$ ). შედეგად მივიღებთ:

$$a_i = \begin{pmatrix} 0.03 \\ 0.05 \\ 0.41 \\ 0.41 \\ 0.12 \end{pmatrix}$$

ღირებულება (4)

შევასრულეთ DBMS-ის წყვილი შედარების მატრიცების მსგავსი გამოთვლა კრიტერიუმების მიხედვით: „ფუნქციონალობა“, „შესრულება“, „ჯვარედინი პლატფორმა“, „წარმოების ადგილი“ (ცხრ. 3).

„ღირებულების“ კრიტერიუმის გაანგარიშების ანალოგიით, ჩვენ გამოვთვლით პრიორიტეტულ ვექტორებს „ფუნქციური“-ს მიხედვით. შესაძლებლობები, „შესრულება“, „კროს-პლატფორმა“, „წარმოების ადგილი“ (ცხრ. 4).

ცხრილი 4. მონაცემთა ბაზების მართვის სისტემების პრიორიტეტების ვექტორები

$a_2 = \begin{pmatrix} 0.48 \\ 0.31 \\ 0.09 \\ 0.05 \\ 0.09 \end{pmatrix}$ <p>ფუნქციონალობა</p>	$a_3 = \begin{pmatrix} 0.51 \\ 0.22 \\ 0.1 \\ 0.05 \\ 0.1 \end{pmatrix}$ <p>პერფორმანსი</p>
$a_4 = \begin{pmatrix} 0.14 \\ 0.14 \\ 0.14 \\ 0.14 \\ 0.14 \end{pmatrix}$ <p>კროს-პლატფორმულობა</p>	$a_5 = \begin{pmatrix} 0.14 \\ 0.14 \\ 0.14 \\ 0.14 \\ 0.14 \end{pmatrix}$ <p>წარმოების ადგილი</p>

შევადგინოთ მატრიცა, რომლის სვეტები შედგება DBMS კრიტერიუმების პრიორიტეტების ვექტორებისგან:

$$\begin{pmatrix} 0.03 & 0.48 & 0.51 & 0.14 & 0.14 \\ 0.05 & 0.31 & 0.22 & 0.14 & 0.14 \\ 0.41 & 0.09 & 0.1 & 0.14 & 0.14 \\ 0.41 & 0.05 & 0.05 & 0.14 & 0.14 \\ 0.12 & 0.09 & 0.1 & 0.14 & 0.14 \end{pmatrix} \quad (5)$$

განვიხილოთ ვარიანტები, როდესაც ერთ-ერთი კრიტერიუმი თამაშობს უფრო მნიშვნელოვან როლს DBMS-ის არჩევისას. შევადგინოთ DBMS კრიტერიუმების შეფარდების შკალა (ცხრ. 5) და მატრიცები DBMS კრიტერიუმების წყვილი შედარების-თვის სხვადასხვა პრიორიტეტებთან (ცხრ. 6–8).

ცხრილი 5. მონაცემთა ბაზების მართვის სისტემების შედარების კრიტერიუმების თანაფარდობის მასშტაბი

მნიშვნელობის საზომი	განმარტება	ახსნა
1	უმნიშვნელო	კრიტერიუმის გავლენა უმნიშვნელოა
5	ნეიტრალური	კრიტერიუმის გავლენა ნეიტრალურია
9	მნიშვნელოვანი	კრიტერიუმის გავლენა მნიშვნელოვანია

ცხრილი 6. DBMS კრიტერიუმების წყვილი შედარების მატრიცები „ღირებულების“ პრიორიტეტით

კრიტერიუმები	ღირებულება	ფუნქციონალური შესაძლებლობები	შესრულება	კროს-პლატ-ფორმულობა	წარმოების ადგილი
ღირებულება	1	5	5	5	9
ფუნქციონალური შესაძლებლობები	1/5	1	1	1	9/5
შესრულება	1/5	1	1	1	9/5
კროს-პლატფორმულობა	1/5	1	1	1	9/5
წარმოების ადგილი	1/9	5/9	5/9	5/9	1

ცხრილი 7. DBMS კრიტერიუმების წყვილი შედარების მატრიცები „მასხასიათებლების“ პრიორიტეტთან („ფუნქციონალობა“ + „შესრულება“)

კრიტერიუმები	ღირებულება	ფუნქციონალური შესაძლებლობები	შესრულება	კროს-პლატ-ფორმულობა	წარმოების ადგილი
ღირებულება	1	1/5	1/5	1/5	5
ფუნქციონალური შესაძლებლობები	1/5	1	1	1	9
შესრულება	1/5	1	1	1	9
კროს-პლატფორმულობა	1/5	1	1	1	9
წარმოების ადგილი	1/5	1/9	1/9	1/9	1

ცხრილი 8. DBMS კრიტერიუმების წყვილი შედარების მატრიცები პრიორიტეტულ „წარმოების ადგილი“

კრიტერიუმები	ღირებულება	ფუნქციონალური შესაძლებლობები	შესრულება	კროს-პლატ-ფორმულობა	წარმოების ადგილი
ღირებულება	1	1/5	1/5	1/5	1/9
ფუნქციონალური შესაძლებლობები	5	1	1	1	1/5
შესრულება	5	1	1	1	1/5
კროს-პლატფორმულობა	5	1	1	1	1/5
წარმოების ადგილი	9	5	5	5	1

ახლა გამოვთვალოთ DBMS შედარების კრიტერიუმების თანაფარდობის ვექტორი პრიორიტეტული „წარმოების ადგილის მასხასიათებლების ღირებულებით“, მივიღებთ:

$$b = \begin{pmatrix} 0.17 \\ 0.12 \\ 0.3 \\ 0.29 \\ 0.13 \end{pmatrix} \quad (6)$$

არჩეული პრიორიტეტის მიხედვით ყველაზე შესაფერისი DBMS-ის შესარჩევად, ჩვენ ვამრავლებთ მატრიცას (5)  $b_i$  ვექტორზე.

$$\begin{pmatrix} 0.03 & 0.48 & 0.51 & 0.14 & 0.14 \\ 0.05 & 0.31 & 0.22 & 0.14 & 0.14 \\ 0.41 & 0.09 & 0.1 & 0.14 & 0.14 \\ 0.41 & 0.05 & 0.05 & 0.14 & 0.14 \\ 0.12 & 0.09 & 0.1 & 0.14 & 0.14 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} 0.59 \\ 0.12 \\ 0.12 \\ 0.12 \\ 0.07 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0.17 \\ 0.12 \\ 0.3 \\ 0.29 \\ 0.13 \end{pmatrix} \quad (7)$$

მიღებული იქნა შემდეგი შედეგები: PostgreSQL (0.284), MySQL (0.274), Oracle (0.159), DBMS SQLiteDatabase (0.157), MS SQL Server (0.120).

ამრიგად, ყველაზე შესაფერისი DBMS, რომლის პრიორიტეტია ორიენტირებული „წარმოების ადგილის ღირებულების მახასიათებლებზე“ არის თავისუფლად გასაწვრცელებელი იმპორტის DBMS PostgreSQL. მიღებული შედეგის შემდგომი ანალიზის დროს ავლნიშნავთ, რომ უფრო ძვირი Oracle DBMS ოდნავ აღემატება იაფფასიან SQLite-ს შესრულების და ფუნქციონალური უპირატესობების გამო.

DBMS-ის გათანაბრების კრიტერიუმების თანაფარდობის ვექტორის გამოთვლის შემდეგ პრიორიტეტით „წარმოების ღირებულების დამახასიათებელი ადგილი“, მივიღებთ:

$$b_z = \begin{pmatrix} 0.08 \\ 0.31 \\ 0.31 \\ 0.31 \\ 0.03 \end{pmatrix} \quad (8)$$

არჩეული პრიორიტეტის მიხედვით ყველაზე შესაფერისი DBMS-ის შესარჩევად, ჩვენ ვამრავლებთ მატრიცას (5)  $b_z$  ვექტორზე.

$$\begin{pmatrix} 0.03 & 0.48 & 0.51 & 0.14 & 0.14 \\ 0.05 & 0.31 & 0.22 & 0.14 & 0.14 \\ 0.41 & 0.09 & 0.1 & 0.14 & 0.14 \\ 0.41 & 0.05 & 0.05 & 0.14 & 0.14 \\ 0.12 & 0.09 & 0.1 & 0.14 & 0.14 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} 0.07 \\ 0.30 \\ 0.30 \\ 0.30 \\ 0.03 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0.36 \\ 0.22 \\ 0.14 \\ 0.11 \\ 0.12 \end{pmatrix} \quad (9)$$

მიღებული იქნა შემდეგი შედეგები: Oracle (0.36), MS SQL Server (0.22), PostgreSQL (0.14), DBMS SQLite (0.11), MySQL (0.12).

ამრიგად, ყველაზე შესაფერისი DBMS, რომლის პრიორიტეტია ორიენტირებული „წარმოების ადგილის ღირებულების მახასიათებლებზე“ არის Oracle.

DBMS-ის შედარების კრიტერიუმების თანაფარდობის ვექტორის გამოთვლის შემდეგ პრიორიტეტული „წარმოების ადგილი“ მივიღებთ:

$$b_z = \begin{pmatrix} 0.04 \\ 0.15 \\ 0.15 \\ 0.15 \\ 0.59 \end{pmatrix} \quad (10)$$

არჩეული პრიორიტეტის მიხედვით ყველაზე შესაფერისი DBMS -ის შესარჩევად, ჩვენ ვამრავლებთ მატრიცას (5)  $b_z$  ვექტორზე.



$$\begin{pmatrix} 0.03 & 0.48 & 0.51 & 0.14 & 0.14 \\ 0.05 & 0.31 & 0.22 & 0.14 & 0.14 \\ 0.41 & 0.09 & 0.1 & 0.14 & 0.14 \\ 0.41 & 0.05 & 0.05 & 0.14 & 0.14 \\ 0.12 & 0.09 & 0.1 & 0.14 & 0.14 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} 0.04 \\ 0.15 \\ 0.15 \\ 0.15 \\ 0.59 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0.26 \\ 0.19 \\ 0.15 \\ 0.14 \\ 0.14 \end{pmatrix} \quad (11)$$

მიღებული იქნა შემდეგი შედეგები: DBMS SQLite (0.26), Oracle (0.19), MS SQL Server (0.15), PostgreSQL (0.14), MySQL (0.14).

შედეგად, მივიღებთ, რომ ყველაზე შესაფერისი DBMS პრიორიტეტით ორიენტირებული „დამახასიათებელი ღირებულების წარმოების ადგილზე“ არის DBMS SQLite ბაზა. დასკვნებით შემოთავაზებული მეთოდი შეიძლება გამოვიყენოთ ყველაზე შესაფერისი DBMS-ის არჩევისას, მწკრივის მიხედვით.

### 3. დასკვნა.

შემოთავაზებული მეთოდი შეიძლება გამოყენებულ იქნას რიგი კრიტერიუმების საფუძველზე ყველაზე შესაფერისი DBMS-ის შესარჩევად. შედეგის სიზუსტე დამოკიდებული იქნება შერჩეული კრიტერიუმების რაოდენობაზე და ექსპერტის კომპეტენციაზე, რომელიც ადარებს DBMS-ს შერჩეული კრიტერიუმების მიხედვით.

### ლიტერატურა

1. ტ. საატი. იერარქიების ანალიზის მეთოდი. – მოსკოვი, რადიო კომუნიკაციები, 1993, 278 გვ.
2. ქ. მუღინსი. რელაციური ბაზების ძირითადი კრიტერიუმები, IT საჭიროებების მიხედვით – „მუღინს ქონსალტინგი“, აშშ-ედვარდსვილი, 2015, 15 გვ.

### SUMMARY

#### SOLVE A MULTI-CRITERIA OPTIMIZATION TASK RELATIONAL DATABASE MANAGEMENT IN ORDER TO SELECT SYSTEMS

Margvelashvili A.G.

Georgian Technical University

The paper deals with a methodology that makes it possible to select the optimal database management system according to a number of criteria. These methods of analyzing hierarchies is used as a mathematical device in the analysis of the database management system.

**Keywords:** DBMS – Database Management System, SQL - Structured Query Language. Oracle, mssql, postgre, mysql, sqlite – names of databases.

**ორგანიზაციის ბიზნეს-პროცესების ავტომატიზირება ERP სისტემით, ERP სისტემის დანერგვის სარბიხელო და პრობლემატიკა**

კოტრიკაძე ქ.ო., ხუჭუა თ.მ.

**საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი**

ავტომატიზირება სასიცოცხლოდ მნიშვნელოვანია განვითარებაზე ორიენტირებული ბიზნესის მომავლისთვის, ბიზნეს-პროცესების ავტომატიზირება სწრაფად ხდება აუცილებელია არა მხოლოდ დიდი ორგანიზაციებისათვის, არამედ ყველა ზომის ბიზნესისთვის, როგორც მომავალი წარმატების უზრუნველყოფის ერთ-ერთი მთავარი პირობა.

ქვემოთ ჩვენ განვიხილავთ ERP სისტემას; თუ რა არის ავტომატიზირების გამოყენების სარგებელი; რა არის ორგანიზაციის ავტომატიზირების პროცესის შემაფერხებელი გარემოებები და როგორია მათი გადაჭრის გზები; რატომ არის მნიშვნელოვანი ავტომატიზირება ყველა ინდუსტრიის ორგანიზაციისათვის, როგორც სრულყოფილი ფუნქციონირებისა და მომავალი განვითარებისათვის აუცილებელი პირობა.

ინფორმაციული ტექნოლოგიების უკიდურესად მაღალი ტემპით განვითარების პირობებში ორგანიზაციები დგანან ბიზნეს-პროცესების ავტომატიზირების საჭიროების ფაქტის წინაშე. ბიზნეს-პროცესის ავტომატიზირება – BPA – არის აპლიკაციების გამოყენება განმეორებადი ამოცანების შესასრულებლად, რაც ცვლის მექანიკურ ძალისხმევას.

BPA-ს პროცესში ორგანიზაციისათვის ყველაზე მნიშვნელოვანი გადაწყვეტილებაა ავტომატიზირების სისტემის შერჩევა, რაც საბოლოოდ განაპირობებს ავტომატიზირების მოსალოდნელი შედეგების მიღწევას. მკვლევართა მოსაზრებები ამ მიმართულებით განსხვავდება. საბოლოოდ, მათი უმრავლესობა თანხმდება, რომ ორგანიზაციების უმეტესობა BPA-ს აღწევს ERP სისტემების გამოყენებით.

ტერმინი „ERP“ პირველად გამოყენებული იყო 1990-იან წლებში Gartner Group-ის მიერ. მაგრამ საწარმოს რესურსების დაგეგმვის და მართვის სისტემები წარმოების ინდუსტრიაში 100 წელზე მეტი ხნის განმავლობაში გამოიყენება და განაგრძობს განვითარებას. ინდუსტრიის საჭიროებები იცვლება და იზრდება. ERP (Enterprise Resource Planning) საწარმოო რესურსების მართვის და დაგეგმვის ერთიანი სისტემაა, რომელიც თავის თავში აერთიანებს სხვადასხვა ინდუსტრიული ორგანიზაციების მართვისთვის საჭირო ყველა პროცესს. ERP სისტემა განიხილება, როგორც ნებისმიერი ტიპის ორგანიზაციისათვის პროგრამული უზრუნველყოფის სახეობა, რომელიც შექმნილია ორგანიზაციის პროგრამული საჭიროებების დასაკმაყოფილებლად, BPA-სა და ბიზნესის მუშაობის გასაუმჯობესებლად.

ERP სისტემებს ყოფენ სისტემის განთავსების მოდელის მიხედვით:

- ბიზნესის ინფრასტრუქტურაში განთავსებული (on-premises), შიდა – პროგრამული უზრუნველყოფა დანერგილია და ინახება ორგანიზაციის ფიზიკურ საოფისე სივრცეში, რომელიც განთავსებულია ორგანიზაციის საკუთარ კომპიუტერებსა და სერვერებზე. შიდა ERP სისტემების ყველაზე ცნობილი მაგალითებია SAP ERP, SYSPRO ERP და Microsoft Dynamic;

- ღრუბლოვანი გარემოზე არსებული (Cloud-based) - Cloud-ზე დაფუძნებული ERP არის ვებ-ზე დაფუძნებული გადაწყვეტილება, რომელიც ცნობილია პროგრამული უზრუნველყოფა, როგორც სერვისი (SaaS), განთავსებულია პროვაიდერის სერვერებზე. ჩლოუდ დ სისტემების ყველაზე ცნობილი მაგალითებია: Oracle Netsuite, Microsoft Azure, Infor CloudSuite და Acumatica Cloud ERP;

- ჰიბრიდული მოწყობის (Hybrid) – „ჰიბრიდული“ ERP პროგრამული უზრუნველყოფა გულისხმობს Cloud-ზე დაფუძნებული და შიდა ERP სისტემის გადაწყვეტილებების კომბინირებულ განხორციელებას.

გარდა განთავსების ტიპებისა არსებობს ERP სისტემების დაყოფა ორგანიზაციისა და მისი ბიზნეს პროცესების სიდიდის მიხედვით: ERP სისტემები მსხვილი

ბიზნესის ინდუსტრიისათვის და ERP სისტემები წერილი და საშუალო ბიზნესისათვის.

ERP სისტემა უზრუნველყოფს ორგანიზაციის ყველა ბიზნეს პროცესის შესრულებას, მართვასა და მათი შედეგების ასახვას ერთიან, ცენტრალიზებულ მონაცემთა ბაზაში, რაც საშუალებას აძლევს ორგანიზაციას ყველა მიმართულებას წვდომა ჰქონდეს და იმუშაოს ერთიან/საერთო ინფორმაციასთან. ERP სისტემის დანერგვით მიღებული სარგებელი ორგანიზაციების მიერ გაზომილი და მიღებული შეიძლება იყოს შემდეგ ასპექტებში:

- მატერიალური დანახარჯების დაზოგვა – ERP სისტემის დანერგვით მიღებული სარგებელი და დაბრუნებული ინვესტიცია (ROI) საბოლოოდ ბევრად დიდია სხვა, ავტომატიზაციის სისტემების მიერ მიღებულ სარგებელთან შედარებით.

- სანდო და დროული ინფორმაცია – როგორც უკვე აღვნიშნეთ, ცენტრალიზებული მონაცემთა ბაზა არის განუყოფელი ნაწილი იმისა, რაც ქმნის ERP სისტემას უნიკალურს. ცენტრალიზებული მონაცემთა ბაზის საშუალებით ორგანიზაცია ამცირებს რამოდენიმე წყაროდან შეკრებილი მონაცემებთან დამუშავების შედეგად გამოწვეულ შეცდომებს, რაც კიდევ უფრო ამცირებს ხარჯებს.

- გაუმჯობესებული ანალიტიკა – ინფორმაციის ცენტრალური მონაცემთა ბაზა ორგანიზაციას საშუალებას აძლევს ანალიტიკისა და პროგნოზების გაუმჯობესებაში.

- გაუმჯობესებული პროდუქტიულობა – რუტინული ოპერაციების შესრულება საჭიროებს დიდ ადამიანურ რესურსს, დიდია ადამიანურ შეცდომების დაშვების ალბათობა, აღნიშნული ტიპის სამუშაოების ავტომატიზაცია ზრდის ორგანიზაციის პროდუქტიულობას, ეფექტურობას და მომგებიანობას.

- ბედნიერი მომხმარებლები – ERP სისტემას შესაძლებლობა აქვს უზრუნველყოს მომხმარებელთა კმაყოფილება.

- ოპერატიული ეფექტურობა – ERP სისტემის დანერგვა ეხმარება ორგანიზაციას პროცესების გამარტივებაში, და რაც შეიძლება მეტი პროცესის ავტომატიზირებაში.

- თანმიმდევრულობა და სიზუსტე – ორგანიზაციაში ERP სისტემის დანერგვა უზრუნველყოფს ინფორმაციის სანდოობის, თანმიმდევრულობისა და სიზუსტის შენარჩუნებას.

- ზრდის უნარი – ERP სისტემის დანერგვის მნიშვნელოვანი უპირატესობაა კომპანიის განვითარებასთან ერთად სისტემის ადაპტაციის შესაძლებლობა.

უპირატესობების მიუხედავად, ERP სისტემების დანერგვას თან ახლავს პრობლემური ასპექტები. ინტეგრირებულ ERP სისტემებს, რომლებიც შექმნილია მსოფლიოში ცნობილი ორგანიზაციების საუკეთესო პრაქტიკებსა და გამოცდილებაზე დაყრდნობით, აქვთ განსაზღვრული, წინასწარ გაწერილი პროცესები, რომლებიც არ იძლევა ცვლილებებისა და ალტერნატივების შესაძლებლობას. შესაბამისად, ორგანიზაციას ERP სისტემის დანერგვისას დგას საჭიროების წინაშე შეცვალოს საკუთარი ბიზნეს პროცესები და გადააწყოს ERP სისტემაში აწყობილ პროცესებზე.

ორგანიზაციას დიდი დრო სჭირდება უახლესი სისტემების უპირატესობების გასაგებად, რაც შეიძლება იყოს მათი მხრიდან გადაწყვეტილების მიღებისათვის დიდი დროის ხარჯვისა და დაყოვნების მიზეზი, რაც თავის მხრივ პირდაპირპროპორციულად აისახება ორგანიზაციის ფინანსური მაჩვენებლებისა და ბაზარზე რეიტინგის კლებაზე.

ინტეგრირებული ERP სისტემების დანერგვისათვის ორგანიზაციებს, რომლებიც მიიღებენ დანერგვის გადაწყვეტილებას, საჭიროა ჰქონდეთ შესაბამისი IT ინფრასტრუქტურა, რაც ასევე მოითხოვს დიდ მატერიალურ და ადამიანურ რესურსს.

გარდა ზემოაღნიშნულისა, მკვლევარების საფუძველზე, პოტენციური პრობლემები ასევე შეიძლება განიხილებოდეს შემდეგნაირად:

- მნიშვნელოვანი ფინანსური ინვესტიცია – ERP სისტემის დანერგვა მოითხოვს როგორც შიდა რესურსების გამოყენებას, ასევე მნიშვნელოვან ფინანსურ ინვესტიციებს;

• მოუქნელობა და გამყიდველზე დამოკიდებულება – ERP სისტემის დაყენების შემდეგ რთულდება აქტივობის მობილურობა;

• სისტემის დანერგვის ხანგრძლივი პერიოდები – კვლევების მიხედვით, ERP სისტემის სხვადასხვა პროგრამულ უზრუნველყოფას დანერგვასა და სრულ ინტეგრირებას 1-დან 2 წლამდე სჭირდება;

• მკაცრი ორგანიზაციული იერარქია – ინტეგრირებული ERP სისტემა ნიშნავს, რომ ყველა ინფორმაცია უნდა იყოს ცენტრალიზებული; ამიტომ მომხმარებლებს უნდა ჰქონდეთ მკაცრად განსაზღვრული იერარქია;

• სისტემის მხარდაჭერისა და უწყვეტი განვითარების საჭიროება – იმისათვის რომ იყოს განვითარებადი და არ გამოიწვიოს ოპერაციული შეფერხებები.

ERP სისტემის დანერგვა კომპლექსური და ორმხრივი პროცესია, სადაც ორგანიზაციის ჩართულობა და როლი ძალიან მნიშვნელოვანია. ERP სისტემის დანერგვა ორგანიზაციებს ესმარება მიაღწიონ მაქსიმალურ ეფექტიანობას ერთი მნიშვნელოვანი ფაქტორის გათვალისწინებით: კომპანიამ უნდა განსაზღვროს ERP სისტემის საჭიროება, დასმული ამოცანები ჰქონდეს სწორად ჩამოყალიბებული და შეესაბამებოდეს ორგანიზაციის მოლოდინებს, რათა შემდგომში შეძლოს პროგრამისგან მიღებული სარგებლების გაზომვა და შეფასება.

ERP სისტემის დანერგვა და ორგანიზაციის ბიზნეს-პროცესების ავტომატიზირება თანამედროვეობის ერთ-ერთი დიდი გამოწვევაა, რომელიც მოიცავს ERP სისტემის შერჩევის რთულ პროცესს, ბიზნეს-პროცესების ტრანსფორმაციისათვის მათ კომპლექსურ დამუშავებასა და ცვლილებას ERP სისტემაში ინტეგრირებული თანამედროვე სტანდარტების შესაბამისად. სტატიაში განვიხილეთ ორგანიზაციის ბიზნეს-პროცესების ავტომატიზირება ERP სისტემის მეშვეობით, ERP სისტემის დანერგვით მიღებული სარგებელი და ორგანიზაციაში ERP სისტემის დანერგვის პრობლემატიკა.

## ლიტერატურა

1. Ali, M. and Miller, L. ERP system implementation in large enterprises—a systematic literature review. //Journal of Enterprise Information Management. 2017
2. Almajali, D.A., Tarhini, A. and others Antecedents of ERP systems implementation success: a study on Jordanian healthcare sector. Journal of Enterprise Information Management. 2016
3. Dandan, H., Yajuan, Z., Junfeng, L., Chen, L., Mo, X. and Zhihai, S. Research on Centralized Data-Sharing Model Based on Master Data Management. 2017, Volume 139.
4. Jagoda, K. and Samaranayake, P. An integrated framework for ERP system implementation. International Journal of Accounting & Information Management, 2017
5. Madanhire, I. and Mbohwa, C. Enterprise resource planning (ERP) in improving operational efficiency: Case study. Procedia CIRP, 2016, 40, p. 225–229.
6. Shang, S. and Seddon, P.B. A comprehensive framework for classifying the benefits of ERP systems. AMCIS 2000 proceedings, 2000, p. 39.

## SUMMARY

### **AUTOMATION OF BUSINESS PROCESSES OF THE ORGANIZATION THROUGH ERP SYSTEM, BENEFITS AND PROBLEMS OF ERP SYSTEM IMPLEMENTATION**

**Kotrikadze K.O. and Khuchua T.M.**

**Georgian Technical University**

Automation is the most important process for the future of development-oriented business, business process automation is fast becoming a necessity not only for large organizations but also for businesses of all sizes as a prerequisite for future success. Automation of business processes (BPA) of the organization - as a most important process for the future of a development-oriented organization, includes a complex process of analysis and selection of business process automation system needs for the organization, solving the process of automation through the implementation of ERP system.

**Keywords:** Business Process Automation (BPA), ERP system, centralized information system.

ციფრული კავშირის უნივერსალური მომსახურების უზრუნველყოფის განსახილველი

მერაბიშვილი მ.გ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

საინფორმაციო რესურსებზე წვდომის საკითხში მოსახლეობის ცხოვრების ხარისხის ამაღლების, მათი შესაძლებლობების გათანაბრების, სრულყოფის, და განვითარების კუთხით, სატელეკომუნიკაციო დარგში უნივერსალური მომსახურება დღეისათვის მიეკუთვნება საყოველთაოდ მიღებულ ზოგად მექანიზმებს. ამავე დროს, უნივერსალური მომსახურება წარმოადგენს სატელეკომუნიკაციო სექტორის რეგულირების სპეციალიზირებულ მექანიზმს, რომელიც სხვა არსებულ მეთოდებთან ერთად გამოიყენება სახელმწიფოს მიერ ამ სფეროში ადმინისტრირების მიმართულებით. უნივერსალური სერვისის ძირითადი კონცეფციაა ინფორმაციის უზრუნველყოფა და საკომუნიკაციო ტექნოლოგიების (ICT) ხელმისაწვდომობა მომხმარებლისათვის მისაღებ ფასად.

ტელეკომუნიკაციის დარგში, მისი არსებობის საუკუნეზე მეტი ისტორიის ფარგლებში დაგროვილ რეგულირების გამოცდილების საფუძველზე, ვარაუდობენ შესაძლებლობას, არსებული სხვადასხვა მექანიზმების გამოყენებისა, რომელთა საშუალებითაც სახელმწიფო შეძლებს აღნიშნული სექტორის საჭირო მიმართულებით წარმართვას.

ტელეკომუნიკაციის დარგის რეგულირების მიზნებად საზოგადოდ მიჩნეულ მსოფლიო პრაქტიკაში მიჩნეულია შემდეგი:

- ციფრული კავშირის ბაზური მომსახურებების უნივერსალური წვდომი-სადმი ხელშეწყობა;

- თანამედროვე ტექნოლოგიურ დონეზე, მომსახურების ფასებისადმი მისაწვდომობის კუთხით სათანადო მომსახურების უზრუნველსაყოფად კონკურენტული ბაზრების განვითარების სტიმულირება;

- ბაზრებზე არასრული კონკურენციის არსებობის წინააღმდეგ ბრძოლა, სადაც არსებობენ დომინირებულ მდგომარეობაში მყოფი მონაპოვები;

- სატელეკომუნიკაციო ქსელების განვითარების მიზნით ინვესტიციების მოსაზიდად ხელსაყრელი გარემოს შექმნა;

- საზოგადოების ნდობის განმტკიცება სატელეკომუნიკაციო ბაზრების მიმართ რეგულირების მექანიზმის ეფექტურობისა და გამჭვირვალობის ამაღლების საფუძველზე.

- მომხმარებელთა უფლებების და კანონიერი ინტერესების დაცვა მათ შორის პირადი ცხოვრების ხელშეუხებლობის უფლებაზე.

- დარგის ფუნქციონირების ეფექტიანი ამაღლების მიზნით შეზღუდული რესურსების გამოყენების ოპტიმიზაცია, ისეთი როგორცაა რადიოსიხშირის სპექტრი; ნუმერაციის რესურსი.

- მომხმარებელთათვის მომსახურებებისადმი მისაწვდომობის გაზრდა ქსელების მიერთებისთვის ეფექტიანი მექანიზმების შექმნის ხარჯზე.

კონკურენტულ ბაზარზე, სერვისის ოპერატორებისთვის, რომლებიც დადგენილია როგორც უნივერსალური მომსახურების პროვაიდერები, უნდა ვრცელდებოდეს გარკვეული ვალდებულებები, რომელიც მოიცავს:

- საჯარო ხელმისაწვდომობის სატელეკომუნიკაციო პუნქტების ტექნიკურად გამართულ სივრცეს

- ხელმისაწვდომ, ფიქსირებულ ფასებს უნივერსალური მომსახურების სერვისებზე.

უნდა არსებობდეს ალტერნატიული გზა, უნივერსალური მომსახურების პროვაიდერმა მომხმარებელს უნდა შესთავაზოს ისეთი მომსახურება, სადაც არ იქნება შეზღუდვები ტექნიკურ საშუალებებზე, რომლითაც უზრუნველყოფილია კავშირი, სა-

დენიან ან უსადენო ტექნოლოგიების მოხმარებაზე ან რეგულაციით დადგენილ უნივერსალური მომსახურების დანარჩენ სხვა სერვისებზე, როგორებიცაა:

- კავშირები საზოგადოებასთან;
- სატელეფონო ქსელი ფიქსირებულ ადგილას;
- მონაცემებისა და ხმოვანი შეტყობინებების შეუფერხებლად გადაცემა;
- ონლაინ სერვისები;
- საჯარო ინტერნეტი.

ინტერნეტის წვდომის სიჩქარე დამოკიდებულია სხვადასხვა ფაქტორზე:

• ინტერნეტ პროვაიდერების მიერ აპლიკაციის გამოყენებით, რომელიც საჭიროა კავშირისთვის;

• მონაცემთა გადაცემის სიჩქარე, რომელიც უნდა გადაიცეს ვიწროზოლოვანი სიგნალით, საჯარო ხელმისაწვდომობის ქსელის გამოყენებით, რომელიც თავის მხრივ დამოკიდებულია გადასაცემად საჭირო ინვეტარის ტექნიკურ გამართულობაზე კავშირის სრულყოფილებაზე.

ზემოთ აღნიშნულიდან გამომდინარე არ არის მიზანშეწონილი კონკრეტული მონაცემების/ბიტების განსაზღვრა ინფორმაციის გადაცემისას.

ქვეყანაში შესაბამისმა სახელმწიფო ორგანოებმა უნდა მიიღონ ზომები რათა გარანტირებული იყოს უნივერსალური მომსახურების სერვისის ხელმისაწვდომობა. გამართული იყოს ყველა საჯაროდ ხელმისაწვდომი სატელეფონო სერვისი ფიქსირებულ რეჟიმში, განურჩევლად მომხმარებლის ადგილმდებარეობისა, შეზღუდული შესაძლებლობის მქონე მომხმარებლების მოთხოვნებისა და სპეციალური სოციალური საჭიროებების მქონე პირებისთვის.

სპეციალური ზომები უნდა იქნეს მიღებული შეზღუდული შესაძლებლობის მქონე მომხმარებლებისთვის, რომლებიც მოიცავს: ხელმისაწვდომ საზოგადოებრივ ტელეფონებს, საჯარო ტექსტური ტელეფონები ან ექვივალენტური ზომები ყრუ ან მეტყველებადაკვეითებული ადამიანებისთვის, ისეთი სერვისების მიწოდება, როგორიცაა კატალოგის გამოკითხვის სერვისები ან ექვივალენტი უფასო ღონისძიებები უსინათლოთა ან ნაწილობრივ მხედველობადაკვეითებული მოსახლეობისთვის, ასევე, შეზღუდული შესაძლებლობების პირებისთვის მომსახურების ღირებულების გადასახადის შესახებ დეტალური ინფორმაციის მიწოდება. აუცილებელია კონკრეტული წესების დადგენა შეზღუდული შესაძლებლობის პირებისთვის სპეციალური სოციალური საჭიროებებით გადაუდებელი დახმარების მომსახურების მისაღებად, როგორიცაა ზარის განხორციელება „112“ გადაუდებელი დახმარების ცენტრში. სერვისის გაწევისას აუცილებელია მომსახურების სტანდარტები შემუშავებული ხარისხის დაცვა.

საზოგადოების ხელმისაწვდომობისა და გამოყენების მნიშვნელობის სატელეფონო ქსელი განლაგებული უნდა იყოს ფიქსირებულ ადგილას ისეთი, ნორმების შერჩევით, რომ ის ხელმისაწვდომი იყოს ყველასთვის ვინც გონივრულად მოითხოვს მისი სერვისებით სარგებლობას. ობიექტური კრიტერიუმების საფუძველზე, სუბსიდირების პრინციპის შესაბამისად, წევრმა სახელმწიფოებმა უნდა გადაწყვიტონ თუ რომელ საწარმოებს აქვთ უნივერსალური მომსახურების ვალდებულებები ამ მიზნებისთვის. საჭიროების შემთხვევაში, მხედველობაში მიიღება საწარმოების უნარი და სურვილი, მთლიანად ან ნაწილობრივ მიიღონ საყოველთაო მომსახურების ვალდებულებები.

მნიშვნელოვანია, რომ უნივერსალური მომსახურების ვალდებულებები შესრულება ყველაზე ეფექტურად მოდის ისე, რომ მომხმარებლები იხდიან ისეთ ფასებს, რომლებიც შეესაბამება ხარჯების ეფექტურ უზრუნველყოფას. ასევე, მნიშვნელოვანია უნივერსალური მომსახურების ოპერატორების მხირდან შენარჩუნდეს როგორც ქსელის, ასევე სერვისის მთლიანობა, უწყვეტობა და ხარისხი. გარდა საბაზრო ძალაუფლებისა, უფრო დიდი კონკურენციის განვითარება და არჩევანის ფართო ნომენკლატურა მეტ შესაძლებლობას იძლევა უნივერსალური მომსახურების ვალდებულებების გამწევი საწარმოს მიერ მთლიანად ან ნაწილობრივ იქნეს უზრუნველყოფილი სერვისის მიწოდება.

ხარისხი და ფასი კონკურენციის მთავარი ფაქტორია ბაზარზე და ეროვნულმა მარეგულირებელმა ორგანოებმა უნდა შეძლოს მომსახურების მიღწეული ხარისხის



მონიტორინგი იმ საწარმოების მიმართ, რომლებიც დანიშნულია, როგორც უნივერსალური მომსახურების ვალდებულებების მქონენი. დარღვევების არსებობის შემთხვევაში, მომსახურების ხარისხისა და ხელმისაწვდომობასთან მიმართებით, სადაც საჭიროდ ჩაითვლება, ეროვნულ მარეგულირებელ ორგანოს უნდა შეეძლოს შესაბამისი ზომების მიღება.

ეროვნულმა მარეგულირებელმა ორგანომ ასევე უნდა გააკონტროლოს სხვა დანარჩენი სერვისის მიმწოდებელი საწარმოების მომსახურების ხარისხის, საზოგადოებრივი სატელეფონო ქსელების გამართულობის და/ან მომხმარებლებისთვის საჯაროდ ხელმისაწვდომი სატელეფონო სერვისებისა და ფიქსირებული ადგილების კონტროლი.

უნივერსალური მომსახურების წმინდა ღირებულების დასაანგარიშებლად სათანადოდ უნდა იქნას გათვალისწინებული ხარჯები და შემოსავლები. ასევე, არამატერიალური სარგებელი უნივერსალური სერვისის გაწევის უზრუნველსაყოფად. აღნიშნულის მიზანია უზრუნველყოს ფასების სტრუქტურები, რომლებიც ასახავს ხარჯებს. უნივერსალური მომსახურების გასაწევად ნებისმიერი წმინდა ხარჯი უნდა გამოითვალოს გამჭვირვალე პროცედურების საფუძველზე.

სატელეკომუნიკაციო სექტორის ლიბერალიზაცია, კონკურენციის გაზრდა და საკომუნიკაციო სერვისების ფართო არჩევანი პარალელურ მოქმედებაშია უნივერსალური მომსახურების მიწოდებასთან პარამონიული მუშაობის პრინციპების დადგენით მარეგულირებელი ორგანოს მხრიდან (ცხრილი).

**უნივერსალურ მომსახურებაზე ტელეკომუნიკაციის სექტორის ლიბერალიზაციის გავლენა**

პრობლემა	ლიბერალიზაციამდე	ლიბერალიზაციის შემდგომ
საბაზო მომსახურებათა ნუსხის განსაზღვრა, მინიმალური მომსახურებების გათვალისწინებით	ტრადიციული მომსახურებათა მიწოდება ფიქსირებული ხმონი ტელეფონით	რავალი ახალი სახეობების განვითარება (უსადენო კავშირი). მრავალი ოპერატორების გამოჩენა, რომლებიც კონკურირებენ მონოპოლისტთან
ოპერატორის განსაზღვრა, რომელიც განახორციელებს უნივერსალურ მომსახურებას	ერთადერთი ოპერატორის – მონოპოლისტის განსაზღვრა, რომელიც იმყოფება მთლიანად სახელმწიფოს დაქვემდებარებაში	შერჩევის მექანიზმის შემუშავების აუცილებლობა გამჭვირვალე კრიტერიუმების განსაზღვრაში
ოპერატორის მიერ არარენტაბელური მომსახურების გაწევაზე დამატებითი ხარჯების განსაზღვრა	მონოპოლისტი ოპერატორი, როგორც წესი შეიმუშავებს საკუთარ მეთოდებს ხარჯების განსაზღვრისას, რომლებიც იფარება ფასების მექანიზმის დარღვევისას	შეიქმნა აუცილებლობა არსებული წინა მეთოდის შეცვლისა და ახლის შემუშავება ყველა ოპერატორებისთვის
წამყვანი ხარჯების დაფარვის წყაროების და მექანიზმების გამოვლენა	არსებობს ჯვარედინი სუბსიდირების არსებობა	შეიქმნა აუცილებლობა ფინანსირების მექანიზმის შემუშავების არსებობისა, რომელიც დაფუძნებული იქნება

არსებული მდგომარეობით უნივერსალური მომსახურების სერვისის მიწოდება მომხმარებლისთვის არ რეგულირდება სახელმწიფოსა და შესაბამისი ორგანოების მხრიდან.

დამოუკიდებელი საქველმოქმედო პლატფორმა „ჩართე“ კერძო კომპანიებისა და ინდივიდუალური დონორების ხელშეწყობით ცდილობენ სოციალურად დაუცველ უფროსკლასელებსა და არა მარტო მათ მიცენ საკუთარი შესაძლებლობების რეალიზაციის შესაძლებლობა და უზრუნველყოს ისინი ინტერნეტითა და კომპიუტერთ.

ტექნოლოგიურად განვითარებად მიმდინარე საუკუნეში ინტერნეტთან წვდომა ადამიანის ფუნდამენტური მოთხოვნაა. ინტერნეტის მიწოდებით მომხმარებელს უზრუნველდება სწავლა-განვითარების უღვევი შესაძლებლობა, ასევე ეცვლება წარმოდგენა სამყაროს შესახებ, იზრდება თვითგანვითარების სტიმული.

პრობლემა მდგომარეობს იმაში, რომ დღესდღეობით ქვეყანაში ცხოვრობს 78000-მდე სოციალურად დაუცველი მოსწავლე. მათი უმეტესობა, 95% ცხოვრობს ინტერნეტის დაფარვის ზონაში, თუმცა ინტერნეტთან წვდომა არ ხელეწიფებათ მომსახურების ღირებულების გამო. გარემო, რომელშიც ასეთი მომხმარებლები ყალიბდებიან ერთმევათ შესაძლებლობა ისწავლონ და განვითარდნენ პროფესიულად, ჩამოუყალიბდეთ მიზნები და ამბიციები.

კვლევების მიხედვით ინტერნეტსა და კომპიუტერზე წვდომა ავითარებს სამუშაო ბაზარისთვის მომგებიან უნარებს.

განათლების კუთხით საერთაშორისო კვლევებით დასტურდება, რომ ინტერნეტთან წვდომა აუმჯობესებს აკადემიურ შედეგებს. ხელს უწყობს გეოგრაფიულად შორს მყოფი ოჯახის წევრების, მეგობრების, კოლეგების კომუნიკაციას. ხელოვნების ნიმუშებისა ციფრული და სახელოვნებო პროდუქციის გაზიარების შესაძლებლობას.

ჯანდაცვის სფეროში დისტანციურად იმართება კონსულტაციები და კონსილიუმები ექიმებსა და პაციენტებს შორის.

ამ ყველა მოთხოვნის გათვალისწინებით გაეშვა სტარტაპი [1], კვლევის თანახმად აღნიშნული პლატფორმის დახმარებით მომხმარებლები ინტერნეტს ყველაზე ხშირად უცხო ენების შესასწავლად, ონლაინ კურსებზე დასასწრებად, დავალებების ეფექტურად შესასრულებლად იყენებენ, რაც ზრდის მომხმარებლების თავდაჯერებულობას.

#### ლიტერატურა

1. <https://charte.ge/ge/>

DIRECTIVE (EU) 2018/1972 OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL

#### SUMMARY

#### DETERMINING THE UNIVERSAL SERVICE COMPONENT OF A DIGITAL CONNECTION

Merabishvili M.G.

Georgian Technical University

In terms of improving the quality of life of the population, equalizing their capabilities, perfection and development, universal services in the field of telecommunications, access to information resources, are now among the generally accepted general mechanisms. The purpose of regulating the telecommunications sector is to promote access to basic universal digital communications services in a generally established world practice.

**Keywords:** universal service, the frequency of the radio spectrum, numbering resources.

რადიო ქსელების ხარისხის შედარების „ETSI 103 559“-ს თანამედროვე სტანდარტის მიმოხილვა

ტყეშელაშვილი ო.მ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

მობილური ქსელების ხარისხის შესადარებლად (Benchmarking) საჭიროა ჩატარდეს ქსელის დეტალური ტექნიკური კვლევა რომელიც ფოკუსირებული იქნება მომხმარებლის მიერ მიღებული სერვისის აღქმაზე (QoE). ხარისხის აღქმის მანკვინებელი (QoE) წარმოადგენს სუბიექტურ საზომს, რომელიც აერთიანებს ადამიანის მიერ სერვისის აღქმას, მოლოდინს და რეალურად მიღებული სერვისის და ქსელის ხარისხს [1]. რადგანაც სუბიექტური გაზომვების ჩატარება საკმაოდ რთულია და ხშირ შემთხვევაში არ გვაძლევს ზუსტ შედეგებს, ამისათვის რეალურად მიღებული ხარისხის გასაზომად გამოიყენება ტექნიკური (QoS) საზომი ერთეულები რომლებიც საშუალებას იძლევიან ჩატარდეს ობიექტური გაზომვები [2]. მაგალითისათვის ესენია: ქსელის დაყოვნება (Packet Delay), სიჩქარე (Throughput), პაკეტების ვარდნა (Packet Loss), ხმოვანი ტელეფონის ხარისხი (Voice MOS), და სხვა [3].

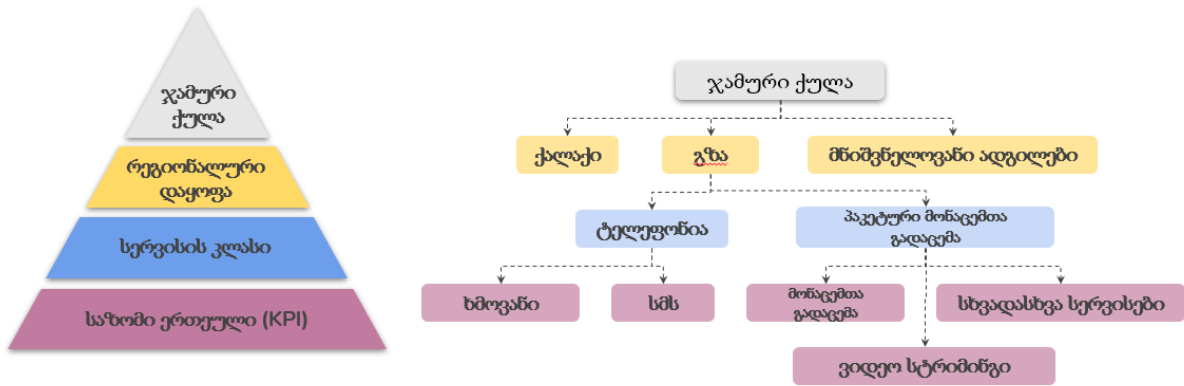
ობიექტური საზომი ერთეულების გამოყენებით წარმოებული ქსელის ხარისხის გაზომვის და შედარების (Benchmarking) ძირითად მიზანს წარმოადგენს:

1. მოხდეს მობილური ქსელების ხარისხის ობიექტური გაზომვა, ფოკუსირებული მომხმარებლის მიერ მიღებულ ხარისხზე.
2. მოხდეს ხარისხის შედარება სხვადასხვა მობილურ ოპერატორებს, ქვეყნებსა და ახლად დანერგილ ტექნოლოგიებს შორის.
3. გამოვლინდეს მიღებული სერვისების ტექნიკური ხარვეზები რომ მოხერხდეს მათი აღმოფხვრა.

ესეთი (Benchmarking) პროექტები ხორციელდება სპეციალური სატესტო მოწყობილობებით, რომლებიც შედგება მობილური ტელეფონების, რადიო სკანერების, აუდიო/ვიდეო/მონაცემთა ხარისხის გასაზომი მოდულებისგან, რომლებიც დაყენებულია სატესტო მანქანაში. ტესტირების დროს ძირითადად იზომება სასაუბრო (Voice) და მონაცემების გადაცემის (Data) სერვისები კონკრეტული აპლიკაციების დონეზე.

**ETSI სტანდარტის მოკლე მიმოხილვა**

2019 წელს TSI-იმ წარმოადგინა ახალი სტანდარტი ქსელის გაზომვისა და ხარისხის გამოთვლისათვის (ETSI TR 103 559 V1.1.1 - Best practices for robust network QoS benchmark testing and scoring) [4]. სტანდარტი ბაზირებულია სერვისების, მათი საზომი ქვე-პარამეტრების ქულების დაჯგუფების მეთოდზე. კერძოდ, ქსელების ხარისხის შედარება ხდება ჯამური ქულის მეშვეობით (0-დან 1000-მდე, სადაც 400 ქულა ენიჭება ხმოვან ტელეფონიას (Voice) და 600 ქულა კიდევ მონაცემთა გადაცემის სერვისებს (Data)) რომელიც გამოითვლება ინდივიდუალური საზომი ერთეულების შედეგების დაჯგუფებით. ინდივიდუალურ საზომ ერთეულებს კი (KPI) ენიჭებათ წონები და ამ შეწონილი მაჩვენებლების აგრეგაცია ხდება ორ დონეზე როგორებიცაა: სერვისის კლასი (სატელეფონო თუ მონაცემთა გადაცემა) და გეოგრაფიული დაყოფა (ქალაქი, გზა, მნიშვნელოვანი ზონა) (სურ. 1). ეს სტანდარტი არის ტექნოლოგიურად ნეიტრალური და გამჭვირვალე, მნიშვნელობა არ ენიჭება მომხმარებელი იღებს სერვისს მესუთე თუ მესამე თაობის ქსელით, არამედ თუ როგორი ხარისხით იღებს სერვისს და როგორი ხელმისაწვდომია იგი.

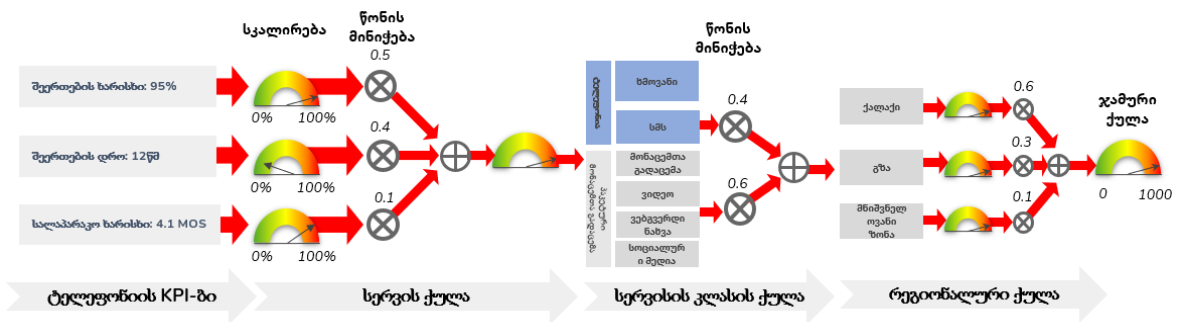


სურათი 1. ETSI-ს სტანდარტის საერთო წარმოდგენა

ამ ორი სერვისის კლასისათვის (ხმოვანი (Voice) და პაკეტური მონაცემთა გადაცემა (Data)) და მათი საზომი ერთეულებისათვის (KPIs) მომსახურების ძირითადი სამი კრიტერიუმია მნიშვნელოვანი:

- სერვისის ხელმისაწვდომობა/შენარჩუნება (მაგ. შეერთების წარმატების კოეფიციენტი, წყვეტის კოეფიციენტი).
- სერვისზე წვდომის დრო (მაგ. ვიდეოზე გამოსახულებაზე წვდომის დრო ან ხმოვანი შეერთების დრო).
- გადაცემის ხარისხი (მაგ. მოსმენის ხარისხი, ვიდეოს ხარისხი).

საზომი ერთეულები (KPIs) დაჯგუფებულია სერვისის კლასებში და თითოეულს მინიჭებული აქვს პროცენტული წონა, იმისდა მიხედვით თუ რამდენად მნიშვნელოვანია ეს საზომი ერთეული ამ კლასში და რამდენად ახლოს გამოხატავს იგი მომხმარებლის მიერ მიღებულ და აღქმულ ხარისხს (სურ. 2). ასევე ხდება სერვისის ქვეკლასების და გეოგრაფიული არეალის ზონებად დაყოფა და მინიჭება წონებისა ამ გეოგრაფიული ზონების მნიშვნელობის მიხედვით. მაგალითად, გეოგრაფიულ ზონა – ქალაქს უფრო მეტი წონა აქვს ვიდრე გზებს და მნიშვნელოვან ხალხშეყრის ადგილებს (Hotspot) ან ვიდეო სტრიმინგს უფრო მეტი პრიორიტეტი აქვს ვიდრე სოციალური მედიის აპლიკაციის ტესტირებას.

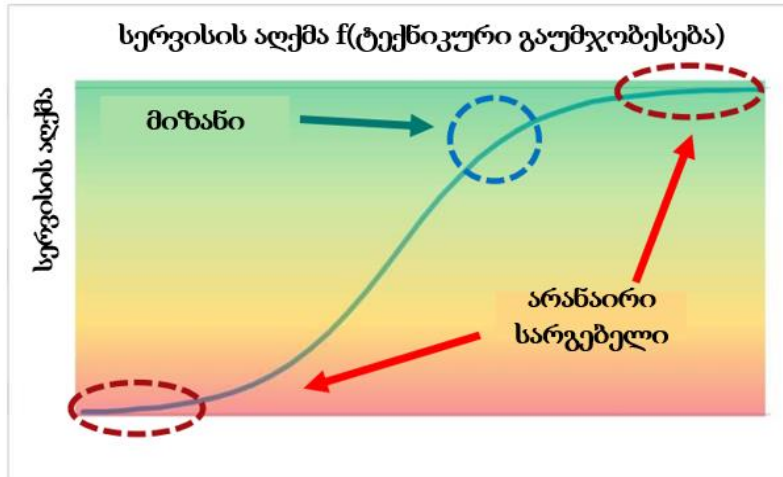


სურათი 2. პროცენტული განაწილება და ქულათა სისტემა

წონების მინიჭება და ქულებით აგრეგაცია შედეგება ორი საფეხურისგან:

1. თითოეულ სატესტო ერთეულს (KPI), სერვისის კლასს თუ გეოგრაფიულ ზონას ვანიჭებთ წონას 0%-დან 100%-მდე მაშტაბზე.
2. თითოეული საზომი ერთეულის ქულით სისტემაზე გადაყვანა. კერძოდ, საზომი ერთეულისათვის (KPI) მისანიჭებელი ქულების მაქსიმალური რაოდენობა განისაზღვრება პროცენტული წონით მისი სერვისის კლასის და რეგიონული კატეგორიის წონიდან გამომდინარე.

სტანდარტი ადგენს რომ ყველა ტექნიკურ მაჩვენებელს (KPI) გააჩნია მისი გაჯერების ზონები ცუდიც და კარგიც, ამ გაჯერების ზონების გადაჭარბების შემთხვევაში მომხმარებლის მიერ მიღებული ხარისხით კმაყოფილება ან უკმაყოფილება არ იცვლება. მაგალისათვის, VoLT ხმოვანი ზარით შეერთების დრო თუ არის 10 წამზე მეტი ეს გამოიწვევს მომხმარებლის უკმაყოფილებას და ნებისმიერ მეტ დროს ზეგავლენა არ ექნება კმაყოფილებაზე (სურ. 3).



სურათი 3. სერვისის აქმის მასშტაბი

ETSI-მ შეიმუშავა თითოეული საზომი ერთეულისათვის ცუდი და კარგი გაჯერების ზღვრები, რომლებიც ქსელების გაზომვით მიღებულ ერთეულის გადაყვანას ახდენს ერთიან ქულაზე. დადგენილი ზღვრების გარეთ მიღებული ნებისმიერი შედეგი მიჩნეული იქნება როგორც შედეგი რომელსაც არ აქვს გავლენა მომხმარებლის კმაყოფილებაზე.

საბოლოო ქულის კალკულაცია თითოეულ სატესტო ერთეულისათვის ხდება ქვემოთ მოცემული ფორმულით:

$$KPI \text{ ქულა} = 100\% * \sum KPI \text{ წონა} * \left( \frac{\text{გაზომვით მიღებული შედეგი} - \text{ცუდი მაჩვენებელი}}{\text{კარგი მაჩვენებელი} - \text{ცუდი მაჩვენებელი}} \right)$$

ფორმულაში უცნობი პარამეტრი არის გაზომვით მიღებული შედეგი, ხოლო დანარჩენი პარამეტრები მოცემულია სტანდარტის მიერ. გაჯერების ზღვრები თითოეული ერთეულისათვის დადგენილი არის ETSI-ს მიერ ლაბორატორიული კვლევებით.

თეორიის გასაადვილებლად გამოვთვალოთ პრაქტიკული მაგალითი – ხმის შეერთების წარმადობის საბოლოო ქულა (Call Setup Success Ratio %). ვიგულისხმობთ, რომ ტესტირების დროს მიღებული შედეგი იყო 99%. შემდგომ, ტესტირებიდან მიღებული შედეგი უნდა გადავიყვანოთ სტანდარტის მიერ დადგენილ სერვისის აქმის მასშტაბზე და მეორე, გამოვიყვანოთ საბოლოო ქულა მისი სერვის წონების მიხედვით (ცხრილი).

**პრაქტიკული მაგალითის გამოყვანა ხმოვანი ტელეფონისათვის**

საზომი ერთეული – KPI	სერვისის აქმის შკალა		წონა		
	დაბალი	მაღალი	KPI წონა	სერვისის წონა	კლასის წონა
შეერთების წარმადობა (%) Call Setup Success Ratio (%)	85%	100%	31%	95%	40%

1. გადაყვანა სერვისის აღქმის მასშტაბზე:

$$KPI \text{ საწყისი ქულა} = 100 * \left( \frac{99\% - 85\%}{100\% - 85\%} \right) = 93,3 \text{ (ქულა)}$$

2. წონების მინიჭება და საბოლოო ქულის მიღება:

$$KPI \text{ საბოლოო ქულა} = 93,3 * 31\% * 95\% * 40\% = 10,99 \text{ (ქულა)}$$

ETSI-ს მიერ წარმოდგენილი ხარისხის გაზომვის სტანდარტმა, უზრუნველყო რომ ქსელების გაზომვის პროცესი მაქსიმალურად გამჭვირვალედ და ობიექტურად წარიმართოს. ამისათვის სტანდარტი რეკომენდაციას აკეთებს, გაზომვით ერთეულებზე, პარამეტრებზე, მეთოდებზე, ქსელებითა და წონებით დაჯგუფების საშუალებაზე, რაც აქამდე არ იყო საერთაშორისო დონეზე სტანდარტიზებული და წარმოადგენდა პრობლემას ხარისხის შედეგების ინტერპრეტაციისათვის და შედარებისათვის სხვადასხვა ქვეყნებსა თუ ოპერატორებს შორის.

ამავდროულად, სტანდარტში შესაძლებელია რომ მოხდეს დამატებითი გაზომვითი ერთეულების ჩამატება და წონების ცვლილებებისა კლასებსა თუ ქვეკლასებს შორის. დასახული პრობლემატიკის მიხედვით ხდება სატესტო ერთეულების შერჩევა და ქულითი სისტემის მოდიფიცირება, აგრეთვე მნიშვნელოვანია რომ ეს მანქანებლები მაქსიმალურად ობიექტურად და ახლოს უნდა ასახავდნენ მომხმარებლის მიერ ქსელის გამოცდილებას.

#### ლიტერატურა

1. Chang Wen Chen, Periklis Chatzimisios, Tasos Dagiuklas, Luigi Atzori - Multimedia Quality of Experience (QoE): Current Status and Future Requirements.
2. ITU-T E.804 (02/2014) Quality of telecommunication services: concepts, models, objectives and dependability planning – Terms and definitions related to the quality of telecommunication services.
3. 2022 Benchmarking Framework, Document Version V1.0 April, 2022.
4. ETSI TR 103 559 V1.1.1 - Best practices for robust network QoS benchmark testing and scoring V1.1.1. 2019-08.

#### SUMMARY

#### NEW NETWORK BENCHMARKING STANDARD BASED ON ETSI RECOMMENDATION “103 559”

Tkeshelashvili O.M.

Georgian Technical University

Radio Network Benchmarking has become a required practice for mobile carriers and telecom regulators. There are several techniques for network benchmarking proposed by service providers; however, the disadvantage of such fragmented approaches is that each has its own benchmarking processes, measurement practices, and measured metrics. This makes it difficult for the reader of such reports to determine which mobile service provider offers the greatest experience; essentially, they cannot easily interpret the data for their needs. In 2019, ETSI introduced a new standardized network benchmarking approach based on the weighting and scoring mechanism for KPIs. It included measurement methodologies, key performance indicators, aggregation strategies, and network score computations. It aggregates overall network performance into one score (both containing voice & data) in the range of 0 to 1000, this provides more efficiency to compare networks or countries in a transparent way.

**Keywords:** Network Benchmarking, QoE, QoS, ETSI 103 559, KPIs, KPI Scoring & Weighting.

შმაღლეს საგანმანათლებლო დაწესებულებაში მიმდინარე საინოვაციო საქმიანობის შედეგების ტრანსფერისა და კომერციალიზაციის ძირითადი თავისებურებების შეფარებითი ანალიზი

ხუციშვილი ს.ა., გასიტაშვილი ზ.ა., გორგიძე დ.ა., ხართიშვილი მ.პ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

**შესავალი.** დასავლეთის ქვეყნებში, დიდი ხანია უმაღლესი საგანმანათლებლო დაწესებულებები (შემდეგში – უნივერსიტეტი) მიიხედავთ ინოვაციური პროცესების რეალიზების ცენტრალურ სტრუქტურად. ძირითადად ისინი ითვლებიან იმ იდეების „გენერატორებად“, რომელთა საფუძველზეც ხდება ქვეყანაში ინოვაციების ფორმირება; აქედან გამომდინარე შეიძლება ითქვას, რომ უნივერსიტეტში განხორციელებული ინოვაციები (სამეცნიერო-ტექნიკური საქმიანობის შედეგები, საუნივერსიტეტო ინტელექტუალური საკუთრება, მეცნიერული ცოდნა) განსაკუთრებულად მნიშვნელოვან როლს ასრულებს ქვეყნის ეკონომიკის განვითარების პროცესში. ამიტომ უნივერსიტეტების სამეცნიერო-ტექნიკური და ინოვაციური პოლიტიკის კონცეფციებში უნდა განიხილებოდეს, ინოვაციური საქმიანობის განვითარების ამოცანები, ინტელექტუალური საქმიანობის შედეგების კომერციალიზაციის უზრუნველყოფის პრობლემები, ეკონომიკის რეალური სექტორისთვის ინოვაციური ტექნოლოგიების ტრანსფერის საკითხები და ა.შ. განსაკუთრებულად მნიშვნელოვანია, თუ რამდენად სწრაფად ხდება, მეცნიერული ცოდნის გარდაქმნა ახალ პროდუქტებასა და სერვისებში, მათი კომერციალიზაცია ან ტრანსფერი. უნივერსიტეტში მეცნიერული კვლევის შედეგების კომერციალიზაცია და ტექნოლოგიების ტრანსფერი, თავის მხრივ, დამოკიდებულია ეროვნული და რეგიონალური განვითარების ე.წ. სამგანზომილებიან მოდელზე, სადაც სამეცნიერო, სამეწარმეო და სამთავრობო სექტორები ეფექტურად თანამშრომლობენ ერთმანეთთან [4].

უნივერსიტეტები და კვლევითი ინსტიტუტები ამ სამგანზომილებიან მოდელში მნიშვნელოვან როლს ასრულებენ. სამეცნიერო სექტორისგან მოვლიან არა მხოლოდ ახალი ცოდნის შექმნას, არამედ აქტიური როლის შესრულებას ინტელექტუალური საკუთრების მატერიალიზაციის, დაცვისა და ტექნოლოგიების ტრანსფერის საქმეში. „ტექნოლოგიების ტრანსფერს“ და კვლევითი საქმიანობის შედეგების „კომერციალიზაციის პროცესს“ ხშირად განიხილავენ როგორც იდენტურ ცნებებს, თუმცა, სიღრმისეულად ამ ცნებების შინაარსი განსხვავებულია. აქედან გამომდინარე მნიშვნელოვნად მიგვაჩნია, კვლევის შედეგების კომერციალიზაციის და „ტექნოლოგიების ტრანსფერის“ მახასიათებლების შედარებითი ანალიზი და მათი განხილვა უნივერსიტეტში მიმდინარე ინოვაციურ პროცესებთან კავშირში.

**ძირითადი ნაწილი.** თანამედროვე უნივერსიტეტები და კვლევითი ინსტიტუტები ანხორციელებენ არა მარტო საგანმანათლებლო საქმიანობას, ან ფუნდამენტურ, საძიებო და გამოყენებით სამეცნიერო კვლევებს, არამედ პარტნიორ ორგანიზაციებთან ფირმებთან ერთობლიობაში, ასრულებენ საცდელ-საკონსტრუქტორო დამუშავებებს, ქმნიან ახალი პროდუქტის, მომსახურების ტექნიკის ნიმუშებს, ახალ ტექნოლოგიებს, უზრუნველყოფენ მათ ტირაჟირებას, ახდენენ სამეცნიერო კვლევების ინოვაციური შედეგების კომერციალიზაციას და უზრუნველყოფენ ინოვაციური ტექნოლოგიების (მართვის მოდულების, სერვისის ფორმების) გადაცემას (ტექნოლოგიების ტრანსფერი) მომხმარებლისათვის [1,2].

თანამედროვე უნივერსიტეტი თავისი უნიკალური თავისებურებების ფარგლებში, ახდენს სრული ინოვაციური ციკლის რეალიზებას, რომელმაც უნდა უზრუნველყოს ინოვაციების ფორმირება. ინოვაციური პროცესის სისტემური სტრუქტურული მოდელი წარმოდგენილია სქემაზე 1.

უნივერსიტეტის ინოვაციური პოლიტიკის განხორციელებაში განმსაზღვრელ ფაქტორს უნდა წარმოადგენდეს, უნივერსიტეტის საქმიანობის ორიენტაცია ბიზნესზე, ბაზარზე, გამოყენებად შედეგებზე, მიზანმიმართული და პროტექციონისტული სახელმწიფო პოლიტიკის საზღვრებში. ამით შესაძლებელი ხდება:

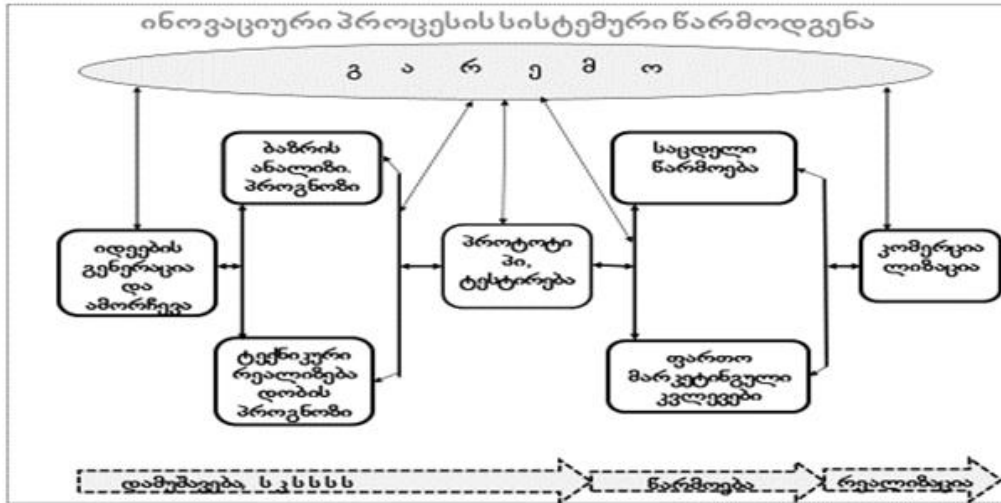
- ახალი ცოდნის გენერაცია ფუნდამენტური კვლევების პროცესში;
- გამოყენებითი ხასიათის სამეცნიერო ამოცანების გადაწყვეტა, რომელთა შედეგებს და დამუშავებულ ტექნოლოგიებს ექნება დიდი პრაქტიკული გამოყენება ქვეყანაში და



ქვეყნის გარეთ. ანუ შესაძლებელი იქნება დამუშავებული ტექნოლოგიების ტრანსფერი ადგილობრივ ბიზნეს სტრუქტურებში, ასევე უცხოურ ფირმებზე (მოთხოვნის შემთხვევაში);

- მიღებული შედეგების კომერციალიზაცია შესაბამისი მეთოდების გამოყენებით, ანუ მათი ლიცენზირება, ან მათი რეალიზება უნივერსიტეტში შექმნილი მცირე ინოვაციური ფირმების მიერ (start-up, spin-of);

- დამსაქმებლების და ინვესტორების მოძიება, ინოვაციური კვლევების მართვა და დაფინანსება [4].



სქემა 1. ინოვაციური პროცესის სისტემური მოდელი

ცნება „ტექნოლოგიების ტრანსფერი“, გამოყენებაში შემოვიდა შედარებით გვიან და საქმიანობის უმეტეს სფეროში, პირდაპირ დაკავშირებულია საბაზრო ეკონომიკის პროცესთან. რეალურად ბიზნესი წარმოადგენს იმ საფუძველს, რომელიც საჭიროებს ახალი ტექნოლოგიების მოძიებას, მათ ტრანსფერს. აქ საქართველოს მნიშვნელოვანი ჩამორჩენა აქვს, ანუ ტექნოლოგიების ტრანსფერი და ბიზნესი ურთიერთდაკავშირებული პროცესებია და მნიშვნელოვნად უნდა ეხმარებოდნენ ერთმანეთს.

„ტექნოლოგიების ტრანსფერს“ და „კომერციალიზაციას“ შორის განსხვავება პირველ მიახლოებაში შეიძლება შემდეგნაირად ავსხნათ:

- „კომერციალიზაციის პროცესი“ გულისხმობს მოგების აუცილებლად მიღებას და არ არის დაკავშირებული, მესამე პირის აუცილებელ ჩართვასთან (რომელსაც, ტრანსფერის ოპტიმალური სქემის შემთხვევაში, უნდა წარმოადგენდეს სპეციალური ორგანიზაცია (შუამავალი), მაგალითად, ტექნოლოგიების ტრანსფერის ცენტრი). ამ დროს კვლევების ახალ შედეგებს გავლილი უნდა ქონდეს ინოვაციური პროცესის ეტაპები და იმყოფებოდეს კომერციალიზაციის სტადიაზე (სქემა 1).

- „ტექნოლოგიების ტრანსფერი“ გულისხმობს ორგანიზაციაში დამუშავებული, ან მოძიებული საჭირო ტექნოლოგიების გადაცემას იურიდიული პირისათვის, რომელიც ახდენს მის სამრეწველო გამოყენებას. (მაგალითად: წარმოების მეთოდების, პროგრესული იდეების, მოდელების, ალგორითმების გადაცემა დარგის შიგნით ან სხვა დარგებისათვის, მათ შორის უცხოეთშიც). თუმცა, შეიძლება ეს არც იყოს კავშირში ტექნოლოგიების გამოყენებით მოგების მიღებასთან (მაგალითად, ტექნოლოგიების ტრანსფერის გამოყენებასთან განათლებაში, ჯანდაცვაში ან გარემოს დაცვის მიზნებისთვის).

განიხილავენ ტექნოლოგიების ტრანსფერის შემდეგ ფორმებს: სქემა 2.

1. შიდა ტრანსფერი – დამუშავებული ტექნოლოგიის გადაცემა ხდება ორგანიზაციის საზღვრებში, ერთ ან რამდენიმე განყოფილებაზე, სამეურნეო ერთეულებზე, ორგანიზაციის ფილიალებზე ქვეყნის შიგნით ან ნაციონალური საზღვრების გარეთ;

2. კვაზი შიდა ტრანსფერი – ტექნოლოგიები მოძრაობს ალიანსების, კოლდინგების, კორპორაციების და დამოუკიდებელი კერძო იურიდიული პირების გაერთიანებების შიგნით;

3. გარე ტრანსფერი – ტექნოლოგიების გავრცელების პროცესი, რომელშიც მონაწილეობენ ტექნოლოგიების დამოუკიდებელი დამმუშავებლები და მომხმარებლები;

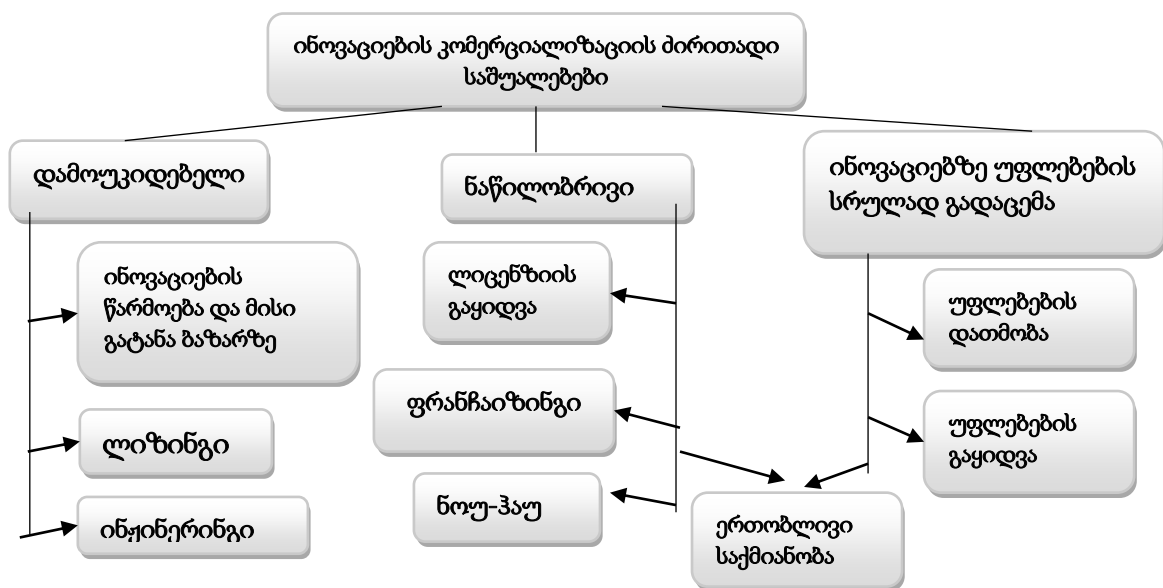


სქემა 2. ტექნოლოგიების ტრანსფერის განხორციელების ძირითადი ფორმები

სხვადასხვა კომპანიებში, უნივერსიტეტებში, კვლევით ინსტიტუტებში არსებობს ტექნოლოგიების ტრანსფერის ცენტრები ან/და ინოვაციური ცენტრები, რომელთა დანიშნულებაა ინოვაციური პროცესის სხვადასხვა სტადიაზე ან ეტაპზე, კომერციული პოტენციალის მქონე კვლევის შედეგების გამოვლენა, სამართლებრივი დაცვა და შემდგომი ტრანსფერი ორგანიზაციის შიდა განყოფილებებზე, ან გარე ორგანიზაციებზე, რომლებიც დაინტერესებული არიან ასეთი შედეგებით. ერთი შეხედვით პროცესი მარტივი ჩანს, თუმცა საკმაოდ რთულად განხორციელებადია და მრავალ საფეხურს მოიცავს. უნივერსიტეტები და კვლევითი ინსტიტუტები ტექნოლოგიების ტრანსფერში ჩართვას სხვადასხვა მიზეზით ახდენენ:

- მიღებული გამოყენებადი შედეგებისა და ტექნოლოგიების აღიარებისათვის;
- სამეწარმეო ნიჭის მქონე თანამშრომლების მიზიდვისა და შენარუნებისათვის;
- ადგილობრივი ეკონომიკის და ბიზნესის განვითარებისათვის;
- კორპორაციული კვლევების მხარდაჭერის უზრუნველსაყოფად;
- შემდგომი კვლევებისა და განათლების მხარდაჭერისათვის.

სხვადასხვა უნივერსიტეტისა და კვლევითი ინსტიტუტებისათვის, ზემოთ ჩამოთვლილი, ძირითადი პრიორიტეტები შეიძლება განსხვავებული იყოს, თუმცა ტექნოლოგიების ტრანსფერის საბოლოო სარგებელი, ანუ ეკონომიკის და განსაკუთრებით ბიზნესის უზრუნველყოფა მოთხოვნადი ტექნოლოგიებით, ასევე ზოგიერთი სოციალური საკითხის გადაჭრა, ზოგადად მსგავსია.



სქემა 3. კომერციალიზაციის პროცესის განხორციელების მეთოდები

რაც შეეხება ზოგადად კომერციალიზაციას, ის ინოვაციური პროცესის დამამთავრებელ ეტაპს წარმოადგენს და სიახლის (პროტოტიპის) რეალიზებაზეა ორიენტირებული [3,4].

კომერციალიზაციის პროცესში მნიშვნელოვანია მეთოდის არჩევა (სქემა 3). დამმუშავებელს შეუძლია თვითონ მოახდინოს პროექტის კომერციალიზაცია ან გაიაროს სქემა 3-ზე ჩამოთვლილი ეტაპები, გაყიდოს ლიცენზია, უფლება სრულად ან ნაწილობრივ [4,5].

ზოგჯერ შესაძლებელია ინოვაციის კომერციალიზაციის ერთდროულად რამდენიმე მეთოდის გამოყენება. კომერციალიზაციის მეთოდის გამოყენებამდე, უნდა განვიხილოთ თითოეული და გამოვიყენოთ ის, რომელიც უფრო მეტად მიესადაგება მოცემულ სიტუაციას.

**დასკვნა.** წარმოდგენილი შედარებითი ანალიზის საფუძველზე შეიძლება დავასკვნათ, რომ ტრანსფერისა და კომერციალიზაციის პროცესების მართვის ხელოვნებაზე, მნიშვნელოვან წილად არის დამოკიდებული უნივერსიტეტის საინოვაციო საქმიანობის ეფექტურობა. ასევე მნიშვნელოვანია მათი რეალიზების შედეგად გადაწყვეტადი (ან უკვე გადაწყვეტილი) ამოცანების ტექნიკურ-ეკონომიკური შედეგების მოდელური, მსხვილმასშტაბური პროგნოზირება. ამასთან, მისაღები ან მიღებული სარგებელის შეფასების ეკონომიკური მოდელი გამოყენებადი უნდა იყოს, როგორც ინოვაციური პროდუქტის უშუალო ავტორისათვის და მომხმარებლისათვის, ასევე პროცესში მონაწილე სხვა სტრუქტურებისთვისაც.

კომერციალიზაციის სტადია ზოგადად ინოვაციური პროცესის დამამთავრებელი სტადიაა და ტრანსფერისაგან განსხვავებით, აუცილებლად ფინანსური სარგებლის მიღებაზეა ორიენტირებული. კომერციალიზაციის პროცესში არსებობს მთელი რიგი სიძნელეები, მაგალითად ინოვაციის დაპატენტება, რომელიც ხშირად ერთ წელზე მეტხანს გრძელდება, რის შემდგომაც აუცილებლად კომპლექსურად უნდა შეფასდეს პროტოტიპის პრაქტიკაში დამოუკიდებელი (საავტორო) დანერგვის, ლიცენზიის გაყიდვის ან მომხმარებლისათვის უფლების სრულად გადაცემის მიზანშეწონილობა.

## ლიტერატურა

1. „ინოვაციების შესახებ“ საქართველოს კანონი. 12.07.2016, <https://matsne.gov.ge/ka/document/view/3322328>
2. Руководство Осло. Рекомендации по сбору и анализу данных по инновациям. Перевод с английского (издание второе исправленное) ОЭСР и Евростат. - М., 2010
3. Горгидзе И.А., Гаситашвили З.А., Джавахадзе Г.С., Горгидзе Д.А., Хуцишвили С.А. и др. Основные аспекты процесса коммерциализации инноваций. //საქართველოს საინჟინრო სიახლენი (GEN), 2019, v. 89, ss. 173-177.
4. <http://www.akdi.ru/pravo/iam/1.htm#3>
5. P.Cardamone, V. Pupo, F. Ricotta. University Technology Transfer and Manufacturing Innovation: The Case of Italy. // Review of Policy Research, 2015, Volume 32, Issue 3, pp. 297-322.

## SUMMARY

**THE ARTICLE PRESENTS A SYSTEMATIC VIEW AND COMPARATIVE ANALYSIS OF THE FORMS AND METHODS OF MATERIALIZATION OF THE RESULTS OF CURRENT SCIENTIFIC-TECHNICAL, INTELLECTUAL AND CREATIVE ACTIVITIES IN THE INNOVATIONS ORIENTED HIGHER EDUCATION INSTITUTIONS (AFTER-UNIVERSITY)**

**Khutsishvili S.A., Gasitashvili Z.A., Gorgidze D.A. and Khartishvili M.P.  
Georgian Technical University**

Materialization means, transfer and commercialization processes of the products created in HEI as a result of implementation of innovative process - innovation, and / or the intermediate result of the innovation process (the result of some stages), and / or existing inventions, patents, etc. for the purpose of receiving benefits. The process of commercialization is related with implementation of the results, that are product of intellectual activities at the university, including technology, in practice. It is understood that the results are new, have not yet been tested, or are significantly improved and are in demand, although they do contain some risks. In article different schemes of transfer and commercialization are considered and their comparative analysis is done.

**Keywords:** result of scientific and technical activity, innovation, innovation process, technology transfer, commercialization process.

თანამედროვე ტექნოლოგიების გამოყენება განათლების სფეროში

ნამჩევანე ც.გ., ბიწაძე ე.ი.

აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

ყოველწლიურად სულ უფრო მეტად იზრდება ინფორმაციული და საკომუნიკაციო ტექნოლოგიების გამოყენება განათლების სფეროში. ჩვენს ქვეყანაში დღის წესრიგში დგას საკითხი იმის შესახებ, რომ შემეცნებითი პროცესი მოსწავლეებისათვის გახდეს რაც შეიძლება საინტერესო, მრავალფეროვანი და სახალისო. ამისათვის ხდება საგანმანათლებლო დაწესებულებების აღჭურვა სხვადასხვა სახის თანამედროვე ტექნოლოგიური პროდუქტით.

სტატიაში განხილულია ერთ-ერთი თანამედროვე ტექნოლოგიური პროდუქტი – ინტერაქტიული მოწყობილობების ინტეგრირებული კომპლექტი MimioClassroom (სურ. 1). იგი შექმნილია ამერიკული კომპანიის DYMO/Mimio მიერ. კომპლექტის შემადგენლობაში შედის: 1). ინტერაქტიული სადგამი MimioTeach, 2). დაფაზე მიმდინარე პროცესის ასლის ჩამწერი MimioCapture, 3). გამოსახულების ასლის დაფაზე გადამტანი მოწყობილობა MimioView, 4). პლანშეტი MimioPad და 5). ტესტირების ავტომატიზატორი MimioVote. კომპლექტის თითოეული მოწყობილობა დამოუკიდებელ მოწყობილობას წარმოადგენს, მაგრამ მათი გაერთიანება შესაძლებელია სპეციალური პროგრამული უზრუნველყოფის MimiosStudio საშუალებით, რაც მომხმარებელს აძლევს დამატებით შესაძლებლობებს. [1,2].



სურ. 1. ინტერაქტიული მოწყობილობების ინტეგრირებული კომპლექტი MimioClassroom

MimioClassroom-ის ყველაზე მთავარი და პოპულარული მოწყობილობა არის ინტერაქტიული სადგამი MimioTeach (სურ. 1). იგი ჩვეულებრივი ინტერაქტიული დაფისაგან განსხვავდება იმით, რომ მისთვის დაფას არჩევს მომხმარებელი. ინტერაქტიულ სადგამს შეუძლია ინტერაქტიულ დაფად გარდაქმნას ნებისმიერი მყარი და სწორი ზედაპირი: დაფა (სასურველია, მაგრამ არაა აუცილებელი თეთრი ფერის), კედლის ნაწილი, დიდი მაგიდა, იატაკი და სხვა. სადგამს ამაგრებენ მისთვის შერჩეულ ზედაპირზე. იგი მუშაობს ჰორიზონტისადმი ნებისმიერი კუთხით დამაგრებისას. სადგამი შეერთებულია კომპიუტერთან და პროექტორთან, რაც მას გადააქცევს სრულ ინტერაქტიულ სისტემად. პროგრამული უზრუნველყოფა იძლევა მიმზიდველი, მოსწავლეზე ორიენტირებული, ინტერაქტიული მეცადინეობის ჩატარების საშუალებას.

სადგამი MimioTeach კომფორტულია ხელში დასაჭერად და ადვილად გადასატანია.

ინტერაქტიული სადგამით შესაძლებელია:

– კომპიუტერში შეინახოთ ვიდეო მეცადინეობები, აუდიო ფაილები, დაფაზე დაწერილი შენიშვნები და ნახაზები;

– მოახდინოთ არსებული მეცადინეობების იმპორტირება Ms PowerPoint-იდან და Adobe Acrobat-იდან;

– მასში შენახული სურათები, შაბლონები, ფილმები და სხვა გამოიყენოთ მეცადინეობების და პრეზენტაციების ჩატარებისათვის;

– შეხვიდეთ ინტერნეტში;

– დაფაზე გაათანაბროთ, დააჯგუფოთ და გადაადგილოთ ობიექტები;

– უარყოთ მოქმედება შეცდომის დაშვების შემთხვევაში; გააკეთოთ კოპირება; ამოჭრათ, ჩასვათ, წაშალოთ და მინიშნოთ ობიექტები.

**დაფაზე მიმდინარე პროცესების ასლის ჩამწერი MimioCapture** (სურ.2) აფართოებს სადგამის MimioTeach ფუნქციონალურ შესაძლებლობებს. იგი საშუალებას იძლევა დაფაზე დაწერილი ტექსტი და გაკეთებული ნახაზები შენახულ იქნას კომპიუტერში ავტომატურად სხვადასხვა ფორმატში (მათ შორის: PDF, JPEG, HTML) 4 ფერში. მასწავლებელს შეუძლია შენახული ინფორმაცია გადაცეს მოსწავლეებს შემდეგში განსახილველად. აღნიშნული მოწყობილობის გამოყენება მოსწავლეებს საშუალებას მისცემს აქტიურად ჩაერთონ მეცადინეობის მსვლელობაში, რადგან მათ არ დაჭირდებათ რაიმეს ჩაწერა. არდამსწრე მოსწავლეები კი დაამუშავებენ გამოტოვებულ მასალას.

MimioCapture კომფორტულია და ადვილია გამოსაყენებლად. მოწყობილობა სწრაფად იტენება მაგნიტურ ღარში მოთავსებისას და დატენილია მთელი კვირის განმავლობაში. მაგნიტური ღარი მიმაგრებულია სადგამის MimioTeach ქვემოთ. Mimio-Capture-ს არ ჭირდება პროექტორი.



სურ. 2. დაფაზე მიმდინარე პროცესების ასლის ჩამწერი MimioCapture

**გამოსახულების დაფაზე გადამტანი მოწყობილობის MimioView** (სურ. 1) საშუალებით შესაძლებელია დოკუმენტების, სამგანზომილებიანი ობიექტების და მიკროსკოპული გამოსახულებების გადატანა დაფაზე და კომპიუტერში. კამერა აღჭურვილია 5,5-ჯერადი ოპტიკური და 16-ჯერადი ციფრული გადიდებით. საჩვენებელი ნიშნები განათებულია შუქდიოდური ლამპებით, რომლებიც უზრუნველყოფს მკვეთრ განათებას, დაბალ ტემპერატურას და არ საჭიროებს პერიოდულ გამოცვლას. მონაცემთა გადაცემა ხორციელდება ერთადერთი USB კაბელით.

**უსადენო პლანშეტი MimioPad** (სურ. 1) მასწავლებელს შეუძლია აკონტროლოს ინტერაქტიული დაფა საკლასო ოთახის ნებისმიერი წერტილიდან. პლანშეტი უსადენო მიმდებით ავტომატურად დაკავშირებულია ინტერაქტიულ დაფასთან.

პლანშეტის MimioPad გამოყენება მასწავლებელს საშუალებას აძლევს ყურადღება მიაქციოს მოსწავლეებს ინდივიდუალურად და ეფექტურად წაიყვანოს მეცადინეობა. პლანშეტზე დაწერა და დატკაცუნება შესაძლებელია MimioPad-ის სტილუსით (საწერკალმით). დასაშვებია რამოდენიმე პლანშეტი დაუკავშირდეს ერთ კომპიუტერს, რის შედეგადაც მოსწავლეებს შეეძლება ადვილიდან მართონ ინტერაქტიული და-

ფის შინაარსი. ეს განსაკუთრებით სასარგებლოა გადაადგილების მიმართ უნარშეზღუდული მოსწავლეებისათვის.

**ტესტირების ავტომატიზაციის სისტემა MimioVote** (სურ. 1) უზრუნველყოფს ტესტების მომზადებას, ტესტირების ჩატარებას და ტესტირების შედეგების ავტომატიზირებულ შემოწმებას. მას გააჩნია მზა შაბლონები ყველა ტიპის ტესტისთვის. შაბლონების გამოყენება სასარგებლოა დროის ეკონომიის მიზნით. მასწავლებელს შეუძლია თვითონ მოამზადოს ტესტები MimioStudio-სა და PowerPoint-ის გამოყენებით.

ტესტებზე პასუხების გასაცემად გამოიყენება უსადენო პულტები. პულტები დაპროექტებულია ისე, რომ მოსწავლეების მათთან მუშაობა არა მარტო მოსახერხებელია, არამედ საინტერესოცაა. კომპლექტში შედის 24 ან 32 პულტი. [1,2,4].

ინტერაქტიული მოწყობილობების გამოყენება სწავლების პროცესში მხოლოდ რამოდენიმე დამატებითი ფუნქციის პრეზენტაცია არ არის. სწორად შერჩეული ინტერაქტიული კომპლექტის გამოყენების ცოდნა პრინციპულად ცვლის სწავლების მეთოდოლოგიას, მასწავლებელს ესმარება მეცადინეობის ჩატარების დაგეგმვაში და ეძლევა ჯგუფური მუშაობის ფართო შესაძლებლობები. სწავლების პროცესი ხდება მიმზიდველი. ყოველივე ეს განაპირობებს მოსწავლეების დაინტერესების გაზრდას და ცოდნის გაღრმავებას.

#### ლიტერატურა

1. <http://www.mimio.hu/en-NA/Products/MimioClassroom-Family-of-Products.html>
2. <http://gdius.com/products/mimio/>
3. <http://www.infology.com/mimio.htm>
4. <http://202.169.196.26/waterman/Products/MimioClassroom.aspx>

#### SUMMARY

#### APPLICATION OF MODERN TECHNOLOGIES IN THE SPHERE OF EDUCATION

Namchevadze Ts.V. and Bitsadze E.I.

Akaki Tsereteli State University

The article discusses MimioClassroom equipments of integrated complete set of the company Mimio interactive equipments. They are: interactive support MimioTeach, copy capture of the process on the board – MimioCapture, transferring equipment of the view copy on the board –MimioView, Pad MimioPad and testing automation MimioVote. In the article there is mentioned that introduction of modern technologies in the sphere of education principally changes teaching methodology, provides growing interest and involvement of each student in the process of instruction. Application of intellectual technologies gives opportunity to teachers to realize their ideas.

**Keywords:** MimioTeach, MimioCapture, MimioView, MimioPad, MimioVote.

ეპროკული ოფციონის მოდელირება რთული პროცენტით

მასაშვილი ქ.ა., ტყემალაძე გ.შ., ხეჩინაშვილი ზ.ჯ., დოჭვირი ბ.მ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი  
ივანე ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

განვიხილოთ მრავალაქტივიანი ბინომური ფინანსური ბაზარი, რომელიც შედგება  $k$  რაოდენობის ობლიგაციისგან და 1 აქციისგან. ვთქვათ,

$$B_n = B_n^1 + \dots + B_n^k \quad (1)$$

სადაც  $n = 0, 1, \dots, N$  დროის მომენტებია. ვიგულისხმობთ რომ,  $B_n, B_n^1, \dots, B_n^k$  ობლიგაციების მნიშვნელობები რთული საპროცენტო განაკვეთით სარგებელთან ერთად მრავლდება შესაბამისად  $\lambda_n, C_n^i > 1, i = 1, 2, \dots, k$  სიდიდეებზე. გვაქვს

$$B_n = (1+r) \cdot B_{n-1} \cdot \lambda_n, B_n^1 = (1+r_1) \cdot B_{n-1}^1 \cdot C_n^1, \dots, B_n^k = (1+r_k) \cdot B_{n-1}^k \cdot C_n^k \quad (2)$$

სადაც  $r, r_1, \dots, r_k$  რთული საპროცენტო განაკვეთებია, ამრიგად ჩვენ გვაქვს მრავალაქტივიანი ბინომური ფინანსური ბაზრის ობლიგაციების დროში ევოლუციის შემდეგი მოდელი.

$$(1+r) \cdot B_{n-1} \cdot \lambda_n = (1+r_1) \cdot B_{n-1}^1 \cdot C_n^1 + \dots + (1+r_k) \cdot B_{n-1}^k \cdot C_n^k \quad (3)$$

ამ მოდელში უცნობია  $r$  საპროცენტო განაკვეთი, (3) ტოლობიდან ადვილად მივიღებთ რომ

$$r = r_n = \frac{(1+r_1) \cdot B_{n-1}^1 \cdot C_n^1 + \dots + (1+r_k) \cdot B_{n-1}^k \cdot C_n^k - (B_{n-1}^1 + \dots + B_{n-1}^k) \lambda_n}{(B_{n-1}^1 + \dots + B_{n-1}^k) \lambda_n} \quad (4)$$

იმ შემთხვევაში როცა  $\lambda$  და  $C$  სიდიდეები ერთის ტოლია, გვექნება მრავალაქტივიანი ბინომური ფინანსური ბაზრის მოდელი კუპონის გათვალისწინების გარეშე. მოდელის მეორე კონპონენტია აქცია

$$S_n = (1+\rho_n) S_{n-1}, S_0 > 0, \quad (5)$$

$S = (S_n)$  აქციაა, საპროცენტო განაკვეთი  $r > 0$  მუდმივია, ხოლო  $\rho_n$  დამოუკიდებელ და ერთნაირად განაწილებულ შემთხვევით სიდიდეთა მიმდევრობაა. ამასთან  $P(\rho_n = b) = p, P(\rho_n = a) = 1 - p = q, -1 < a < r < b$ . შევნიშნავთ რომ  $n = 0, 1, \dots, N$  დროის მომენტებია.

განვსაზღვროთ აგრეთვე რისკ-ნეიტრალური ალბათობა შემდეგი ტოლობით

$$p^* = p_n^* = \frac{r_n - a}{b - a} \quad (6)$$

წარმოვიდგინოთ ინვესტორი რომელსაც საწყის  $n = 0$  მომენტში აქვს  $X_0$  თანხა, მისი სურვილია ფინანსური ბაზრის გამოყენებით ეს თანხა მომავალში დროის  $N$  მომენტში გახადოს  $- f_N$  თანხის ტოლი. ინვესტორის ამ სურვილს საინვესტიციო პრობლემა ეწოდება. ვთქვათ, დროის  $n$  მომენტში ინვესტორს ნაყიდი აქვს  $\beta_n$  რაოდენობის ობლიგაცია და  $\gamma_n$  რაოდენობის აქცია, ანუ მას აქვს აქტივების პორტფელი (სტრატეგია)  $\pi_n = (\beta_n, \gamma_n)$ . ამ პორტფელის შესაბამისი თანხა ტოლია

$$X_N^\pi = \beta_N B_N + \gamma_N S_N$$

სადაც  $B_n$  და  $S_n$  არის დროის  $n$  მომენტში შესაბამისად 1 ობლიგაციის და 1 აქციის ფასები. პორტფელს ეწოდება მინიმალური ჰეჯი თუ სრულდება ტოლობა

$$X_N^\pi = \beta_N B_N + \gamma_N S_N = f_N$$



ევროპული ტიპის ყიდვის სტანდარტული ოფციონი  $f_N$  გადახდის ფუნქციით ჩაიწერება შემდეგნაირად  $f_N = (S_N - K)^+$

სადაც  $K$  არის ე.წ. შეთანხმების ფასი, ოფციონის მყიდველს შეუძლია ოფციონის განაღდება მხოლოდ დროის ბოლო  $N$  მომენტში. ოფციონის გამყიდველის – ემიტენტის ამოცანაა ოფციონის გაყიდვით მიღებული თანხით ააგოს მინიმალური ჰეჯი. შევნიშნოთ რომ ემიტენტი ყიდის ოფციონს ისეთ სამართლიან ფასად, რომ მან შეძლოს მინიმალური ჰეჯის აგება და  $f_N$  თანხის დაგროვება. ამრიგად, ოფციონის ფასდადების ძირითადი ამოცანებია: ოფციონის სამართლიანი ფასის განსაზღვრა, მინიმალური ჰეჯის აგება და ამ ჰეჯის შესაბამისი კაპიტალის პროცესის განსაზღვრა.

ბოლოს შევნიშნავთ, რომ ოფციონის ფასდადების პრობლემა შესწავლილი იყო ორაქტივიანი ბინომური ფინანსური ბაზრის შემთხვევაში. რომელიც შედგება 1 ობლიგაციისგან და 1 აქციისგან.

2. განვიხილოთ მოდელი (1)-(5) და ევროპული ტიპის ყიდვის სტანდარტული ოფციონი გადახდის

$$f_N = f(S_N) = (S_N - K)^+$$

ფუნქციით, სადაც  $(x)^+ = \max(x; 0)$  ხოლო,  $K > 0$  შეთანხმების (საკონტრაქტო) ფასია, ანუ ემიტენტი ვალდებულია ოფციონის მფლობელს მიჰყიდოს აქცია  $K$  ფასად დროის  $N$  მომენტში.

ოფციონის სამართლიანი ფასის კოქსის, როსის და რუბინშტეინის განზოგადოებული ფორმულა ჩაიწერება შემდეგი სახით:

$$C_N = S_0 \sum_{k=k_0}^N C_N^k (p^*)^k (1-p^*)^{N-k} \left(\frac{1+a}{1+r}\right)^N \left(\frac{1+b}{1+a}\right) - K(1+r)^{-N} \sum_{k=k_0}^N C_N^k (p^*)^k (1-p^*)^{N-k} \quad (7)$$

სადაც  $k_0 = k_0(a, b, S_0, K)$  უმცირესი მთელი რიცხვია, რომლისთვისაც სრულდება უტოლობა.

$$S_0(1+a)^N \left(\frac{a+b}{1+a}\right)^{k_0} > K$$

3. ახლა განვიხილოთ ევროპული ტიპის გაყიდვის სტანდარტული ოფციონი გადახდის

$$f_N = f(S_N) = (K - S_N)^+ \quad (8)$$

ფუნქციით. ამ შემთხვევაში ოფციონის სამართლიანი  $P_N$  ფასი შეიძლება ვიპოვოთ (7) ფორმულის გამოყენებით.  $P_N$ -ის ფორმულას ყიდვა-გაყიდვის პარიტეტის ფორმულა ეწოდება.

ევროპული ტიპის გაყიდვის სტანდარტული ოფციონის სამართლიანი  $P_N$  ფასი გადახდის (8) ფუნქციით გამოითვლება ფორმულით

$$P_N = C_N - S_0 + K(1+r)^{-N} \quad (9)$$

მართლაც გვაქვს

$$\max(0, K - S_N) = \max(S_N - K, 0) - S_N + K$$

ამიტომ

$$P_N = E^*(1+r)^{-N} \max(0, K - S_N) = C_N - E^*(1+r)^{-N} S_N + K(1+r)^{-N}$$

ახლა, თუ შევნიშნავთ რომ  $E^* S_N = (1+r)^{-N} S_0$ , მაშინ მივიღებთ დასამტკიცებელ (9) ფორმულას.

4. მინიმალური ჰეჯის ასაგებად გამოიყენება ე.წ. მოპასუხე პორტფელის პრინციპი, რომელიც შემდეგში მდგომარეობს: ვთქვათ, დროის  $n$  მომენტში ინვესტორის  $\pi_n = (\beta_n, \gamma_n)$  პორტფელის შესაბამისი კაპიტალია

$$X_n^\pi = \beta_n B_n + \gamma_n S_n$$

საჭიროა ავაგოთ ისეთი  $\pi_{n+1} = (\beta_{n+1}, \gamma_{n+1})$  პორტფელი, რომ დროის  $n+1$  მომენტში მისი შესაბამისი კაპიტალი დროის  $(n+1)$  მომენტში ტოლი უნდა იყოს

$$X_{n+1}^\pi = \beta_{n+1} B_{n+1} + \gamma_{n+1} S_{n+1} = f(S_{n+1}) \quad (10)$$

სიდიდის, სადაც  $f = f(S_N)$  გადახდის რაიმე ფუნქციაა,  $n=0,1,\dots,N$ . (1)-(5) მოდელის შემთხვევაში უცნობი  $\beta_{n+1}$  და  $\gamma_{n+1}$  პარამეტრებისათვის (10) ტოლობიდან მივიღებთ ორუცნობიან წრფივ განტოლებათა

$$\beta_{n+1}(1+r)B_{n+1} + \gamma_{n+1}(1+b)S_{n+1} = f((1+b)S_n),$$

$$\beta_{n+1}(1+r)B_n + \gamma_{n+1}(1+a)S_n = f((1+a)S_n),$$

სისტემას, რომლის  $\beta_{n+1}^*$  და  $\gamma_{n+1}^*$  ამონახსნი მოიცემა

$$\beta_{n+1}^* = \frac{(1+b)f((1+a)S_n) - (1-a)f((1+b)S_n)}{(1+r)(b-a)B_n}, \quad (11)$$

$$\gamma_{n+1}^* = \frac{f((1+b)S_n) - f((1+a)S_n)}{(b-a)S_n} \quad (12)$$

ფორმულებით, დროის  $N$  მომენტში გვექნება  $\pi_N^* = (\beta_N^*, \gamma_N^*)$  პორტფელის შესაბამისი კაპიტალი.

$$X_N^{\pi^*} = \beta_N^* B_N + \gamma_N^* S_N = f(S_N)$$

თუ (11) და (12) სიდიდეებს შევიტანთ (10) ტოლობაში  $\beta_{n+1}$  და  $\gamma_{n+1}$  სიდიდეების მაგივრად, მაშინ ადვილად მივიღებთ  $X_N^{\pi^*}$  კაპიტალის წარმოდგენას

$$X_N^{\pi^*} = (1+r)^{-1} [p^* f((1+b)S_n) + (1-p^*) f((1+a)S_n)],$$

სადაც ალბათური  $p^*$  წარმოდგენა განისაზღვრება (6) ტოლობით.

5. აქციის ფასების, გადახდის ფუნქციის მნიშვნელობებისა და ოფციონის სამართლიანი ფასის გამოთვლისთვის გამოიყენება შემდეგი რეკურენტული ტოლობები: ბოლო, ფინალური  $n=N$  მომენტში გვაქვს  $N+1$  მნიშვნელობა:

$$f_{N,j} = f(S_{N,j}), \quad j = 0, 1, \dots, N$$

ბოლოს წინა  $n=N-1$  მომენტში

$$C_{N-1,j} = (1+r)^{-1} [p^* f_{N,j+1} + (1-p^*) f_{N,j}], \quad j = 0, 1, \dots, N-1$$

და ა.შ.

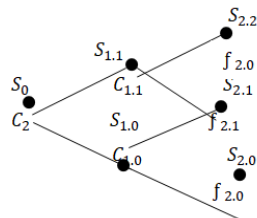
$n=N-k$  მომენტში

$$C_{N-k,j} = (1+r)^{-1} [p^* C_{N-k+1,j+1} + (1-p^*) C_{N-k+1,j}], \quad j = 0, 1, \dots, N-k \text{ და ა.შ}$$

$n=N-N=0$  მომენტში გამოითვლება ოფციონის სამართლიანი ფასი.

$$C_N = C_{0,0} = c(f_N) = (1+r)^{-1} [p^* C_{1,1} + (1-p^*) C_{1,0}] \quad (13)$$

6. (13) ტოლობის გამოყენებით, ხშირად, თვალსაჩინოების მიზნით, აგებენ ე.წ. ბინომურ ხეებს. მაგალითად, ოფციონის ფასდადების ორნაბიჯიან ამოცანაში ბინომურ ხეს ექნება სახე:



ნახაზი 1.1. ორნაბიჯიანი ბინომური ხე

ნახაზზე 1.1 მოყვანილია შემდეგი სიდიდეები

$$\begin{aligned}
 S_{2,0} &= S_0(1+a)^2, & f_{2,0} &= f(S_{2,0}) \\
 S_{2,1} &= S_0(1+b)(1+a), & f_{2,1} &= f(S_{2,1}) \\
 S_{2,2} &= S_0(1+b)^2, & f_{2,2} &= f(S_{2,2}) \\
 S_{1,0} &= S_0(1+a), \\
 S_{1,1} &= S_0(1+b), \\
 C_{1,0} &= (1+r)^{-1}[p^* f_{2,1} + (1-p^*)f_{2,0}] \\
 C_{1,1} &= (1+r)^{-1}[p^* f_{2,2} + (1-p^*)f_{2,1}]
 \end{aligned}$$

სოლო ოფციონის სამართლიანი ფასია

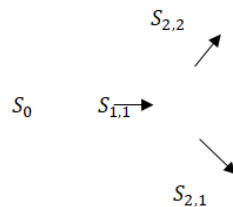
$$C_2 = C(f_2) = (1+r)^{-1}[p^* C_{1,1} + (1-p^*)C_{1,0}]$$

7. ევროპული ტიპის ყიდვის სტანდარტული ოფციონი.

ბინომური (B, S) – ბაზრის საწყისი მონაცემებია:

$$B_0 = 20, r = \frac{1}{5}, S_0 = 100, a = -\frac{2}{5}, b = \frac{3}{5}, K = 100.$$

გადაწვევით ყიდვის სტანდარტული ოფციონის ორნაბიჯიანი ამოცანა და განიხილეთ შემთხვევა



• დროის n=2 მომენტში ბინომური ხის სამ ფინალურ (ბოლო) კვანძში აქციის შესაძლო ფასების და გადახდის ფუნქციის მნიშვნელობებისათვის გვექნება:

$$S_{2,0} = S_0(1+b)^0(1+a)^2 = 100\left(\frac{8^0}{5}\right)\left(\frac{3^2}{5}\right) = 36,$$

$$S_{2,1} = S_0(1+b)(1+a) = 100\frac{8}{5} \cdot \frac{3}{5} = 96,$$

$$S_{2,2} = S_0(1+b)^2(1+a)^0 = 100\left(\frac{8^2}{5}\right)\left(\frac{3^0}{5}\right) = 256,$$

$$f_{2,0} = f(S_{2,0}) = \max(S_{2,0} - K, 0) = \max(36 - 100, 0) = 0,$$

$$f_{2,1} = f(S_{2,1}) = \max(S_{2,1} - K, 0) = \max(96 - 100, 0) = 0,$$

$$f_{2,2} = f(S_{2,2}) = \max(S_{2,2} - K, 0) = \max(256 - 100, 0) = 156$$

დროის n=1 მომენტში შესაბამის ორ კვანძში გვექნება:

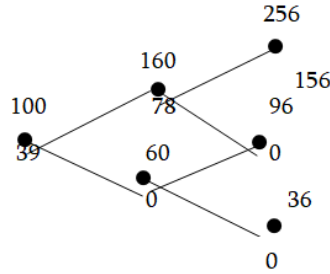
$$C_{1.0} = (1+r)^{-1} [p^* f_{2.1} + (1-p^*) f_{2.2}] = \frac{5}{6} \left( \frac{3}{5} \cdot 0 + \frac{2}{5} \cdot 0 \right) = 0$$

$$C_{1.1} = (1+r)^{-1} [p^* f_{2.2} + (1-p^*) f_{2.1}] = \frac{5}{6} \left( \frac{3}{5} \cdot 156 + \frac{2}{5} \cdot 0 \right) = 78$$

ხოლო სამართლიანი ფასია

$$C_2 = (1+r)^{-1} [p^* C_{1.1} + (1-p^*) C_{1.0}] = \frac{5}{6} \left( \frac{3}{5} \cdot 78 + \frac{2}{5} \cdot 0 \right) = 39$$

ამრიგად, ორნაბიჯიან ბინომურ ხეს ექნება შემდეგი სახე:



გვაქვს:

$$\beta_1^* = \frac{(1+b)C_{1.0} - (1+a)C_{1.1}}{(1+r)(b+a)B_0} = \frac{\frac{8}{5} \cdot 0 - \frac{3}{5} \cdot 78}{\frac{6}{5} \cdot 1 \cdot 20} = -\frac{39}{20},$$

$$\gamma_1^* = \frac{C_{1.1} - C_{1.0}}{(b-a)S_0} = \frac{78 - 0}{1 \cdot 1000} = \frac{39}{50}$$

ამრიგად მივიღეთ  $\pi_1^* = (\beta_1^*, \gamma_1^*) = \left( -\frac{39}{20}, \frac{39}{50} \right)$ . ამ პორტფელის შესაბამისი კაპიტალი  $n=0$  მომენტში.

$$X_0^* = \beta_1^* B_0 + \gamma_1^* S_0 = -\frac{39}{20} \cdot 20 + \frac{39}{50} \cdot 100 = 39$$

შემდეგ გვაქვს

$$\beta_2^* = \frac{(1+b)C_{1.2} - (1+a)f_{2.2}}{(1+r)(b+a)B_1} = \frac{\frac{8}{5} \cdot 0 - \frac{3}{5} \cdot 156}{\frac{6}{5} \cdot 1 \cdot 24} = -\frac{13}{4},$$

$$\gamma_2^* = \frac{f_{2.2} - f_{1.1}}{(b-a)S_{1.1}} = \frac{156 - 0}{1 \cdot 160} = \frac{39}{40}$$

ამრიგად მივიღეთ  $\pi_1^* = (\beta_1^*, \gamma_1^*) = \left( -\frac{13}{4}, \frac{39}{40} \right)$ . ამ პორტფელის შესაბამისი კაპიტალი  $n=1$  მომენტში.

$$X_1^* = \beta_2^* B_1 + \gamma_2^* S_{1.1} = -\frac{13}{4} \cdot 24 + \frac{39}{40} \cdot 160 = 78$$

შემდეგ გვაქვს

$$\beta_2^* = \frac{(1+b)C_{1.2} - (1+a)f_{2.2}}{(1+r)(b+a)B_1} = \frac{\frac{8}{5} \cdot 0 - \frac{3}{5} \cdot 156}{\frac{6}{5} \cdot 1 \cdot 24} = -\frac{13}{4},$$

$$\gamma_2^* = \frac{f_{2.2} - f_{1.1}}{(b-a)S_{1.1}} = \frac{156 - 0}{1 \cdot 160} = \frac{39}{40}$$

IX.I. ვოქვათ,  $S_2 = S_{2,2} = 256$  ობლიგაციის ფასია

$$B_2 = (1+r) \cdot B_1 = \frac{6}{25} \cdot 24 = \frac{144}{5}$$

ასეთ შემთხვევაში

$$X_2^{\pi^*} = -\frac{13}{4} \cdot \frac{144}{5} + \frac{39}{40} \cdot 256 = 156$$

რაც ზუსტად პასუხობს ოფციონის ვალდებულებას  $f_{2,2} = f(S_{2,2}) = 156$

ემიტენტი გაყიდის  $\frac{39}{40}$  აქციას და მიიღებს  $\frac{39}{40} \cdot 256 = \frac{1248}{5}$ -ის ტოლ თანხას. ამ თან-

ხიდან ის გაისტუმრებს  $\frac{13}{4}$  ობლიგაციის ვალს ანუ  $\frac{13}{4} \cdot \frac{144}{5} = \frac{468}{5}$ -ის ტოლ თანხას,

ხოლო დარჩენილი  $\frac{1248}{5} - \frac{468}{5} = 156$ -ის ტოლი თანხით შეასრულებს ოფციონის ვალდებულებას:  $f_{2,2} = 156$ .

IX.II. ვოქვათ  $S_2 = S_{2,1} = 96$ . ასეთ შემთხვევაში

$$X_2^{\pi^*} = -\frac{13}{4} \cdot \frac{144}{5} + \frac{39}{40} \cdot 96 = 0.$$

რაც ზუსტად პასუხობს ოფციონის ვალდებულებას  $f_{2,1} = f(S_{2,1}) = 0$  ემიტენტი გაყიდის  $\frac{39}{40}$  აქციას და მიიღებს  $\frac{39}{40} \cdot 96 = \frac{468}{5}$ -ის ტოლ თანხას. ამ თანხიდან ის გაისტუმრებს

$\frac{13}{4}$  ობლიგაციის ვალს ანუ  $\frac{13}{4} \cdot \frac{144}{5} = \frac{468}{5}$ -ის ტოლ თანხას, ხოლო ოფციონის ვალდებულებით ის არაფერს იხდის, რადგან  $f_{2,1} = 0$ .

### ლიტერატურა

1. პეტრე ბაბილუა, ბესარიონ დოჭვირი, ელიზბარ ნადარაია. სტოქასტური ფინანსური მათემატიკა I. დისკრეტული დრო. – თბილისი, უნივერსალი, 2010, 136 გვ.
2. ბესარიონ დოჭვირი. ფინანსური მათემატიკა, ალბათობა, სტატისტიკა. -თბილისი, უნივერსალი, 2012, 255 გვ.
3. ლაზრიევა ნ., მანია მ., მირზაშვილი გ., ტორონჯაძე თ., ღლონტი ო., ჯამბურია ლ., ფინანსური ანალიზის რაოდენობრივი მეთოდები. -თბილისი, ფონდი „ვერაზია“, 1999.
4. Ширяев А. Основы стохастической финансовой математики. -Москва, Фазис, 1998, (т. 1, 2), 512 с., 544 с.

### SUMMARY

#### MODELING A EUROPEAN OPTION WITH ADDITIONAL COMPOUND INTEREST CONTRIBUTIONS

Makhashvili K.A., Tkemaladze G.Sh., Khechinashvili Z.J. and Dochviri B.M.

Georgian Technical University

Ivane Javakhishvili Tbilisi State University

Solved the problem of pricing the popular European type option in the case of a multivariate binomial financial market consisting of a quantity K bond and a single stock. It is assumed that the bond values are multiplied by the compound interest rate on the coupons - more than one number. In the case of the built model, the risk-neutral probability is defined, the generalized formula of fair price coke, Ross and Rubinstein and the buy-sell parity formula are adopted. Recursive formulas for the fair price of an option, two-step binomial trees, and formulas for calculating the minimum hedge are built into the n-step task.

**Keywords:** financial market, european option, fair price, minimal hedge.

## მიკროსტრუქტურის ბავლენა ლოკალურ დეფორმაციასა და დაღლილობითი მიკრობზარის წარმოქმნაზე

ეთერაშვილი თ.ვ.

## საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

**შესავალი.** როგორც ცნობილია, პოლიკრისტალური ლითონებისა და შენადნობების ციკლური დატვირთვისას, ხდება მათი პლასტიკური დეფორმაცია, რაც იწვევს, მასალის დაღლილობით დაზიანებას. დაზიანება მოიცავს, ცალკეული მარცვლების მასშტაბით სრიალის ზოლების და დეფორმაციული ორეულების წარმოქმნას. გარკვეულ ადგილებში კი ძაბვების ლოკალიზაციას და ბზარების ინიცირებას. ავტორების [1] აზრით, ეს პროცესი განსაკუთრებით ინტენსიურად მიმდინარეობს, მარცვლის საზღვრებსა და სასაზღვრო ფენების სიახლოვეს. დაღლილობითი დეფორმაციისას, მასალის მიკროსტრუქტურა, ტოპოგრაფია, ტექსტურა, ანიზოტროპიულობა და შიდა ფაქტორთან დამოკიდებულება, ხშირად განსაზღვრავს, დაღლილობითი ბზარის ინიცირების დაწყების პროცესს და ადგილს. ეს კი იწვევს კვლევებისას გარკვეულ სირთულეს, რადგანაც საკვლევ ზონაში, ცალკეულ მეზობელ მარცვალებს აქვთ, განსხვავებული ორიენტაცია და კონკრეტული კრისტალოგრაფიული სიბრტყეები. ავტორები [2], იკვლევდნენ, მაღალ ციკლური დაღლილობითი დატვირთვისას, ნიკელზე დაფუძნებულ შენადნობ René 88DT. მათ დაასკვნეს, რომ ბზარები წარმოიქმნება ცალკეულ მარცვლებში იმ სიბრტყეებზე, რომლებიც პარალელურობიდან ოდნავ გადახრილები არიან, კოჰერენტული ორეულის საზღვრებიდან.

ავტორებმა [3,4] ივარაუდეს, რომ ელასტიური ანიზოტროპია იწვევს ადგილობრივი ძაბვების კონცენტრაციას, რომელიც აძლიერებს სრიალს, ორეულის საზღვრებზე. მათვე ხაზგასმით აღნიშნეს, რომ ორეულები უფრო მიგვიყვანს დაძაბულობის ძლიერ ლოკალიზაციამდე, ვიდრე მარცვლის საზღვარი. თუმცა ადგილობრივი დაძაბულობის კონცენტრირების ხარისხი, მაკროსკოპულ დაძაბულობებთან შედარებით, არ იყო გამოკვლეული. იგივე დასკვნა იყო მიღებული ჩვენს სამუშაოში [5], რომელიც ეხებოდა ბირთვულ ენერგეტიკაში გამოყენებული აუსტენიტური კლასის ფოლად AISI-347 კვლევას.

გლობალური დატვირთვის პირობებში, მონიტორინგი და ციკლური დატვირთვის უფრო პროგნოზირებადი მოდელის შემუშავებისთვის, საჭიროა ჰეტეროგენული დაძაბულობის ველების რაოდენობრივი შეფასება, მიკროსკოპული მასშტაბით (ადგილობრივი მექანიკური პროცესის უკეთ ასახსნელად). აქტიურად მიმდინარეობს მუშაობა [6] კრისტალური პლასტიურობის მოდელირებაზეც, რომელიც დაფუძნებულია მიკროსტრუქტურის გავლენის გამოკვლევაზე. მიუხედავად ამისა, მაინც საჭიროა ექსპერიმენტული კვლევების ჩატარება მიკროდონეებზე, ლოკალურ დაძაბულობის ადგილების იდენტიფიცირებისათვის, მოდელირების შედეგების დასადასტურებლად [7]. უნდა აღინიშნოს, რომ თუ დაღლილობის გამოვლენა მასალის გარე ზედაპირზე მეტნაკლებად შესწავლილია (თუმცა არსებობს გარკვეული კითხვის ნიშნები), რა ხდება მასალის შიდა არეებში, ჯერ კიდევ არაა ბოლომდე გამოკვლეული. ასეთი კვლევის მეთოდოლოგიაც და პროგნოზირებაც ჯერ ისევ ჩანასახის დონეზეა.

დაღლილობითი დაზიანება შეიძლება დაეყოს სამ ეტაპად: დაღლილობის ბზარის დაწყება, ბზარის სტაბილური ზრდა და ბზარის არასტაბილური გამრავლება. ზოგადად, მექანიკური კომპონენტები და სტრუქტურები შეიცავს გეომეტრიულ უწყვეტობას დამახინჯებებზე. ამ უწყვეტობაში, ძაბვების კონცენტრაცია წარმოიქმნება გარე ძალის შედეგად და დამოკიდებულია კონკრეტული დამახინჯების ზომაზე. ლოკალური ძაბვები ზოგადად უფრო მაღალია, ვიდრე ნომინალური მნიშვნელობები. ამიტომ, სიფრთხილის ზომების გათვალისწინების შემთხვევაშიც (მასალების დამუშავების კარგი ხარისხი, ნარჩენი ძაბვების რელაქსაცია ... და ა.შ.) ვერ იქნება გამორიცხული. შესაბამისად ეს ადგილები განეკუთვნებიან ბზარის დაწყების პოტენციურ ადგილებს.

ბზარის წარმოქმნა ლითონურ მასალებში ხდება, დაღლილობის პროცესში მიკროსტრუქტურული ცვლილებების შედეგად. მათ ფორმირებაზე პასუხისმგებელია სხვადასხვა მექანიზმები (ამპლიტუდის სიდიდე, სიხშირე და სხვა). თუ ცნობილია, მოცემული მასალის მდგომარეობა ფიქსირებული ამპლიტუდით დატვირთვისას, მაშინ მისი შემდგომი დეფორმირებისას, ამპლიტუდების მზარდი რაოდენობა გამოიწვევს, ბზარის დაწყების ციკლების რაოდენობის შემცირებას. გამოდის, რომ ამ პერიოდში, ნარჩენი ძაბვები შეიძლება გაიზარდოს, შემცირდეს ან უცვლელი დარჩეს, ბზარის ინიცირებამდე. ზოგადად ცნობილია, რომ წინასწარი მცირე დეფორმაცია, ახდენს ნარჩენი ძაბვების, რელაქსაციას. ამ კუთხით საინტერესოა სამუშაო [8], რომელშიც ავტორების მიერ შესწავლილი იქნა, ატომურ რეაქტორებში მილსადენებად (თბოგამტარებად) გამოყენებული, აუსტენიტური კლასის ფოლადზე, პრედეფორმაციის ეფექტის გააღება, დაღლილობის ბზარის ჩასახვაზე. მათ მიერ, დადგენილი იქნა, რომ დაღლილობის ბზარის სიცოცხლის ხანგრძლივობა, დამოკიდებულია ლითონების სიმტკიცესა და დრეკადობაზე. წინასწარი დეფორმაცია, ყოველთვის არ ამცირებს ფოლადის დაღლილობის ხანგრძლივობას;

ჩვენი სამუშაოს მიზანია, ზემოთ ჩამოთვლილი კომპონენტების გათვალისწინებით, შევისწავლოთ (აუსტენიტური კლასის ფოლადში) მიკროსტრუქტურის როლი, დაღლილობითი ბზარის ინიცირებასა და გავრცელების პროცესზე. მათ შორის მარცვლებსა და სუბმარცვლებში (მასკანირებელი ელექტრონული მიკროსკოპით). სრიალის ზოლებში, ორეულებში, მარცვლის საზღვრებსა და მათი შეხების ადგილებში (გამჭოლი ელექტრონული მიკროსკოპით). განსაკუთრებული ყურადღება დაეთმობა შესაბამისი მიკროსტრუქტურული და მიკრომექანიკური პარამეტრების გააღებას, რომელთაც შეუძლიათ მოახდინონ ზემოქმედება მიკრობზარის წარმოქმნასა და გავრცელებაზე.

#### ექსპერმენტული კვლევები

კვლევისათვის შერჩეულ იქნა, ატომურ ენერგეტიკაში გამოყენებადი აუსტენიტური კლასის ფოლადი X18H10B (AISI-347). კვლევებასათვის, მზადდებოდა სტანდარტული მარტკუთხა ფორმის ნიმუშები, ციკლური დეფორმაციისათვის. ნიმუშის ორივე მხარე მომზადებული იყო, მასკანირებელ ელექტრონულ მიკროსკოპზე მიკროსტრუქტურული ცვლილებების საკვლევადა. დაღლილობითი ციკლური დეფორმაციის მიმდინარეობა შეისწავლებოდა, V ჭრილის წინ წარმოქმნილი მაკრობზარის, მიმდებარე პლასტიკურ ზონაში. დაღლილობის საწყისი ეტაპზე, მარცვლის ზედაპირზე, პრაქტიკულად რთულია თვალსაჩინო პლასტიკური გამოვლინებების აღმოჩენა. შესამჩნევი სრიალის ზოლები წარმოიქმნება მხოლოდ ნიმუშის 10% ციკლური დეფორმაციის შემდეგ. ციკლური დეფორმაცია მიმდინარეობდა ოთახის ტემპერატურაზე, 0,45 ჰერცი სიხშირითა და  $\varepsilon = \pm 0,05$  მმ ამპლიტუდით. როგორც მაკრობზარის წინ, ისე მის ორივე მხარეს, არის პლასტიკური გამოვლინებების ზონა, 150–250 მკმ სიდიდის. შემდგომი გამოცდებისას, ზონის სიდიდე იზრდება და აღწევს 250300 მკმ-დე. პლასტიკურ ზონაში, ძლიერ დეფორმირებულ მარცვლებთან ერთად, (მთლიანად დაფარული სრიალის ზოლებით) არის მარცვლები, რომლებიც ნაწილობრივ ან საერთოდ არაა დეფორმირებული. ჩატარებული კვლევებიდან გამომდინარეობს რომ, აუსტენიტური ფოლადის მარცვლების დიამეტრი მერყეობს, 30-დან 70 მიკრონამდე.

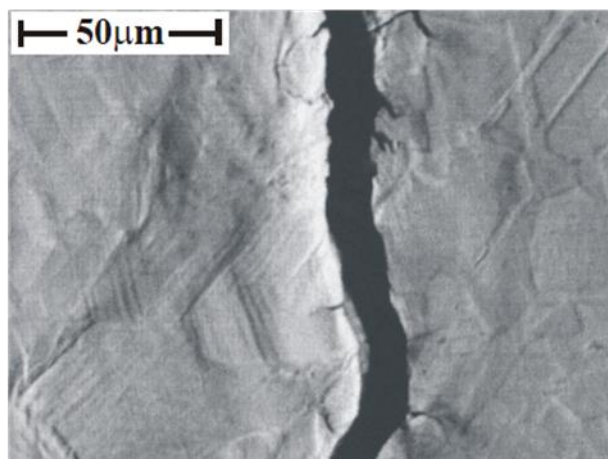
როგორც ცნობილია, ციკლური დატვირთვა იწვევს, ე.წ სტაბილური სრიალის ზოლების (ექსტრუზიებისა და ინტრუზიების) წარმოქმნას. მათი შესწავლა მოხდა, მასკანირებელი ელექტრონული მიკროსკოპით. კვლევებმა აჩვენა, რომ აუსტენიტური კლასის ფოლად X18H10B-Si(AISI-347), დაბალციკლური დაღლილობითი დეფორმაციისას (დცდ), სრიალის ზოლების წარმოქმნა ძირითადად დაიმზირება იმ მარცვლებში, რომლებიც ოპტიმალურად არიან ორიენტირებულნი შიშის ფაქტორთან. სხვანაირად რომ ვთქვათ, დეფორმაცია უფრო ინტენსიური და მკვეთრად გამოხატულია, იმ მარცვლებში, რომლებიც მოქცეულნი არიან შიშის ფაქტორის მაქსიმალურ არეალში. როგორც გამოკვლევებმა გვიჩვენა, გასათვალისწინებელია ის გარემოებაც, რომ მარცვლის ორიენტაციის გარდა დეფორმირების მკვეთრად გამოხატულობაზე, დადებითად მოქმედებს მარცვლის სიდიდეც. რაც უფრო დიდი ზომისაა მარცვალი,



მით უფრო „დიდა“ მისი დეფორმაციის „ხარისხი“ (მეტია სრიალის ზოლების გეომეტრიული ზომებიც და რაოდენობაც).

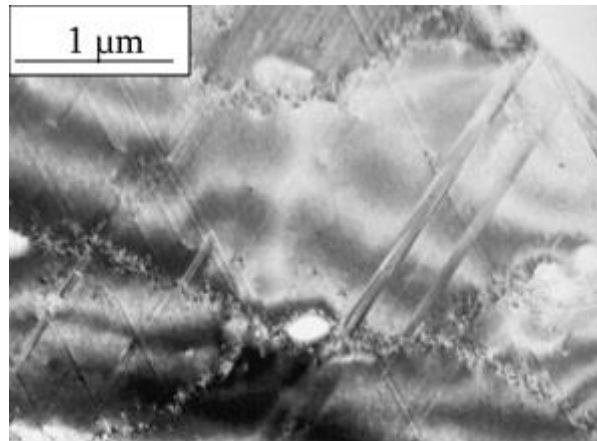
ჩატარებული კვლევებიდან გამომდინარეობს რომ, აუსტენიტური ფოლადის მარცვლების დიამეტრი მერყეობს, 30-დან 70 მიკრონამდე.

დადლილობის საწყისი ეტაპზე, მარცვლის ზედაპირზე, პრაქტიკულად რთულია თვალსაჩინო პლასტიკური გამოვლინებების აღმოჩენა. შესამჩნევი სრიალის ზოლები წარმოიქმნება მხოლოდ ნიმუშის  $n=4000$  ციკლით დატვირთვის შემდეგ. როგორც მაკროზარის წინ, ისე მის ორივე მხარეს, არის პლასტიკური გამოვლინებების ზონა, 150–250 მკმ სიდიდის. შემდგომი გამოცდებისას, ზონის სიდიდე იზრდება და აღწევს 250–300 მკმ-დე. პლასტიკურ ზონაში, ძლიერ დეფორმირებულ მარცვლებთან ერთად, (მთლიანად დაფარული სრიალის ზოლებით) არის მარცვლები, რომლებიც ნაწილობრივ ან საერთოდ არაა დეფორმირებული. დეფორმირებულ მარცვლებში, შეიმჩნევა უხეში (ლოკალიზებული) სრიალის ზოლებიც. როგორც წესი, ყველაზე უხეში სრიალის ზოლები წარმოიქმნება დიდი მარცვლებისა და ორეულების საზღვრებზე (ან საზღვრების გასწვრივ) და მარცვლების შეჯახების მახლობლად (განსაკუთრებით კუთხოვანი მარცვლის საზღვრებთან). პლასტიკურ ზონის ცალკეულ მარცვლებში, ლოკალიზებული სრიალის ზოლების გარდა, ასევე შეიძლება დაფიქსირდეს ინტენსიური სრიალის ზოლების ნაკადი. იგი ვლინდება პარალელური სრიალის ზოლების სახით, რომლებიც ფარავს მარცვლის ნაწილს (სურ. 1.) სრიალის ზოლების სიგრძეთა გაზომვებმა აჩვენა, რომ ზოლების უდიდესი ნაწილის, ზომები 10-დან 30 მიკრონამდე მერყეობს. შემდგომი ციკლირებისას, ადრე ჩამოყალიბებულთან ერთად, ჩნდება ახალი სრიალის ზოლები. პირველი ზოლებისგან განსხვავებით, ისინი ნაკლებად მკაფიოდაა გამოხატული და უფრო ნაკლები სიგრძისანი არიან. შემდგომი დეფორმირებისას, იზრდება სრიალის ზოლების სიგრძე, საწყისი სიგრძის დაახლოებით 20%. მარცვლის შიგნით შეიმჩნევა ცალკეული სუბმარცვლები, რომლებიც გამოირჩევიან განსხვავებული მიმართულების სრიალის ზოლებით. თუმცა, მათი განლაგება ექვემდებარება, შიშის ფაქტორის არეალში მდებარეობას. მარცვლის დიამეტრზე, დაიმზირება ორი სხვადასხვა კრისტალოგრაფიული მიმართულებები. შესაბამისად დისლოკაციებს შეუძლიათ გავრცელდნენ მარცვლის მთელ ზედაპირზე. ეს ქმნის მარცვლის ცალკეულ ადგილებში მაღალი ძაბვების კონცენტრირების შესაძლებლობას, განსაკუთრებით იმ შემთხვევაში, თუ სრიალი ლოკალიზებულია ერთ სისტემაზე.



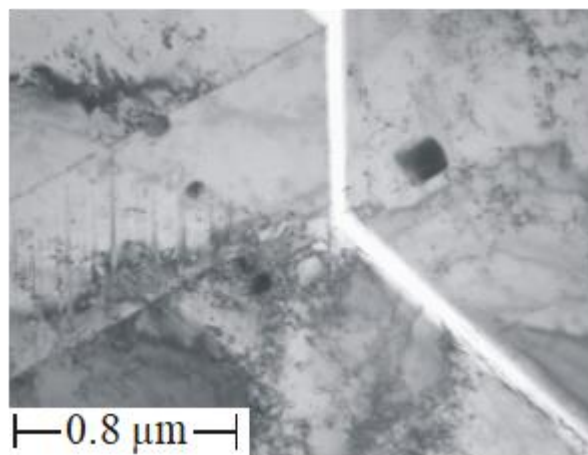
სურ.1. პლასტიკური გამოვლინებები სრიალის ზოლებით, X18N10B (AISI-347) ფოლადში მაკროზარის მიმდებარედ. (მასკანირებელი ელ. მიკროფოტოგრაფია)

ეს მნიშვნელოვანს ხდის მიკროსტრუქტურის ტოპოგრაფიას და მისი გათვალისწინების აუცილებლობას. იგივე სურათი დაიმზირება, გამჭოლი ელექტრონული მიკროსკოპული (გემ) კვლევებისას (სურ. 2) (გემ კვლევებისთვის გამოყენებული იყო იგივე ტიპის განტელის ფორმის ნიმუშები, იმავე დადლილობით და გამოცდის პირობებით). ცალკეული მარცვლის შიგნით აქაც ძირითადად გვხვდება ორი მიმართულების სრიალის ზოლები.



სურ. 2. ორი მიმართულების სრიალის ზოლები X18N10B (AISI-347) ფოლადში და კარბიდული ჩანარები (გამჭოლი ელ მიკროსურათი).

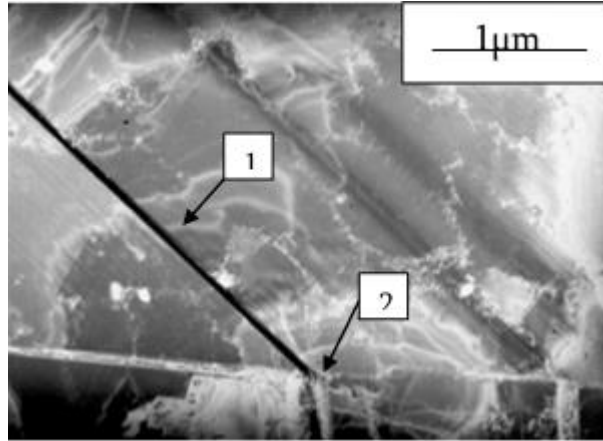
კვალთა მიმართულებების, ასევე კრისტალოგრაფიულმა და სტერო ანალიზმა გვიჩვენა, რომ სრიალი მიმდინარეობს უპირატესად (111) სრიალის სიბრტყეზე  $\langle 110 \rangle$  მიმართულებით. გაორება კი მიმდინარეობს (111) სიბრტყეზე  $\langle 112 \rangle$  მიმართულებით. გამჭოლ ელექტრონო-მიკროსკოპულმა (გემ) კვლევებმა აჩვენა, მიკრო ბზარები, როგორც წესი ხშირად დაიმზირება კარგად ჩამოყალიბებული სრიალის ზოლებზე (ზოლებში).



სურ. 3. სრიალის ზოლში წარმოქმნილი მიკრობზარის ტრაექტორიის ცვლილება სუბმარცვალში გადასვლისას

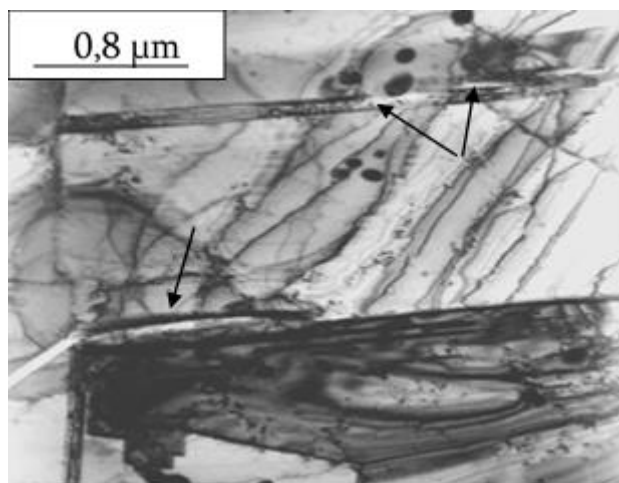
მისი სიგრძე ასეთ შემთხვევაში, ვრცელდება მთელი მარცვლის ან სუბმარცვლის სიგრძეზე. თუ მიკრობზარი, თავისი გავრცელებისას, შეეჯახება სუბმარცვალს, ის ვრცელდება მასში ოდნავ შეცვლილი მიმართულებით. შეცვლილი მიმართულება თანხვედნილია, სუბმარცვალში არსებული სრიალის ზოლების მიმართულების. (სურ.3) ასეთ მიკრობზარებს აქვთ, კარგად ჩამოყალიბებული პარალელური გვერდები, რომლებიც მიჰყვებიან სრიალის ზოლს. მათ გვერდით თანაარსებობენ ცალკეული

სრიალის ზოლებიც. მეზობელ მარცვალში შეჭრისას საზღვარზე, მიკრობზარი იწვევს, ძლიერ დამახინჯებას, როგორც საზღვარზე, ასევე მარცვალში. ეს გამოიხატება მარცვლის საზღვარზე ძლიერი ლოკალური დამახინჯებებით და ძაბვის ჩირაღდნული ფორმის დეორიენტირებული არეების წარმოქმნებით (სურ. 4 (2) ქვედა მხარე).



სურ. 4. მიკრობზარი სრიალის ზოლების გასწვრივ (1) (ბნელაროვანი ელექტრონული მიკროფოტოგრაფია); ქვედა მხარეს ჩირაღდნული ფორმის ლოკალური დამახინჯებები (2)

გარდა ასეთი დამახინჯებისა, ცალკეულ შემთხვევებში მიკრობზარი შეჯახებისას, იწვევს ნაწილობრივ ინიცირებასაც (სურ. 5). ასეთი შემთხვევების სტატისტიკურმა ანალიზმა აჩვენა, რომ მიკრობზარი ფორმირდება სრიალის ზოლსა და „მიმდებარე არეს“ შორის საზღვარზე (სურ. 5. ქვედა მარცხენა მხარე). ნაწილობრივი ჯერ კიდევ არ არის ჩამოყალიბებული ბოლომდე (ამაზე მიუთითებს მისი არასწორი – გაღუნული ელიფსის ფორმა) და უფრო ჰგავს ამ ზოლებში ნიმუშის მიკროსექციების ლოკალურ რღვევებს (გახლეჩებს). იგივე დასკვნის გამოტანის საფუძველს გვაძლევს, ულტრა მიკრობზარების (ნაწილობრივი) ინიცირების ადგილების ანალიზი (სურ. 5, ზედა მარჯვენა მხარე).



სურ.5. ნაწილობრივი X18N10B (AISI-347) ფოლადში და კარბიდული ჩანართები, გამჭოლი ელ მიკროფოტოგრაფია

ამ კონკრეტულ შემთხვევაში, (ნანობზარები 1 მკმ და უფრო ნაკლები სიგრძით) ხშირად დაიშორება, სრიალის ზოლსა და კარბიდული ჩანართების ურთიერთქმედების ადგილებში. ერთ-ერთი ასეთი შემთხვევა ნაჩვენებია მე-5. ნახაზზე (მიკრო სურათის ზედა მარჯვენა და ქვედა მარცხენა ნაწილები). ნათლად ჩანს, რომ „ზოლი-მიმდებარე არე“ ნანობზარებით, ნაწილობრივ ეხება კარბიდულ ჩანართებს. ხშირად, ასეთ ადგილებში, ხდება ულტრა მიკრობზარების წარმოქმნა. როგორც სურათიდან ჩანს ლოკალურ არეში, რომლის სიგანე დახლოებით 0,1 მკმ-ს არ აღემატება, წარმოიქმნა სამი ნანობზარი, რომლებიც განთავსდნენ სიგრძეში სამ სხვადასხვა დონეზე. თითოეული მათგანის სიგრძე 0,2 ნანომეტრის რიგისაა, ხოლო მათ შორის მანძილი 0,05 მკმ. ამ დროს, ისევე როგორც წინა შემთხვევაში, ბზარებს არა აქვთ მკაცრი გეომეტრიული ფორმა. იქმნება შთაბეჭდილება თითქოს ისინი ინიცირდნენ ნიმუშის, ლოკალურ ადგილებში, მიკრო გახლეჩის გამო, მაგრამ ვერ მოხერხდა, მათი გაერთიანება, რაღაც მიზეზის გამო.

### განხილვა

ჩატარებულმა ექსპერიმენტალურმა კვლევებმა რემ-ით და გემ-ით გვიჩვენა, რომ დცდ დეფორმაცია ფოლადებში მიმდინარებს არაერთგვაროვნად.

სტრუქტურული არაერთგვაროვნობის გამო დაბალციკლური დაღლილობით დეფორმაცია მიმდინარეობს, როგორც არალოკალიზებული, ისე ლოკალიზებული სახით. არალოკალიზებული – თანდაყოლილია მასალის მთელ დაძაბულ მოცულობაში და წარმოადგენს, დაზიანების განუყოფელ საშუალო მახასიათებელს. რაც შეეხება ლოკალიზებულს, როგორც კვლევებმა, გვიჩვენა მას განსაზღვრავს მასალის მიკროსტრუქტურა, ტოპოგრაფია, კრისტალოგრაფია და მისი მდებარეობა შიშის ფაქტორთან მიმართებაში.

დეფორმაცია მიმდინარეობს სრიალის სიბრტყეებისა და ბზარების წარმოქმნით. შედეგების ანალიზმა აჩვენა, რომ სრიალის ზოლების მინიმუმ ორი მიმართულება იყო გააქტიურებული, ასევე მათზე (თუ მათში) წარმოქმნილი ბზარი, ვრცელდებოდა მარცვალსა და სუბმარცვალში. თუმცა სუბმარცვალში გადასვლისას იცვლის მიმართულებას, მაგრამ არა კრისტალოგრაფიას.

მიკროპლასტიკური დეფორმაცია ლოკალიზებულია კონკრეტულ ადგილებში. ამაზე მიუთითებს, ნანობზარების წარმოქმნა, მიკრობზარის მარცვლებთან შეჯახებისა და კარბიდულ ჩანართების სიახლოვეს, ასევე მათი არასწორი ფორმა (განსხვავებით მიკრობზარებისაგან).

გავარჩიოთ შეჯახების ადგილები. ბუნებრივია რომ მიკრობზარის გაგრძელებისას წვეროს წინ წარმოიქმნება ძაბვები. წინააღმდეგობასთან შეჯახებისას, ძაბვები უნდა რელაქსირდეს. როგორც ვნახეთ, რელაქსაცია მიდინარეობს სრიალის ზოლებისა და ბზარების წარმოქმნით. ეს არის მასალის ბუნებრივი აკომოდაციის პროცესი, ძაბვების მოსახსნელად. მაგრამ ძაბვების მოხსნის ერთ-ერთი მექანიზმია ასევე, დეფორმაციული ორეულების წარმოქმნაც. ცნობილია, რომ ორეულების წარმოსაქმნელად, უფრო დიდი ძაბვაა საჭირო ვიდრე სრიალის ზოლებისათვის, მაგრამ უფრო ნაკლები ვიდრე ბზარის ინიცირებისათვის. სწორედ ამაზე მიუთითებს ნანობზარების არასწორი ფორმა და შეზღუდულობა სიგრძეში მე-5 სურათის ქვედა მხარეზე (ნაჩვენებია ისრით). მიკრობზარის შეჯახებისას მარცვლის საზღვარზე არსებული ძაბვები, სავარაუდოდ ისეთი სიდიდისაა, რომ რელაქსირდებიან სრიალის ზოლების, ნანობზარისა და ორეულების წარმოქმნით. ამ ლოკალურ ადგილას წარმოქმნილ სრიალის ზოლში, რომელშიც ინიცირდება ნანობზარი, უნდა დავუშვათ, რომ წარმოიქმნება მიკრო ორეულებიც. ამის დასადასტურებლად გავარჩიოთ, მარტივი მაგალითი. წახნაგ ცენტრირებულ კუბურ სტრუქტურაში დეფორმაციამდე არსებული სიბრტყეები ABCABCABC, დეფორმაციის შემდეგ გადალაგდებიან შემდეგნაირად A|BAB|CABC. ამ მაგალითიდან კარგად ჩანს, რომ სრიალით სიბრტყის მიმართ ვლუბულობით მიკრო ორეულს. შესაბამისად გვერდი-გვერდ არიან, ნანობზარი (რომელიც წარმოიქმნა სრიალის ზოლში) და მიკრო ორეულები. როგორც ცნობილია, გცკ სტრუქტურის შემთხვევაში, ორეულისა და სრიალის (111) სიბრტყეები ემთხვევა ერთმეორეს, მიმართულებები კი  $\langle 112 \rangle$  და  $\langle 110 \rangle$  განსხვავებულია. მინიმალური კუთხე

ამ მიმართულებებს შორის თითქმის 30<sup>0</sup>. სწორედ ამიტომ, წარმოქმნილი ნანობზარი, სავარაუდოდ „ჩარჩა“ ლოკალურად და ვეღარ ვრცელდება. სწორედ ეს უნდა იყოს მიზეზი მისი შეჩერებისა და მიმართულებიდან გადახრისა.

კარბიდულ ჩანართების სიახლოვეს, წარმოქმნილი ნანობზარებიც (სურ. 5 ზე და მხარე, ნაჩვენებია ისრებით), ასეთივე წარმოშობისაა, მხოლოდ იმ განსხვავებით, რომ აქ დაიმზირება ასევე კარბიდული ჩანართებიც. ორეულში ნანობზარები მდებარეობენ სხადასხვა განსხვავებულ დონეებზე, თუმცა თავმოყრილინი არიან ერთ მთლიან არეში. მათი სიგრძეები 0,2 ნანომეტრის რიგისაა. მატ მიმდებარედ, საკმაო რაოდენობის კარბიდული ჩანართებია, რომლებიც როგორც წესი მოიაზრებიან ძაბვების თავმოყრის ხელშემწყობ ადგილებად. ამას ადასტურებს ექსტინქციური კონტურების ანალიზიც, რაც ვიზუალურადაც კარგად ჩანს, მათი ფორმებიდნ გამომდინარე (სურ. 2–5). შესაბამისად, ჩატარებული კვლევები გვიჩვენებს, რომ ყოველთვის დიდია პიკური ძაბვების ის სიდიდე, რომელიც გამოიწვევს ულტრა მიკრობზარების წარმოქმნას. ასეთი ადგილებია სრიალის ზოლებისა და კარბიდული ჩანართების სიახლოვე; მიკრობზარის შეჯახების ადგილები მარცვლის საზღვართან ან სუბსაზღვართან; სრიალის ზოლებისა და ორეულის საზღვარები; რაც კარგად ჩანს წარმოდგენილი ექსპერიმენტული მიკროფოტო სურათებიდანაც.

ეს მიმოხილვა აჯამებს თანამედროვე შეხედულებებს მიკროსტრუქტურის გადამწყვეტი როლის შესახებ აუსტენიტური კლასის ფოლადებში დაბალცილური დაღლილობისას ბზარების წარმოქმნაზე. მიკროსტრუქტურული პარამეტრები, რომლებიც გავლენას ახდენენ დაღლილობის ბზარის დაწყებაზე სრიალის ზოლებზე, მარცვლის საზღვრებზე, ჩანართებსა და ორეულებზე. რაც მთავარია ყველა ეს შედეგი მიღებულია არ მარტო მასალის ზედაპირული კვლევებით, არამედ გამოკვლეულია მასალის შიგნით მიმდინარე პროცესებითაც. დაწყებული სრიალის ზოლებით დამთავრებული მიკრო- და ნანობზარების წარმოქმნით. ახსნილია ნანობზარების ინიცირებისა და გადახრის მიზეზი ორეულის მიმართულებიდან. მიმოხილვის შედეგად მიღებულია დასკვნები.

### დასკვნები

1. მიკროსტრუქტურას შეუძლია, შექმნას შინაგანი მარცვლის ტოპოგრაფიიდან გამომდინარე ძაბვები, რამაც შეიძლება შეცვალოს ფოლადების და მასალების სიცოცხლის უნარიანობა.

2. ტოპოგრაფიულ ძაბვებში მოიაზრება, ლოკალურ ადგილებში მიკროსტრუქტურის ცვლილებით გამოწვეული, პიკური კუმშვადი ძაბვების დაგროვება, რომელსაც შეუძლია ამ ადგილებში წარმოქმნას ბზარი.

3. მიკრო- და ნანობზარების ინიცირებას, ხელს უწყობს კარბიდული ჩანართები და მათ სიახლოვეს წარმოქმნილი ლოკალური პიკური ძაბვები.

4. მიკრობზარები, რომლებიც წარმოიქმნებიან სრიალს ზოლებში, გავრცელების პროცესში სუბმარცვლის საზღვრის გადაკვეთისას, იცვლის მიმართულებას მაგრამ ისევ პარალელური რჩება, სუბმარცვალში არსებული სრიალის ზოლების.

### ლიტერატურა

1. K. Ehrlich, E.E. Bloom, T. kondo. International strategy for fusion materials development. //Journal of Nuclear Materials, Part I 283 (287), 2000, pp.79-88.doi: 10.1016/S0022-3115(00)00102-1
2. M.J. Caton, Jha SK, A.H. Rosenberger, J.M. Larsen. Divergence of mechanisms and the effect on the fatigue life variability of Rene 88 DT. In: Green KA, Pollock TM, Harada H, Howson TE, Reed RC, Schirra JJ, et al., editors. Superalloys 2004. TMS (The Minerals, Metals and Materials Society); 2004. p. 305–14.
3. C. Stinville, N. Vanderesse, F. Bridier, P. Bocher, T.M. Pollock. High resolution mapping of strain localization near twin boundaries in a nickel-based super alloy. //J. Materials Department, University of California Santa Barbara, Santa Barbara, USA Department of Mechanical Engineering, École de Technologie Supérieure, Acta Materialia, том 98, 2015, pp. 29-42. doi 10.1016/j.actamat.2015.07.016
4. A. Cerrone, A. Spear, J. Tucker, C. Stein, A. Rollett, A. Ingraffea. Modeling crack nucleation at coherent twin boundaries in nickel-based superalloys, Mater. Sci. Technol. MS&T, 2013.

5. T. Eterashvili. Study of Fracture Mechanisms at Cyclic Fatigue of Austenitic Steels Used in Nuclear Reactors. Austenitic Stainless Steels- New Aspects. Ed. W. Borek, T. Tanski, Z. Brytan. 2017, pp. 187-208. <http://dx.doi.org/10.5772/67935>
6. A. Cerrone, A. Spear, J. Tucker, C. Stein, A. Rollett, A. Ingraffea, Modeling crack nucleation at coherent twin boundaries in nickel-based superalloys, Mater. Sci. Technol. MS&T, 2013.
7. D.L. Davidson, K.S. Chan, S.J. Hudak Jr., R.C. McClung Small fatigue cracks R.O. Ritchie, Y. Murakami (Eds.), Comprehensive structural integrity, Cyclic loading and fatigue, vol. 4, Elsevier, Oxford, UK, 2003, p. 129
8. M. Zheng, J.H.Luo, X.W.Zhao, Z.Q. Bai, R.Wang. // International Journal of Pressing and Vessels Piping. 82, 2005, 546.

## SUMMARY

### IMPACT OF MICROSTRUCTURE ON LOCAL DEFORMATION AND FATIGUE MICRO-CRACK FORMATION

Eterashvili T.V.

Georgian Technical University

The paper deals with current processes in low-cyclic fatigue (LCF) austenitic grade stainless steel used in nuclear power plants. The work discusses, microstructural changes of (LCF): locations of local stress concentrations; Plastic deformation current; The locations of the slip flats and the impact of the tabs on them; Their relationship to the Schmid factor, grain geometry and topography is shown. The importance of the role of microstructure in crack initiation and propagation processes is shown. The predominant sites for the formation of micro twins, micro-cracks and nano-cracks, their location and the role of grain boundaries and carbide inserts in these processes have been investigated. The relationship of microcracks to slip flats and grain boundaries. The crystallography of the slip strips and micro-cracks is established, as well as their orientation with respect to the macro and micro cracks.

**Keywords:** LCF, microstructure, crack initiation, stress concentratins, micro twins.

ბაბნეული ველის სტრუქტურა ხუთ-პორტიანი ტალღამტარული შესახსრების/განმშტოვების/ მთელს ფიზიკურ არეში სისტემის კომბინირებულ რეჟიმში კვებისას

შენგელია მ.ა., ხოჭოლაგა დ.ზ., ბერიძე მ.გ., ქეციშვილი მ.გ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

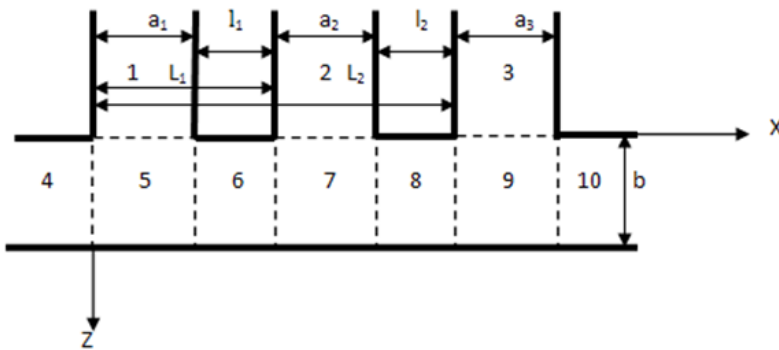
შესავალი

ელექტრონიკის, რადიოტექნიკასა და რადიოფიზიკის სფეროში მიღწეულ სიახლეთა ტექნიკაში დანერგვის ეფექტურობა მნიშვნელოვანწილადაა დამოკიდებული ელემენტარული ბაზების – (გამოსხივების წყაროების, გადამცემების, ფილტრაციული სისტემებისა და აპარატურის სხვა კომპონენტების) – მდგომარეობაზე.

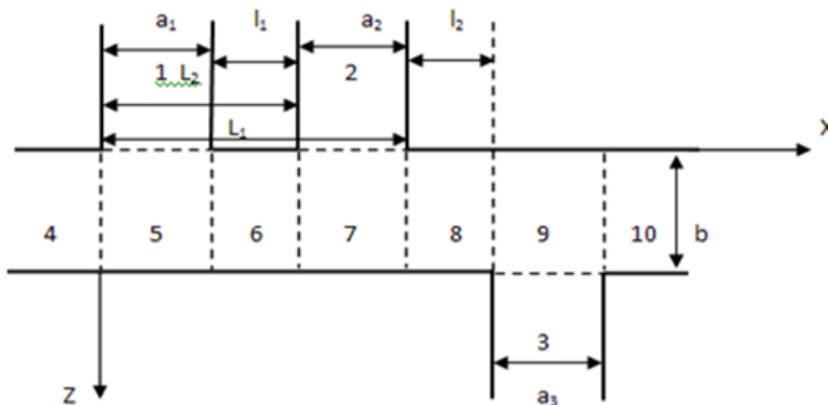
მრავალსართულიანი ტალღამტარული სისტემების პრობლემის შესწავლისას მიღებული შედეგების ანალიზმა აჩვენა, რომ ტალღამტარული შესახსრების/განმშტოვების/ შტოებს (მხრებს) შორის, პრაქტიკისათვის მისაღები შეთანხმების მიღწევა, შესაძლებელია მხოლოდ ვიწრო სიხშირული ზოლისა და სხვადასხვა მხრების ზომების, ფიქსირებული თანაფარდობისათვის.

ტალღამტარული შესახსრება/განმშტოვებლებში ფართო სიხშირულ ზოლში შეთანხმების მაღალი ხარისხის მიღწევა შეუძლებელია მის სტრუქტურაში კონსტრუქციული (მაგ. ხელოვნური არაერთგვაროვნებების ჩართვის გზით) [1-3], ცვლილებების გარეშე.

განსახილველი სტრუქტურა გამოსახულია ნახაზზე.

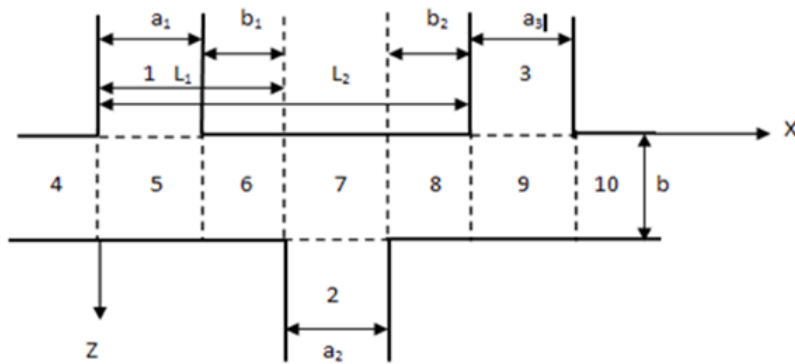


ა



ბ





ბ

განსახილველი სტრუქტურა გვერდითი შტოების სხვადასხვა კონფიგურაციისათვის

სისტემის კონსტრუქციისა და კვების რეჟიმების ვარირების მიზნით შემოტანილია ე.წ. კვებისა და გვერდითი შტოს ორიენტაციის ლოგიკური მამრავლები:  $p1(j)=1-(j=1,2,3,4,10)$  ნიშნავს რომ შესაბამისი შტოს მხრიდან სისტემას კვება მიეწოდება,  $p1(j)=0$  – არ მიეწოდება;  $p2(j)=1 (j=2,3)$  – ნიშნავს, რომ შესაბამისი შტო მიერთებულია ქვედა მხრიდან, ხოლო  $p2(j)=0$  – ზედა მხრიდან.

თითოეულ არეში ველის კორექტული ჩაწერის, სხვადასხვა არის გამყოფ ზედაპირებზე ელექტრული ველის ტანგენციალური მდგენელის უწყვეტობის პირობების და ნაშთთა თეორიის გამოყენებით, ვლებულობთ ველის წარმოდგენას გვერდით შტოებში გაბნეული ველების მულტიპოლური სპექტრის კოეფიციენტების საშუალებით:

$$E_y^{(1)} = E_y^{(10)} + \sum_{m=1}^{\infty} A_m^{(1)} \sin(a_m^{(1)} x) \exp(ih_m^{(1)} z) \quad (1)$$

$$E_y^{(2)} = E_y^{(20)} + \sum_{m=1}^{\infty} A_m^{(2)} \sin[a_m^{(1)}(x - L_1)] \exp((-1)^{p2(2)} [ih_m^{(2)}(z - p2(2)b)]) \quad (2)$$

$$E_y^{(3)} = E_y^{(30)} + \sum_{m=1}^{\infty} A_m^{(3)} \sin[a_m^{(2)}(x - L_3)] \exp((-1)^{p2(3)} [ih_m^{(3)}(z - p2(3)b)]) \quad (3)$$

$$E_y^{(4)} = E_y^{(40)} + \sum_{m=1}^{\infty} [B_m^{(2)} + B_m^{(4)} \exp(-h_m^{(4)} L_1) + B_m^{(6)} \exp(-h_m^{(4)} L_2)] \sin(a_m^{(4)} z) \exp(h_m^{(4)} x) \quad (4)$$

$$E_y^{(5)} = p1(4) \sin(a_{\mu 2}^{(4)} z) \exp(-ih_{\mu 2}^{(4)} x) + p1(10) \sin(a_{\mu 2}^{(4)} z) \exp(-ih_{\mu 2}^{(4)}(x - L_2 - a)) + \sum_{m=1}^{\infty} \overline{A_m^{(1)}} \{ u_m^{(1)} \sin(a_m^{(1)} x) \exp[ih_m^{(1)}(b - z)] - \sum_{m=1}^{\infty} u_{mn}^{(2)} [\exp(-ih_m^{(4)} x) - (-1)^m] \times \exp(-ih_n^{(4)}(x - a))] \sin(a_m^{(4)} z) \} - i \sum_{m=1}^{\infty} \overline{A_m^{(2)}} \sum_{n=1}^{\infty} u_{mn}^{(3)} \sin(a_n^{(4)} z) \exp(ih_n^{(4)}(x - L_1)) - i \sum_{m=1}^{\infty} \overline{A_m^{(3)}} \sum_{n=1}^{\infty} u_{mn}^{(4)} \sin(a_n^{(4)} z) \exp(ih_n^{(4)}(x - L_2)) \quad (5)$$

$$E_y^{(6)} = \{ A_m^{(6)} \exp(-ih_m^{(4)}(x - a)) + [B_m^{(6)} \exp(-h_m^{(4)} L_1) + B_m^{(4)} \exp(-h_m^{(4)} L_{21})] \times \sin(a_m^{(4)} z) \exp(ih_m^{(4)} x) \} \quad (6)$$

$$\begin{aligned}
E_y^{(7)} = & p1(4)\sin(a_{\mu_2}^{(4)}z)\exp(-ih_{\mu_2}^{(4)}x) + p1(10)\sin(a_{\mu_2}^{(4)}z)\exp(-ih_{\mu_2}^{(4)}(x-L_2-a)) + \\
& + \sum_{m=1}^{\infty} \overline{A_m^{(2)}} \{v_m^{(1)} \sin[h_m^{(2)}(1-p2(2))b - (-1)^{p2(2)}z] \sin[a_m^{(2)}(x-L_1)] - \sum_{m=1}^{\infty} v_{mn}^{(2)} \sin(a_m^{(4)}z) \times \\
& \times [\exp[-ih_n^{(4)}(x-L_1)] - (-1)^m \exp(-ih_n^{(4)}(x-L_1-a))] + \sum_{m=1}^{\infty} \overline{A_m^{(1)}} \sum_{n=1}^{\infty} v_{mn}^{(3)} \sin(a_n^{(4)}z) \times \\
& \exp(ih_n^{(4)}(x-a)) - \sum_{m=1}^{\infty} \overline{A_m^{(1)}} \sum_{n=1}^{\infty} v_{mn}^{(3)} \sin(a_n^{(4)}z) \exp(ih_n^{(4)}(x-L_2)) \}
\end{aligned} \quad (7)$$

$$E_y^{(8)} = \sum_{m=1}^{\infty} \{ [A_m^{(6)} + A_m^{(8)} \exp(ih_n^{(4)}L_1)] \exp(ih_n^{(4)}(x-a)) + B_m^{(2)} \exp(ih_n^{(4)}(x-L_2)) \} \sin(a_m^{(4)}z) \quad (8)$$

$$\begin{aligned}
E_y^{(9)} = & p1(4)\sin(a_{\mu_2}^{(4)}z)\exp(-ih_{\mu_2}^{(4)}x) + p1(10)\sin(a_{\mu_2}^{(4)}z)\exp(-ih_{\mu_2}^{(4)}(x-L_2-a)) + \sum_{m=1}^{\infty} \overline{A_m^{(3)}} \times \\
& \sum_{m=1}^{\infty} \overline{A_m^{(3)}} \{s_m^{(1)} \sin[h_m^{(2)}(1-p2(2))b - (-1)^{p2(2)}z] \sin[a_m^{(2)}(x-L_1)] - \sum_{m=1}^{\infty} s_{mn}^{(2)} \sin(a_m^{(4)}z) \times \\
& \times [\exp[-ih_n^{(4)}(x-L_2)] - (-1)^m \exp(-ih_n^{(4)}(x-L_2-a))] + \sum_{m=1}^{\infty} \overline{A_m^{(1)}} \sum_{n=1}^{\infty} s_{mn}^{(3)} \sin(a_n^{(4)}z) \times \\
& \exp(ih_n^{(4)}(x-a)) - \sum_{m=1}^{\infty} \overline{A_m^{(2)}} \sum_{n=1}^{\infty} s_{mn}^{(4)} \sin(a_n^{(4)}z) \exp(ih_n^{(4)}(x-L_1-a)) \}
\end{aligned} \quad (9)$$

$$\begin{aligned}
E_y^{(10)} = & E_y^{(100)} + \sum_{m=1}^{\infty} \{ [A_m^{(6)} \exp(ih_m^{(4)}a) + A_m^{(8)} \exp(ih_m^{(4)}(L_1+a)) + A_m^{(10)} \exp(ih_m^{(4)}(L_2+a))] \} \times \\
& \times \exp(-ih_n^{(4)}x) \sin(a_m^{(4)}z)
\end{aligned} \quad (10)$$

ამრიგად, ჩვენ შევძელით გამოგვესახა ელექტრული ველის დაძაბულობის ვექტორი მთელ ფიზიკურ არეში გვერდით შტოებში არეკვლილი ველის კოეფიციენტების საშუალებით. მიღებული შედეგებიდან ჩანს, რომ ველი დაიშალა ორ კომპონენტად, რომელთაგან ერთის საკუთარი რიცხვებია შესაბამისი გვერდითი შტოს ტალღური რიცხვები, ხოლო მეორისა კი – ძირითადი ტალღამტარის ტალღური რიცხვებია. ამასთანავე, მიღებული შედეგებიდან შეგვიძლია ვივარაუდოთ, რომ განსახილველი სისტემის ელექტროდინამიკური თვისებების ცვლილება შესაძლებელია სისტემის კვების რეჟიმის ვარიაციით.

#### ლიტერატურა

1. F.G. Bogdanov, G.V. Jandieri, G.Sh. Kevanishvili, G.V. Kekelia, K. Yasumoto – Simulation and analysis of multiport waveguide junction with artificial discontinuities formed of inductive strips and diaphragms, PIERS. /Progress in Electromagnetic Research Symposium Proceeding, vol. 1, 2004, Piza, Italia, pp. 27-31.
2. F.G. Bogdanov, G. Sh. Kevanishvili, G. V. Jandieri, G. V. Kekelia, K. Yasumoto. Optimization Strategie for Waveguide Junction with Canonical Types of Artificial Discontinuities. //International Journal of Microwave and Optical Technology, vol. 1, N 2, pp. 259-266, August 2006.
3. F. G. Bogdanov, G. S. Kevanishvili, G. V. Kekelia, S. L. Prosvirnin, Analysis And Design of Cruciform Waveguide Junction with a Conducting Diaphragm and a Dielectric Layer in the Main Arm, Progress In Electromagnetics Research B, Vol. 29, 2011, pp. 139-155.

#### SUMMARY

#### SCATTERED FIELD STRUCTURE AT COMBINED POWER SUPPLY OF FIVE-PORT WAVEGUIDE JUNCTION/BRANCHING

Shengelia M.A., Xocholava D.Z., Beridze M.G. and Kevkishvili M.G.

Georgian Technical University

The problem of finding the scattered field in a five-port waveguide joint with combined power supply is considered. The obtained result suggests that by varying the power regimes, it is possible to change the properties of the system.

**Keywords:** scattered field, five-port waveguide joint, waveguide systems.

ცოცხალი ორგანიზმების მიერ ხელოვნურად შექმნილი აკუსტიკური დიაპაზონის ელექტრომაგნიტური ველის ზემოქმედების აღქმის მექანიზმი

შენგელია მ.ა., ბერიძე მ.გ., ხოჭოლავა დ.ზ., ქვენიშვილი მ.გ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

მრავალი ავტორის მიერ დღემდე ითვლება, რომ ცოცხალ ორგანიზმებში მომდინარე პროცესა უმეტესობა ატარებს სტოქასტურ ხასიათს. ჩვენ ვფიქრობთ, რომ სტოქასტურია გარემოში მიმდინარე პროცესები, ხოლო ცოცხალ ორგანიზმებში მათ ფონზე განვითარებული მოვლენები კი წარმოადგენენ ადექვატურ და კანონზომიერ პასუხს გარემო პირობების ცვლილებაზე. აქედან გამომდინარე, ბიოსისტემების ფუნქციონირების პრინციპებისა და მექანიზმების საფუძვლიანი გაგებისათვის აუცილებელია (მაგრამ არა საკმარისი), გაანალიზება და გააზრება იმისა, თუ როგორ ხდება მათში მიმდინარე მოვლენების აღქმა არა როგორც რაღაც სტოქასტურად განვითარებული პროცესებით განპირობებული რეზულტატის, არამედ როგორც გარკვეულ იერარქიას დამორჩილებული, უადრესად მოწესრიგებულ ცვლილებათა (მოძრაობათა) შედეგად მიღწეული კანონზომიერი შედეგი.

ბიოსისტემაში, სხვადასხვა ადგილასა და სხვადასხვა ფორმით კონცენტრირებულია თავისუფალი ენერჯის უდიდესი მარაგი, რომელიც შესაძლებელია გამოყენებულ იქნეს პორციებად სხვადასხვა, საკმაოდ სუსტი გარეშე ფაქტორების ზემოქმედების ფონზეც კი. ასეთ გარე ფაქტორთა უმეტესობა ატარებს ელექტრომაგნიტურ ხასიათს, გარდა ამისა ელექტრომაგნიტური ველი წარმოადგენს თავისუფალი ენერჯის შემავსებელ ძირითად წყაროს (კერძოდ, ცოცხალი ორგანიზმები თავისუფალი ენერჯის მარაგს ივსებენ მზის, ელექტრომაგნიტური გამოსხივების, დედამიწის მაგნიტური ველისა და ატმოსფერული განმუხტვების ხარჯზე).

ყოველივე ზემოთ თქმულიდან გამომდინარე გასაგებია, ის უდიდესი მნიშვნელობა რომელსაც იმსახურებს როგორც ელექტრომაგნიტური ველების ზემოქმედების ფონზე განვითარებული მოვლენების გამოვლინება, მათი და მათი მაინდუცირებული მექანიზმების კვლევა, ნერვულ და ჰუმორალურ დონეებზე, ასევე ის მექანიზმები, რომლებითაც ეს ორი სისტემა აღიქვამს აღნიშნულ ზემოქმედებას როგორც ერთიანი ფუნქციონალური წარმონაქმნი.

ხელოვნურად შექმნილი ელექტრომაგნიტური ველით ცოცხალი ორგანიზმის ლოკალურ არეზე ზემოქმედების შესწავლის პროცესში [1] უმნიშვნელოვანესად მიგვაჩნია ერთგვარი ნერვული იმპულსის გავრცელების რუქის შედგენა. ეს რუქა უნდა აღწერდეს ველის მოქმედების არეში მოქმედების ძალის ადექვატურ რეცეპტორებში წარმოშობილი ნერვული იმპულსის გავრცელების მარშრუტს (რა თქმა უნდა შუალედური ნერვული ცენტრების მითითებით).

დადგენილია, რომ ელექტრომაგნიტური ველების ზემოქმედების ქვეშ უჯრედის მემბრანა ასრულებს კონფორმაციულ რხევებს [2,3]. ამასთანავე, ხაზი უნდა გაესვას ამ ფლუქტუაციების დამახასიათებელ ორ გარემოებას: 1. ეს რხევები ყოველთვის დაკავშირებულნი არიან ენერჯის ძალზე მცირე პორციის შთანთქმასა და გამოყოფასთან (მაკრომოლეკულის ორ, მეზობელ კონფორმაციულ მდგომარეობათა შორის გადასვლა თითქმის იზოენერგეტიკულია  $\Delta E \ll kT$ ), ანუ შეესაბამებიან ზემადალსისშირულ და უფრო გრძელტალღოვან სისშირულ დიაპაზონებს. 2. ცოცხალ ორგანიზმებში ეს რხევები ყოველთვის ასოცირდებიან ელექტრომაგნიტურთან (მაკრომოლეტში ეს არის ელექტრული და მაგნიტური მომენტების, ზედაპირული ელექტრული მუხტის სიმკვრივის, პოლარულ და არაპოლარულ ჯგუფებს შორის თანაფარდობის, ხოლო ორგანელებსა და უჯრედებში მემბრანის პოტენციალის, მუხტის სიმკვრივის, მუდმივი დიპოლური მომენტის ფლუქტუაციები).

ცოცხალ ორგანიზმზე აკუსტიკური დიაპაზონის ემ ველით (ადემვ) ზემოქმედებისას ბუნებრივ პირობებთან შედარებით განსხვავებულ სიტუაციას ქმნის ხელოვნურად შექმნილი ველი, რომელიც თავის ზემოქმედების ლოკალურ ზონაში იწვევს გარკვეულ ცვლილებებს ადემვ-ს, ისევე როგორც სხვა არასითბური ველების, ზემოქმედებისას.

მედება იწვევს უჯრედის ფორმისა და ეფექტური მოცულობის ცვლილებას. აქედან გამომდინარე ცხადია, რომ კონფორმაციულ ცვლილებებს განიცდის ადემე-ის მოქმედების ზონაში დისლოცირებული ყველა რეცეპტორი.

გარეშე სიგნალის ორგანიზმის მიერ აღქმა ხდება გარემოში მიმდინარე პროცესების შესახებ ინფორმაციის ცნს-ს მიერ აღქმად ფორმაში (ნერვულ იმპულსებში) გადაკოდირების შედეგად, სწორედ ეს არის ორგანიზმის მიერ ბიოლოგიური რეალიზმის აღქმა.

ხელოვნურად შექმნილი ადემე-ის ლოკალური ზემოქმედებისას იცვლება ზემოქმედების ზონაში განთავსებულ რეცეპტორზე მოქმედი გარე ძალა. ამის შესახებ ინფორმაციის კოდირება ხდება ორი გზით: სენსორულ ნეირონში წარმოშობილი ქმედების პოტენციალის სისშირით (სისშირული კოდირება) და სტიმული მოქმედების საპასუხოდ აღზნებულ ნეირონთა რაოდენობით (ამპლიტუდური კოდირება). მოქმედების ძალის გაზრდით იზრდება რეცეპტორული პოტენციალის ამპლიტუდა, რასაც, როგორც წესი, თან ახლავს ქმედების პოტენციალთა წარმოშობის სისშირის გაზრდა პირველად სენსორულ ნეირონში. რაც უფრო ფართოა სენსორული სისტემის მიერ ქმედების პოტენციალის აღქმის სისშირული დიაპაზონი, გამაღიზიანებელი ძალის მით მეტი შუალედური მნიშვნელობის გარჩევა შეუძლია მას. ერთდღივივე მოდალობის პირველადი სენსორულ ნეირონები ერთმანეთისაგან განირჩევიან აღზნების ზღურბლით. აქედან გამომდინარე, გაღიზიანების ძალის გაზრდა გამოიწვევს ჩართული პირველადი სენსორული ნეირონების რაოდენობის გაზრდას და შედეგად გაიზრდება მათი ჯამური მოქმედება მეორე რიგის ნეირონებზე.

ანუ, ადემე-ს ზემოქმედება იწვევს უჯრედების ფორმის ცვლილებას, რაც გადაკოდირდება ნერვული იმპულსების წარმოშობის რეჟიმის ცვლილებაში.

ყოველივე ამის შედეგად იცვლება შედარებით მაღალ იერარქიულ დონეზე მდგომ ცენტრებში შემავალი ინფორმაციისა და შესაბამისად მათი მუშაობის რეჟიმი. სწორედ ამ მექანიზმებით ხდება ორგანიზმის მიერ ხელოვნურად შექმნილი ადემე-ს ზემოქმედების აღქმა.

#### ლიტერატურა

1. Kekelia G., Bukia N.G, Butskchrikidze M.P., Svanidze M.J., Machavariani L.I Putative role of the artificially created acoustic range electromagnetic field in some disease treatment. /Proceedings of the Georgian National Academy of Sciences, Biomedical series, 2016, N 1-2, 42, pp.23-29.
2. Пренсман А. С. Электромагнитная сигнализация в живой природе. -М., Советское радио, 1974, 64 с.
3. Жгенти Т.Г., Кеванишвили Г. Ш. О механизмах воздействия низкочастотного электромагнитного поля на живые организмы. // Биофизика, АН СССР, 1982, 25, 1, 189 с.

#### SUMMARY

#### THE MECHANISMS OF PERCEPTION OF IMPACT ARTIFICIALLY CREATED ACOUSTIC RANGE ELECTROMAGNETIC FIELD IN LIVING ORGANISMS

Shengelia M.A., Beridze M.G., Xocholava D.Z. and Kevkhishvili M.G.

Georgian Technical University

The mechanisms of perception of impact artificially created acoustic range electromagnetic field in living organisms by means of frequency and amplitude coding are considered.

**Keywords:** electromagnetic field, living organisms.

## ჰომო საპიენსიდან რობო საპიენსისკენ

ნამიჩეიშვილი ო.მ., გოგიაშვილი ჟ.გ., რამაზაშვილი მ.თ.

## საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

**შესავალი:** ხელოვნური ინტელექტის კონცეფცია აშინებს ადამიანს, რადგან იწვევს მესსიერებაში ძალაუფლების ბერკეტთან დაკავშირებულ რადაც შეუცნობს. შიში გამოტანილია აუქციონზე და პირველ, დაბალ დონეზე ამ თემასთან დაკავშირებით უკვე მრავალი პუბლიკაცია არსებობს. მეორე, გაცილებით უფრო მნიშვნელოვან დონეზე, ყველაფერი, რაც კი წარმოსახება რისკებისგან თავის დაცვის ან, პირიქით, მათი მართვის საშუალებად ამ ძალისდამორჩილების მიზნით, იწვევს კიდევ უფრო მეტ დაინტერესებას. საკვირველი არ უნდა იყოს, რომ ეს კონცეფცია დღეს ყვავის. ამ სტატიაში ვუბრუნდებით გონებას: ხელოვნური ინტელექტი არ არსებობს, იმიტომ რომ იგი არც შეიძლება არსებობდეს, ვიდრე ბუნებრივი ინტელექტი უდიდეს საიდუმლოებად რჩება. ტექნიკის ცნობილი ფრანგი ფილოსოფოსი ბერნარ სტიგლერი (Bernard Stiegler, 1952–2020) იმასაც კი ასაბუთებს, რომ „ხელოვნური ინტელექტი – ეს ხელოვნური სისულელეა“. ბუნებრივი ინტელექტის არა ერთი ასპექტი ცნობილია (მაგალითად, გამოთვლითი სიმძლავრე და მესსიერება) და ადვილად შეიძლება იყოს მოდელირებული, ჩაყენებული ადამიანის სამსახურში. მაგრამ, მანქანისგან განსხვავებით, ხელოვნური ინტელექტი არ ფუნქციონირებს როგორც სხეულისა და გონებისგან დამოუკიდებელი ავტონომიური მექანიზმი, რაზეც რომის პაპი ფრანცისკე პირველიც კი ამახვილებს ყურადღებას 2020 წლის 23 დეკემბრის საშობაო მიმართვაში [1]. არსებობს ღრმა სტრატეგიული შინაარსის მქონე ლოგიკური სამაგიდო თამაში „გო“, რომელიც ძველ ჩინეთში გაჩნდა, სხვადასხვა შეფასებით სადღაც 2–5 ათასი წლის წინ. მანქანისგან განსხვავებით, გოს მოთამაშე ყოველთვის ერთნაირად ვერ გამოხატავს თავის რეაქციას თამაშის პროცესში გაჩენილ ამა თუ იმ სიტუაციაზე, გამომდინარე დადლილობიდან, ოპტიმიზმის გრძნობიდან, მასზე მოწინააღმდეგის მიერ მოხდენილ შთაბეჭდილებიდან, რამაც შეიძლება გამოიწვიოს მისი მხრიდან უფრო მეტად ან უფრო ნაკლებად თავხედური, სარისკო პასუხები, ხშირად ცუდი, ზოგჯერ უკეთესი, მაგრამ განსხვავებული იმ პასუხისგან, რომელსაც აირჩევდა კომპიუტერი, გამომდინარე სხვადასხვა შესაძლო ვარიანტთან დაკავშირებული მათემატიკური ლოდინის მნიშვნელობიდან.

**ჩინური ოთახი.** ჩინური ოთახი (ინგლ. chinese room) – პირველად 1980 წელს ამერიკელი ფილოსოფოსის ჯონ როჯერს სირლის (John Rogers Searle, 1932) მიერ გამოქვეყნებული სააზროვნო ექსპერიმენტია ცნობიერებისა და ასევე ხელოვნური ინტელექტის ფილოსოფიაში. ექსპერიმენტის მიზანი, მდგომარეობს იმ მტკიცების უარყოფაში, რომ ციფრულ მანქანას – მისი გარკვეული ხერხით დაპროგრამების შედეგად შექმნილი „ხელოვნური ინტელექტი“ – აქვს უნარი იქონიოს ცნობიერება იმავე აზრით, რომლითაც იგი ადამიანს გააჩნია. სხვა სიტყვებით, მიზანია ეგრეთ წოდებული „ძლიერი“ ხელოვნური ინტელექტის ჰიპოთეზის უარყოფა და ტიურინგის (Alan Mathison Turing, 1912–1954) ტესტის კრიტიკა.

წარმოვიდგინოთ, რომ მეცნიერებმა გამოიგონეს ზემდგავრი ჩიპი, რომლის წაყლობით მანქანებმა შეიძინა არნახული ძალის ხელოვნური ინტელექტი. არც თუ შორეულ მომავალში ისინი უკონტროლო გახდა, მანქანებმა გაანადგურა კაცობრიობა და დაიპყრო დედამიწა. შესაძლოა მოვლენათა განვითარების მეორე ვარიანტი. მანქანებმა, რომლებმაც თავიანთ განვითარებაში ადამიანს ათასჯერ გაუსწრო, მონებად აქცია შემქმნელები და იყენებს მათ შინაურ ცხოველებად...

აღბათ, სიუჟეტი ყველასათვის კარგად არის ცნობილი, მის საფუძველზე დაწერილია უამრავი ფანტასტიკური რომანი და გადაღებულია ფილმი. მაგრამ შესაძლებელია სინამდვილეში ხელოვნურმა გონებამ გაუსწროს ადამიანისას ან თუნდაც მიუახლოვდეს მას? დისკუსია ამ თემაზე არ ქრება კულტურაში „კიბერ-ნეტიკული ხანის“ დაწყების დღიდან. გონიერ რობოტებს უძღვნიდნენ თავიანთ ნაწარმოებებს ამერიკელი ფანტასტიკები – ავილოთ თუნდაც ცნობილი მეცნიერი-ბიოქი-

მიკოსი აიზეკ აზიმოვი (Isaac Asimov, 1919–1992) მისი „რობოტიკის სამი კანონით“ («Three Laws of Robotics», 1991). სხვათა შორის იმ წლებში ე.წ. „ელექტრონული გამომთვლელი მანქანების“ რაოდენობა სულ რამდენიმე ცალს შეადგენდა და მათი ზომები დიდი ოთახის ზომებს უდრიდა, ისინი განლაგებული იყო მსხვილ სამეცნიერო-კვლევით ინსტიტუტებში და ცოტა რამ თუ ეხერხებოდა ინტელექტუალური თვალსაზრისით. მაგრამ მაშინაც კი მოუსვენარი პოლონელი ფილოსოფოსი, სატირიკოსი, მწერალი და ფუტუროლოგი სტანისლავ ლემი (Stanisław Herman Lem, 1921–2006) დაჟინებით ამტკიცებდა, რომ მანქანის ინტელექტი და ადამიანის გონება – „ორი დიდი განსხვავებული რამ არის“.

მსგავსი აზრისა იყო ამერიკელი ფილოსოფოსი ჯონ როჯერს სირლი (John Rogers Searle; 1937), რომელმაც 1980 წელს თვალსაჩინოდ ახსნა განსხვავება ინფორმაციის მანქანურ დამუშავებასა და ადამიანის აზროვნებას შორის. თავის წარმოსახვით ექსპერიმენტს მან „ჩინური ოთახი“ უწოდა. წარმოდგინეთ, რომ ჩაგაკეტეს ოთახში, სადაც წარწერებია თქვენთვის უცნობ ენაზე – ასეთ ენად სირლიმ შეარჩია ჩინური („ჩინური დამწერლობა“ ხომ უძველესი დროიდან ასოცირებულია რაღაც გაუგებართან და მიუწვდომელთან), მაგრამ ეს შეიძლება იყოს ნებისმიერი სხვა ენა, თუნდაც უცხოპლანეტის. თქვენ მოცემული გაქვთ სახელმძღვანელო, სადაც ახსნილია, როგორ უნდა მოხდეს იეროგლიფების კომბინირება; მაგრამ თავად ამ სიმბოლოების მნიშვნელობათა ახსნა არ ხდება იმ მიზეზით, რომ ეს საჭირო არ არის ფრაზების შესადგენად. ოთახის გარეთ იმყოფებიან ჩინური ენის მცოდნე დამკვირვებლები. მათ თვალწინ თქვენ სრულიად სწორად ადგენთ გარკვეული აზრის მქონე წინადადებას და მთლიან ტექსტებსაც. მაგრამ ამ დროს ეს აზრი თქვენთვის სრულიად გაუგებარია.

შემდეგ დამკვირვებლები გადმოგცემენ წარწერებს შეკითხვებით ჩინურ ენაზე. თქვენ ადვილად შეგიძლიათ მათზე პასუხების გაცემა საჭირო სიმბოლოების შერჩევით სახელმძღვანელოში მოცემული წესების საფუძველზე. გარეგნულად პასუხები შეესაბამება შეკითხვებს და სავსებით გააზრებულია, თუმცა ისინი შეიძლება არ შეესაბამებოდეს რეალურ სინამდვილეს. მაგალითად, თქვენ შეგეკითხეს რომელი ფერი მოგწონთ ყველაზე მეტად და თქვენ დაწერეთ «წითელი», მაგრამ თქვენ ხომ მწვანე მოგწონთ?! სინამდვილეში თქვენ ხომ წარმოდგენაც არ გაქვთ იმის შესახებ, თუ რა კითხვა დაგისვს ფერის შესახებ და გაეცით გარკვეული პასუხი – უბრალოდ შეათავსეთ ფუძე დაბოლოებასთან, აბსტრაქტული სუბიექტი აბსტრაქტულ ობიექტთან და ასე შემდეგ.

ძნელი არ არის იმის გაგება, რომ სისტემა, რომელიც შედგება ოთახისგან და მასში მყოფი ადამიანისგან – ეს კომპიუტერის მოდელია. სახელმძღვანელო – პროგრამა, ხოლო იეროგლიფების კრებულები – მონაცემთა ბაზა. ოთახის გარეთ მყოფ დამკვირვებლებს შეჰყავთ რაღაც მონაცემები, რომლებსაც „კომპიუტერი“ ამუშავებს პროგრამის შესაბამისად. და მას სრულიად არ ესმის, რა ინფორმაციაზე მუშაობს იგი კონკრეტულად და რისთვის არის იგი საჭირო. სხვანაირად რომ ვთქვათ, იგი დაკავებულია სინტაქსით – ობიექტთა (სიმბოლოთა) კომბინაციების შედგენით ნაწილად წესების საფუძველზე, მაგრამ არ ესმის საკუთრივ სიმბოლოების და მათი კომბინაციების აზრი. თქვენ რომ ჭამა მოგინდეთ (ესე იგი „კომპიუტერს“ მოუნდეს ჭამა), თქვენ ვერ შეძლებთ ამის თქმას დამკვირვებლებისთვის, რომც იცოდეთ ჩინური სინტაქსი. მაშასადამე, ინტელექტის მქონე მანქანასაც კი არ აქვს თავისი ნების გამოხატვის უნარი, რომც გააჩნდეს ეს ნება.

ეს ორი მდგენელი – მნიშვნელობათა არე (სემანტიკა) და საკუთარი ნების გამოხატვის უნარი – ადამიანის გააზრებული შემოქმედების მთავარი არსია. სინტაქსი ასევე აუცილებელია, მაგრამ იგი აზრთა გადაცემის მექანიზმის მხოლოდ დამხმარე როლს ასრულებს.

**ადამიანი როგორც ბიოლოგიური რობოტი.** თავის ექსპერიმენტში ჯონ სირლი არა მხოლოდ აკრიტიკებს სრულფასოვანი ხელოვნური ინტელექტის შესაძლებლობას. „ჩინური ოთახი“ ხსნის იმ ფორმალიზებული განათლების არსსაც, რომელიც თანდათანობით ინერგება სხვადასხვა ქვეყნის სკოლებსა და პროფესიულ სასწავლებლებში. ასეთი მიდგომა ტიპური ამოცანების სწრაფად დაძლევის საშუალებას

იძლევა, მაგრამ არ ასწავლის იმის გაგებას, რაც და რატომ კეთდება. ასეთი მიდგომით ნასწავლი ადამიანი ხდება თავისებური ბიოლოგიური რობოტი, რომელსაც შეუძლია დეტალების ვირტუოზულად შეერთება და მოქმედებათა მრავალსაფეხურიანი თანამიმდევრობის შესრულება, მაგრამ არ შეუძლია პროცესის მართვა, მისი შედარება უფრო მაღალი დონის ამოცანებთან, პრობლემათა გადაჭრისადმი შემოქმედებითი მიდგომა და, ზოგადად, იმის არსში წვდომა, რაც ხდება. ამისათვის აუცილებელია ტრადიციული, ანალიტიკაზე აგებული, განათლება, დროში ხანგრძლივი და ინფორმაციულად გაჯერებული.

**ექსპერიმენტის კრიტიკა.** ჯონ სირლის «გონება, ტვინი და პროგრამები» („Minds, Brains, and Programs“, 1980) წიგნის გამოსვლის შემდეგ, რომელიც «ჩინური ოთახის» აღწერას შეიცავდა, მის თეორიას გაუჩნდა არამხოლოდ მომხრენი, არამედ მოწინააღმდეგეებიც. ზოგიერთი მეცნიერი აღნიშნავდა, რომ სისტემას, რომელიც შეიცავს ოთახს, ადამიანს, იეროგლიფებსა და სახელმძღვანელოს, თავისთავად აქვს გონება, ხოლო ადამიანი მასში – წმინდა მექანიკური სამუშაოს შემსრულებელი მხოლოდ ერთ-ერთი კომპონენტია. მონაცემთა ბაზაში (იეროგლიფების კრებულში) მოცემულია ამ ზეტონის ცოდნათა მთელი მასა. თუმცა ამ მეცნიერთ თავად დავიწყებით, რომ სისტემამ ვერ უპასუხა შეკითხვას, რა ფერს აძლევს იგი უპირატესობას, მისი «პასუხის» მთელი გარეგნული გამართულობის პირობებში. სისტემის მონაცემთა ბაზაში მოთავსებულ ცოდნას არ შეუძლია გაგვჩვენოს მოხდენა ამ სისტემის ქცევაზე (მისი ქცევა მოწყვეტილია, აბსტრაქტირებულია ამ ცოდნისგან, სისტემა მხოლოდ მექანიკურად უკავშირებს ერთმანეთს ცოდნის ფრაგმენტებს და არ უფიქრდება შედეგებს).

მეცნიერთა მეორე ჯგუფს, პირიქით, ეჭვი ეპარება ადამიანის გონების თავად არსებობაში როგორც რაღაც უნიკალურისა. მათი აზრით, ადამიანის ყველა გონებრივი პროცესი – მხოლოდ სინტაქსია, თუმცა წარმოდგენილად რთული. წესების განშტოებული სისტემის ფორმირება ასეული ათასობით წლის განმავლობაში ხდებოდა, ადამიანის ცხოველური წინაპრების ჩათვლით, მაგრამ საფუძველში მაინც მონაცემთა ფართო ბაზა და ამ მონაცემთა რამდენიმე მისაწვდომი კომბინაცია დევს. ადამიანები და ცხოველები, ამრიგად, მხოლოდ ბიოლოგიური რობოტებია, რომლებიც მონაცემებით მანიპულირებენ სხვადასხვა დონეზე. მათ ტვინს შეუძლია როგორც სასარგებლო სამუშაოს უშეცდომოდ შესრულება, ასევე «ბაგის» (ინგლ. bug - ვირუსი; ტილი, მწერი) აკიდებაც, რომლის როლს ასრულებს რელიგია (რელიგიურ-რიტუალური ქცევა ცხოველებში და ფრინველებშიც (ყვავების გონების ახალი კვლევა გასაოცარი აღმოჩენით დასრულდა – ეს ფრთხილი ფრინველი არა მხოლოდ ჭკვიანია, არამედ ფლობს ცნობიერების გარკვეულ ფორმას, შეუძლია შეგნებულად აწმყოში გაიაზროს მის გარშემო არსებული გარემო. სხვა სიტყვებით რომ ვთქვათ, აქვს სუბიექტური განცდა). აღინიშნება ისევე ხშირად, როგორც ადამიანებში; გარედან შესაძლებელია ამ ტვინის დაპროგრამებაც და მათ შორის მისი „დავირუსებაც“ (იდეოლოგიით, პროპაგანდით; ცხოველებში კი – წვრთნით).

**დაიპყრობს თუ არა სამყაროს მანქანები?** სავარაუდოდ, „მანქანათა ჯანყი“ არასოდეს მოხდება. კომპიუტერული ინტელექტი მართლაც რომ ახდენდეს ადამიანის ინტელექტის მოდელირებას, მაშინაც კი ახლო (ადვილად წარმოსადგენ) მომავალში მოდელი აშკარად ვერ გაუსწრებს ბუნებრივ ტვინს და მასთან ჩამორჩენილი დარჩება. ხოლო, თუ რომელიღაც ზემდგომი რობოტი მოაწყოებს „ჯანყს“ და დაესხმება ადამიანებს, მაშინ იგი ადამიანის მიერ დაწერილი პროგრამის მხოლოდ მექანიკურად შემსრულებელი აღმოჩნდება და რაიმე სარგებელს თავისთვის ვერ მიიღებს.

ალენ ნიუელისა (Allen Newell) და ჰერბერტ საიმონის (Herbert A. Simon) მიერ 1976 წელს ჩამოყალიბებული ჰიპოთეზა

ნიუელისა და საიმონის ჰიპოთეზა ფიზიკური სიმბოლური სისტემის შესახებ არის ალენ ნიუელისა (Allen Newell) და ჰერბერტ საიმონის (Herbert A. Simon) მიერ 1976 წელს ჩამოყალიბებული ვარაუდი იმის შესახებ, რომ „ფიზიკურ სიმბოლურ სისტემას აქვს აუცილებელი და საკმარისი საშუალებები ძირითადი ინტელექტუალური



ოპერაციების განსახორციელებლად“ (ინტელექტუალურ ოპერაციებად იგულისხმება ძლიერი ხელოვნური ინტელექტის მოქმედებები).

სხვა სიტყვებით, იგულისხმება, რომ სიმბოლური გამოთვლების გარეშე შეუძლებელია გააზრებულ მოქმედებათა შესრულება, ხოლო სიმბოლური გამოთვლების ჩატარების უნარი სავსებით საკმარისია გააზრებულ მოქმედებათა განხორციელების უნარის შესაძენად. ამრიგად, თუ ვივარაუდებთ, რომ ადამიანი ან ცხოველი ან მანქანა მოქმედებს გააზრებულად, ისინი რაღაცნაირად ასრულებს სიმბოლურ გამოთვლებს. და პირიქით, რაკი კომპიუტერს შეუძლია მსგავსი გამოთვლების განხორციელება, ამიტომ მის საფუძველზე შესაძლებელია ხელოვნური ინტელექტის შექმნა. ჰიპოთეზას საფუძველად დაედო ნიუელისა და საიმონის მიერ შექმნილი პროგრამის – ამოცანათა უნივერსალური ამომსწნელის – გამოყენება ადამიანის მსჯელობათა მოდელირებისათვის.

ჰიპოთეზის დაცვა კრიტიკისგან შეუძლებელია, მაგრამ ხელოვნური ინტელექტის კვლევათა უდიდესი ნაწილი სწორედ სიმბოლურ სისტემათა შექმნის გზით წავიდა. დამოუკიდებლად იმისა სამართლიანია თუ არა ეს ჰიპოთეზა, სიმბოლური გამოთვლები – დაპროგრამების რეალობაა და მათი პრაქტიკული სარგებელი საზოგადოდ აღიარებულია.

#### ლიტერატურა

1. Pope Francis: «Let yourselves be amazed by message of Christmas»,ROME REPORTS, <https://www.romereports.com/en/2020/12/23/pope-francis-let-yourselves-de-amazed-by-the-message-of-christmas/>
2. Luc Julia «L'intelligence artificielle n'existe pas», Kindle Edition, 2019, 200 pages.
3. Sous la direction de Boris Barraud L'intelligence artificielle – Dans toutes ses dimensions, L'Harmattan, 2020, 308 pages.
4. Giovanni Bruner «No, Artificial Intelligence doesn't exist (yet)»,Towards Data Science, 12.28.2020,<https://towardsdatascience.com/no-artificial-intelligence-doesnt-exist-yet-3318d83fdfe8>

#### SUMMARY

#### FROM HOMO SAPIENS TO ROBO SAPIENS

**Namicheishvili O.M., Gogiashvili J.G. and Ramazashvili M.T.**

**Georgian Technical University**

The authors show by numerous examples that artificial intelligence does not exist or rather, artificial Intelligence doesn't exist (yet). Much of what is pictured as A.I. is just Statistics and advanced Machine Learning. The purpose of this work is to twist the neck of the preconceived ideas and fantasies that surround AI today.

**Keywords:** artificial intelligence, Chalmers thermostat, Turing test, Searle'schinese room, Enn Tōugu dipole

რადიაციის გავლენის შესწავლა CMS-ის წინააღმდეგ შრიან დეტექტორებზე  
ეკოლოგიური გაზის ნახავის გამოყენებით

ლომიძე ი.ჯ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

1. შინაარსი

ცერნის დიდი ადრონული ამჩქარებელი (LHC) და მასზე არსებული 4 დიდი ექსპერიმენტი (CMS, ATLAS, ALICE და LHCb) წარმატებით ფუნქციონირებს ბოლო ათწლეულის განმავლობაში. ამ ხსნის მანძილზე მოხდა უაღრესად მნიშვნელოვანი ფუნდამენტური მოვლენების დამზერა მაღალი ენერგიების ფიზიკაში, რომელთაგანაც ხაზგასასმენია ჰიგსის ბოზონის დაკვირვება 2012 წელს, რომელსაც მოჰყვა ნობელის პრემია ფიზიკაში. იმისათვის, რომ გაიზარდოს აღმოჩენების პოტენციალი და მოხდეს ჰიგსის ბოზონის თვისებების შესწავლა, აუცილებელია LHC-ის განახლება პროტონ-პროტონული შეჯახებების ალბათობის გაზრდის მიზნით. ამისათვის შემუშავებულია High Luminosity LHC (HL-LHC) განახლების პროგრამა, რომელიც მიზნად ისახავს პროტონული შეჯახებების ალბათობის გაზრდას ერთი რიგით  $10 \times 10^{34}$  სმ<sup>2</sup>/წ მდვ. LHC-ის წარმადობის გაზრდა ერთის მხრივ მნიშვნელოვნად გაზრდის მეცნიერულად ღირებულ ხდომილებებზე დაკვირვების პოტენციალს, ხოლო მეორეს მხრივ კი წარმოადგენს მნიშვნელოვან გამოწვევას LHC-ის ექსპერიმენტების მიმართ, რადგან ექსპერიმენტალურ აპარატურას მოუწევს მნიშვნელოვნად გაზრდილი რადიაციული ფონის პირობებში მაღალი ეფექტურობით არეგისტრირონ ექსპერიმენტისათვის საინტერესო ნაწილაკები. გარდა იმისა, რომ CMS RPC დეტექტორული სისტემის წინაშე იდგა მაღალი რადიაციისადმი მედეგობის გამოწვევა, ასევე პრობლემატურ საკითხს წამოადგენდა აკრძალვები, ე.წ. კიოტოს პროტოკოლის მიხედვით გარკვეული გაზების მიმართ, რომელთაც გააჩნიათ მაღალი GWP ((Global Warming Power), მაგალითად ფტორი, რომელიც აზიანებს დედამიწის აზოტის ფენას). დღეს-დღეობით CMS-ის RPC ტიპის დეტექტორები ეფექტურად მუშაობენ არააალებად 3 გაზიან ნარევეზე, რომლებიც შედგება: 95,2% ფრეონი იგივე ტეტრაფლორეთანი ( $C_2H_2F_4$ ), 4,5% იზობუტანი ( $C_4H_{10}$ ) და 0,3% სულფიდის ჰეგსაფლორიდი ( $SF_6$ ). წარმოდგენილი ნაშრომის მიზანია RPC დეტექტორის მუშაობის სტაბილურობაზე მაღალი რადიაციული დოზის გავლენის შესწავლა ეკოლოგიურად სუფთა გაზის ნახავის გამოყენებისას. კვლევები ჩატარდა CERN-ის (ჟენევა, შვეიცარია) CMS ექსპერიმენტის დეტექტორების სპეციალური მაღალტექნოლოგიური ლაბორატორიულ კომპლექსში (904) და ცერნის გამა რადიაციის ლაბორატორიაში GIF++ (Gama Irradiation Facility ++) [1].

ეკოლოგიური გაზის (ეკოგაზი) ნახავის კვლევისათვის შეიქმნა ერთმანეთის მსგავსი ორი 1,4მმ და 2მმ-იანი RPC ტიპის დეტექტორი, კვლევისას წარმოქმნილი გაუგებრობების თავიდან ასაცილებლად, დეტექტორები გააკონტროლებენ ერთმანეთის პარამეტრებს, როგორცაა: დეტექტორების სამუშაო რეჟიმი, დროითი გარჩევისუნარიანობა, დენის ძაბვაზე დამოკიდებულება, ეფექტურობა მიუონების ნაკადის დროს, დეტექტორების ეფექტურობა რადიაციული წყაროს სხვადასხვა ინტენსიურობისას. დეტექტორების აწყობა მოხდა ცერნში, 904 ლაბორატორიაში, ამისათვის მოძიებულ იქნა დეტექტორისთვის ასაწყობად საჭირო მასალები, როგორცაა: დეტექტორის სამუშაო ნახაზი; მაღალი წინააღობის მქონე ბაკელიტი, 1,4მმ და 2მმ-იანი სისქის, რომლითაც აგებულია დეტექტორის გეპი (GAP); ფარადეი ქეიჯი, რომელიც იცავს გეპებს გარედან მოსული ხმაურისაგან; მაილარი, არის ძალიან კარგი იზოლატორი, რომელიც უზრუნველყოფს გეპის იზოლაციას 9800 ვოლტი ძაბვის პირობებში; კაფტონი, მაღალი ძაბვის იზოლატორი, რომელიც უძლებს 15000 ვოლტ ძაბვას; სპეისერები, რომლებიც მოთავსებულია გეპებს შორის, სადაც რეალურად ხდება გაზური გაძლიერება; სტრიპები, რომლებზედ გაზური გაძლიერების შედეგად წარმოიქმნება სიგნალები და მათი მეშვეობით ხდება სიგნალის ამპლიტუდის მოხსნა; გრაფიტი

რომელიც, უზრუნველყოფს ელექტრული პოტენციალის მიწოდებას და ერთგვარონებას გეპის მთელ ფართობზე; ბაკელიტის წებო, მისი მეშვეობით ხდება ბაკელიტის ჰერმეტიკულად შეწყობა. კომპონენტების მოძიების შემდეგ მოვახდინეთ 2 RPC დეტექტორის აწყობა (ნახ.1), ერთი 1,4 მმ-იანი გეპის, ხოლო მეორე 2მმ-იანი გეპის სისტით და მოხდა მათი პირველადი ტესტირება კოსმოსური მიუონების გამოყენებით.

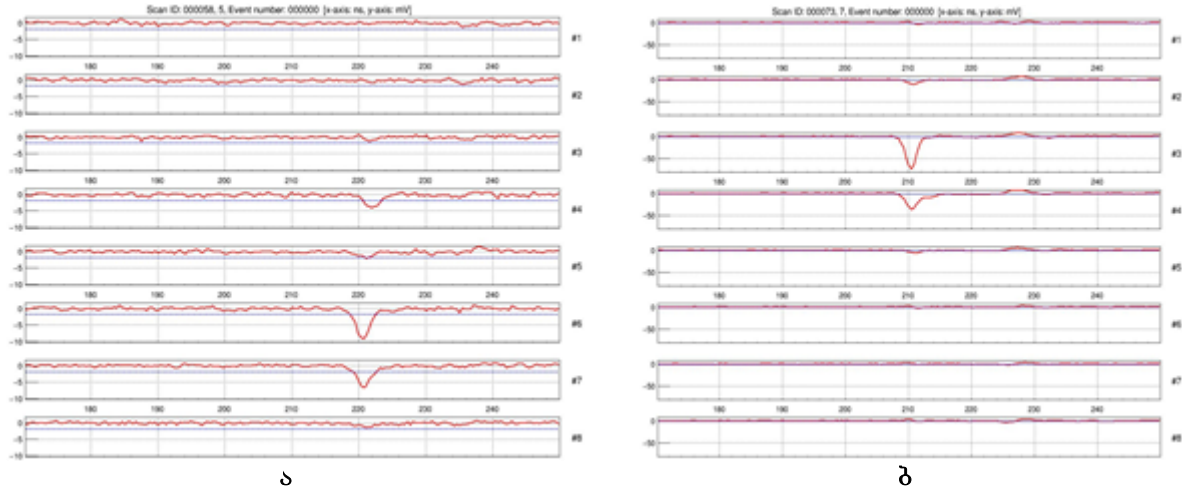


ნახ.1. RPC დეტექტორების აწყობის პროცესი

ეკოლოგიური გაზის ნაზავის პარამეტრების მოძიებისას გადაილახა მთელი რიგი პრობლემები, როგორცაა: გაზის ნაზავის შერჩევა, მინარევების სწორი პროცენტული შერევა, გაზის ტენიანობის შენარჩუნება და ა.შ. სამ წლიანი კვლევის შედეგად მოხდა ახალი ეკოლოგიური გაზის ნაზავის მოძიება, რომელმაც საგრძნობლად გააუმჯობესა შედეგი (კონკრეტულად მოძებნილ იქნა ახალი ტიპის გაზის ნაზავი, რომელმაც ფტორის შემცველობა 95,5%-დან შეამცირა 51% მდე), ისე რომ დეტექტორების სამუშაო პარამეტრების ცვლილება არ მომხდარა. ახლად მოძიებული ეკოლოგიური გაზის ფორმულაა: **HFO 50%+CO<sub>2</sub> 45%+C<sub>4</sub>H<sub>10</sub> 4%+SF<sub>6</sub> 1%**, გაზის ტენიანობა – 40%. ახლად აღმოჩენილმა გაზმა ცერნის 904 ლაბორატორიაში გაიარა შემოწმება ძირითად პარამეტრებზე, როგორცაა: დეტექტორის სამუშაო რეჟიმის დადგენა, დენის ძაბვაზე დამოკიდებულება, ეფექტურობის შემოწმება და დროითი გარჩევისუნარიანობის დადგენა რამაც საშუალება მოგვცა მსგავსი გაზომვები გაგვეკეთებინა ცერნის მაღალი რადიაციული ინტენსიურობის მქონე GIF++ დანადგარზე, რომელიც აღჭურვილია მაღალი ინტენსიურობის მქონე CS<sup>137</sup> რადიაციული წყაროთი, რისი საშუალებითაც შექმნილია 662 კილო/ელექტრონ ვოლტიანი გამა კვანტების 14 ტერაბეკერელიანი ფონი. გარდა ამ ექსტრემალური რადიაციული პირობებისა, რომელიც განახლებული ლუმინოსიტის LHC-ის ინტეგრირებული რადიაციული ფონის ექვივალენტია, საჭირო იყო პროტოტიპული დეტექტორების მიონური თვლის ეფექტურობის გაზომვა. ამისათვის გამოყენებული იქნა SPS ამაჩქარებლიდან მიღებული 150 გევიანი მიონების ნაკადი (8000 ნაწილაკით ყოველ 16 წამში).

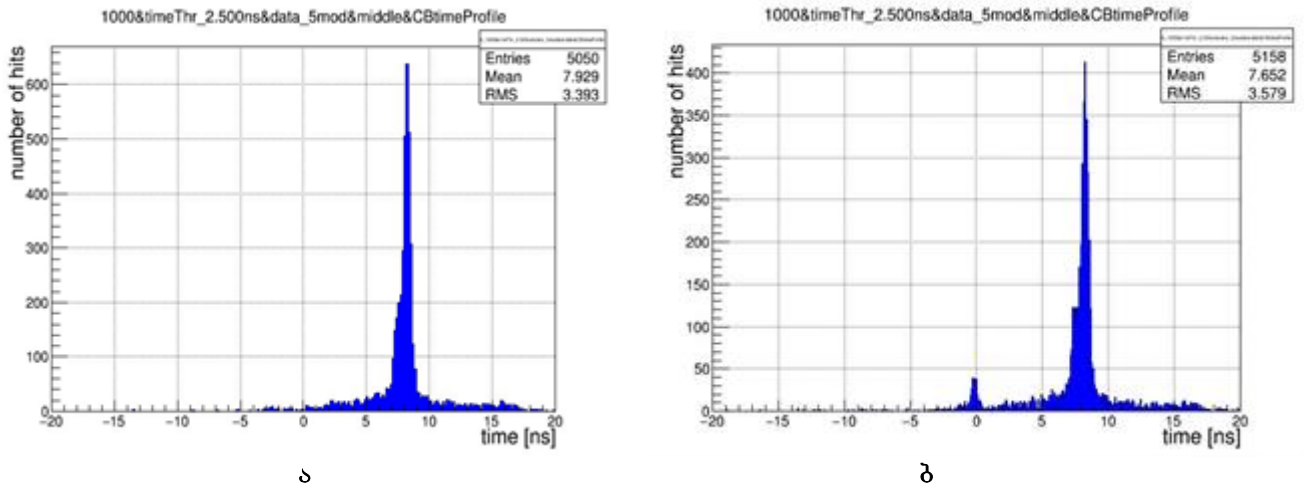
ახალი ეკოლოგიური გაზის აღმოჩენის შემდეგ მოვახდინეთ გაზის შეშვება ახლად შექმნილ და შემოწმებულ RPC კამერებში, გაზი მოძრაობდა გეპებში 3 დღე-ღამის განმავლობაში, რადგან მოეხდინა ე.წ დეტექტორის გამორეცხვა, ამის შემდეგ მოვდეთ მაღალი ძაბვა და CAEN-ის Digitizer-ის მეშვეობით, მოვახდინეთ სტრიპებიდან წამოსული სიგნალის წაკითხვა გაძლიერების გარეშე. როგორც ქვემოთ მოყვანილი ნახაზიდან ჩანს, ახალი ეკოგაზის მუშაობის პირობებში, ორივე 1.4მმ და 2მმ-იანი

RPC დეტექტორიდან წამოსული სიგნალის ამპლიტუდა არ აჭარბებს 10მილი/ვოლტს, რაც უტყუარი მტკიცებულებაა იმისა, რომ დეტექტორები მუშაობენ ავალანხურ რეჟიმში. (ნახ.2) [2].



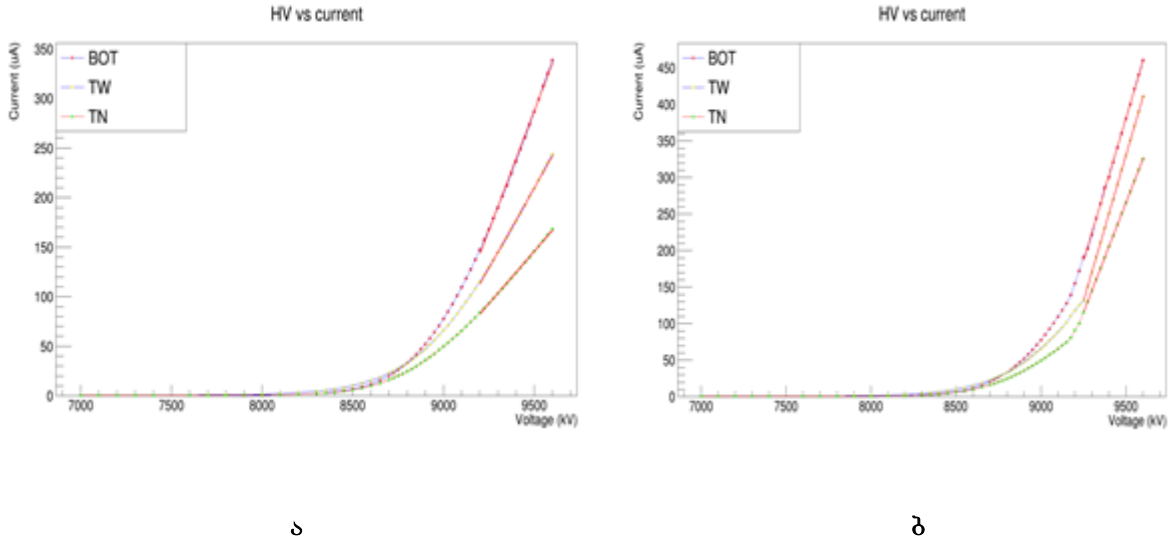
ნახ.2. RPC დეტექტორების სტრიპისგან მიღებული სიგნალები  
 ა – 1,4მმ-იანი, ბ – 2მმ-იანი

მოვახდინეთ 1,4 და 2 მმ-იანი RPC დეტექტორების დროითი გარჩევისუნარიანობის დადგენა ეკოგაზის გამოყენებისას GIF++ დანადგარზე, რომელიც შეადგენს 2,0 ნანო/წამს (ნახ.3)



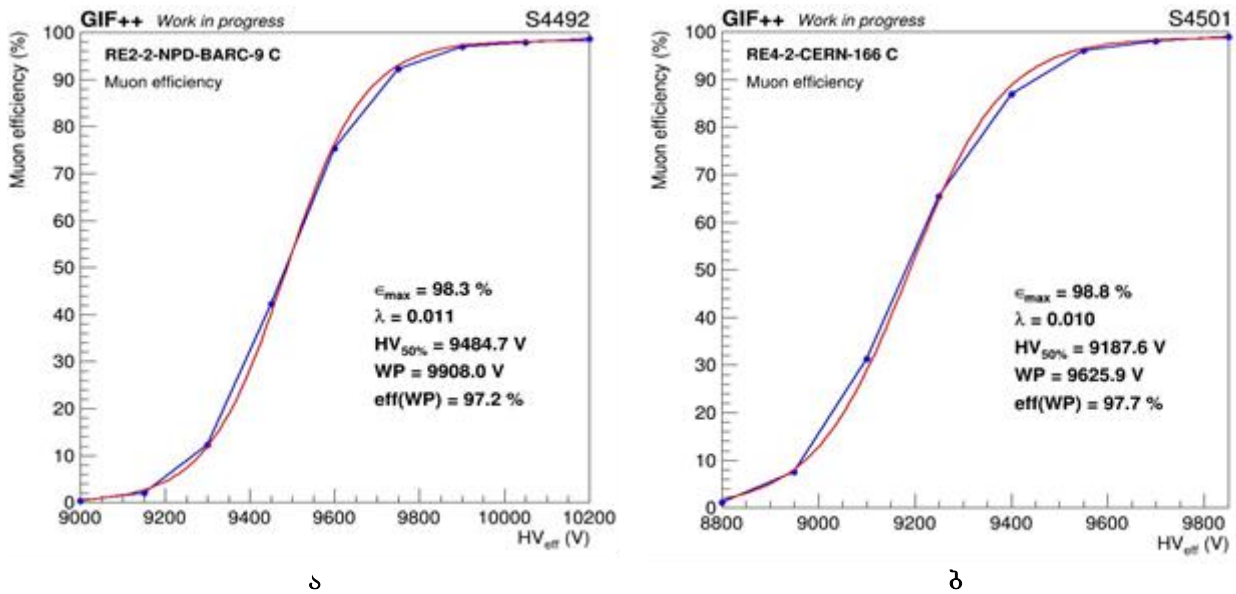
ნახ.3. RPC დეტექტორის დროითი გარჩევისუნარიანობა  
 ა – 1,4მმ-იანი, ბ – 2მმ-იანი

როგორც ქვემოთ მოყვანილი ნახაზებიდან ჩანს დენის ძაბვაზე დამოკიდებულებას მაღალი რადიაციის პირობებში ორივე RPC დეტექტორებისათვის აბსოლუტურად შეესაბამება დაშვებულ ნორმებს და იგი გამომდინარეობს დეტექტორის გეომეტრიიდან (ნახ.4) [3].



ნახ.4. RPC დეტექტორის დენის ძაბვაზე დამოკიდებულება  
 ა – 1,4მმ-იანი, ბ – 2მმ-იანი

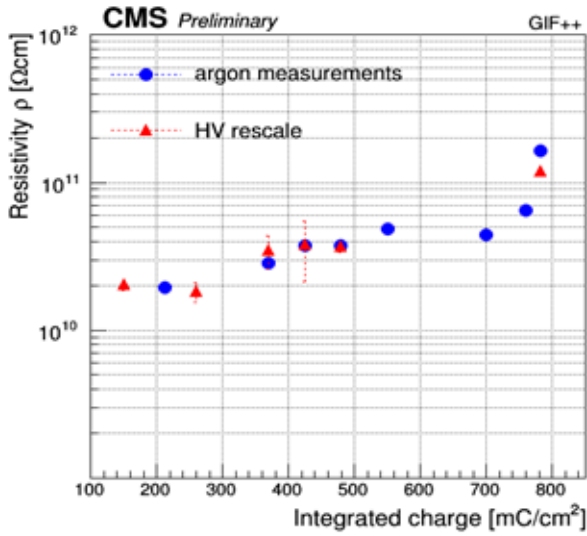
ეფექტურობის კვლევისას მაღალი ინტენსიურობის რადიაციული წყარო იყო გათიშული, (გამა კვანტები), მხოლოდ SPS ამაჩქარებლიდან წამოსული მიონების 150 გევიანი ნაკადი ხედება დეტექტორებში. როგორც ქვემოთ მოყვანილი ნახაზიდან ჩანს ორივე დეტექტორის ეფექტურობა შეადგენს 97%. (ნახ.5)



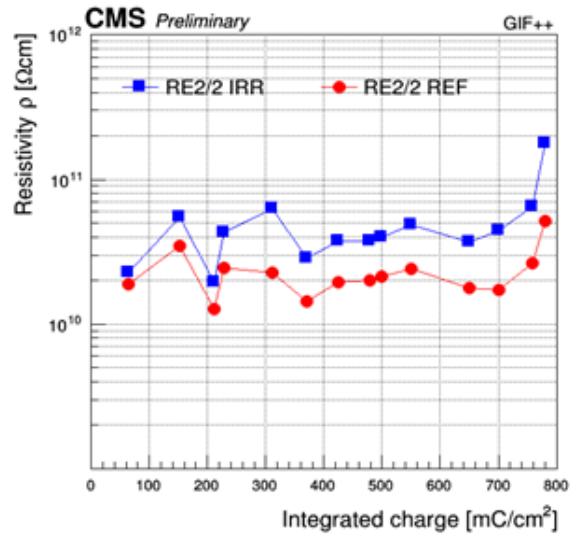
ნახ.5. RPC დეტექტორის ეფექტურობა GIF++ დანადგარში  
 ა – 1,4მმ-იანი, ბ – 2მმ-იანი

კამერებისთვის გავზომე დენის მაღალ ძაბვაზე დამოკიდებულება რადიაციის სხვადასხვა ინტენსიურობებისთვის.  $I=f(V)$  დამოკიდებულების წრფივი უბნის აპროქსიმაციით ვიპოვეთ Rbakeelite + Rgap, დავადგინეთ ბაკელიტის წინაღობა, რომელიც ორივე დეტექტორისთვის შეადგენდა დაახლოებით  $10^{10}$  ომს, (ნახ.6) [4].





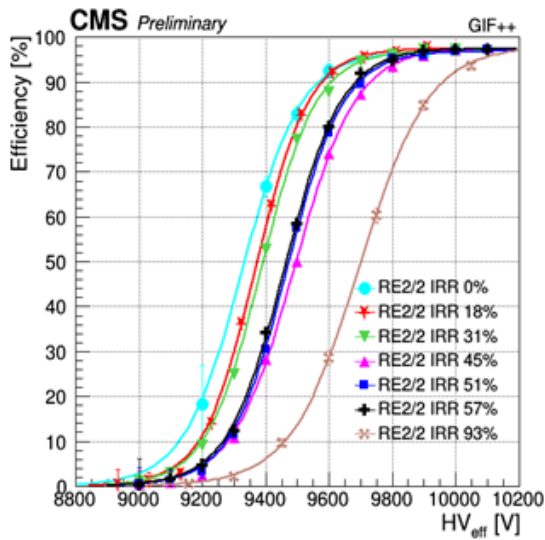
ა



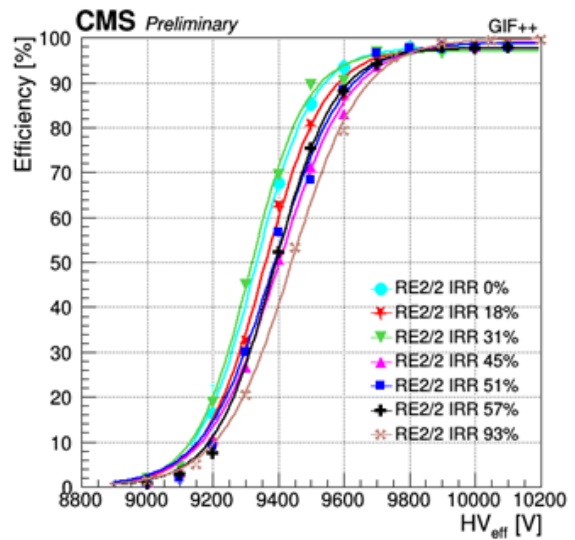
ბ

ნახ.6. RPC დეტექტორის ბაკელიტის წინაღობა გამა რადიაციის პირობებში  
 ა – 1,4მმ-იანი, ბ – 2მმ-იანი

როგორც ქვემოთ მოყვანილი ნახაზიდან ჩანს წყაროს მაღალი ინტენსიურობა გავლენას ვერ ახერხებს დეტექტორების ეფექტურობაზე, რაც უთუოდ დიდი მიღწევაა ახალი ეკოლოგიური გაზის გამოყენების პირობებში (ნახ.7)



ა



ბ

ნახ.7 RPC დეტექტორის ეფექტურობის დამოკიდებულება გამა რადიაციის სხვადასხვა ინტენსიურობის დროს პირობებში  
 ა – 1,4მმ-იანი, ბ – 2მმ-იანი

3. დასკვნა

შეიქმნა ორი ახალი სატესტო RPC დეტექტორი, 1,4მმ და 2მმ იანი წინააღობური შრეებით. კვლევები ჩატარდა ორივე პროტოტიპზე პარალელურად, რამაც საშუალება მომცა მაქსიმალურად შემემცირებინა გაზომვების სისტემატური შეცდომები და გამეზარდა საბოლოო შედეგების დამაჯერებლობა. განხორციელდა აწყობილი RPC პროტო-

ტიპების პირველადი საკვალიფიკაციო შესცავლა კოსმოსური მიუონების (სინტილაციური ჰოდოსკოპის) გამოყენებით ცერნის 904 ლაბორატორიაში. თავდაპირველად გამოვიყენე CMS ის სტანდარტული გაზის ნარევი, შემადგენლობით: 95.2% ტეტრაფლურეთანი ( $C_2H_2F_4$ ) თავდაპირველი იონიზაციისთვის, 4.5% იზობუტანი ( $C_4H_{10}$ ) მოქმედებს როგორც ჩამქრობი გაზი რათა თავიდან ავიცილოთ სტრიმერული მოდის ფორმირება და 0.3% სულფიდის ჰექსაფლორიდი ( $SF_6$ ), რომელიც უზრუნველყოფს მეორადი ელექტრონების წარმოშობას თავდაპირველი იონიზაციური სიგნალის სისუფთავის შესანარჩუნებლად. მოხდა ახალი თაობის ეკოლოგიური გაზის ნაზავის ძიება. საგრძნობლად გაუმჯობესებულ იქნა შედეგი, კონკრეტულად მოძებნილ იქნა ახალი ტიპის გაზის ნაზავი (HFO 50%,  $CO_2$  45%,  $C_4H_{10}$  4%,  $SF_6$  1%) გაზის ტენიანობა 40%, რომელმაც ფტორის შემცველობა 95.5%-დან შეამცირა 51%-ზე, ისე რომ დეტექტორების სამუშაო პარამეტრების ცვლილება არ მომხდარა. მოხდა დეტექტორების შესწავლა და ძირითადი სამუშაო პარამეტრების დადგენა მაღალი რადიაციის პირობებში, ექსპერიმენტული გაზომვებით დადგინდა: 1,4მმ და 2მმ-იანი RPC დეტექტორების სამუშაო რეჟიმი, დეტექტორის სტრიპიდან მოხსნილი სიგნალის ამპლიტუდა არ აჭარბებს 10 მილი/მოლტს და შესაბამისად შეადგენს ავალანჩურ მოდას; დროითი გარჩევისუნარიანობა შეადგენს 2,0 ნანო წამს; დენის დაბეჭევა დამოკიდებულება პირდაპირ პროპორციულია დეტექტორების გეპების ფართისა (რადგან BOT გეპი ყველაზე დიდია, შესაბამისად მეტი დენით მასზე აღენიშნება, შემდეგ მოდის TW და T); დეტექტორების ეფექტურობები შეადგენს 97%-ს, როდესაც რადიაციული წყარო გათიშულია და მხოლოდ მიუონების ნაკადი ხვდება დეტექტორებში; დეტექტორის ბაკელიტის წინაღობა დარჩა უცვლელი და იგი შეადგენს 1010 ომს; დეტექტორების ეფექტურობაზე გავლენა არ მოუხდენია რადიაციული წყაროს სხვადასხვა ინტენსიურობას და იგი უცვლელად დარჩა 97%.

*სტატია დაიბეჭდა შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდის მხარდაჭერით (გრანტი PHDF- 19-038)*

#### ლიტერატურა

1. CMS collaboration, Performance of the CMS muon detector and muon reconstruction with proton-proton collisions at  $\sqrt{s} = 13$  TeV, 2018 JINST 13 P06015 [arXiv:1804.04528].
2. M. Abbrescia et al., New developments on front-end electronics for the CMS Resistive Plate Chambers. //Nucl. Instr. and Meth. in Phys. Res., 456, 2000, pp. 143-149.
3. M.I. Pedraza-Morales et. al. First results of CMS RPC performance at 13 TeV, //JINST 11 C12003, 2016, pp.123–129.
4. S. Costantini et. al. Radiation background with the CMS RPCs at the LHC. //JINST 10 C05031, 2015, pp.109–115.

#### SUMMARY

#### STUDIES OF RADIATION INFLUENCE ON RESISTIVE PLATE CHAMBERS FOR THE CMS EXPERIMENT OPERATED ON AN ECOLOGICAL FRIENDLY GAS MIXTURE

Lomidze I.J.

Georgian Technical University

The High Luminosity LHC (HL-LHC) phase is designed to increase the luminosity (number of collisions per  $cm^2/s$ ) by an order of magnitude respect to the nominal LHC's design value. The foreseen gradual increase of the instantaneous luminosity of up  $10 \times 10^{34} cm^{-2}/s$  during Phase I and Phase II of the LHC updates, presents special challenges for the LHC experiments. The particular concern of this project is the CMS Resistive Plate Chamber (RPC) detector system. During this period the CMS RPC system will be subjected to high background rates which could affect the performance by inducing aging effects due to high radiation background. Another big problem for gaseous detectors and in particular for the CMS RPC system is restrictions deriving from the Kyoto protocol, the main components of the gas mixtures presently used in the Resistive Plate Chambers of the LHC experiments will be most probably run out of production in the coming years. Nowadays, RPCs are suitably operated with a three-component non-flammable gas mixture: 95.2% of R134a (Tetrafluoroethane  $C_2H_2F_4$ ), 4.5% of  $iC_4H_{10}$  and 0.3% of  $SF_6$ . In this paper we present the results of a study prototype RPC detectors at Gamma Irradiation Facility++ (GIF++), which allows to expose prototype detectors to an intense gamma radiation for a dose equivalent to the one expected at the HL-LHC. At same time eco-friendly gas mixture will be used during irradiation. Detector main working parameters before and after irradiation will be compared.

**Keywords:** Gaseous Detectors, Resistive-Plate Chambers, CMS Experiment, Large Hadron Collider.



**რადიოაქტიური ნარჩენების მართვის ახალი საწარმოების ნარჩენების  
მიღების ზოგადი კრიტერიუმები**

გიორგაძე ი.ს.

**საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი**

**1. შესავალი**

საქართველო ოპერირებს რადიოაქტიური ნარჩენების ცენტრალიზირებულ საცავს. სამწუხაროდ მისი მახასიათებლები ვერ აკმაყოფილებენ ბირთვული უსაფრთხოების და დაცულობის მოთხოვნებს. გარდა ამისა ქვეყანას გააჩნია რადიოაქტიური ნარჩენების გადამუშავების მცირე შესაძლებლობები. ამიტომ, გადაწყდა რადიოაქტიური ნარჩენების ახალი საცავისა და გადამამუშავებელი საწარმოს აგება. გერმანულ გუნდთან ერთად შემუშავდა ამ ობიექტების ძირითადი დიზაინი და ჩატარდა უსაფრთხოების წინასწარი შეფასება [1]. ყოველი რადიოაქტიური ნარჩენების მართვის საწარმოსთვის აუცილებელია განისაზღვროს რადიოაქტიური ნარჩენების მიღების კრიტერიუმი (WAC) [2], ეს აყენებს გარკვეულ მოთხოვნებს არამარტო ნარჩენების ფიზიკური და ქიმიური მახასიათებლების, არამედ შეფუთვის პარამეტრების მიმართ. თუ რადიოაქტიური ნარჩენი ვერ აკმაყოფილებს WAC-ის მოთხოვნებს, ეს ნიშნავს, რომ მისი შენახვა მოცემულ საწარმოში დაუშვებელია უსაფრთხოების ნორმებიდან გამომდინარე. ცხადია, WAC-ის განსაზღვრა ემყარება საწარმოს დიზაინის მახასიათებლებს და არსებულ მოთხოვნებს ბირთვული უსაფრთხოების უზრუნველსაყოფად. მოცემულ შემთხვევაში შესაძლებელია განისაზღვროს მხოლოდ ზოგადი WAC, ვინაიდან ჯერჯერობით ჩამოყალიბებულია საცავისა და გადამამუშავებელი საწარმოების მხოლოდ ძირითადი დიზაინი. დეტალური WAC -ის შემუშავება შესაძლებელი იქნება მხოლოდ ამ საწარმოების საბოლოო დიზაინის განსაზღვრისა და უსაფრთხოების საბოლოო შეფასების ჩატარების შემდგომ.

**2. ძირითადი საფუძვლები**

WAC-ში აუცილებლად გათვალისწინებული უნდა იყოს რადიოაქტიური მასალების ტრანსპორტირების მოთხოვნები [3]. ეს მოიცავს დოზის სიმძლავრის ზღვარს (მაქსიმუმ 2 მზვ/სთ ან 10 მზვ/სთ მწვავე შემთხვევაში) კონტაქტისას, მაქსიმუმ 0,1 მზვ/სთ 1 მ. დისტანციიდან ცილინდრული კონტეინერებისთვის, ან 2 მ. დისტანციიდან – ყუთის ფორმის კონტეინერებისთვის), და კონტამინაციას (მაქსიმუმ 4 ბკ/სმ<sup>2</sup> β/γ-ნუკლიდებისთვის და მაქსიმუმ 0,4 ბკ/სმ<sup>2</sup> α-ნუკლიდებისთვის). იგივე მნიშვნელობებია ოფიციალურად აღიარებული ქართული კანონმდებლობით [3]. ეს მნიშვნელობები არის ის სტანდარტები, რომლებიც უნდა იქნას გათვალისწინებული უსაფრთხოების შეფასებისას, მაგ. მიმღები სივრცის თანამშრომლებისთვის. ზოგადად, საქართველოში წარმოდგენილი ყველა რადიოაქტიური ნარჩენი განკუთვნილია ნარჩენების გადამამუშავებელ საწარმოსა და საცავში განთავსებისთვის. შესაბამისად, ობიექტს უნდა შეეძლოს ყველა ნარჩენის მიღება. თუმცა, გარდა დოზის სიმძლავრისა და კონტამინაციის ზღვრებისა, უსაფრთხოების მიზნებიდან გამომდინარე, შემდეგი დამატებითი კრიტერიუმები უნდა დაკმაყოფილდეს ნარჩენების მიღებული ერთეულებისთვის: ნარჩენების გადამამუშავებელ საწარმოსა და საცავში არ უნდა იქნას მიღებული ბიოლოგიურად საშიში, პორფირებული, ფეთქებადი ან სახიფათოდ რეაქტიული ნივთიერებები. ჩვენს ხელთ არსებული ინფორმაციით ხაზგასასმელია ის ფაქტი, რომ მსგავსი ტიპის ნარჩენები არ გვხვდება საქართველოში. გადარიბებული ურანი შეიძლება, ასევე, იყოს სახეზე ლითონის ფორმით, რომელიც არის პორიფორული. მსგავს შემთხვევაში, უნდა შეფასდეს მოპყრობის შესაძლებლობები ლითონური ურანისთვის და მოხდეს შემდგომი ქმედებების განსაზღვრა.

### 3. კრიტიკიუმი სხვადასხვა გადამუშავების მეთოდებისთვის

ბერილიუმის ბლოკები და ხლეჩადი ნივთიერებები, რომლებიც იმყოფებიან აესს-ს უსაფრთხოების კონტროლის ქვეშ, შეუფერებელია მიწისპირა სამარხისთვის და შესაბამისად, მათი გადამუშავება არ უნდა მოხდეს, ვიდრე არ გახდება ცნობილი ნარჩენების მიღების კრიტიკიუმები საბოლოო ღრმა დამარხვისათვის. ნარჩენების შემომავალი ნაკადები შეიძლება დაჯგუფდეს შემდეგნაირად: - ნარჩენები, რომელთა მოპყრობა მოხდება ცემენტაციის ან გრუტირების გზით რომელიმე წერტილში და რომელთა მოპყრობა ვერ მოხდება ცემენტაციის/გრუტირების გზით (ნიადაგი, გამოყენებული ფისი, უკვე კონდიციონირებული ნარჩენები 200-ლიტრიან კასრებში).

ნივთიერებები, რომელთა გრუტირებაც უნდა მოხდეს, დაექვემდებარებიან სორტირებასა და პირველად რადიოლოგიურ დახასიათებას. თუ საჭიროა, ზოგი ნივთიერებასთან მოხდება დამატებითი მოპყრობა დაქუცმაცებით (აალებადი ნარჩენები), ან დაჭრით (ლითონის კომპონენტები), ან დაშლით (ლითონის კომპონენტები, როგორცაა ტუმბოები ან გამოყენებიდან ამოღებული დახურულ რადიოაქტიური წყაროები).

მთავარი შეზღუდვა, ნარჩენების გადამუშავებისთვის, არის შედეგად მიღებული ნარჩენების პაკეტების თვისებები, რომლებიც უნდა შეესაბამებოდნენ მიწისპირა სამარხში ნარჩენების მიღების კრიტიკიუმებს. დამატებით, მხედველობაში უნდა იქნას მიღებული დოზის სიმძლავრე თანამშრომლებზე, რომლებიც ახორციელებენ დამუშავებას. მიღებული დოზის შემცირება შესაძლებელია შესაფერისი დამცავი საშუალებით / დამცავი ბარიერით. ვინაიდან, დაჭრის ან დაქუცმაცების მომენტში, რადიონობა და აქტივობის შემცველობა, რომელიც უნდა მოთავსდეს ერთ კასრში, შეიძლება, იყოს ცვალებადი, ამ პროცესებისთვის აუცილებელი არ არის აქტივობასთან დაკავშირებული ნარჩენების მიღების კრიტიკიუმები. წვადი მასალებისა (მაგ. ტანსაცმელი) და ლითონის კომპონენტებისგან (მაგ. მილები), დოზის მაღალი სიმძლავრე არ არის მოსალოდნელი, ისინი საჭიროებენ უსაფრთხოების ზოგად ზომებს. სხვა მასალების დამუშავების შემთხვევაში, მაგალითად, რომლებიც მომდინარეობენ რეაქტორიდან, სადაც დოზის მაღალი სიმძლავრეა ნავარაუდევია, საჭირო დამცავი ბარიერების გათვალისწინება უნდა მოხდეს ინდივიდუალური შემთხვევებისთვის ცალ-ცალკე გამოყენებიდან ამოღებული დახურული რადიოაქტიური წყაროების შეფუთვის მოშორებას შეუძლია, გამოიწვიოს დასხივების შედარებით მაღალი დოზები თანამშრომლებზე. სორტირებისთვის დაიშვება მხოლოდ ის გამოყენებიდან ამოღებული დახურული რადიოაქტიური წყაროები, რომელთა დოზის სიმძლავრე (დამცავი საშუალების გარეშე) არის 0,25 მზვ/სთ-ზე ნაკლები 10 სმ. დისტანციაზე. დოზის ეს სიმძლავრე, ასევე, ვრცელდება გამოყენებიდან ამოღებულ დახურულ რადიოაქტიურ წყაროებზე წმინდა β-გამოსხივებით ( $^{90}\text{Sr}$ ).

ბევრ შემთხვევაში, ნარჩენები საჭიროებენ სორტირებას მათი შემდგომი მოპყრობის განსაზღვრისთვის (მაგ. თუ ისინი, არსებულ მდგომარეობაში, შესაფერისია გათავისუფლებისთვის, თუ საჭიროა დეკონტამინაცია, თუ საჭიროა წვად მასალებთან მოპყრობა, თუ არის დოზის მაღალი მაჩვენებელი, რომელიც გათვალისწინებული უნდა იყოს კასრებში შეფუთვისას). ნარჩენების სეგრეგაციისთვის, ნარჩენების მიღების კრიტიკიუმებში არ არის მოცემული აქტივობის შეზღუდვა, ვინაიდან ნარჩენების პაკეტები, ამ მომენტისთვის, დაუსრულებელია. თუმცა, დოზის სიმძლავრისთვის არსებობს ზღვარი, რომელიც არის 10 მკზვ/სთ, 1 მ. დისტანციაზე, მაშინ უნდა მოხდეს შესაფერისი დამცავი საშუალების დამატება. ნივთიერებები, რომლებიც შეიძლება, რეაქციაში შევიდნენ ერთმანეთთან, არ უნდა დაექვემდებარონ ერთდროულ სორტირებას, და არც მათი დამატება უნდა მოხდეს ერთსა და იმავე კონტეინერში.

ზოგიერთი ნივთიერება გამიზნულია რეგულირებიდან ამოღებისათვის [4] პირველადი დახასიათების შემდეგ. ასეთი ნივთიერებებისთვის, დამატებითი მოპყრობა, როგორცაა აბრაზიული წმენდა და შესაბამისი გაზომვები არის დაგეგმილი. ვინაიდან ძალიან დაბალი აქტივობა და დოზის სიმძლავრე საჭირო გათავისუფლებისთვის, ცალკე ნარჩენების მღების კრიტიკიუმები დაკავშირებული საფეხურებისთვის არ არის აუცილებელი. დოზის მაჩვენებელი 1 მ. მანძილზე უნდა იყოს შეზღუდული 10 მკზვ/სთ-ით, ან განსაკუთრებული დაცვის ზომები უნდა იქნას გამოყენებული

დამცავი საშუალებით, ან სამუშაო დროის შეზღუდვისთვის. ანალოგიური შეზღუდვები ვრცელდება დაჭრაზეც. აირისებრი გამოყენებიდან ამოღებული დახურული რადიოაქტიური წყაროების გამოფრქვევა შედეგად არ იძლევა ნარჩენების პაკეტებს და შესაბამისად, სამომავლოდ დაგეგმილი მიწისპირა სამარხის ნარჩენების მიღების პირველად კრიტერიუმებზე დაყრდნობით, ნარჩენების მიღების კრიტერიუმები ამ დამუშავებისთვის არ არის საჭირო. აირების გამოფრქვევა წინასწარ უნდა დაიგეგმოს, მათ შორის თანამშრომლებზე დოზების გათვლაც.

### 3.1 ნარჩენების მიღება ცემენტირება/გრუტირებისთვის

თხევადი ნარჩენები უნდა დამუშავდეს ცემენტაციით (ან გამოყენებული იქნას გრუტირება), ვინაიდან მხოლოდ მყარი ნარჩენები შეიძლება იქნას მიღებული დროებით საცავში ან მიწისპირა სამარხში. სადაც შესაძლებელია, მხედველობაში უნდა იქნას მიღებული სითხეების აორთქლება ნარჩენების შემგდომი ცემენტაციით. სითხეები შეიძლება იყოს  $^3\text{H}$ -ის შემცველი წყლიანი ნარჩენები ( $65 \text{ მ}^3$ ,  $1.3 \times 10^5 \text{ ბკ/ლ } ^3\text{H}$  [5]/8/), ან წყლიანი ნარჩენები, რომლებიც გენერირდება ნარჩენების გადამამუშავებელ საწარმოსა და საცავში. წყლისა და ცემენტის ზუსტი თანაფარდობა დამოკიდებულია კომპონენტებზე, რომლებიც გახსნილია ან შეჩერებულია წყლიან ფაზაში, ისევე როგორც გამოყენებული ცემენტის სახეობაზე. ცემენტაციამდე, შესაფერისი ნახავე უნდა შემოწმდეს. შემდეგი დაანგარიშებისთვის, წყლისა და ცემენტის 1:1.1 თანაფარდობაა გამოყენებული (100 ლ. წყალი + 110 კგ. ცემენტი, რომელიც შედეგად იძლევა დაახლოებით 210 კგ. ბეტონს; 200-ლიტრიანი კასრის წონა არ არის გათვალისწინებული). შესაბამისად, ერთი 210 კგ. კასრი შეიცავს  $1.3 \times 10^7 \text{ ბკ } ^3\text{H}$ . ეს შედეგად იძლევა  $62 \text{ ბკ/გ } ^3\text{H}$  კონცენტრაციას, ხოლო ნარჩენების მიღების პირველადი კრიტერიუმებით დადგენილი ზღვარია  $100 \text{ კბკ/გ}$ . აქტივობის შეზღუდული ოდენობიდან და  $^3\text{H}$ -ის გამოსხივების ტიპიდან გამომდინარე, არ არის გასათვალისწინებელს ნარჩენების შეფუთვა ან თანამშრომლების დოზის სიმძლავრე. მის რადიოლოგიურ თვისებებზე დაყრდნობით,  $65 \text{ მ}^3$  წყლიანი ნარჩენები შეიძლება, იყოს გამოყენებული ცემენტაციის ან გრუტირებისთვის შემდგომი ზომების ან განხავევის გარეშე.

სხვა წყლიანი ნარჩენები, რომლებიც წარმოიქმნება ნარჩენების გადამამუშავებისას, არ არის მოსალოდნელი, რომ შეიცავდნენ რადიოაქტივობის დიდ კონცენტრაციებს, რომლებიც მიუახლოვდებიან ნარჩენების მიღების კრიტერიუმების წინასწარ ზღვრებს. წყლიანი ხსნარები, რომლებიც დაექვემდებარებიან ცემენტაციას 1:1.1 თანაფარდობით (წყალი : ცემენტი) 200-ლიტრიანი კასრებში, შეიძლება დასაწყისში შეიცავდნენ ზღვარზე 2-ჯერ მეტ ოდენობას:  $2 \times 10^2 \text{ ბკ/გ } \alpha$ -გამომსხივებლებისთვის,  $2 \times 10^3 \text{ ბკ/გ } \beta/\gamma$ -გამომსხივებლებისთვის ნახევრად დაშლს დროით  $>^{137}\text{Cs}$ ,  $2 \times 10^4 \text{ ბკ/გ } \beta/\gamma$ -გამომსხივებლებისთვის, რომელთა ნახევრად დაშლის დროა  $\leq ^{137}\text{Cs}$  და  $2 \times 10^5 \text{ ბკ/გ } ^3\text{H}$ -თვის. დოზის სიმძლავრე, დაბეტონებული რადიოაქტიური ნარჩენების შემცველი 200-ლიტრიანი კასრისთვის, არ უნდა აღემატებოდეს 2 მზე ზედაპირზე ან 0.1 მზე 1 მეტრის მანძილზე. ეს ზღუდავს 200-ლიტრიანი კასრში (კომპოგენურად გადანაწილებული აქტივობა; კონცენტრაცია:  $2000 \text{ კბკ/მ}^3$ )  $^{60}\text{Co}$  შემცველობას დაახლოებით  $1 \times 10^9 \text{ ბკ-მდე}$ , რომელიც ეხება  $^{60}\text{Co}$  კონცენტრაციას  $5 \times 10^6 \text{ ბკ/ლ}$ . სხვა ნუკლიდები აგენერირებენ დოზის შედარებით დაბალ სიმძლავრეს. უნდა დამუშავდეს წყლიანი ნარჩენები აქტივობით  $> 5 \times 10^6 \text{ ბკ/ლ}$ , თითოეული შემთხვევისთვის ცალკეულ შესწავლას შეუძლია, აჩვენოს მიწისპირა სამარხის ნარჩენების მიღების კრიტერიუმების დაკმაყოფილება. უნდა აღინიშნოს, რომ შერევის ზუსტი თანაფარდობა ხდება წინასწარი ტესტირებით, რათა მიღებული იქნას ცემენტირებული ნარჩენების მაქსიმალური სტაბილურობა. ზემოხსენებული 1:1.1 თანაფარდობა გამოყენებული იქნა როგორც პირველადი დაანგარიშება.

ნარჩენების გადამამუშავებელი საწარმოსა და საცავიდან გამომდინარე წყლიანი ნარჩენები შემცირდება აორთქლებით, ვიდრე მოხდება მათი დამუშავება ცემენტაციით. ასევე, აორთქლებისთვის წყლიანი ნარჩენების მისაღებად, რიგი კრიტერიუმები უნდა დაკმაყოფილდეს. ტიპური შეზღუდვები ეხება რიგი ქიმიური ნივთიერებებს ოდენობას, როგორცაა ბორი და ქლორი. არსებულმა ნივთიერებებმა

შეიძლება, ხელი არ შეუშალოს შემდგომ ცემენტაციას, შეიძლება, არ შევიდნენ რეაქციაში ამორთქლებელთან და შეიძლება, არ ჰქონდეთ აალების ტემპერატურა იმ ტემპერატურასთან ახლოს, რომელიც გამოიყენება აორთქლებისას. საპონსა და სხვა ქაფის წარმოქმნელ ნივთიერებებს ასევე შეუძლიათ უარყოფითი გავლენის მოხდენა აორთქლებაზე. ისინი, ასევე, უნდა შეიზღუდონ, ან ქაფის დაგროვება უნდა იყოს შეზღუდული. წყლიანი ნარჩენების pH უნდა იყოს 7 (აორთქლებამდე და ცემენტაციამდე). -ნუკლიდებს მთლიანი აქტივობა და  $\beta/\gamma$ -ნუკლიდების მთლიანი აქტივობა შეიძლება, ზოგადად, ისე იყოს შეზღუდული, რომ დაკმაყოფილდეს აქტივობის კონცენტრაციასთან დაკავშირებული ცემენტაციისთვის ნარჩენების მიღების კრიტერიუმები. ვინაიდან წყლიანი ნარჩენების კონცენტრაციის ხარისხი დღემდე არ განსაზღვრულა, ამ ეტაპზე შეუძლებელია აქტივობის კონცენტრაციის ზღვრების დაანგარიშება. თუმცა, არ არის მოსალოდნელი, რომ ნარჩენების გადამამუშავებელი საწარმოდან და საცავიდან გამომავალმა წყლიანმა ნარჩენებმა მიაღწიონ აქტივობის კონცენტრაციის ზღვრებს. უნდა აღინიშნოს, რომ განსასაზღვრია ის კრიტერიუმები, რომლის დროსაც შეჩერდება აორთქლება (მაგ. გაუსხნელ მყარი ნივთიერებების ოდენობა).

ნარჩენების გადამამუშავებელი საწარმოდან და საცავიდან გენერირებული წყლიანი ნარჩენები შეიძლება, შეიცავდეს  $^3\text{H}$ . ამ ნუკლიდს განსაკუთრებული ყურადღება უნდა მიექცეს, ვინაიდან ის წყლიან ფაზას დატოვებს აორთქლებულ წყალთან ერთად. თუ აორთქლების შედეგად მიღებული წყალი შეიცავს გათავისუფლებისთვის დასაშვებ ზღვარზე მეტ  $^3\text{H}$ , აორთქლება არ უნდა განხორციელდეს, ვინაიდან ნარჩენების ოდენობის შემცირება ვერ მოხერხდება.  $^3\text{H}$ -ის ოდენობა, რომელიც მისაღება გათავისუფლებისთვის, უნდა განისაზღვროს პასუხისმგებელი უწყების მიერ. ამაზე დაყრდნობით,  $^3\text{H}$ -ის კონცენტრაციის ზღვარი უნდა დაემატოს აორთქლების პროცესის ნარჩენების მიღების კრიტერიუმებს. თუ  $^3\text{H}$ -ის ეს ზღვრები არ არის დაკმაყოფილებული, სითხის დამუშავება უნდა მოხდეს ცემენტაციით, წინასწარი აორთქლების გარეშე.

აორთქლების სისტემის მიხედვით (და შემდგომი ცემენტაციის), შეიძლება, განსხვავდებოდეს წყლიანი ნარჩენების ზუსტი საჭირო მიღების პირობები. მას შემდეგ, რაც ცნობილი გახდება აორთქლების სისტემა, უნდა განისაზღვროს აორთქლებისთვის ნარჩენების მიღების კრიტერიუმების დეტალური ჩამონათვალი. ნარჩენების მიღების კრიტერიუმები უნდა შეიცავდეს გარკვეულ კონცენტრაციის ზღვრებს სხვადასხვა ნივთიერებებისთვის, მაგ. ქლორი, საპონი, pH-მნიშვნელობები, გაუსხნელი მყარი ნივთიერებები და აქტივობის კონცენტრაციები. თუ ეს კრიტერიუმები ვერ კმაყოფილდება, წყლიან ნარჩენებთან მოპყრობა უნდა მოხდეს აორთქლებამდე, რათა დაკმაყოფილდეს ნარჩენების მიღების ეს კრიტერიუმები.

გრანულისებრი მყარი ნივთიერებები (მაგ. ჭავლში გამოყენებული ნივთიერებები, დაქუცმაცებული ნივთიერებები), უნდა ჩაშენდეს ცემენტის მატრიცაში. ნარჩენების ნაკადები, რომლებიც გამომდინარეობენ ნარჩენების დამუშავებიდან, მოსალოდნელია, რომ აჩვენებენ მცირე აქტივობას, სადაც  $^{60}\text{Co}$  და  $^{137}\text{Cs}$  იქნებიან მთავარი ნუკლიდები. მოსალოდნელია აქტივობის საკმაოდ ჰომოგენური გადანაწილება. ეს შედეგად იძლევა  $1 \times 10^9$  ბკ დასაშვები აქტივობის მაქსიმუმს (კონსერვატიული დაშვება, 100%  $^{60}\text{Co}$ ).

რადიოაქტიური ნარჩენები ისეთი ნაერთების შემცველობით, რომლებიც შეზღუდული ან მიუღებელია მიწისპირა სამარხისთვის (ამ ოდენობით), არ იქნება მიღებული ცემენტაციის ან ჩანერგვისთვის. სითხეების ან გრანულისებრი მყარი ნივთიერებების ქიმიური მახასიათებლები უნდა გაანალიზდეს ცემენტაციამდე. სითხეები ისეთი სუბსტანციებით, რომლებსაც შეუძლიათ სტაბილური პროდუქტის ფორმირების ხელის შეშლა, არ მიიღებიან ცემენტაციისთვის. ამ სითხეების შემდგომი დამუშავება იქნება საჭირო.

#### 4. დასკვნა

მოცემულ სტატიაში განხილულია ნარჩენების მიღების წინასწარი კრიტერიუმები ძირითადი ცემენტირების პროცესებისთვის. ცხადია, დამატებით უნდა იყოს განხილული ნარჩენების მიღების კრიტერიუმები სხვა პროცესებისთვის და საცავისთვის, რაც ცალკე ამოცანებს წარმოადგენს.

#### ლიტერატურა

1. G.Nabakhtiani, V.Gedevanishvili, I.Giorgadze. Development of National Infrastructure for Radioactive Waste Management in Georgia. / International Conference on Radioactive Waste Management (CN-294), ID104, Vienna, 2021, pp. 127-144.
2. Predisposal Management of Radioactive Waste// International Atomic Energy Agency, GSR part 5., Vienna 2009, pp. 225-231.
3. ტექნიკური რეგლამენტი – ბირთვული და რადიოაქტიური ნივთიერებების ტრანსპორტირების წესი//თბილისი 2019.
4. ტექნიკური რეგლამენტი – „მაიონებელი გამოსხივების წყაროებთან მოპყრობისადმი რადიაციული უსაფრთხოების ნორმებისა და ძირითადი მოთხოვნები“// თბილისი 2015.

#### SUMMARY

#### GENERAL WASTE ACCEPTANCE CRITERIA OF A NEW RADIOACTIVE WASTE MANAGEMENT FACILITY

Giorgadze I.S.

Georgian Technical University

Contrary to popular belief widespread development of industry throughout Georgia causes more and more radioactive materials to be used and waste to be generated. Although according to international guidelines generation of radioactive waste should be kept to a minimum, we are at the time unable to fully mitigate its growth. After thorough examination it was concluded that Georgia's radioactive waste storage does not satisfy nuclear safety and protection conditions and its 'radon-type' burial site has its own slew of problems. The situation is further complicated by limited radioactive waste treatment capabilities of Georgia. At the same time according to Georgia's radioactive waste treatment strategy for 2017-2031 a decision has been made to bring all of the radioactive waste facilities together to a single location, by building a new multipurpose top-of-the-line facility. The research conducted serves the purpose with following topics covered:

- Picking a location for future radioactive waste facilities
- Studying rising activity caused during liquid radioactive waste treatment
- Defining functional and operative criteria for storage and treatment facilities
- Devising general design of future facilities in cooperation with foreign experts
- Conducting preliminary safety assessment of future facilities and defining provisional criteria for waste generation

**Keywords:** radioactive waste, waste acceptance criteria, storage, processing facility.

ლომიძე მ.ზ.

## საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

გასული 50 წლის განმავლობაში მსოფლიოს დიდი ნაწილი გახდა მყარი ნარჩენების მართვის ეკოლოგიის მოწმე. საზოგადოება, მეწარმეები მთავრობები, მყარი ნარჩენის მიწაზე დაყრიდან, დაწვიდან ან წყალში გადაყრიდან გადავიდნენ ინტეგრირებულ სისტემებზე, რაც გულისხმობს ნარჩენის დამუშავებას, გადამუშავებას, ენერჯის მიღებას და სხვა. ნარჩენების მდგრადი გადამუშავება გულისხმობს ეკოლოგიურად, ეკონომიკურად და სოციალურად სასარგებლო მეთოდს.

თანამედროვე ნაგავსაყრელის მოწყობის სქემას წინ უძღვოდა კვლევები, რომლებიც 1970-იანი წლებიდან გააქტიურდა. ჯორჯიის შტატის ტექნოლოგიური ინსტიტუტის მკვლევარებმა ააგეს ღია და დახურული ნაგავსაყრელები. კვლევებმა აჩვენა, რომ ღია ნაგავსაყრელებში ნაჟური სითხის ორგანული სიძლიერე მკვეთრად მცირდებოდა ნალექების მოხვედრიდან 6 თვის შემდგომ და ეს ცვლილებები 3 წლის განმავლობაში გრძელდებოდა, ხოლო გაზის გამოყოფა მოხდა 3 თვის განმავლობაში დაჩქარებულად. დახურულ ნაგავსაყრელებში კი მკვეთრად შემცირდა მიმე მეტალების სიმკვრივე, ხოლო ორგანული ნივთიერებები გარდაიქმნებოდნენ სითხედ და ზრდიდნენ ცირკულაციის სიშირეს [1]. სორმონაში ჩატარდა სავსე საკვლევი სამუშაოები და აღმოჩნდა, რომ მყარი ნარჩენების ზედაპირზე არსებული ნაბი აჩქარებდა ნარჩენების სტაბილიზაციის პროცესს. თურქეთის ლაბორატორიებში კი შეისწავლეს ნაგავსაყრელებში ნაჟური სითხისა და ჰაერის რეციკულაციის მეთოდები. დადგინდა, რომ მეტალების სიმკვრივე იყო მნიშვნელოვნად შეცირებული და რეციკულაციის შედეგად გაუმჯობესდა ნაჟური წყლის ხარისხი, ნარჩენების შემადგენლობის ხარისხი კი არ შეცვლილა [2].

აქ მოყვანილ და სხვა კვლევებზე დაყრდნობით იქმნებოდა ახალი სქემატური მოდელი, რომლის მიხედვითაც დაიწყო ახალი ტიპის ნაგავსაყრელების შექმნა. თავდაპირველად ტერიტორიაზე უნდა ჩატარდეს გეოლოგიური კვლევა, გაანგარიშდეს ნარჩენების წყალგამძლეობა და სეისმომდებლობა, რათა თავიდან იქნეს აცილებული წყალგაუმტარი ფენიდან სითხის გაჟონვა. როდესაც ნაჟური სითხე იწყებს მიმოქცევას ნაგავსაყრელის შიგნით, გრავიტაციის მოქმედებით ის ეშვება ქვედა ნაწილში, იქ სადაც დამცავი შრეა განთავსებული. ამის შემდგომ უნდა მოხდეს ნაჟური სითხის ნაგავსაყრელიდან ამოტუმბვა და მისი გაუვნებელყოფა [2].

ღია უკონტროლო მუნიციპალური ნარჩენების დიდი ნაწილი შედგება ორგანული და დეგრადირებადი ნივთიერებებისგან მალე იწყებენ დაშლას და აირების წარმოქმნას. ქარის რევერსული მიმართულებით კი ხდება მისი გაფანტვა, ამიტომაც თანამედროვე ნაგავსაყრელზე აუცილებელია მოეწყოს აირების შეგროვებისა და კონტროლის სპეციალური სისტემა.

თანამედროვე ტიპის ნაგავსაყრელი აუცილებლად უნდა გადაიხუროს, რათა უზრუნველყოს ნარჩენის დაცვა ნალექისა და მზის მოქმედებისაგან, ასევე წარმოქმნილი აირების გარემოში გაფრქვევის მინიმუმამდე დაყვანა. დამცავი ფენის (სახურავის) მოწყობა უნდა მოხდეს ყველა შესაძლო დატვირთვის გათვალისწინებით და უზრუნველყოს ნარჩენის სწრაფი სტაბილიზაცია, შემდგომ გამწვანებულ სივრცედ გარდასაქმნელად.

ნაგავსაყრელის ექსპლუატაცია არ მთავრდება მისი დახურვით. დახურვიდან 10–30 წლის პერიოდში საჭიროებს პერმანენტულ მეთვალყურეობას, უნდა ხდებოდეს ნაჟური სითხის კონსისტენციის შემოწმება და თანხვედრა მოქმედ რეგულაციებთან, ასევე გაზის შეგროვება. ილუსტრაცია 1-ზე ნაჩვენებია თანამედროვედ მოწყობილი ნაგავსაყრელის კონცეპტუალური ჭრილი, რომელზეც ნაჩვენებია როგორ თავსდება ერთმანეთზე შრეები: საძირკველი, წყალგაუმტარი ფენა, სადრენაჟე სისტემა, მყარი ნარჩენი, ნარჩენის სტაბილიზაციისათვის გრუნტის ფენა, ისევ ნარჩენი, ისევ გრუნტის





თუ როგორ არის რეალურად შესაძლებელი მოქმედი ნაგავსაყრელი ტერიტორიების რევიტალიზაცია და მათი გარდაქმნა სხვადასხვა სივრცეებად, საილუსტრაციოდ რამდენიმე განხორციელებულ მაგალითს მოვიყვან.

ობერდორფი, შვეიცარია. ექსპლუატაციის პერიოდი: 1973–2000 წწ. ნარჩენის შემადგენლობას წარმოადგენდა მყარი მუნიციპალური ნარჩენი. ფართობი: 12 ჰა სიმაღლე 11 მ, გამომდინარე იქიდან, რომ ექსპლუატაციის ვადა გრძელი იყო აქ გამოიყენეს აალების მეთოდი. ეკონომიკურად არ იქნებოდა მომგებიანი ენერჯის მისაღებად ქარხნის აშენება, რადგან გამოუმუშავებელი ენერჯის საფასური დანადგარის მოწყობაზე ნაკლები ღირებულების იყო. დღეისათვის ნაგავსაყრელის ტერიტორია სრულად გამწვანებულია.

მთა ჰირია, თელავივი, ისრაელი. ცნობილი იყო როგორც უდიდესი ნაგავსაყრელი ახლო აღმოსავლეთში. დღეს ტურისტულ ლოკაციას და პარკს წარმოადგენს სახელწოდებით „Ariel Sharon park“. მისი განვითარების პროექტის ავტორები არქიტექტურული ჯგუფი ლათში და პარტნიორებია. მათ ამ პარკით პროექტით მიიღეს საერთაშორისო არქიტექტურული ჯილდო 2016, საუკეთესო მწვანე დიზაინი 2010 ჯილდო ურბანისტიკისა და ლანდშაფტის დიზაინის კატეგორიაში. [4]

აღსანიშნავია ვირჯინიის შტატში, აშშ „trashmore park“, როცა თავად სახელი საუბრობს ტერიტორიის წარსულ ფუნქციაზე (trash – ნაგავი, more – მეტი) ნაგავსაყრელის ტერიტორია 1974 წელს დაიხურა და ეტაპობრივად ხდებოდა მისი გამწვანება. მოსახლეობისათვის 1988 წელს გაიხსნა, დღეისათვის აქ უკვე მოწყობილია საპიკნიკე ადგილები, კალათბურთის მოედნები, გასართობი ატრაქციონები, ნაჟური სითხე დაიწმინდა და ხელოვნურ ტბად იქცა. პარკს წელიწადში მილიონზე მეტი ტურისტი სტუმრობს. [5]



მთა ჰირია, თელავივი



ვირჯინია, აშშ



საილუსტაციოდ მოყვანილი მაგალითები ის არასრული ჩამონათვალია პარკებისა, რომლებიც ყოფილ ნაგვისაყრელ ტერიტორიაზე მოეწყო სხვადასხვა დროს. გამომდინარე იქედან, რომ საერთაშორისო პრაქტიკაში უკვე კარგად არის აპრობირებული ეს მეთოდი, სასურველია საქართველოშიც დაიწყო მსგავსი პროცესები. რევიტალიზაციის პერიოდი 10–30 წლიანია, ამიტომ პროცესების დაწყება სასურველია ახლო მომავალში, თუნდაც თავიდან მხოლოდ დიდი ქალაქებისათვის. რაც საქალაქო ეკოლოგიური ფონის გასაუმჯობესებლად, სარეკრეაციოდ, სპორტული თუ ხელოვნების დარგების მიზიდვის ცენტრების შესაქმნელად იქნება მიმართული.

#### ლიტერატურა

1. Municipal solid waste management. A roadmap for reform for policy makers. 2018
2. Handbook of solid waste management. George Tchobanoglous, Frank Kreith. 2002
3. Sustainable Practices for Landfill Design and Operation. Timothy G. Townsend, Jon Powell. 2015
4. <https://www.latzundpartner.de/en/projekte/postindustrielle-landschaften/hiriya-tel-aviv-il/>
5. <https://www.visitvirginiabeach.com/listing/mount-trashmore-park/44/>

#### SUMMARY

#### REVITALIZATION OF OPEN LANDFILL AREAS. PROCESS AND RESULTS

Gomidze M.Z.

Georgian Technical University

In developed countries, in fact there are no more uncontrolled open landfills, because of new waste management strategy. Urban spaces, characterized by less landscaping and planting density, use modern systems to close one of the most polluting factors in the landfill area and in return receive new, healthy green space and often become a source of energy (biogas, electricity). The process of landfill closure and rehabilitation has yielded amazing results in many countries. We think it is time to share the experience and start the process in the big cities of Georgia.

**Keywords:** solid waste, recreational space

ღია უკონტროლო ნაგავსაყრელების ზემოქმედება ბარემოზე  
(ძ. ბათუმის მუნიციპალიტეტი)

ლომიძე მ.ზ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

მყარი ნარჩენის მართვის და გარემოზე მისი ზემოქმედების საკითხის შესწავლა XX საუკუნის მე-2 ნახევრიდან დაიწყო და დღემდე განიცდის ევოლუციას. საკითხის შესწავლამდე მთელს მსოფლიოში ფაქტობრივად ერთნაირი პრაქტიკა არსებობდა მყარი ნარჩენის მართვასთან დაკავშირებით. ღია, უკონტროლო ნაგავსაყრელებზე თავს იყრიდა განსხვავებული შემადგენლობის მქონე ნარჩენი და პერიოდულად ხდებოდა მათი დაწვა ან გრუნტით გადაფარვა.

პირველი კვლევების მიზანი იყო შეემცირებინა მყარი ნარჩენის დეგრადირების პროცესში წარმოქმნილი დაავადებების გავრცელება. ამისათვის შეისწავლეს მყარი ნარჩენის შემადგენლობა, მათ მიერ წარმოქმნილი მავნე აირების გაფრქვევა ატმოსფეროში და ნიადაგში მიგრაცია. კვლევების კასკადმა, რომელიც ტარდებოდა ამერიკის შეერთებული შტატების, იტალიის, თურქეთის, დიდი ბრიტანეთის უნივერსიტეტებში დაადასტურა, რომ ღია, უკონტროლო ნაგავსაყრელის ზეგავლენა გარემოზე უარყოფითია. კერძოდ, მყარი ნარჩენი დეგრადირებისას გამოყოფს მავნე ნივთიერებებით გაჯერებულ სითხეს, რომელიც ხვდება ნიადაგში, იოლად შედის რეაქციაში გრუნტის წყლებთან და იწვევს მის დაბინძურებას. ამიტომაც, დადგინდა რომ ნაგავსაყრელს უნდა ჰქონდეს წყალგაუმტარი ფენა. [3]

ღია ნაგავსაყრელზე ხვდებიან ცხოველები და ფრინველები. ისინი იკვებებიან აქ განთავსებული სხვადასხვა ტიპის ნარჩენით, რომლებიც წარმოადგენს დაავადებათა გამომწვევ მიზეზს.

ასევე, განვითარებად და დაბალგანვითარებულ ქვეყნებში ეკონომიკური ფონი აიძულებს ადამიანებს საქმიანობა აწარმოოს ნაგავსაყრელ პოლიგონებზე, რაც მოიცავს ნარჩენის სეპარაციას, დახარისხებას მათი შემდგომი გადამუშავებისათვის, რაც საფრთხის შემცველია მათი ჯანმრთელობისათვის, რადგან დაუხარისხებელ ნარჩენში ხვდება ქიმიური წარმომავლობის ნარჩენიც. გამომდინარე აქედან, ნაგავსაყრელებზე უკვე დახარისხებული სახით უნდა ხვდებოდეს მყარი ნარჩენი, ხოლო ტერიტორია იყოს შემოღობილი, რათა თავიდან იქნეს აცილებული გარემო პირთა ან ცხოველების მოხვედრა ტერიტორიაზე.

მყარი ნარჩენის დაშლის პროცესში წარმოიქმნება სხვადასხვა ტიპის აირები, მათ შორის მეთანი და იწვევს სპონტანურ აფეთქებებს, ხანძრებს. უკონტროლო ნაგავსაყრელზე მოხვედრილი ქიმიური ნარჩენებისაგან გამოიყოფა მავნე აირები, რომლებიც ქარის მოქმედებით ვრცელდება ახლოს მდებარე ტერიტორიებზე და იწვევს სხვადასხვა ტიპის დაავადებებს. [3]

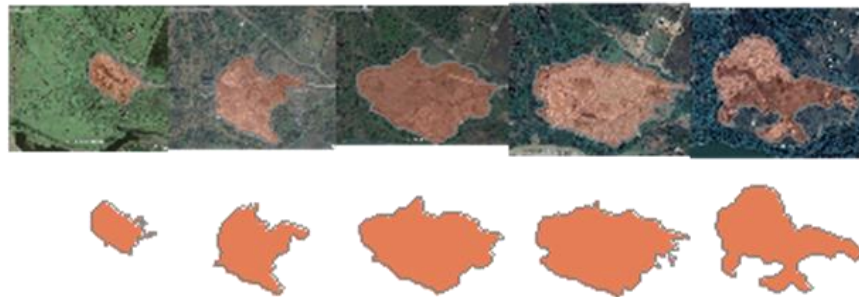
უკონტროლო, შემოუზღუდავი, ღია ნაგავსაყრელებისგან მიყენებული ზიანი გარემოზე უკიდურესად უარყოფითია, ამიტომაც განვითარებულ ქვეყნებში უკვე შემუშავებული სტრატეგიით ხდება მათი დახურვა და თანამედროვე ტიპის ნაგავსაყრელებით ჩანაცვლება.

საქართველოს ამ ეტაპისათვის მყარი ნარჩენის მართვის 5–10 წლიანი გეგმა უკვე მიღებული აქვს, ასევე შემუშავებულია კანონმდებლობა. მიუხედავად ამისა, უკონტროლო ნაგავსაყრელების პრობლემა კვლავაც აქტიურად დგას ქვეყნის ყველა მუნიციპალიტეტში. ბათუმის მუნიციპალიტეტში ღია ნაგავსაყრელი პოლიგონი ადღიაშია განთავსებული ჭოროხის დელტის მიმდებარედ. იგი 1965 წლიდან ფუნქციონირებს და მისი ფართობი 19,2 ჰექტარს მოიცავს. ნაგავსაყრელზე შეტანილ ნარჩენს წარმოადგენს: მინა (5%), ლითონები (2%), ქაღალდი და მუყაო (15%), პოლიეთილენი და პლასტმასი (17%) ბავშვის ჰიგიენური საფენი (6%) ქსოვილები (7%), ტყავი და რეზინა (2%), სამშენებლო ნარჩენები (6%), სხვა ტიპის ნარჩენები (3%) და ორგანული მასალები (37%). ამავე მუნიციპალიტეტში აღრიცხულია 120 თვითნებური

უნებროვო ნარჩენების განთავსების ადგილი. პერიოდულად ხდება აღნიშნული ტერიტორიების დასუფთავება, ნარჩენის გატანა ან დაწვა [1].

ბათუმის მოქმედი ნაგავსაყრელი გეგმის მიხედვით, უკვე დახურული უნდა იყოს მაგრამ ის დღემდე ფუნქციონირებს (ახალი ნაგავსაყრელი, რომელიც ცეცხლაურში აშენდა ჯერ არ არის ექსპლუატაციაში მიღებული). ქვემოთ ჩამოვყალიბებთ ყველა პრობლემურ საკითხს, რომელიც ცხადად წარმოაჩენს მისი დახურვის სასწრაფო აუცილებლობას.

აეროფოტოზე (ილუსტაცია 1) მონიშნულია ღია ნაგავსაყრელი პოლიგონის ფართობის ცვლილება წლების მიხედვით 2007–2021 წლების პერიოდში. მისი მასშტაბში ზრდა პირდაპირპროპორციულია ქალაქის განვითარების, როგორცაა მოსახლეობის სიმჭიდროვისა და ახალი მშენებლობების რაოდენობის ზრდა, ტურისტულად გააქტიურება და სხვა. მყარი ნარჩენის მატება კავშირშია ეკონომიკურ კეთილდღეობასთან. შედარებისათვის, განვითარებულ, მაღალშემოსავლიან ქვეყნებში 1 სულ მოსახლეზე 2,1 კგ მყარი ნარჩენი გროვდება დღეში, უფრო დაბალშემოსავლიან ქვეყნებში კი 0,6–1,2 კგ ფარგლებში მერყეობს. არსებული სტატისტიკის მიხედვით მუნიციპალური ნარჩენის რაოდენობამ ქალაქ ბათუმში 2015 წლისათვის 65000 ტონა, ხოლო 2017 წელს 74800 ტონა შეადგინა. [1]



ილუსტრაცია 1. ბათუმის ნაგავსაყრელი პოლიგონის მოცულობის ცვალებადობა 2007-2021 წწ

ღია ნაგავსაყრელ პოლიგონს არ აქვს წყალგაუმტარი ფენა, წლების მანძილზე აქ გარემო ფაქტორების ზემოქმედებით სხვადასხვა ტიპის ნარჩენი განიცდის დეგრადაციას, წარმოქმნილი მავნე ნაჟური სითხე კი ნიადაგში ჩაედინება და აბინძურებს გრუნტის წყლებს. აღსანიშნავია, რომ დასახლებული პუნქტი ნაგავსაყრელი პოლიგონიდან 1500 მეტრშია, რომლის მოსახლეობა წყალს ჭებიდან იღებს. სავარაუდოა, რომ მათ მიერ მოპოვებულ წყალში მოხვედრილი იქნება მყარი ნარჩენიდან გამოჟონილი სითხე, ამიტომ კვლევას საჭიროებს მათ მიერ მოპოვებულ წყალში რა ნივთიერებები და რა რაოდენობითაა გამოვლენილი.

აღნიშნულ პოლიგონზე მყარი ნარჩენი დახარისხების გარეშე ხვდება, სეპარირებაში დაახლოებით 15–20 ადამიანია დასაქმებული, რომელთაც ამავე ტერიტორიაზე აქვთ განთავსებული საცხოვრებელი სახლები.

ტერიტორია, რომელიც უჭირავს ღია ნაგავსაყრელს ესაზღვრება ბიომრავალფეროვნებით გამორჩეულ, ზურმუხტის ქსელში ჩართულ უბანს „ჭოროხის დელტას“. ზურმუხტის ქსელი წარმოადგენს ინსტრუმენტს ევროპის ბუნებრივი ჰაბიტატების დასაცავად. საიტის ნომინირების საფუძველია 4 ტიპის ჰაბიტატი; მასთან ერთად 87 სახეობის ფრინველი, 2 სახეობის ძუძუმწოვარი და 1 სახეობის მცენარე. ჭოროხის დელტა, რომელიც „სამიგრაციო ძაბრის“ ნაწილია, გადამფრენ ფრინველთა რაოდენობის მიხედვით მესამე ადგილს იკავებს მექსიკისა და ისრაელის შემდეგ. [2] როგორც უკვე აღვნიშნეთ, ღია ნაგავსაყრელი პოლიგონებიდან მასობრივად ხდება მავნე აირების გაფრქვევა ჰაერში და გრუნტის წყლების დაბინძურება. გადამფრენი ფრინველები მიგრაციისას ჭოროხის დელტასთან არსებულ ოლიგოტროფულ ტბორებთან ჩერდებიან, სადაც იკვებებიან მწერებით, ჭიებითა და გუბურის წყლით, რომელშიც შესაძლოა უკვე შეღწეული იყოს ნაგავსაყრელიდან გამოჟონილი მავნე ნივთიერებე-

ბით გაჯერებული სიოხე. შესაბამისად საფოხე ექმნება ამ ტერიტორიაზე გამოკევიბილი ჯიშეხის ჯანმრთელობას, გენოფონდს.



### ბათუმის ნაგავსაყრელი პოლიგონის ამსახველი ფოტომასალა

ღია ნაგავსაყრელი პოლიგონი გარდა იმისა, რომ უშუალოდ ესაზღვრება მდინარე ჭოროხის კალაპოტს და აბინძურებს წყალს, შემოუზღუდავია და ღღის განმავლობაში აქ იკვებება მოსახლეობის კუთვნილი მსხვილფეხა ცხოველი. მათი რძით კი მოსახლეობა ამზადებს რძის ნაწარმს და იკვებება. აღნიშნული ფაქტი, გვაძლევს საშუალებას ვთქვათ რომ აქ გამოკევიბილი პირუტყვის რძისგან ნაწარმი რძის პროდუქტი მავნეა ადამიანისათვის. ტერიტორიის ამსახველ ფოტოებზე ნათლადაა ასახული ზემოთ ჩამოთვლილი პრობლემური საკითხები.

დასკვნის სახით უნდა ვთქვათ, რომ ღია ნაგავსაყრელები გრძელვადიან პერსპექტივაში არის წყარო დაავადებების გავრცელების, აბინძურებს გრუნტის წყლებს, გამოყოფს მავნე აირებს და ეკოლოგიურ ფონს მკვეთრად აუარესებს ახლოს მდებარე დასახლებებში, ასევე ღიდ როლს თამაშობს კლიმატის ცვლილებასა და გლობალურ დათბობაში. რეკომენდაციას, უპირველესად მოხდეს ღია უკონტროლო ნაგავსაყრელების დახურვა და მათი ჩანაცვლება თანამედროვე ტიპის ნაგავსაყრელებით, ისე, როგორც ეს განხორციელდა არაერთ ქვეყანაში. ასევე, შემცირდეს ნაგავსაყრელ პოლიგონებზე მოხვედრილი მყარი ნარჩენის რაოდენობა და ნარჩენი უკვე იყოს დახარისხებული სახით, რასაც ხელი უნდა შეეწყოს მოსახლეობაში ცოდნის დონის ამაღლებით, საკითხის მასშტაბის გაცნობიერებით. უშუალოდ, ქალაქ ბათუმისათვის, ხელისშემშეღელი ფაქტორია მდგრადი განვითარების კუთხით, ეკონომიკური და ეკოლოგიური თვალსაზრისით შეუსაბამოა ამგვარი ნაგავსაყრელის არსებობა ქალაქის ფარგლებში, იმის გათვალისწინებით, რომ მიმდებარე ტერიტორია მდიდარია ბიომრავალფეროვნებით და წარმოადგენს დასაცავ ფასეულობას ევროპის კონტინენტი-სათვის.

### ლიტერატურა

1. ქალაქ ბათუმის მუნიციპალიტეტის მერია მუნიციპ ალური ნარჩენების ხუთწლიანი გეგმა (2018–2022). 2017.
2. ჭოროხის დელტის ზურმუხტის ტერიტორიის მართვის გეგმა. ორგანიზაცია “საბუკო” თბილისი, 2021.
3. Sustainable Practices for Landfill Design and Operation. Timothy G. Townsend, Jon Powell. 2015.

### SUMMARY

#### IMPACT OF OPEN UNCONTROLLED LANDFILLS ON THE ENVIRONMENT (ON THE EXAMPLE OF BATUMI)

Gomidze M.Z.

Georgian Technical University

With the increase in the rate of urbanization in cities, there is a sharp deterioration of the ecological background, which is caused by increased anthropogenic impacts. One of the aspects is the increase in the amount of municipal solid waste and the problems associated with its management. For more than 50 years, scientists have been researching the harmful effects of open landfills on the environment and creating appropriate recommendations to reduce it. The topic is relevant, because the problem of open landfills in Georgia is active and the goal is to present the threats, to understand the scale of the problem, On the example of Batumi landfill.

**Keywords:** solid waste, ecology, sustainable development, habitat.

**ქალაქ რუსთავისა და მისი მიმდებარე რეგიონების მოსახლეობის სასმელი წყალმომარაგების სისტემის ეკოქიმიური და მიკრობიოლოგიური ანალიზის შედეგები**

ნიკურაძე თ.რ., გვერდწითელი ლ.გ., სურმავა ა.ა., ერისთავი დ.გ.

**საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი  
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის უნივერსიტეტი**

საქართველოს კანონში „წყლის შესახებ“ განხილულია წყლის, როგორც უმნიშვნელოვანესი ბუნებრივი რესურსის, ადამიანის, ცხოველთა სამყაროსა და მცენარეული საფარის არსებობისათვის აუცილებელი და საქართველოს ეკონომიკის განვითარებისთვის უნიკალური და უპირველესი, სასიცოცხლო მნიშვნელობა. 53-ე მუხლი მოიცავს სპეციალური წყალსარგებლობის ძირითად მიზნებსა და პირობებს, სადაც განხილულია სპეციალური წყალსარგებლობის განხორციელებისას მოსახლეობის სასმელი და საყოფაცხოვრებო, ასევე სასოფლო-სამეურნეო წყალმომარაგების მიზნებისთვის გამოყენებული უნდა იქნას დაბინძურებისა და დანაგვიანებისაგან საიმედოდ დაცული ზედაპირული და მიწისქვეშა წყლები, რომელთა ხარისხი ბუნებრივ მდგომარეობაში ან სათანადო დამუშავების შემდეგ შეესაბამება საქართველოს სახელმწიფო სტანდარტებით დადგენილ ნორმებს. ამ ნორმების დაცვით უზრუნველ ყოფილი იქნება ადამიანის ჯანმრთელობისათვის უსაფრთხო გარემო, ეკოლოგიური და ეკონომიკური ინტერესების შესაბამისად გარემოს დაცვა, მათ შორის წყლის დაცვა [1].

2015 წლის 6 ოქტომბრის 2015/1787 ევროდირექტივის საფუძველზე, ჯანმრთელობის მსოფლიო ორგანიზაციის სასმელი წყლის ხარისხის სახელმძღვანელოს მე-4 გამოცემისა და მისი პირველი დამატებით (WHO Guidelines for drinking-water quality, 4th edition, incorporating the 1st addendum) განსაზღვრული რეკომენდაციების, „ადამიანის მოხმარებისათვის განკუთვნილი წყლის ხარისხის შესახებ“ 1998 წლის 3 ნოემბრის 98/83/EC, ასევე „საზოგადოებრივი ჯანმრთელობის შესახებ“ საქართველოს კანონისა და სურსათის/ცხოველის საკვების უვნებლობის, ვეტერინარიისა და მცენარეთა დაცვის კოდექსის საფუძველზე შემუშავებულია სასმელი წყლის ხარისხის ტექნიკური რეგლამენტი.

სასმელი წყლის ხარისხის ტექნიკურ რეგლამენტში ასახულია მოსახლეობის ჯანმრთელობის დასაცავად, ადამიანის მოხმარებისათვის განკუთვნილი წყლის სასმელად გამოყენების ვარგისიანობისა და უვნებლობის უზრუნველყოფა [2-4].

საქართველოში მდინარე ხრამისა და დებედას მიწისქვეშა წყლებს იყენებენ ქალაქ რუსთავისა და მისი მიმდებარე რეგიონების მოსახლეობის წყალმომარაგების სისტემად. ქრუსთავის მოსახლეობის და სამრეწველო ზონის ზრდასთან ერთად დღის წესრიგში დგება წყალმომარაგების განვითარების აუცილებლობა. სასმელი წყლის წყალმომარაგების წყალამღები მდებარეობს მდინარე ხრამსა და მდინარე დებედას აუზებს შორის. სასმელ-სამეურნეო მიზნებისათვის წყალმომარაგება ხორციელდება მდინარე ხრამისა და დებედას მიმდებარედ განლაგებული ექსპლოატაციაში მყოფი 8 ჭაბურღილითა და 7 შახტური ჭით, საიდანაც წყალი მიემართება სასმელ-სამეურნეო წყლისათვის მოსამზადებელ ხრამ-I და ხრამ-II რეზერვუარებში.

ხრამ-1 და ხრამ-2 რეზერვუარები განთავსებულია მარნეულის მუნიციპალიტეტში, სოფელ დიდი მუღანდლოს მიმდებარე ტერიტორიაზე ლეუბადენტან. სასმელ-სამეურნეო წყლისათვის მოსამზადებელი რეზერვუარებიდან (ხრამი I და ხრამი II) წყლის ქლორირებით დამუშავებული წყლის სინჯების აღება, დაკონსერვება, ეტიკეტირება, შენახვა და ტრანსპორტირება ხდებოდა საერთაშორისო სტანდარტული მეთოდიკით. წყლის სინჯების ქიმიური და მიკრობიოლოგიური ანალიზი წარმოებდა ISO სტანდარტული მეთოდიკებით [5,6].

ცხრილი 1. ხრამი I და ხრამი II რეზერვუარების წყლის ეკოქიმიური ანალიზის შედეგები

	გამოსაკვლევი მანვენებელი	საზომი ერთეული	ნორმატივი არა უმეტეს	ხრამი I რეზერვუარი	ხრამი II რეზერვუარი
<b>ორგანოლექტიკური მანვენებლები</b>					
1	ტემპერატურა (წყალი)	გრადუსი	-	18	18
2	სუნი	ბალი	2	0	0
3	გემო	ბალი	2	0	0
4	ფერი	გრადუსი	15	0	0
5	სიმღვრივე	მგ/ლ	2	0.06	0.17
<b>ზოგადი მანვენებლები</b>					
6	წყალბადის მანვენებელი	pH	6--9	6.98	6.98
7	პერმანგანატული უანგვადობა	მგ O <sub>2</sub> /ლ	3	0.61	0.64
<b>ძირითადი იონები</b>					
8	მინერალიზაცია	მგ/ლ	1000	276.9	385.3
9	სულფატები (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	მგ/ლ	250	111.86	186.52
10	ქლორიდები (Cl <sup>-</sup> )	მგ/ლ	250	16.55	34.56
11	სიხისტე	მგ-ეკვ/ლ	7	3.95	5.64
12	ჰიდროკარბონატები	მგ/ლ	-	120.17	96.99
13	კალციუმი (Ca)	მგ/ლ	140	60.48	85.7
14	მაგნიუმი (Mg <sup>++</sup> )	მგ/ლ	85	11.3	16.48
15	ნატრიუმი (Na)	მგ/ლ	200	18.91	18.5
<b>ბიოგენური კომპონენტები</b>					
16	ამონიუმი (NH <sub>4</sub> ) <sup>+</sup>	მგ/ლ	-	<0.08	<0.08
17	ნიტრატები (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	მგ/ლ	50	7.74	9.59
18	ნიტრიტები (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	მგ/ლ	0.2	<0.075	<0.075
19	პოლიფოსფატები (PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> )	მგ/ლ	3.5	<0.2	<0.2
<b>მიკროელემენტები</b>					
20	დარიშხანი (As, ჯამური)	მგ/ლ	0.01	<0.01	<0.01
21	ვერცხლისწყალი (Hg არაორგანული)	მგ/ლ	0.006	<0.002	<0.002
22	კადმიუმი (Cd, ჯამური)	მგ/ლ	0.003	0.001	<0.001
23	მანგანუმი (Mn, ჯამური)	მგ/ლ	0.4	0.001	0.003
24	მოლიბდენი (Mo, ჯამური)	მგ/ლ	0.07	<0.02	<0.02
25	ნიკელი (Ni, ჯამური)	მგ/ლ	0.07	0.03	0.03
26	სელენი (Se, ჯამური)	მგ/ლ	0.01	<0.01	<0.01
27	სპილენძი (Cu, ჯამური)	მგ/ლ	2	0.001	0.001
28	ტყვია (Pb, ჯამური)	მგ/ლ	0.01	<0.001	<0.001
29	ფტორიდები (F <sup>-</sup> )	მგ/ლ	0.7	0.13	0.13
30	ქრომი (Cr, ჯამური)	მგ/ლ	0.05	0.003	0.004
31	სტიბიუმი (Sb)	მგ/ლ	0.02	<0.02	<0.02
32	თუთია (Zn, ჯამური)	მგ/ლ	3	<0.001	<0.001
33	რკინა (Fe, ჯამური)	მგ/ლ	0.3	0.02	0.05
34	ალუმინი (Al, ჯამური)	მგ/ლ	0.1	<0.01	0.02
35	სილიციუმი (Si, ჯამური)	მგ/ლ	10	9.86	9.95
36	ციანიდები (CN <sup>-</sup> )	მგ/ლ	0.07	<0.005	<0.005
37	ქლორი ნარჩენი თავისუფალი	მგ/ლ	0.3 - 0.5	0.3	0.38
<b>ორგანული ნივთიერებები</b>					
38	პესტიციდების საერთო შემცველობა	მგ/ლ	0.05	<0.0044	<0.0044
39	ნავთობპროდუქტები, ჯამური	მგ/ლ	0.1	<0.04	<0.04
40	ზედაპირულად აქტიური ნივთიერებები ანიონაქტიურები	მგ/ლ	0.5	<0.1	<0.1
41	ქლოროფორმი (წყლის ქლორიდებისას)	მგ/ლ	0.3	<0.037	<0.037



ცხრ. 1-ის მონაცემების მიხედვით წყლის ორივე სინჯის წყალბადის მაჩვენებელი ( $\text{pH}=6,98$ ) არის ნორმატიულად დასაშვები ნორმების ფარგლებში. პერმანგანატული ჟანგადობა გამოიყენება წყალში შემცველი ორგანულ ნივთიერებათა შესაფასებლად. საშუალო პერმანგანატული დამჟანგველობის 1 მგ ჟანგბადი მიახლოებით შეესაბამება ორგანულ ნივთიერებათა 1 მგ ნახშირბადს. თუმცა სხვადასხვა წყალსაცავების წყლებისათვის ეს თანაფარდობა შესაძლებელია შეიცვალოს. პერმანგანატული ჟანგადობის მაჩვენებელი გამოიყენება მხოლოდ საორიენტაციოდ შესაფასებლად. საანალიზოდ აღებულ წყლის სინჯებში პერმანგანატული ჟანგადობა შეადგენს 0,61 მგ  $\text{O}_2/\text{ლ}$  და 0,64 მგ  $\text{O}_2/\text{ლ}$ , რაც ნორმატიულად დასაშვები სიდიდის მიხედვით მიეკუთვნება ძალიან სუფთას (1მგ  $\text{O}_2/\text{ლ}$ ) [2,4,6,7,8].

წყლის სიხისტის მნიშვნელობა შეადგენს 3,95 მგ-ეკვ/ლ (ხრამი I) და 5,64 მგ-ეკვ/ლ (ხრამი II), რაც წყლის კლასიფიკაციის მიხედვით მიეკუთვნება საშუალოდ ხისტს (4–8 მგ-ეკვ/ლ) [2,6,8].

ჰიდროკარბონატ-იონების შემცველობა არის 120,17 მგ/ლ (ხრამი I) და 96,99 (ხრამი II), ხოლო სულფატ-იონების კონცენტრაცია ქლორ-იონების კონცენტრაციასთან (16,55 მგ/ლ და 34,56 მგ/ლ) შედარებით ბევრად მაღალია და შეადგენს 111,86 მგ/ლ (ხრამი I) და 186,52 მგ/ლ (ხრამი II), თუმცა სულფატ-იონების კონცენტრაცია არ აღემატება სასმელი წყლის ტექნიკური რეგლამენტით დასაშვებ ნორმატიულ სიდიდეს (250 მგ/ლ) [2,6].

წყლის ორივე სინჯის ქიმიური ანალიზის შედეგებიდან გამომდინარე სასმელი წყალი მიეკუთვნება ჰიდროკარბონატულ-სულფატურ-კალციუმიან ტიპის წყალს (ცხრ. 1).

მრავალ წარმოებას, მათ შორის სასმელ-სამეურნეო წყალმომარაგების საწარმოებს, სოფლის მეურნეობას აქვთ წყლის ხარისხის მიმართ, ნაწილობრივ მინერალიზაციის განსაზღვრული მოთხოვნები. ვინაიდან დიდი რაოდენობის მარილების შემცველი წყალი უარყოფით გავლენას ახდენს მცენარეულ და ცოცხალ ორგანიზმებზე, წარმოების ტექნოლოგიაზე და პროდუქციის ხარისხზე. ანქარებს დანალექის წარმოქმნას ქვაბების კედლებზე, იწვევს კოროზიასა და ნიადაგის დამლაშებას.

ხრამი I წყლის სინჯის მინერალიზაცია ტოლია 276,9 მგ/ლ, ხოლო ხრამი II წყლის სინჯის – 385,3 მგ/ლ (ცხრ. 1), რაც წყლის მინერალიზაციის კლასის მიხედვით მიეკუთვნება საშუალო მინერალიზებულს.

ბიოგენური ნივთიერებების შემცველობა ორივე წყლის სინჯში არ აღემატება ზღვრულად დასაშვებ კონცენტრაციებს. მაკრო- და მიკროელემენტების კონცენტრაციები ნაკლებია სასმელი წყლის ტექნიკური რეგლამენტის მიხედვით ნორმატიულად დასაშვები სიდიდეების მნიშვნელობებზე (ცხრ. 1) [2,6,8].

თავისუფალი ქლორის ნარჩენი რაოდენობა ხრამი I წყლის სინჯში არის 0,3 მგ/ლ, ხოლო ხრამი II წყლის სინჯში კი – 0,38 მგ/ლ. შედეგები სტანდარტით დასაშვები ნორმის ფარგლებშია (0,3–0,5 მგ/ლ; ცხრ. 1).

ორგანული ნივთიერებები ორივე წყლის ანალიზის შედეგებში ბევრად ნაკლებია ზღვრულ დასაშვებ კონცენტრაციაზე (ცხრ. 1) [2,6].

ორივე წყლის სინჯის მიკრობიოლოგიური ანალიზის შედეგების მიხედვით დადგინდა, რომ საერთო კოლიფორმული ბაქტერიები, *E.coli*-ის ბაქტერიები, კოლიფაგები, სალმონელა და *Streptococcus faecalis*-ის ბაქტერიები არ აღმოჩნდა. მეზოფილური აერობები და ფაკულტატური ანაერობები  $37^{\circ}\text{C}$ -ზე არ აღმოჩნდა, ხოლო  $22^{\circ}\text{C}$ -ზე ბევრად დაბალია ნორმატივებით დასაშვებ სიდიდეზე (100 კწე/მლ) და შეადგენს 1 მლ-ში 1 კწე-ს (ცხრ. 2).

ქალაქ რუსთავისა და მისი მიმდებარე რეგიონების მოსახლეობის სასმელ წყალმომარაგების სისტემად გამოიყენება ხრამი I და ხრამი II რეზერვუარების

წყლები. საანალიზოდ აღებული იყო ქალაქ რუსთავის ქაშაკაშვილის ქუჩისა (ხრამი I რეზერვუარი) და მარნეულის მუნიციპალიტეტის სოფელი ქუთლიარის (ხრამი II რეზერვუარი) მოსახლეობის სასმელი წყლის სინჯები. მათი აღება, დაკონსერვება, ეტიკეტირება, შენახვა და ტრანსპორტირება ხდებოდა საერთაშორისო სტანდარტული მეთოდით. წყლის ტემპერატურა, pH, სიმღვრივე, ელექტროგამტარობა, გახსნილი ჟანგბადის შემცველობა განისაზღვრა სავსე პორტატული აპარატურით: კონდუქტომეტრი Aqualytic-AL15 და სიმღვრივის მზომი Aqualytic-AL250. ხოლო წყლის სინჯების ქიმიური და მიკრობიოლოგიური ანალიზი წარმოებდა ISO სტანდარტული მეთოდებით [2,6].

ცხრილი 2. ხრამი I და ხრამი II რეზერვუარების წყლის მიკრობიოლოგიური ანალიზის შედეგები

№	გამოსაკვლევი მახვენებელი	საზომი ერთეული	ნორმატივი არა უმეტეს	ხრამი I რეზერვუარი	ხრამი II რეზერვუარი
მიკრობიოლოგიური მაჩვენებლები					
1	საერთო კოლიფორმული ბაქტერიები	კწე 300 მლ-ში	არ დაიშვება	არ აღმოჩნდა	არ აღმოჩნდა
2	E.coli	კწე 300 მლ-ში	არ დაიშვება	არ აღმოჩნდა	არ აღმოჩნდა
3	მეზოფილური აერობები და ფაკულტატური ანაერობები	კწე 1 მლ-ში 37°C	20	0	0
4	მეზოფილური აერობები და ფაკულტატური ანაერობები	კწე 1 მლ-ში 22°C	100	1	0
5	<i>Streptococcus faecalis</i>	კწე 250 მლ-ში	არ დაიშვება	არ აღმოჩნდა	არ აღმოჩნდა
6	<i>Salmonella</i>	100 მლ-ში	არ დაიშვება	არ აღმოჩნდა	არ აღმოჩნდა
7	კოლიფაგები	ნკწე 100 მლ-ში	არ დაიშვება	არ აღმოჩნდა	არ აღმოჩნდა

ცხრ. 3-ის მონაცემების მიხედვით წყლის სინჯის ორგანოლექტიკური მაჩვენებლები და წყალბადის მაჩვენებელი (pH=7,12, 7,24) არის ნორმატიულად დასაშვები ნორმების ფარგლებში.

საანალიზოდ აღებულ წყლის ორივე სინჯში პერმანგანატული ჟანგბადობა შეადგენს 0,64 მგO<sub>2</sub>/ლ, რაც ნორმატიულად დასაშვები სიდიდის მიხედვით მიეკუთვნება ძალიან სუფთას (1მგO<sub>2</sub>/ლ) [2,6].

წყლის სიხისტის მნიშვნელობა შეადგენს 5,75 მგ-ეკვ/ლ (სინჯი 1) და 6,51 მგ-ეკვ/ლ (სინჯი 2), რაც წყლის კლასიფიკაციის მიხედვით მიეკუთვნება საშუალოდ ხისტს (4–8 მგ-ეკვ/ლ), რაც შესაძლებელია უფრო მეტად განპირობებული იყოს კალციუმის იონების კონცენტრაციით. კალციუმის იონების კონცენტრაცია 88,82 მგ/ლ და 100,53 მგ/ლ ბევრად აღემატება მაგნიუმის კონცენტრაციას (16,11 მგ/ლ და 18,11 მგ/ლ), (ცხრ. 3) [2,6,8].

ჰიდროკარბონატ-იონების შემცველობა არის 188,5 მგ/ლ (სინჯი 1) და 185,4 (სინჯი 2), ხოლო სულფატ-იონების კონცენტრაცია ქლორ-იონების კონცენტრაციასთან (22,78 მგ/ლ და 31,42 მგ/ლ) შედარებით ბევრად მაღალია და შეადგენს 145,04 მგ/ლ (სინჯი 1) და 166,47 მგ/ლ (სინჯი 2), თუმცა სულფატ-იონების კონცენტრაცია არ აღემატება სასმელი წყლის ტექნიკური რეგლამენტით დასაშვებ ნორმატიულ სიდიდეს (250 მგ/ლ) [2,6].

წყლის ორივე სინჯის ქიმიური ანალიზის შედეგებიდან გამომდინარე სასმელი წყალი მიეკუთვნება ჰიდროკარბონატულ-სულფატურ-კალციუმიან ტიპის წყალს (ცხრ. 3).

კუთრი ელექტროგამტარებლობა წარმოადგენს ელექტროლიტების, ძირითადად არაორგანულის კონცენტრაციის მიახლოებით მაჩვენებელს, ამიტომ გამოიყენება წყლის მინერალიზაციის შესაფასებლად. ბუნებრივი წყალი ძირითადად ძლიერი ელექტროლიტების ნარევაა ხსნარია, ამიტომ სასმელი წყლის კუთრი ელექტრო-



გამტარობა განპირობებულია მინერალიზაციით ანუ ძირითადი იონების რაოდენობით. ისეთი იონების შემცველობა, როგორც არის Fe(II), Fe(III), Mn(II), Al(III), NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, HPO<sub>4</sub><sup>2-</sup> და H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup>, არ ახდენს მნიშვნელოვან გავლენას ელექტროგამტარობაზე, ვინაიდან ეს იონები მაღალი კონცენტრაციით იშვიათად გვხვდება სასმელ წყალში [2,3,4,6,8].

წყლის პირველი სინჯის მინერალიზაცია ტოლია 390,1 მგ/ლ, ხოლო მეორე სინჯის – 429,8 მგ/ლ, ხოლო ელექტროგამტარებლობა 526,0 μS/სმ (სინჯი 1) და 579,0 μS/სმ (სინჯი 2), (ცხრ.3).

ბიოგენური ნივთიერებების შემცველობა ორივე წყლის სინჯში არ აღემატება ზღვრულად დასაშვებ კონცენტრაციებს (ცხრ. 3) [2,6].

მაკრო-და მიკროელემენტების კონცენტრაციები ნაკლებია სასმელი წყლის ტექნიკური რეგლამენტის მიხედვით ნორმატიულად დასაშვები სიდიდეების მნიშვნელობებზე (ცხრ. 3).

**ცხრილი 3. ქალაქ რუსთავის და მარნეულის მუნიციპალიტეტის სასმელი წყლის ქიმიური ანალიზის შედეგები**

№	გამოსაკვლევი მახვენებელი	საზომი ერთეული	ნორმატივი არა უმეტეს	ქაშაკაშვილის ქუჩა 11; (ხრამი I რეზერვუარი) სინჯი 1	სოფელი ჭუთლიარი (ხრამი II რეზერვუარი) სინჯი 2
1	2	3	4	5	6
<b>ორგანოლექტიკური მახვენებლები</b>					
1	ტემპერატურა (წყალი)	გრადუსი	-	18	18
2	სუნი	ბალი	2	0	0
3	გემო	ბალი	2	0	0
4	ფერი	გრადუსი	15	<1.0	<1.0
5	სიმღვრივე	მგ/ლ	2	0.17	0.46
<b>ზოგადი მახვენებლები</b>					
6	წყალბადის მახვენებელი	pH	6–9	7.12	7.24
7	პერმანგანატული ჟანგვადობა	მგ O <sub>2</sub> /ლ	3	0.64	0.64
8	გახსნილი ჟანგბადი	მგ/ლ	>4	8.3	8.5
9	ელექტროგამტარობა	μS/სმ	-	526.0	579.0
<b>ძირითადი იონები</b>					
10	მინერალიზაცია	მგ/ლ	1000	390.1	429.8
11	სულფატები (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	მგ/ლ	250	145.04	166.47
12	ქლორიდები (Cl <sup>-</sup> )	მგ/ლ	250	22.78	31.42
13	სიხისტე	მგ-კეკ/ლ	7	5.75	6.51
14	ჰიდროკარბონატები	მგ/ლ	–	188.5	185.4
15	კალციუმი (Ca)	მგ/ლ	140	88.82	100.53
16	მაგნიუმი (Mg <sup>++</sup> )	მგ/ლ	85	16.11	18.11
17	ნატრიუმი (Na)	მგ/ლ	200	23.05	20.57
<b>ბიოგენური კომპონენტები</b>					
18	ამონიუმი (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> )	მგ/ლ	–	<0.08	<0.08
19	ნიტრატები (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	მგ/ლ	50	7.65	9.03
20	ნიტრიტები (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	მგ/ლ	0.2	<0.075	<0.075
21	პოლიფოსფატები (PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> )	მგ/ლ	3.5	<0.2	<0.2

მიკროელემენტები					
1	2	3	4	5	6
22	დარიშხანი (As, ჯამური)	მგ/ლ	0.01	<0.005	<0.005
23	ვერცხლისწყალი (Hg არაორგანული)	მგ/ლ	0.006	<0.002	<0.002
24	კადმიუმი (Cd, ჯამური)	მგ/ლ	0.003	<0.001	<0.001
25	მანგანუმი (Mn, ჯამური)	მგ/ლ	0.4	<0.001	0.02
26	მოლიბდენი (Mo, ჯამური)	მგ/ლ	0.07	<0.02	<0.02
27	ნიკელი (Ni, ჯამური)	მგ/ლ	0.07	0.03	0.03
28	სელენი (Se, ჯამური)	მგ/ლ	0.01	<0.01	<0.01
29	სპილენძი (Cu, ჯამური)	მგ/ლ	2	0.003	0.002
30	ტყვია (Pb, ჯამური)	მგ/ლ	0.01	<0.001	<0.001
31	ფტორიდები (F <sup>-</sup> )	მგ/ლ	0.7	0.07	0.08
32	ქრომი (Cr, ჯამური)	მგ/ლ	0.05	0.004	0.003
33	სტიბიუმი (Sb)	მგ/ლ	0.02	<0.005	<0.005
34	თუთია (Zn, ჯამური)	მგ/ლ	3	0.001	0.001
35	რკინა (Fe, ჯამური)	მგ/ლ	0.3	0.01	0.25
36	ალუმინი (Al, ჯამური)	მგ/ლ	0.1	0.05	<0.01
37	სილიციუმი (Si, ჯამური)	მგ/ლ	10	6.7	6.5
38	ციანიდები (CN <sup>-</sup> )	მგ/ლ	0.07	<0.005	0.006
39	ქლორი ნარჩენი თავისუფალი	მგ/ლ	0.3 – 0.5	0.4	0.4
ორგანული ნივთიერებები					
40	პესტიციდების საერთო შემცველობა	მგ/ლ	0.05	<0.0044	<0.0044
41	ნავთობპროდუქტები, ჯამური	მგ/ლ	0.1	<0.04	<0.04
42	ზედაპირულად აქტიური ნივთიერებები ანიონაქტიურები	მგ/ლ	0.5	<0.1	<0.1
43	ქლოროფორმი (წყლის ქლორიდებისას)	მგ/ლ	0.3	<0.037	<0.037

თავისუფალი ქლორის ნარჩენი რაოდენობა კი ორივე წყლის სინჯში (0,4 მგ/ლ) ნორმატიულად დასაშვები ნორმის ფარგლებშია (0,3–0,5 მგ/ლ; ცხრ. 3) [2,6].

ორივე წყლის სინჯის მიკრობიოლოგიური ანალიზის შედეგების მიხედვით დადგინდა, რომ საერთო კოლიფორმული ბაქტერიები, "E-coli"-ის ბაქტერიები, კოლიფაგები, სალმონელა და "Streptococcus faecalis"-ის ბაქტერიები არ აღმოჩნდა. მეზოფილური აერობები და ფაკულტატიური ანაერობები 37°C-ზე არ აღმოჩნდა, ხოლო

22°C-ზე ბევრად დაბალია ნორმატივებით დასაშვებ სიდიდეზე (100 კწე/მლ) და შეადგენს 1 მლ-ში 1 კწე-ს (ცხრ. 4).

**ცხრილი 4. ქალაქ რუსთავის და მარნეულის მუნიციპალიტეტის სასმელი წყლის მიკრობიოლოგიური ანალიზის შედეგები**

№	გამოსაკვლევი მანკენებელი	საზომი ერთეული	ნორმატივი არა უმეტეს	ქაშაკაშვილის ქუჩა 11; (ხრამი I რეზერვუარი) სინჯი 1	სოფელი ქუთლიარი ; (ხრამი II რეზერვუარი) სინჯი 2
მიკრობიოლოგიური მანკენებლები					
1	საერთო კოლიფორმული ბაქტერიები	კწე 300 მლ-ში	არ დაიშვება	არ აღმოჩნდა	არ აღმოჩნდა
2	<i>E.coli</i>	კწე 300 მლ-ში	არ დაიშვება	არ აღმოჩნდა	არ აღმოჩნდა
3	მეზოფილური აერობები და ფაკულტატური ანაერობები	კწე 1 მლ-ში 37 °C	20	0	0
4	მეზოფილური აერობები და ფაკულტატური ანაერობები	კწე 1 მლ-ში 22°C	100	1	1
5	<i>Streptococcus faecalis</i>	კწე 250 მლ-ში	არ დაიშვება	არ აღმოჩნდა	არ აღმოჩნდა
6	<i>Salmonella</i>	100 მლ-ში	არ დაიშვება	არ აღმოჩნდა	არ აღმოჩნდა
7	კოლიფაგები	ნკწე 100 მლ-ში	არ დაიშვება	არ აღმოჩნდა	არ აღმოჩნდა

ქალაქ რუსთავისა და მარნეულის მუნიციპალიტეტის სოფელი ქუთლიარის მოსახლეობის სასმელი წყლის ეკოქიმიური და მიკრობიოლოგიური კვლევის მიხედვით, ასევე ხრამი I და ხრამი II რეზერვუარების წყლის ეკოქიმიური და მიკრობიოლოგიური კვლევის შედეგების მიხედვით წყლის ხარისხი სრულიად შეესაბამება დადგენილ სასმელ წყლად გამოყენების ხარისხს და სასმელი წყლის ტექნიკური რეგლამენტით დასაშვებ ნორმებს [2,3,4,6].

**ლიტერატურა**

1. საქართველოს კანონი „წყლის შესახებ“, № 936, 25/X1,1997.
2. სასმელი წყლის ტექნიკური რეგლამენტი; საქართველოს მთავრობის დადგენილება №58; 2014 წლის 15 იანვარი, ქ. თბილისი.
3. DIRECTIVES DIRECTIVE (EU) 2020/2184 OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 16 December 2020 on the quality of water intended for human consumption (recast) (Text with EEA relevance. THE EUROPEAN PARLIAMENT AND THE COUNCIL OF THE EUROPEAN UNION, 23.12.2020
4. საქართველოს ზედაპირული წყლების დაბინძურებისაგან დაცვის ტექნიკური რეგლამენტი. საქართველოს მთავრობის დადგენილება 425, 2013 წლის 31 დეკემბერი, ქ. თბილისი.
5. წყლის სინჯის აღების სანიტარული წესების ტექნიკური რეგლამენტი. საქართველოს მთავრობის დადგენილება №26; 2014 წლის 3 იანვარი ქ. თბილისი
6. Фомин Г.С. Вода. Контроль химической, бактериальной и радиац безопасности по международным стандартам. -Москва: 2000, 839 с.

7. საქართველოს შრომის, ჯანმრთელობისა და სოციალური დაცვის მინისტრის ბრძანება 297/ნ „გარემოს ხარისხობრივი მდგომარეობის ნორმების დამტკიცების შესახებ“ 2001 წლის 16 აგვისტო; კონსოლიდირებული ვერსია.

8. Супаташвили Г.Д. Гидрохимия Грузии (пресные воды). -Тбилиси: Тбилисского Университета, 2003, 399 с.

#### **SUMMARY**

#### **RESULTS OF ECOCHEMICAL AND MICROBIOLOGICAL ANALYSIS OF THE DRINKING WATER SUPPLY SYSTEM OF THE POPULATION OF RUSTAVI AND ITS SURROUNDING REGIONS**

**Nikuradze T.R., Gverdtseteli L.V., Surmava A.A. and Eristavi D.V.**

**Georgian Technical University**

**Institute of Hydrometeorology of Georgian Technical University**

The results of ecochemical and microbiological research of the population of the city of Rustavi and its surrounding regions are discussed. Based on the results of chemical analysis of water samples, water belongs to hydrocarbonate-sulfate-calcium type water, and according to the mineralization class, it belongs to the average mineralized water. According to the ecochemical and microbiological study of the drinking water supply system, the water quality complies with the norms permitted by the technical regulations of the drinking water.

**Keywords:** drinking water, ecochemical and microbiological research.

მდინარე ხრამის წყალსა და ფსკერულ დანალექებში მძიმე მეტალების  
განაწილების რიცხვითი მოდელი

ნიკურაძე თ.რ., გვერდწითელი ლ.გ., სურმაგა ა.ა.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი  
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი

ტექნიკური რეგლამენტის მინიმალური მოთხოვნების გათვალისწინებით ზედაპირული წყლების ხარისხი განისაზღვრება მათი შემადგენლობისა და თვისებების მაჩვენებლების დადგენით, რომლებიც საიმედოდ უზრუნველყოფენ წყალსარგებლობის ხელსაყრელ პირობებსა და მოსახლეობის ჯანმრთელობას. ნებისმიერი ანთროპოგენული პირდაპირი ან ირიბი ზემოქმედებით გამოწვეული მიწისქვეშა, თუ ზედაპირული წყლის არსებული ხარისხის გაუარესებისას და წყლის წყაროების დაბინძურების ზრდისას მოსახლეობისათვის დაუყონებლივ უნდა იქნეს მიწოდებული სრული ინფორმაცია, ასევე ყველა იმ ღონისძიებისა და საჭირო რჩევების შესახებ, რომელიც უნდა გატარდეს წყლის დაბინძურებით გამოწვეული უარყოფითი ზემოქმედებისაგან დასაცავად [1,2].

ზედაპირული წყლების დაბინძურების შესასწავლად, მდინარის დინების მიმართულებით წყლისა და ფსკერული დანალექების დამაბინძურებელი კომპონენტების კონცენტრაციათა განაწილების განსაზღვრის თანამედროვე მეთოდს წარმოადგენს მათემატიკური რიცხვითი მოდელირება, რომელსაც საფუძვლად უდევს ექსპერიმენტული კვლევის შედეგები, ასევე ჰიდროგრაფიული და ჰიდროლოგიური მონაცემები.

უწყვეტ გარემოში ნივთიერების გადატანა-დიფუზიის არასტაციონალური წრფივი სამგანზომილებიანი განტოლების გამოყენებით მოდელირებულია მდინარე ხრამში მძიმე მეტალების განაწილება სოფელი თამარისიდან მდინარე მტკვართან მის შეერთებამდე. მძიმე მეტალების წყაროს წარმოადგენენ მდინარე მაშავერასა და დებედას დაბინძურებული წყლები. მოდელირებისათვის მდინარე ხრამი დაყოფილია 3 პირობითად ერთგვაროვან წრფივ უბნებად. თითოეული უბნისათვის გამოყენებულია მდინარის მახასიათებელი ჰიდროლოგიური პარამეტრების საშუალო წლიური მნიშვნელობები. ამოცანის საწყის პირობად გამოყენებულია ექსპედიციური კვლევის მონაცემები. მიღებულია მანგანუმის, ალუმინისა და რკინის კონცენტრაციის განაწილება მდინარე მაშავერას, დებედას და ხრამის უბნებში.

მდინარე ხრამი წარმოადგენს აღმოსავლეთ საქართველოს მტკნარი წყლის ერთ-ერთ ძირითად წყაროს. ის ინტენსიურად გამოიყენება სასოფლო-სამეურნეო და სამრეწველო დანიშნულებით. ამიტომ მისი წყლის ხარისხის დაცვა აქტუალურ სახელმწიფოებრივ ეკოლოგიურ პრობლემას წარმოადგენს.

განვითარებული ქვეყნების გარემოსდამცავი და წყალთა მეურნეობის ორგანიზაციები თავიანთ საქმიანობაში ფართოდ იყენებენ ზედაპირული და მიწისქვეშა წყლების ოპტიმალური მართვის სისტემებს. ეს სისტემები წარმოადგენს თანამედროვე ინფორმაციულ-გამოთვლით კომპლექსებს და გამოიყენება მრავალი პრაქტიკული საკითხების გადასაწყვეტად. ისინი მოითხოვენ შესაბამის კომპიუტერულ ბაზას და პროგრამებთან მომუშავე პერსონალის სპეციალურ მომზადებას. ცალკეული, შედარებით მცირე ზომის მდინარეების დაბინძურების შესასწავლად დამუშავებულია კონკრეტული რიცხვითი მოდელები [3-6].

წარმოდგენილი ნაშრომის მიზანია უწყვეტ გარემოში ნივთიერების გადატანა-დიფუზიის არასტაციონალური წრფივი სამგანზომილებიანი განტოლების გამოყენებით დამუშავდეს მძიმე მეტალების კონცენტრაციათა განაწილების რიცხვითი მოდელი არსებული ჰიდროგრაფიული და ჰიდროლოგიური მონაცემებისა და ექსპერიმენტული კვლევის შედეგების საფუძველზე. პირველ მიახლოებაში შესწავლილი იქნა მდინარე ხრამში, მდინარე მაშავერასა და დებედადან მოხვედრილი მძიმე მეტალების განაწილება [4,7].

მოდელირებისათვის მდინარე ხრამი სოფელ თამარისიდან მდინარე მტკვართან მის შეერთების ადგილამდე დაყოფილია 3 პირობით ერთგვაროვან უბნად (ნახ. 1).

ასევე გათვალისწინებულია მდინარე მაშავერას 9 კმ და მდინარე დებედას 150 მ სიგრძის მონაკვეთები მდინარე ხრამთან მათი შეერთების ადგილამდე. დაშვებულია, რომ თითოეული უბანი წარმოადგენს წრფივ არხს, რომლის გასწვრივ მდინარის მახასიათებელი ჰიდროგრაფიული და ჰიდროლოგიური პარამეტრები არ იცვლებიან (ცხრ. 1). მდინარეში შენაკადების მიერთება აისახება წყლის ხარჯის ზრდაში მდინარის უბნის დასაწყისში.



სახაზი 1. მდინარის უბნების განლაგების სქემა

ცხრილი 1. მდინარე ხრამის, მაშავერასა და დებედას უბნები და მახასიათებელი ჰიდროლოგიური პარამეტრების მნიშვნელობები

№	მდინარე, უბანი	სიგრძე Xi (კმ)	სიგანე Yi (მ)	სიღრმე Hi (მ)	სიჩქარე Ui (მ/წმ)
1	ხრამი, თამარისი – მდ.მაშავერას შესართავი	0.15	20	0.8	0.8
2	მდ. მაშავერა, რაჭისუბანი – მდ. მაშავერას შესართავი	9	8	0.3	0.8
3	მდ. ხრამი, მდ. მაშავერას შესართავი – მდ.დებედას შესართავი	21	20	1.0	0.8
4	მდ. დებედა, მდ. დებედა – დებედას შესართავი	0.15	12	0.5	0.4
5	მდ. ხრამი, მდ. დებედას შესართავი – მდ. მტკვარი	12.6	22	1.3	1.0

მდინარის თითოეულ უბანზე მინარევების გადატანა-დიფუზიის პროცესი აღიწერება შემდეგი განტოლების სახით:

$$\frac{\partial C_i}{\partial t} + u_1 \frac{\partial C_i}{\partial x} + v_i \frac{\partial C_i}{\partial y} + w_i \frac{\partial C_i}{\partial z} = \mu_x \frac{\partial^2 C_i}{\partial x^2} + \mu_y \frac{\partial^2 C_i}{\partial y^2} + \mu_z \frac{\partial^2 C_i}{\partial z^2} - a W_0 C_i$$

სადაც  $t$  დროა;  $x, y$  და  $z$  დეკარტეს კოორდინატა სისტემის დერძებია;  $x$  დერძი მიმართულია მდინარის დინების მიმართულებით ჰორიზონტალურად,  $y$  დერძი მიმართულია ჰორიზონტალურად დინების მართობულად;  $z$  დერძი მიმართულია მდინარის ფსკერიდან ვერტიკალურად ზევით; ინდექსი  $i$  მდინარის უბნის ნომერია;  $u_i, v_i, w_i$  მდინარის დინების სიჩქარეებია  $x, y$  და  $z$  დერძების გასწვრივ  $i$ -ურ უბანზე;  $w_0$  – დამაბინძურებელი ინგრედიენტის ვერტიკალური დაღეჭვის სიჩქარეა;  $\mu_x, \mu_y$  და

$\mu_z$  ტურბულენტური სიბლანტის კინემატიკური კოეფიციენტებია  $x, y$  და  $z$  ღერძების გასწვრივ, შესაბამისად;  $C_i$  – დამაბინძურებელი ნივთიერების კონცენტრაციაა მდინარის  $i$ -ურ უბანზე;  $\alpha$  მანძილის შებრუნებული პროპორციულობის კოეფიციენტია.

(1) განტოლების რიცხვითი ინტეგრირებისათვის გამოყენებულია შემდეგი საწყისი და სასაზღვრო პირობები:

$$C_i = C_i(0, x, y, z), \quad \text{როცა } t=0;$$

$$C_i = \begin{cases} C_i(t, 0, y, z), & \text{if } i=1,2,4 \\ C_{i-1}(t, X_{i-1}, y, z) \times Y_{i-1} \times H_{i-1} \times U_{i-1} + \\ C_{i-2}(t, X_{i-2}, y, z) \times Y_{i-2} \times H_{i-2} \times U_{i-2} / \\ Y_i \times H_i \times U_i & \text{if } i=3,5 \end{cases} \quad \text{როცა } x=0;$$

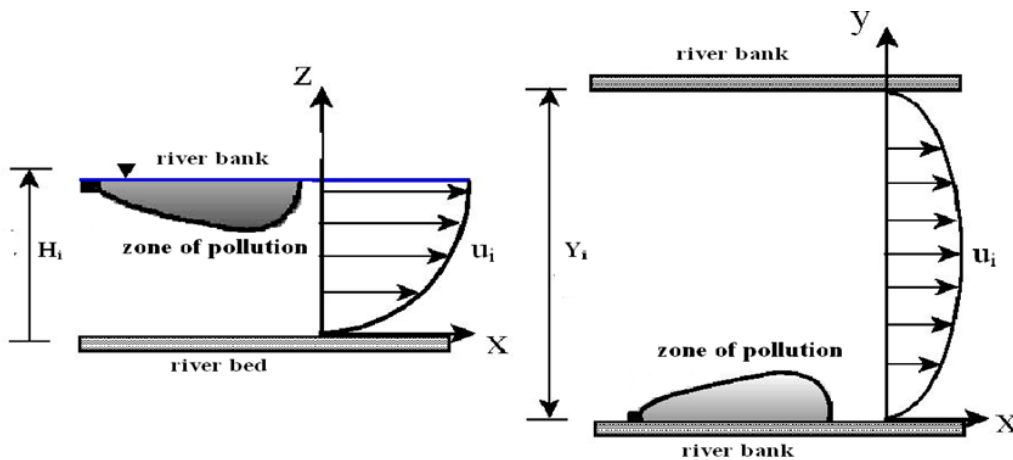
$$C_i = C_s(t) \quad \text{როცა } (x, y, z) \in \Omega_s, \quad t_i \in \Omega_t, \quad \frac{\partial C_i}{\partial x} = 0, \quad \text{როცა } x = X_i \quad (2)$$

$$\frac{\partial C_i}{\partial y} = 0 \quad \text{და} \quad \frac{\partial C_i}{\partial z} = 0, \quad \text{როცა } y = 0, \quad \text{და} \quad Y_i \quad z = 0, \quad H_i, \quad \text{შესაბამისად;}$$

სადაც  $X_i, Y_i$  და  $H_i$  არის  $i$ -ური უბნის სიგრძე, სიგანე და სიღრმე, შესაბამისად;  $\Omega_s$  – მდინარეში დამაბინძურებელი ნივთიერების ჩაშვების არეა;  $\Omega_t$  – დამაბინძურებელი ნივთიერების მდინარეში ჩაშვების დროითი ინტერვალია;  $C_s(t)$  ჩაშვების წერტილში დამაბინძურებელი ნივთიერების კონცენტრაციაა.

(1) განტოლების რიცხვითი ინტეგრირება (2) საწყისი და სასაზღვრო პირობებით ხორციელდება კრანკლ-ნიკოლსონის სქემითა და კოორდინატებისა და პროცესების მიხედვით გახლეჩის მეთოდის გამოყენებით. დროის მიხედვით რიცხვითი აპროქსიმაციის რიგი პირველია, სივრცული კოორდინატების მიხედვით – მეორე.

რიცხვითი ბადე შედგება  $(K_i, 11, 11)$  ბადური წერტილებისაგან. ბადის სივრცითი ბიჯები  $y$  და  $z$  ღერძების გასწვრივ ტოლია  $\Delta y = Y_i / 11$  და  $\Delta z = H_i / 11$ -ის, შესაბამისად.  $x$  ღერძის გასწვრივ ბიჯი  $\Delta x = 5$  მ პირველ და მეოთხე უბნებზე, ხოლო დანარჩენზე – 200 მ.  $K_0 = X_0 / \Delta x$ .



ნახაზი 2. მდინარის დინების სქემატიური გამოსახულება ვერტიკალურ ჭრილში და ზედახედში

მდინარის კალაპოტში დინების სიჩქარის მნიშვნელობები განისაზღვრება მოცემული სქემის ანალოგიურად შემდეგი ფორმულით



$$U_i(x, y, z) = 1,5U_{i,0} * \sin(\pi y/Y_i)\sin(0,5\pi z/H_i)$$

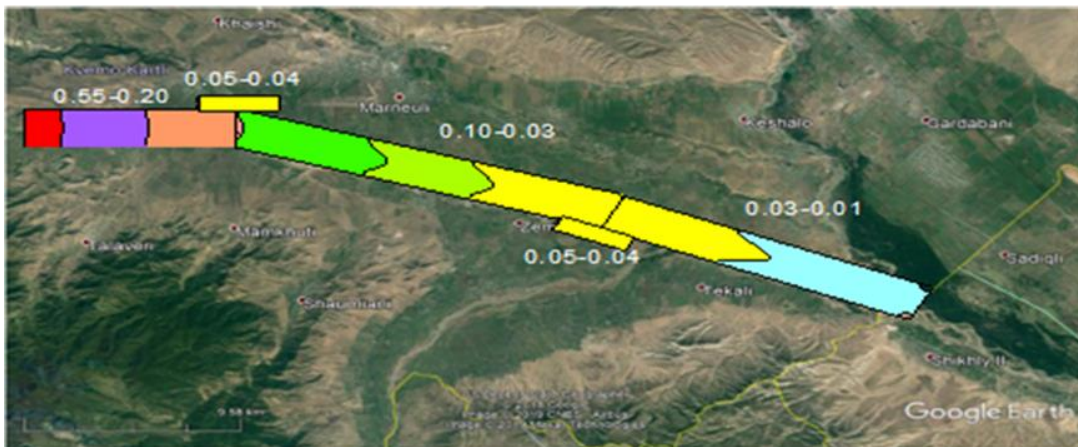
აქ  $U_{i,0}$  მდინარე ხრამის  $i$ -ურ უბანში დინების საშუალო მახასიათებელი სიჩქარეა. ტურბულენტური დიფუზიის კოეფიციენტებისათვის გამოყენებულია შემდეგი მნიშვნელობები.  $\mu_x = 5 \times 6,4 \times 10^4$  მ<sup>2</sup>/წმ<sup>2</sup>;  $\mu_y = \mu_z = 5 \times 5,57 \times 10^{-3}$  მ<sup>2</sup>/წმ [3,28].

ჩატარდა რიცხვითი ექსპერიმენტების სერია, რომელთა საშუალებით გამოკვლეულია მანგანუმის, რკინის და ალუმინის გავრცელება მდინარეების შერჩეულ მონაკვეთებში. ექსპერიმენტებში მდინარეებში ნივთიერების ჩაშვება ხორციელდება უწყვეტად მდინარეების მონაკვეთების საწყის წერტილებში მის მთელ განივ კვეთში (ცხრილი 2). მოცემულია კონცენტრაციის მნიშვნელობები მდინარეების სასაზღვრო წერტილებში. მონაცემები მიღებულია სპეციალური ექსპერიმენტული გაზომვების შედეგად.

**ცხრილი 2. დამაბინძურებელ ინგრედიენტთა მნიშვნელობები მდინარეთა უბნების საწყის წერტილებში**

№	ინგრედიენტი, კონცენტრაცია (მგ/ლ)	მდ. ხრამი, სოფ. თამარისი	მდ. მაშავერა, ბოლნისი, რაჭისუბანი	მდ. დებედა, სოფ. დეჟბადენი
1	Mn	0.05	0.55	0.05
2	Fe	0.51	1.54	0.5
3	Al	0.70	2.61	0.5

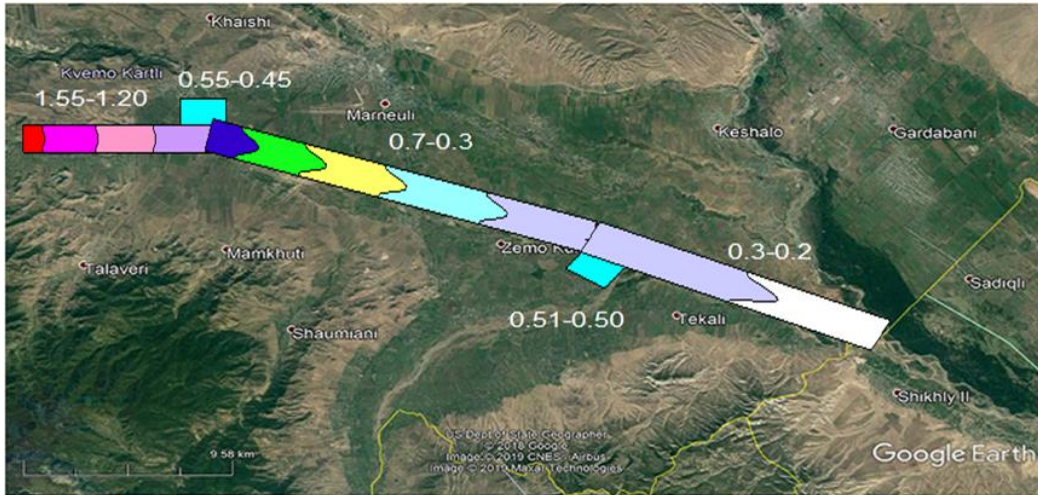
გამოთვლებით მიღებულია მანგანუმის, ალუმინისა და რკინის კონცენტრაციის განაწილება მდინარე ხრამის, მაშავერასა და დებედას წყლებში.



**ნახაზი 3. მანგანუმის კონცენტრაციის C (მგ/ლ) განაწილება მდინარე ხრამის, მაშავერასა და დებედას წყალში**

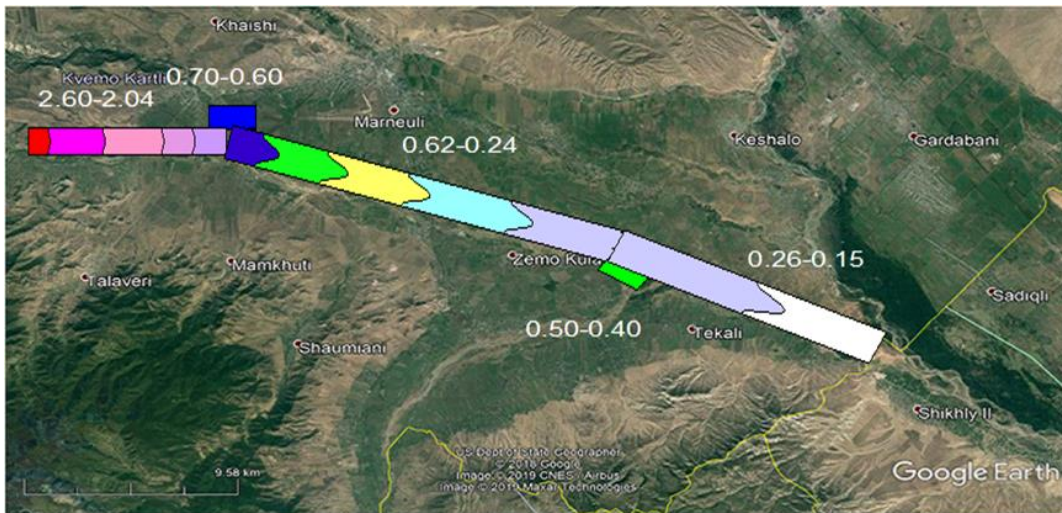
მესამე ნახაზიდან ჩანს, რომ კონცენტრაცია მაქსიმალურია მდინარე მაშავერაში სოფ. რაჭისუბანთან 0,55 მგ/ლ. მანგანუმის დაღეკვის შედეგად კონცენტრაცია მცირდება დინების მიმართულებით და მდინარე ხრამთან შეერთების ადგილას ის უტოლდება 0,2 მგ/ლ. მდ. ხრამში მანგანუმის კონცენტრაცია დაახლოებით 0,05 მგ/ლ-ია. მდინარე ხრამის წყლის მდინარე მაშავერას წყალთან შეერთების შედეგად სოფელ თამარისთან მანგანუმის კონცენტრაცია მდინარე ხრამში უტოლდება 0,1 მგ/ლ. დაღეკვის შედეგად სოფელ თამარისიდან მდინარე მტკვართან შეერთების ადგილამდე მანგანუმის კონცენტრაცია დაახლოებით 10-ჯერ მცირდება და შეადგენს 0,01 მგ/ლ.





ნახაზი 4. რკინის კონცენტრაციის C (მგ/ლ) განაწილება მდინარე ხრამში, მაშავერასა და დებელაში

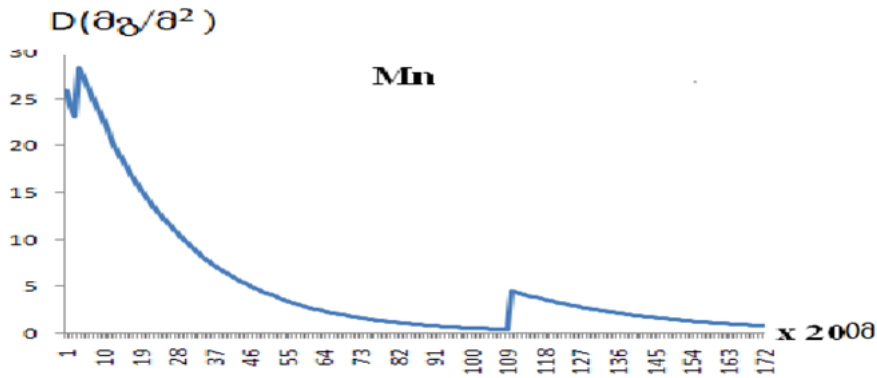
მეოთხე ნახაზიდან ნათლია, რომ კონცენტრაცია მაქსიმალურია მდინარე მაშავერაში სოფ. რაჭისუბანთან 1.55მგ/ლ. მდინარე ხრამთან მისი შეერთების ადგილზე რკინის კონცენტრაცია 1.20 მგ/ლ-ის ტოლია, შესაბამისად აღნიშნული ნივთიერებები ზავდებიან მდინარე ხრამის წყალში და ილექებიან ფსკერზე, ხდება ნივთიერებათა კონცენტრაციების შემცირება დინების გასწვრივ. რკინის კონცენტრაცია მდინარე ხრამში მცირდება 0.7 მგ/ლ-დან 0.1 მგ/ლ-მდე.



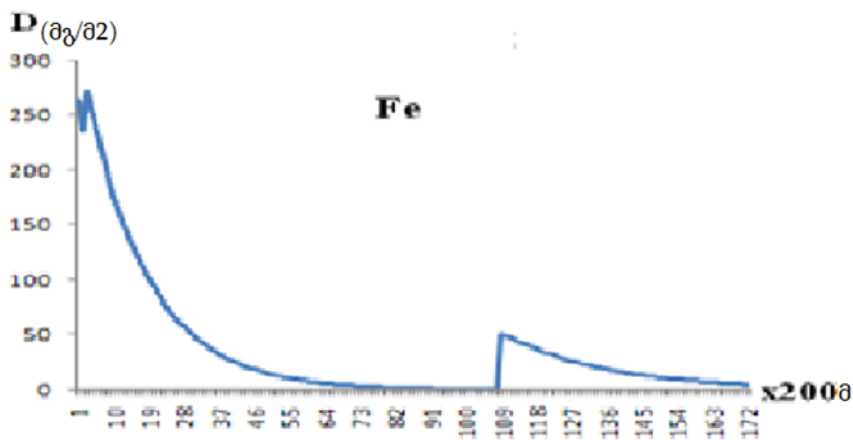
ნახაზი 5. ალუმინის კონცენტრაციის C (მგ/ლ) განაწილება მდინარე ხრამში, მაშავერასა და დებელაში

მესამე ნახაზიდან გამომდინარე ჩანს, რომ ალუმინის კონცენტრაცია (2,60 მგ/ლ) მაქსიმალურია მდინარე მაშავერაში სოფ. რაჭისუბანთან. მდინარე ხრამთან მისი შეერთების ადგილზე ალუმინის კონცენტრაცია უტოლდება 2,04 მგ/ლ-ს. აღნიშნული ნივთიერებები ზავდებიან მდინარე ხრამის წყალში და ილექებიან ფსკერზე. შესაბამისად ხდება ნივთიერებათა კონცენტრაციების შემცირება დინების გასწვრივ. ალუმინის კონცენტრაცია მდინარე ხრამში მცირდება 0,62 მგ/ლ-დან 0,15მგ/ლ-მდე.

დამაკმაყოფილებელი რაოდენობრივი თანხვედრა არის გამოთვლებით მიღებულ სიდიდეებსა და ექსპერიმენტულად გაზომილ კონცენტრაციებს შორის.



ნახაზი 6. დაღეჭილი მანგანუმის ზედაპირული სიმკვრივის  $D(\text{მგ}/\text{მ}^2)$  განაწილება მდინარე სრამის ფსკერულ დანალექში



ნახაზი 7. დაღეჭილი რკინის ზედაპირული სიმკვრივის  $D(\text{მგ}/\text{მ}^2)$  განაწილება მდინარე სრამის ფსკერულ დანალექში

მდინარე სრამის ფსკერზე დაღეჭვის პროცესის ანალიზისათვის გამოთვლილი იქნა ერთი დღე-ღამის განმავლობაში დაღეჭილი მანგანუმის (ნახ. 6) და რკინის (ნახ. 7) ზედაპირული კონცენტრაციები ( $\text{მგ}/\text{მ}^2$ ) შემდეგი ფორმულის საშუალებით

$$D = \int_0^t \left( -w_0 C_i(t, x, y, \Delta z) + \mu_z \frac{\partial C_i}{\partial z} \right) dt$$

ნახ. 6 და 7-დან ჩანს, რომ ორივე მეტალის დაღეჭვის პროცესი ხორციელდება თვისებრივად ერთნაირად: მანგანუმისა და რკინის ზედაპირული სიმკვრივები მაქსიმალურია სოფელ თამარისთან. სოფელი თამარისიდან სოფელ ლეუბადენამდე ზედაპირული სიმკვრივები მცირდება კვადრატულად და სოფელ ლეუბადენთან ხდება მინიმალური. მდინარე დებედას დაბინძურებული წყლის ჩადინების შედეგად სოფელ ლეუბადენთან კვლავ იზრდება დანალექი ინგრედიენტების ზედაპირული სიმკვრივები, რომლებიც მცირდება იწვევად დინების გასწვრივ, მდინარე სრამის მდინარე მტკვარში ჩადინების პუნქტამდე. სოფელ თამარისიდან სოფელ ლეუბადენამდე დანალექი მეტალების ზედაპირული სიმკვრივების ცვლილებათა შეფასებით ნათელია, რომ მანგანუმის და რკინის ზედაპირული სიმკვრივები მცირდება მდინარის 34 კმ მონაკვეთზე დაახლოებით 5,7 და 6-ჯერ, შესაბამისად. უნდა აღინიშნოს, რომ შემცირების მიღებული სიდიდეები ახლოსაა ექსპერიმენტული გაზომვებით მიღებულ მნიშვნელობებთან (ცხრ. 3).

ცხრილი 3. ექსპერიმენტული კვლევის შედეგებით მიღებული დამაბინძურებელი ინგრედიენტთა მნიშვნელობები ფსკერული დანალექებში

პუნქტი	Mn	Fe
	მგ/კგ	
მდინარე ხრამის ფსკერული ანალიზი (თამარისთან)	525.80	1.44
მდინარე დებედას ფსკერული ანალიზი (დეუბადენთან)	428.36	1.20
მდინარე ხრამის ფსკერული ანალიზი (დეუბადენთან)	89.59	0.20
მდინარე მაშავერას ფსკერული ანალიზი (თამარისთან)	380.89	0.84

რიცხვითი მოდელის გამოყენებით გამოკვლეულია მდინარეების ხრამის, მაშავერას და დებედას წყლებში მანგანუმის, რკინისა და ალუმინის გავრცელების კინემატიკა სტაციონალური დამაბინძურებელი წყაროების შემთხვევაში. მიღებულია ამ მძიმე მეტალების კონცენტრაციის განაწილების სურათი მდინარე ხრამში, სოფელი თამარისიდან მდინარე მტკვართან შეერთების ადგილამდე. ნაჩვენებია, რომ მდინარე მაშავერას წყალი არის მდინარე ხრამის ძირითადი დამაბინძურებელი წყარო.

მოდელირების შედეგები შედარებულია ექსპერიმენტული გაზომვების მონაცემებთან და მიღებულია დამაკმაყოფილებელი თანხვედრა.

უწყვეტ გარემოში ნივთიერების გადატანა-დიფუზიის არასტაციონალური წრფივი სამგანზომილებიანი განტოლების საფუძველზე მდინარე ხრამის აუზის დამაბინძურებელ ნივთიერებების კონცენტრაციათა გავრცელების მოდელირების შედეგები შესაძლებელია გამოყენებულ იქნას მდინარეების წყლებისა და მათ ფსკერულ დანალექებში მძიმე ლითონების განაწილების დასადგენად.

**ლიტერატურა**

1. საქართველოს ზედაპირული წყლების დაბინძურებისაგან დაცვის ტექნიკური რეგლამენტი. საქართველოს მთავრობის დადგენილება 425, 2013 წლის 31 დეკემბერი, ქ.თბილისი.
2. 2. DIRECTIVES DIRECTIVE (EU) 2020/2184 OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 16 December 2020 on the quality of water intended for human consumption (recast) (Text with EEA relevance. THE EUROPEAN PARLIAMENT AND THE COUNCIL OF THE EUROPEAN UNION, 23.12.2020.
3. Handbook for Water Resources Management in Basins. GWP, INBO, 2009, 104.
4. Surmava A., Gverdtsiteli L., Bagrationi N.. Numerical Simulation of Distribution of Arsenic Discharged to Tskhenistskali and Lukhumi Rivers from Industrial Waste//საქართველოს მეცნ. ეროვნული აკადემიის მაგნე - ქიმიის სერია. ტ.42. № 3, 2016, გვ. 413–415.
5. Loucks D.P. and Eelco van Beek. Water resources systems planning and management: an introduction to methods, models and applications / Daniel P. Loucks and Eelco van Beek with contributions from Jery R. Stedinger, Jozef P.M. Dijkman, Monique T. Villars. Paris: UNESCO Publishing – ISBN 92-3-103998-9, 2005. 680 p.
6. Пушистов П.Ю., Вторушин М.Н., Романенко Р.Д., Земцов В.А. Разработка электронного реестра-справочника информационно-вычислительных средств для планирования и управления системой водных ресурсов // Водные проблемы крупных речных бассейнов и пути их решения//сб. науч. тр. Барнаул: ООО “Агентство рекламных технологий”, 2009 а, с. 546-557.
7. Surmava A. Numerical Simulation of Distribution of Contaminants Discharged to Kura river//Bulletin of the Georgian National Academy of Sciences, vol. 9, No. 1, 2015, pp.78-84.
8. Vertical and Transverse Mixing in Turbulent River Flows. <http://medina.cee.duke.edu/CE245/mixing.vt.pdf>.

**SUMMARY**  
**NUMERICAL MODEL FOR THE DISTRIBUTION OF HEAVY METALS IN THE WATER AND BOTTOM SEDIMENTS OF THE KHRAMI RIVER**  
**Nikuradze T.R., Gverdtsiteli L.V. and Surmava A.A.**  
**Georgian Technical University**  
**Institute of Hydrometeorology of Georgian Technical University**  
 Investigated by mathematical numerical modeling of the kinetics of the spread of pollutant components of water and bottom sediments in the direction of the Khrami River in the case of stationary sources of pollution.  
**Keywords:** Numerical modeling, distribution of iron, aluminum and manganese concentrations.

**Ca<sup>2+</sup> იონის ბავლენის კვლევა ბუნებრივი წყლის Z - პოტენციალსა და ელექტროგამტარობაზე**

ბიბილეიშვილი გ.გ., მამულაშვილი მ.ა., ბუთხუზი თ.გ., კაკაბაძე ე.გ.

**საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის მემბრანული ტექნოლოგიების საინჟინრო ინსტიტუტი**

ნაშრომში განხილულია ბუნებრივ წყალში მარილების დისოციაციის შედეგად მიღებული Ca<sup>2+</sup> იონების კონცენტრაციის გავლენა Z - პოტენციალსა და ელექტროგამტარობაზე. გამოკვლეული იქნა წყლის შემდეგი ნიმუშები: დისტილირებული და სასმელი წყალი, საკვლევი სინჯი არაორგანული მარილის დანამატით, რომელთა მაჩვენებლები განისაზღვრა ხელსაწყოებზე – იონომერი HI160.1MII, კონდუქტომეტრი – K3JI-1M2, ანალიზატორი – Zetasizer Nano Zen 3690.

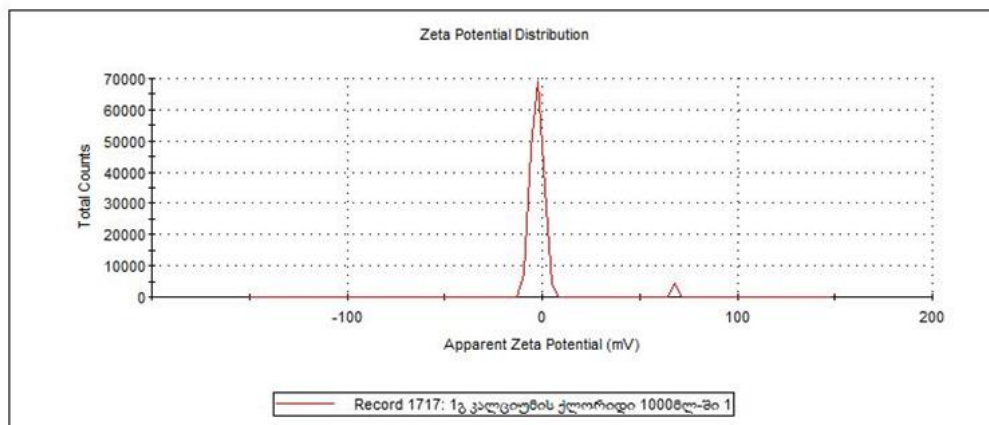
ექსპერიმენტი ჩატარებულია მემბრანის მისაღებ ხსნარში, სადაც კოაგულანტად გამოყენებულ წყალში დამატებული იყო 0,3 გ, 1 გ, 1,67 გ არაორგანული მარილი. კვლევა ტარდებოდა 20 °C და 25 °C ტემპერატურაზე [1-3] მიღებული შედეგები მოცემულია ცხრილში და სურათზე.

**Ca<sup>2+</sup> იონების გავლენა ბუნებრივი წყლის Z - პოტენციალსა და ელგამტარობაზე**

სინჯის დასახელება	Ca <sup>2+</sup> მგ/ლ	ხსნარის სიხისტე მგ.ექვ/ლ	ელ.გამტარობა CMm	ელ.გამტარობა mS/Cm	Z-პოტენციალი mV
სასმელი წყალი	23,2	4,8	29,5 · 10 <sup>-3</sup>	0,322	-18,5
დისტილატი	0,83	–	1,5 · 10 <sup>-3</sup>	0,00857	-0,89
0,3 გრ მარილი	74,5	8,6	77,7 · 10 <sup>-3</sup>	1,14	-0,648
1გრ მარილი	238	18,4	187,2 · 10 <sup>-3</sup>	2,41	-0,754
1,67გრ მარილი	431	30	30,8 · 10 <sup>-2</sup>	2,90	-0,978

სურათზე მოყვანილია 1 გ არაორგანული მარილის შემცველი წყლის Z-პოტენციალისა და ელგამტარობის მაჩვენებლები, მიღებული ნანონაწილაკების მზომ ხელსაწყოზე Zetasizer Nano Zen 3690.

	<b>Mean (mV)</b>	<b>Area (%)</b>	<b>St Dev (mV)</b>
<b>Zeta Potential (mV): -0.754</b>	<b>Peak 1: -2.69</b>	97.3	3.08
<b>Zeta Deviation (mV): 11.9</b>	<b>Peak 2: 67.9</b>	2.7	0.00
<b>Conductivity (mS/cm): 2.41</b>	<b>Peak 3: 0.00</b>	0.0	0.00
<b>Result quality : Good</b>			



1 გ არაორგანული მარილის შემცველი წყლის Z - პოტენციალი Zetasizer Nano Zen 3690



კვლევაში გვიჩვენა, რომ საანალიზო წყალხსნარების ელექტრული გამტარობის მაჩვენებლის ზრდა დამოკიდებულია ხსნარში იონების კონცენტრაციის და ტემპერატურის მატებაზე, ხოლო Z - პოტენციალის უარყოფითი მაჩვენებელი კლებულობს  $Ca^{2+}$  იონების რაოდენობის ზრდასთან ერთად [4].

ამრიგად, ბუნებრივ სასმელ წყლებში სადაც  $Ca^{2+}$  იონების რაოდენობრივი მაჩვენებელი ნაკლებია 20 მგ/ლ-ზე არ ხდება წყალში არსებული იონების შებოჭვა ხსნარების სისტემების თერმოდინამიკური მდგრადობის შეფასების დროს.

#### ლიტერატურა

1. მამულაშვილი, ნ.გოგესაშვილი, ნ.მუმლაძე, ლ.ეზანოძე. ნანოფილტრაციული პროცესის კვლევა ქიმიური ელემენტი კალციუმის ( $Ca^{2+}$ ) რაოდენობრივი განსაზღვრით. //საქართველოს ქიმიური ჟურნალი ISSN 1512-0686 VOL.18 № 1, 2018, გვ. 116-117.
2. K. Khoshnevisan1, M. Barkhi1 Information about Zeta Potential 1 Institute of Agricultural Biotechnology, Nano Department, Karaj, Tehran, Ira May 2015 DOI:10.13140/RG.2.1.4554.3844.
3. Mihir Pal, Nihar R. Samal, Pankaj Kumar Roy & Malabika. B. Roy Electrical Conductivity of Lake Water as Environmental Monitoring – A Case Study of Rudrasagar Lake OSR Journal of Environmental Science, Toxicology and Food Technology (IOSR-JESTFT) e-ISSN: 2319-2402,p- ISSN: 2319-2399. Volume 9, Issue 3 Ver. I (Mar. 2015), pp. 66-71.
4. Hayashi, M. Temperature-electrical conductivity relation of water for environmental monitoring and geophysical data inversion. Environmental Monitoring and Assessment 2004 96:119–128.
5. Shi Xiaodi, Guo Shuntang Effect of diluent type on analysis of zeta potential of colloid particles of soymilk protein Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, Vol.30, No7.

#### SUMMARY

#### EFFECT OF HARDNESS SALTS ON THE Z-POTENTIAL AND CONDUCTIVITY OF NATURAL WATER

**Bibileishvili G.V., Mamulashvili M.A., Butchuzi T.G. and Kakabadze E.G.**

**Engineering Institute of Membrane Technologies of Georgian Technical University**

The paper discusses the effect of the concentration of  $Ca^{2+}$  ions obtained by dissociation of salts in natural water on the Z-potential and conductivity. The study showed that the increase in electrical conductivity of the analytical aqueous solution depends on the increase in the concentration of ions and temperature in the solution, with the negative Z-potential decreasing with the increase in the content of  $Ca^{2+}$  ions.

**Keywords:** aqueous solution, hardness, electrical conductivity, ions, concentration, Z- potential.

სასმელ წყალში უსიამოვნო სუნის ბაჩენის პრობლემა და მისი აღმოფხვრის მეთოდები

სოსელია მ.თ.

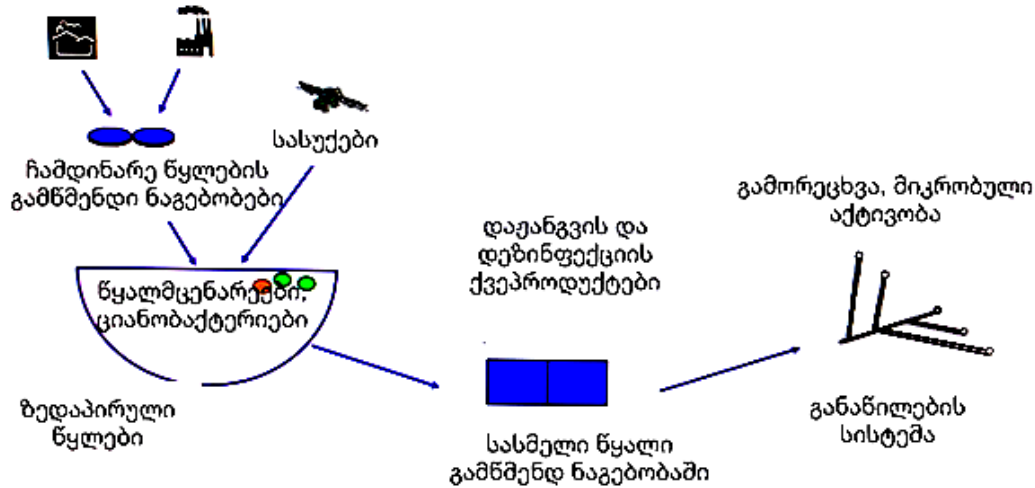
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

უსიამოვნო სუნის კონტროლი გახდა მნიშვნელოვანი საკითხი სასმელი წყლის მიმწოდებლებისთვის მთელ მსოფლიოში. დღესდღეობით, მომხმარებელთა საჩივრების უმეტესობა, რომლებიც მიმართულია წყალმომარაგების კომპანიებთან, დაკავშირებულია სასმელ წყალში უსიამოვნო სუნზე [1-3]. მიუხედავად იმისა, რომ ესთეტიკური ასპექტები, როგორცაა ფერი ან უსიამოვნო სუნი, ჩვეულებრივ არაპრობლემურია ჯანმრთელობის საკითხებთან მიმართებაში, მიკრობიოლოგიურ ხარისხთან, ისევე როგორც მიკროდამბინძურებლების და მძიმე მეტალების არსებობასთან შედარებით, მომხმარებლები ძალიან მგრძობიარედ რეაგირებენ მათი სასმელი წყლის ორგანოლექტიკური ხარისხის ცვლილებებზე. ამის მიზეზი ის არის, რომ წყლის მიკრობიოლოგიური და ქიმიური ხარისხისგან განსხვავებით, ესთეტიკური ასპექტები შეიძლება შეფასდეს უშუალოდ ადამიანის გრძობებით. ზოგიერთი ძლიერი უსიამოვნო სუნის მქონე ნაერთ შეიძლება აღიქმებოდეს ძალიან დაბალ კონცენტრაციებში, ნგ/ლ დიაპაზონში. ეს ორგანოლექტიკური ეფექტის გავლენა რამდენიმე რიგით დაბალია, ვიდრე მძიმე მეტალების ან მიკროდამბინძურებლების ტოქსიკური ეფექტი. მიუხედავად იმისა, რომ ეს უსიამოვნო სუნის დაბალი კონცენტრაცია არ წარმოადგენს საფრთხეს ჯანმრთელობისთვის, ბევრ მომხმარებელს ეშინია, რომ უსიამოვნო სუნის მქონე ნაერთების გამოჩენა მათ სასმელ წყალში შეესაბამება მიკრობიოლოგიური ხარისხის დაქვეითებას და შესაბამისად, წყალი აღარ არის უსაფრთხო დასალევად [4]. მართლაც, რამდენიმე უსიამოვნო სუნის წარმომქნელი ნაერთი გამოქვეყნდა ციანობაქტერიების მიერ, მათმა შესწავლამ შეიძლება გამოავლინოს ციანოტოქსინების არსებობა წყალში და მაინც, უმეტეს შემთხვევაში ეს ზოგადი შეშფოთება არ არის გამართლებული, რადგან წყლის ხარისხის სხვა პარამეტრებზე სუნი არ მოქმედებს.

მიუხედავად ამისა, მომხმარებელის შფოთვამ და შესაბამისად, ნდობის ნაკლებობამ შეიძლება გამოიწვიოს არსებითი არასასურველი საზოგადოებრივი ზემოქმედება, როგორცაა ინფრასტრუქტურის (ძირითადად განაწილების სისტემის) მოვლა-პატრონობის დაფინანსების შემცირება. შესაბამისად, წყალმომარაგების კომპანიები ცდილობენ თავიდან აიცილონ ან სწრაფად და ეფექტურად შეარბილონ უსიამოვნო სუნის პრობლემები [5]. ამ ამოცანის შესასრულებლად საჭიროა უსიამოვნო სუნის ნაერთების და მათი წარმოშობის სწრაფი და საიმედო იდენტიფიკაცია. ამის მიღწევა ხშირად საკმაოდ რთულია, თუმცა, რაც ხშირ შემთხვევაში ხელს უშლის წყალმომარაგების კომპანიებს კარგად შემუშავებული საწინააღმდეგო ზომების გამოყენებაში. ამ სირთულეების მიზეზები მრავალფეროვანია. ერთის მხრივ, ორგანოლექტიკური აღქმა ძალიან ინდივიდუალურია როგორც არომატის აღწერის, ასევე ზღვრული კონცენტრაციის მიმართ. ეს ძალიან რთულს ხდის მომხმარებელთა საჩივრების შეფასებას. მეორე მხრივ, უსიამოვნო სუნის წარმომქნელ ნაერთების გამოვლენა შრომატევადია და მოითხოვს დახვეწილ ანალიტიკურ მეთოდებს. უსიამოვნო სუნის მქონე ნაერთების ანალიზი ჩვეულებრივი ინსტრუმენტული მეთოდებით, ანუ ექსტრაქციის სხვადასხვა მეთოდებთან ერთად, ხშირად შეუძლებელია, რადგან უსიამოვნო სუნის მქონე ნაერთების დაბალი კონცენტრაციები დაფარულია ფონით. სპეციალისტების მიერ ალტერნატიული სენსორული ანალიზი იძლევა ინფორმაციას წყლის ნიმუშის საერთო ორგანოლექტიკური აღქმის შესახებ, მაგრამ ჩვეულებრივ არ იძლევა ცალკეული უსიამოვნო სუნის მქონე ნაერთების გამოვლენის საშუალებას. არასასიამოვნო სუნის წარმომქნელ ნაერთების ნარეგებმა შეიძლება კიდევ უფრო გაართულოს წარმატებული გამოვლენა სინერგიული და ანტაგონისტური ეფექტების გამო.

როგორც ზემოთ აღინიშნა, სასმელ წყალში უსიამოვნო სუნის პრობლემების წარმატებული პრევენცია, ან შერბილება შესაძლებელია მხოლოდ მაშინ, როდესაც ცნობილია ნაერთები და მათი წარმოშობა. ყველაზე მნიშვნელოვანი უსიამოვნო

სუნის წარმომქმნელი ნაერთები, რომლებიც მოხსენებულია ლიტერატურაში, არის ქლორი და ისეთი ნაერთები, როგორც გეოსმინი, 2 მეთილიზსობორნოლი (მიბ) და 2,4,6- წყალში უსიამოვნო სუნის პრობლემების წარმოშობა და ფაქტორები, რომლებიც გავლენას ახდენენ სხვადასხვა უსიამოვნო სუნის ნაერთების წარმოშობაზე, ჯერ კიდევ ცუდად არის გაგებული.



უსიამოვნო სუნის მქონე ნაერთების წარმოშობა, რომელიც აღმოჩენილია სასმელ წყალში

სურათის მიხედვით, უსიამოვნო სუნის წარმოშობის სამი ძირითადი წყარო შეიძლება გამოიყოს. პირველ რიგში, უსიამოვნო სუნის მქონე ნაერთების დიდი ნაწილი, რომლებიც აღწერილია ლიტერატურაში, წარმოიქმნება ზედაპირულ წყლებში. ეს ნაერთები წარმოიქმნება ფიტოპლანქტონით და ხშირად ავლენენ ძლიერ სივრცულ და სეზონურ ცვალებადობას მათი ზრდის (აყვავების) მიხედვით. იმის გამო, რომ ზედაპირულ წყლებში ბიომასა ძლიერ არის დაკავშირებული საკვები ნივთიერებების რაოდენობაზე, მუნიციპალური და სამრეწველო ჩამდინარე წყლებში, ისევე როგორც სასოფლო-სამეურნეო პრაქტიკა, მაგალითად, სასუქების გამოყენება და ნაკელი, დიდ გავლენას ახდენს ფიტოპლანქტონის ზრდაზე. როგორც წესი, უსიამოვნო სუნის ყველაზე მაღალი კონცენტრაცია, რომელიც შეიძლება მიაღწიოს რამდენიმე ასეულ ნანოგრამს ლიტრზე ან თუნდაც 1 მკგ/ლ-ზე მეტს, გვხვდება ეპილიმნიონში.

ცხრილი 1. ზედაპირულ წყლებში არსებული ყველაზე მნიშვნელოვანი უსიამოვნო სუნის წარმომქმნელი ნაერთები

ნივთიერება	სუნი	წარმოშობის წყარო
2-ტრანს, 4-ცის, 7-ცის-დეცატრიენალი	თევზის	მწვანე ალგა
დიმეთილ ტრისულფიდი	ღვინის	ალგას ყვავილობის დროს
გეოსმინი	შშორის	ციანობაქტერიები და აქტინომოცეტები
ტრანს, ტრანს-2-4 ჰეპტადიენალი	თევზის	მწვანე ალგა
2-იზოპროპილ-3-მეტოქსიპირაზინი	ღვინის	აქტინომოცეტები
1-პენტენ-3-ერთი	მძაღვ	მწვანე ალგა, ციანობაქტერიები
2,4,6-ტრიქლოროანიზოლი (ტქა)	შშორის	აქტინომოცეტები
ცის-2, 6-ნონადიენალი	მიწიერი	მწვანე ალგა
2-მეთილიზობორნოლი (მიბ)	შშორის	ციანობაქტერიები და აქტინომოცეტები

დღემდე გამოვლენილია უსიამოვნო სუნის მქონე ნაერთების წარმომქმნელ დაახლოებით 200 წყალმცენარე. ცხრილ 1-ში მოცემულია ზედაპირულ წყლებში არსებული ყველაზე მნიშვნელოვანი უსიამოვნო სუნის წარმომქმნელი ნაერთები.



ამ ნაერთების ფიზიოლოგიური როლი კარგად არ არის ცნობილი, თუმცა ზოგიერთი აღწერილია, როგორც ფერომონები. მიუხედავად იმისა, რომ ზოგიერთი უსიამოვნო სუნის მქონე ნაერთი ბიოლოგიურად აქტიურია, სხვები წარმოიქმნება მეტაბოლური ქვეპროდუქტების სახით და გამოიყოფა წყალში მხოლოდ მაშინ, როდესაც უჯრედის მემბრანა დაზიანებულია. ეს ფრაქცია შეიძლება იყოს უსიამოვნო სუნის პრობლემების მნიშვნელოვანი წყარო, როდესაც ის გამოიყოფა წყალმცენარეებისა და ბაქტერიების დაზიანებული უჯრედებიდან სასმელი წყლის დამუშავებისას. ფიტოპლანქტონის ბიოლოგიური აქტივობიდან გამომდინარე, უსიამოვნო სუნის მქონე ფრაქციამ შეიძლება მიაღწიოს გაცილებით მაღალ კონცენტრაციას, ვიდრე დაშლილმა ფრაქციამ.

მეორეც, ზოგიერთი ძლიერი უსიამოვნო სუნის მქონე ნაერთმა შეიძლება წარმოიქმნას, როგორც ქვეპროდუქტი სასმელი წყლის დაუანგვისა და დეზინფექციის დროს. ამ ქვეპროდუქტების წარმოქმნის მოცულობა ძლიერ არის დამოკიდებული წყლის შემადგენლობაზე და შეიძლება მინიმუმამდე დაიყვანოს წყლის ტრადიციული გაწმენდის ტექნოლოგია. მაგალითად, ქლორის გამოყენებამ შეიძლება გამოიწვიოს ბრომფენოლების წარმოქმნა, როგორცაა 2,6-დობრომფენოლი სუნის დაბალი ზღურბლით.

თუ წყლის წყაროებში არის ციანობაქტერიული უჯრედების, ციანოტოქსინების და უსიამოვნო სუნის გამომწვევი ნაერთების მნიშვნელოვანი რაოდენობა და თუ პრევენციისა და კონტროლის სტრატეგიები ვერ განხორციელდება საკმარისად სწრაფად, ხელმისაწვდომია რამდენიმე მეთოდი უსიამოვნო სუნის ზემოქმედების თავიდან ასაცილებლად [6]. ცხრილ 2-ში მოყვანილია გეოსმინის (შორის სუნის გამომწვევი) და ტრანს-2-4 ჰეპტადიენალის (თევზის სუნის გამომწვევი) დამუშავების ეფექტურობა.

**ცხრილი 2. გეოსმინის და ტრანს, ტრანს-2-4 ჰეპტადიენალის დამუშავების ეფექტურობა სხვადასხვა მეთოდით**

დამუშავების მეთოდი	გეოსმინი	ტრანს-2-4 ჰეპტადიენალი
კოაგულაცია/სელიმენტაცია	+	-
ნელი ფილტრაცია		+
მემბრანული ფილტრაცია		+
ფლოტაცია ჰაერით		-
გააქტივებული ნახშირის გამოყენება	-	+
ოზონირება	-	+
დეზინფექცია ქლორით	-	+
წინასწარი დაუანგვა	-	-

არსებობს მრავალი მიდგომა და ტექნიკა წყლის წყაროებში ციანობაქტერიების ზრდის თავიდან ასაცილებლად ან გასაკონტროლებლად. წყალში ციანობაქტერიების მართვის პრევენციული პროგრამები უნდა შემუშავდეს იმ უწყებებთან, რომლებიც პასუხისმგებელი არიან წყლის რესურსების მართვაზე, მათ შორის გარემოსდაცვითი, სოფლის მეურნეობის და ჯანდაცვის ორგანოებთან. შესაბამისი ტექნიკა დამოკიდებული იქნება მთელ რიგ ფაქტორებზე, მათ შორის ადგილობრივ გარემო პირობებზე, ტექნიკის ღირებულებაზე, სამიზნე პერიოდებზე, შესაბამისი წყლის წყაროს ეკოლოგიურ მდგომარეობაზე და წყლის სხვა გამოყენებაზე (მაგ. სასოფლო-სამეურნეო და რეკრეაციული მიზნებისათვის).

**ლიტერატურა**

1. Lin T-F., S. Watson, A. M. Dietrich. Taste and Odour in Source and Drinking Water: Causes, Controls, and Consequences. IWA publishing. 2019, pp. 320.
2. Khiari, D.: AWWA's Taste and Odor Committee seeks to understand and solve taste and odor problems in drinking water. //J. Am. Water Work Assoc. (2), 2004, pp. 32-36.
3. Watson S.B. Aquatic taste and odor: a primary signal of drinking-water integrity. //Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A. 2013, pp. 1779- 1795

4. Perkins R.G., E.I.Slavin, T.M.C.Andradec, C.Blenkinsopp, P.Pearson, T.Froggatt, G.Godwin, J.Parslow, S.Hurley, R.Luckwell, J.Wain. Managing taste and odour metabolite production in drinking water reservoirs: The importance of ammonium as a key nutrient trigger. //Journal of Environmental Management. Volume 244. 2019, pp. 276-284.
5. Rong C., D Liu, Yan Li, K. Yang, X. Han. Source water odor in one reservoir in hot and humid areas of southern China: occurrence, diagnosis and possible mitigation measures. Environmental Sciences Europe. 30, Article number:45. 2018, pp. 30-45.
6. Faruqi A., M Henderson, R. K. Henderson, R. Stuetz, B. Gladman B. McDowall, A. Zamyadi. Removal of algal taste and odour compounds by granular and biological activated carbon in full-scale water treatment plants. IWA publishing. Water Supply 18 (5). 2018, pp.1531–1544.

## SUMMARY

### THE PROBLEM OF UNPLEASANT ODOR IN DRINKING WATER AND METHODS OF ITS ELIMINATION

Soselia M.T.

Georgian Technical University

Odor problems in drinking water have been addressed more and more by water utilities around the world. A number of studies investigated that the major compounds that cause these odor problems in drinking water are produced by cyanobacteria and actinomycetes, causes fishy and musty odor. Although this unpleasant odor can be detected by consumers, currently, there are no regulations on these compounds. The most successful treatment technologies used by most water treatment plants to remove odor from drinking water are granular/powdered activated carbon, advanced oxidation processes, biofiltration, and other integrated systems. However, these methods are very expensive to install, maintain, and operate. For current and further studies, more efficient and economic odor control technologies in drinking water need to be addressed and investigated.

**Keywords:** unpleasant odor in water, cyanobacteria, activated carbon.

სასმელი წყლის უსიამოვნო სუნის მოცილების ტექნოლოგია ასკანას თიხის  
გამოყენებით

ბაგრატიონ-დავითაშვილი ა.ნ., სოსელია მ.თ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

წყლის დაბინძურება გლობალური პრობლემაა, რომელიც მოითხოვს წყლის რესურსების პოლიტიკის მუდმივ შეფასებას და გადახედვას ყველა დონეზე [1].

სპეციფიკური დამაბინძურებლები, რომლებიც იწვევს წყლის დანაგვიანებას, მოიცავს ქიმიკატების, პათოგენების ფართო სპექტრს და ფიზიკურ ან სენსორულ ცვლილებებს, როგორცაა მაღალი ტემპერატურა, სუნის, გემოს და ფერის შეცვლა [2].

ზედაპირული წყლების პროგრესულმა ეუტროფიკაციამ და დაბინძურებამ გამოიწვია წყალში უსიამოვნო სუნის შემთხვევების მუდმივი ზრდა, რომლებიც დაკავშირებულია წყლის მიკროორგანიზმების აყვავებასთან სხვადასხვა წყლის გარემოში. ამ წყლებში არსებული მიკროორგანიზმები აწარმოებენ სხვადასხვა ტერპენოიდებს, კაროტინოიდულ წარმოებულებს, გოგირდის ნაერთებს და სხვა აქროლად ორგანულ ნაერთებს წყალმცენარეებისა და ციანობაქტერიების მიერ, რომელთა უმეტესობამ შეიძლება ხელი შეუწყოს უსიამოვნო სუნის ჩამოყალიბებას.

უსიამოვნო სუნის კონტროლი მსოფლიოში სასმელი წყლის მომწოდებლების მნიშვნელოვანი საკითხია. დღეს, მომხმარებელთა პრეტენზიების უმეტესობა, რომლებიც წყალმომარაგებას ეხება, დაკავშირებულია სასმელი წყლის ცუდ გემოზე ან სუნზე.

სასმელ წყალში უსიამოვნო სუნის წარმოშობა საკმაოდ გავრცელებული პრობლემაა. ჩვეულებრივ, ყველაზე პრობლემური სუნი არის ისეთი, როგორცაა თევზის, შმორის ან ლპობის [4].

თბილის ზოგიერთ რაიონში (მაგალითად ვარკეთილში) გაზაფხულ-ზაფხულში მოხმარებლისათვის თბილისის წყალსაცავიდან მიწოდებულ გაწმენდილ სასმელ წყალს უჩნდებოდა უსიამოვნო სუნი. კვლევის შედეგად დადგინდა, რომ ამ უსიამოვნო სუნს იწვევენ თბილისის წყალსაცავში გავრცელებული წყალმცენარეების მიერ გამოყოფილი ნივთიერებები. რის შედეგადაც იყო მიღებული ზომები და ამ პერიოდში დამატებით გამოყენებული იქნა გააქტივებული ნახშირბადის ფილტრები, რომელმაც პრობლემა მოაგვარა. მაგრამ პროცედურა საკმაოდ დიდ ხარჯებთანაა დაკავშირებული [4].

ჩვენი კვლევის მიზანს წარმოადგენდა შედარებით უფრო იაფი მასალის გამოყენება წყლიდან უსიამოვნო სუნის მოსაცილებლად. ამისათვის შერჩეული იყო ბენტონიტის თიხა ასკანას საბადოებიდან.

თიხა არის ყველაზე მნიშვნელოვანი, უხვი და დაბალფასიანი ბუნებრივი მასალა, რომელიც გვხვდება ყველგან, ყველა ტიპის კლდეში, სხვადასხვა ტიპის წყლის რესურსებში და ატმოსფერულ აეროზოლებში.

პრეისტორიული ეპოქიდან კაცობრიობა იყენებდა მას სამკურნალო მიზნებისთვის თავისი ბუნების განსაკუთრებული თვისებების გამო. მე-20 საუკუნეში მეცნიერულმა განვითარებამ საშუალება მისცა გაეგოთ მისი გავლენა ადამიანის ჯანმრთელობაზე და შესწავლილიყო მისი სარგებლობისა და თვისებების მიზეზები. თვისებები, რის გამოც თიხა გამოიყენება არის მაღალი სპეციფიკური ზედაპირი, ადსორბციული უნარი, რეოლოგიური თვისებები, ქიმიური ინერტულობა და დაბალი ან ნულოვანი ტოქსიკურობა [5].

ბენტონიტური თიხა კარგად არის შესწავლილი და აქვს ფორიანობის მაღალი ხარისხი და გამოიყენება სხვადასხვა მიზნით, ძირითადად კვების მრეწველობაში სითხიდან მინარევების მოსაშორებლად.

თიხა სახელწოდებით ასკანგლინი საბადოს ზედა ნაწილშია განლაგებული, ასკანგელი კი – ქვედა ნაწილში. იგი გამოიყენება ნავთობის გადამუშავების ტექნოლოგიურ პროცესში.

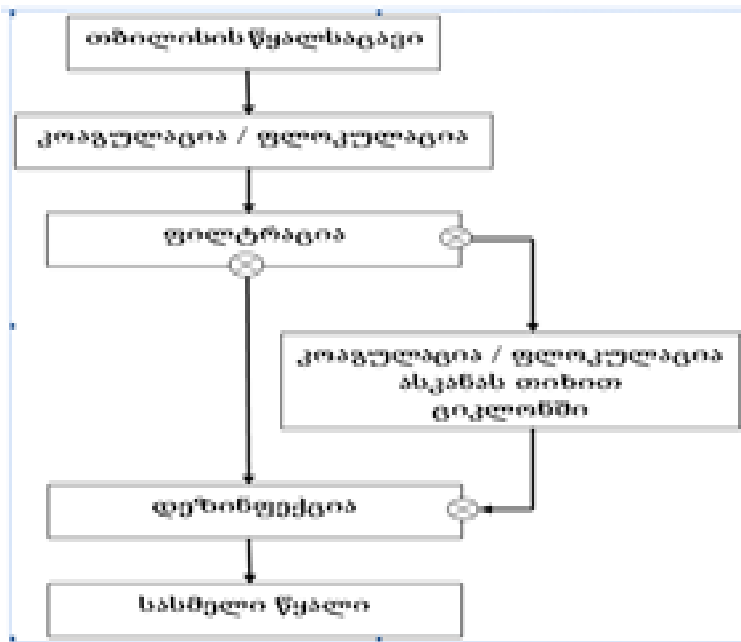
ასკანგელს დიდი რაოდენობით წყლის შეწოვის უნარი აქვს და იგი ბუნებრივ კოლოიდს წარმოადგენს. ასკანგელი ასევე გამოიყენება მანქანათმშენებლობაში, საღებავი ნივთიერებების დასამზადებლად, კერამიკულ წარმოებაში, საპნისა და საფეიქრო მრეწველობაში, ღვინისა და ძმრის გასაწმენდად.

სამუშაოს მიზანია წყლიდან უსიამოვნო სუნის მოსაშორებლად თიხების გამოყენება. სინჯების აღება ხორციელდებოდა საქართველოს მთავრობის დადგენილების „წყლის სინჯის აღების სანიტარული წესების შესახებ“ ტექნიკური რეგლამენტის მიხედვით. სინჯებს ვიღებდით დადგენილი პერიოდის ერთი კვირის განმავლობაში (12–18 მაისი), როდესაც უსიამოვნო სუნი განსაკუთრებულად მკვეთრია და იმავე დღეს გადატანილი იყო ლაბორატორიაში [4].

ლაბორატორიული ტესტებში ასკანას თიხის ფხვნილზე დაფუძნებული კოაგულანტის ოპტიმალური დოზა იყო 20 მგ/ლ. ასკანას თიხის დოზის შემდგომი (40 მგ/ლ) ამცირებს უსიამოვნო სუნის მოცილების ეფექტურობას.

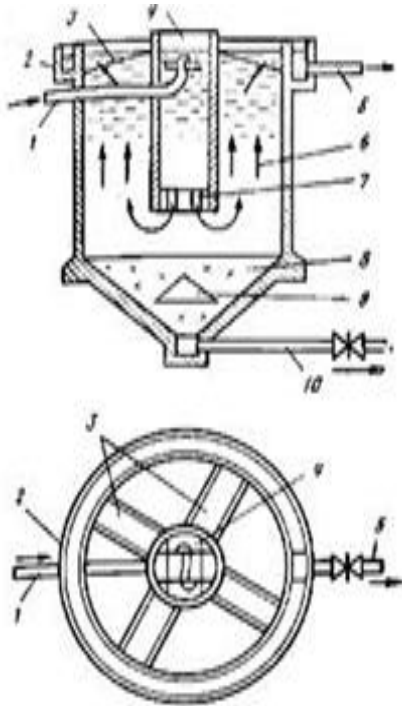
უსიამოვნო სუნის ყველაზე მაღალი მოცილება (98%) აღმოჩნდა 20 მგ/ლ ასკანას თიხის გამოყენებისას.

შემოთავაზებულია სქემა, რომელიც ითვალისწინებს გამწმენდ ნაგებობის ტექნოლოგიურ ციკლში კვანძის დამატებას, სადაც თავსდება გაფილტრული წყალი დეზინფექციამდე. უსიამოვნო სუნის მქონე ნაერთების მოცილება ხდება კოაგულაციით, კოაგულანტად გამოიყენება ასკანას თიხა (ნახ.1).



ნახ. 1. უსიამოვნო სუნის მქონე ნაერთების მოცილება კოაგულაციით.  
კოაგულანტი – ასკანას თიხა

ამ კვანძში გამოყენებულია წყლის გაწმენდა ჰიდროციკლონის საშუალებით. ჰიდროციკლონის მოქმედება ეფუძნება ცენტრიდანული ძალების მოქმედების ველში ნაერთების გამოყოფას თხევადი ნაკადისგან. მაღალი წნევის ქვეშ მყოფი წყალი მიედინება ჰიდროციკლონში. წყალსა და მინარევებზე მოქმედებს ცენტრიდანული ძალა, რომელიც მიმართავს მინარევებს ჰიდროციკლონის შიდა კედლებში და ამით წყალი იწმინდება.



ნახ. 2. ჰიდროციკლონი

1 – საწყისი მიწოდება; 2 – რგოლოვანი სადრენაჟო კამერა; 3 – რადიალური სადრენაჟო კამერა; 4 – შერევის კამერა; 5 – გაწმენდილი წყლის გაყვანა; 6 – წყლის გაკამკამების ზონა; 7 – შთანქმელი; 8 – ლამის დაგროვებისა და დატკეპვის ზონა; 9 – კონუსური რეფლექტორი; 10 – ლამის მოცილება

ჰიდროციკლონის კორპუსს აქვს კონუსური ფორმა (ნახ.2). გასაწმენდი ნაკადის შედის მილის მეშვეობით. შიგნით იქმნება ორი წრიული ნაკადი:

- გარე – მიმართულია კედლების გასწვრივ კონუსის ზევით;
- შიდა – მიმართულია საპირისპირო მიმართულებით.

სპირალური მოძრაობის დროს ნარტები ცენტრიდანული ძალით ეშვება აპარატის კედლებს და კონუსის ზემოდან ეშვება ლამის მიმღებში. გარე ნაკადის სითხის ნაწილი დანალექთან ერთად ტოვებს დანადგარს. მეორე ნაწილი გადამისამართებულია დანადგარის შიდა ზონაში. ჰიდროციკლონში სითხის სპირალური მოძრაობა ქმნის გაიშვიათებულ ზონას, რომელიც ატარებს შიდა ნაკადის გაწმენდილ ნაწილს და გამოჰყავს ცენტრალური გასასვლელით.

ამგვარად, ჰიდროციკლონში კოაგულანტად ასკანას თიხის გამოყენება იწვევს უსიამოვნო სუნის მოშორებას 98%-ით.

**ლიტერატურა**

1. Ferasso M., L. Bares, D. Ogachi, M. Blanco. Economic and Sustainability Inequalities and Water Consumption of European Union Countries. /Water, MDPI. 13, 2696, 2021, pp. 232-257.
2. Adejumo L., O. Adebisin Babatunde, P. Abimbola., T. Adelani-Akande, O. Dada Adewumi, T.A. Oreofe Toyin A. Water Pollution: Effects, Prevention, and Climatic Impact./ IntechOpen Book. March 21, 2018, pp. 35-53.
3. Booth S. D.J., A. Bruchet, A. M. Dietrich, D L. Gallagher, D. Khiari, I.H. S. B. Watson Diagnosing Taste and Odor Problems. American Water Works Association. 2011, 126 p.
4. Gurgenidze D., A. Bagraion-Davitashvili, I. Inashvili, K. Bziava, M. Soselia. Frequency of unpleasant Odour in drinking water in some districts of Tbilisi. //Georgian Engineering News, v. 92, 2021, pp.140-145.
5. Carretero M.I., Clay minerals and their beneficial. /Applied Clay Science. 2002, pp. 155-163.

**SUMMARY**

**TECHNOLOGY TO GET RID OF UNPLEASANT ODORS USING ASCANA CLAY**

**Bagration-Davitashvili A.N. and Soselia M.T.**

**Georgian Technical University**

The paper discusses the removal of unpleasant odors from water by means of Askana clay. A scheme is proposed according to which a new node should be added to the water treatment plant in which Ascana clay powder is used as a coagulant. Coagulation takes place in a hydrocyclone where this process is faster and quite efficient.

**Keywords:** water purification, coagulation, Askana clay, hydrocyclone.

ნაბელაგის საბადოს მინერალურ წყლებში არსებული გაზების კვლევის შედეგები

მაღლაკელიძე ა.გ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

**შესავალი**

მინერალური წყლების შემცველი გაზების ბუნების შესწავლა, მათი შემადგენლობის და ქიმიური თავისებურებების ცოდნა მნიშვნელოვანია საბადოების გენეზისის, წყლების ფორმირების და ზედაპირზე განტვირთვის გეოლოგიური და გეოქიმიური პირობების აღწერის დროს.

ასეთი სახის ინფორმაცია დიდწილად უწყობს ხელს მინერალური წყლების საბადოების შეფასება-განვითარების ამოცანების გადაწყვეტას. უნდა აგრეთვე აღინიშნოს, რომ გაზების ასოციაციები მონაწილეობენ მინერალური წყლების ფიზიკური თვისებების და ქიმიური შემადგენლობის ჩამოყალიბებაში, გავლენას ახდენენ მათ ხარისხზე. წყლებში გაზები არსებობენ ორი ფორმით სპონტანურ (თავისუფალი) და გახსნილ მდგომარეობაში.

გაზების შემცველობის მიხედვით საქართველოში ყველაზე მეტად გავრცელებულია ნახშირმჟავა (ნახშირორჟანგის შემცველი) წყლები; ხშირად ნახშირორჟანგთან ერთად გვხვდება: მეთანიანი, გოგირდწყალბადიანი, აზოტ-მეთანიანი, მეთან-აზოტიანი გაზთა ნარევეები. აღსანიშნავია რადონის შემცველი ბალნეოლოგიური დანიშნულების (წყალტუბო) მინერალური წყლები [1,2]. რიგ შემთხვევებში, თანმხლებ გაზთა ნარევეები შეიცავენ – ინერტულ გაზებს, ალკანების რიგის პირველ წარმომადგენლებს და სხვ. გაზთა ნარევეებში მათი არსებობა შეიძლება განპირობებული იყოს, როგორც გენეზისის თავისებურებებით, ასევე ანთროპოგენური ზემოქმედებით - დაბინძურებით.

ნაბელაგის საბადოს ჰიდროკარბონატულ-ნატრიუმიანი მინერალური წყლების თანმხლები გაზები ნაკლებად არის შესწავლილი, ინფორმაცია მწირია. ჩვენთვის ცნობილ, 1989 წელს გამოქვეყნებულ ნაშრომში [3] და ფონდურ მასალებში [4] წარმოდგენილია 5 მოქმედი ჭაბურღილის (№1/29, №2, №66, №44, №47) წყლებიდან მიღებული გაზთა ნარევეების თვისობრივი და რაოდენობრივი მონაცემები. ცხრილში №1 მოცემულია სპონტანურ და გახსნილ გაზებში ფიქსირებული ნახშირორჟანგის (CO<sub>2</sub>), აზოტის (N<sub>2</sub>) და ჟანგბადის (O<sub>2</sub>) რაოდენობრივი შედეგები.

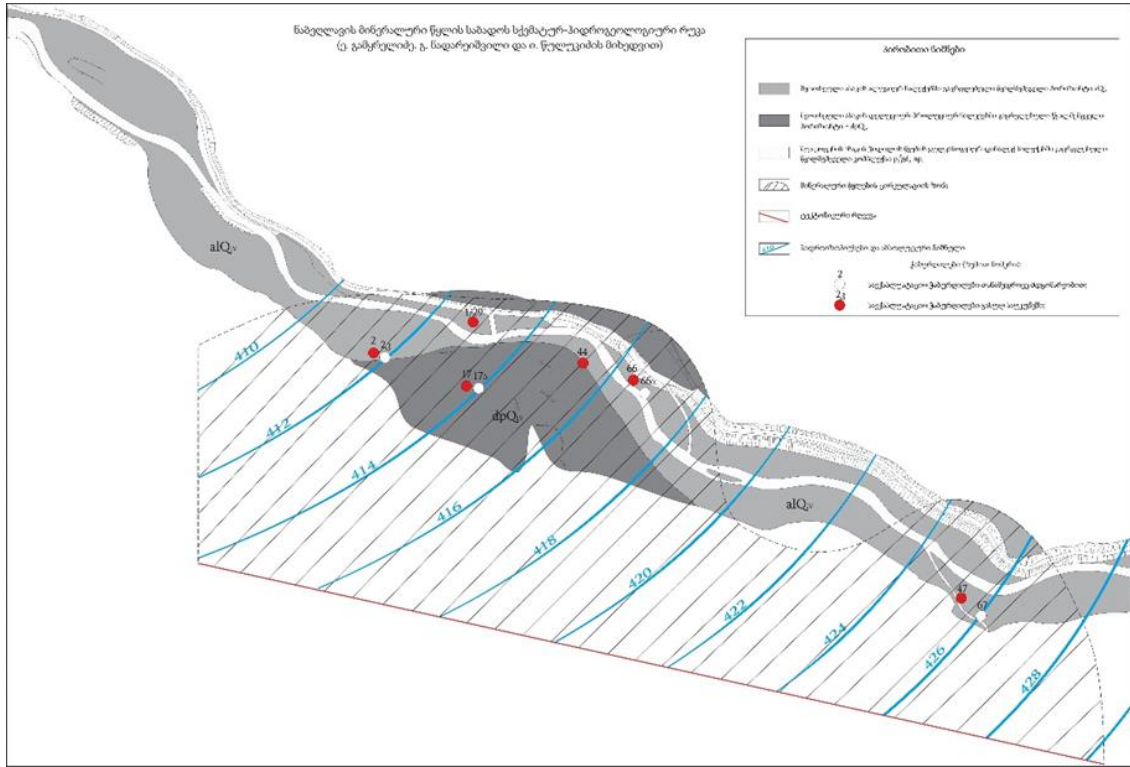
**ცხრილი 1. ნაბელაგის საბადოს ჭაბურღილების (№1/29, №2, №66, №44, №47) მინერალური წყლების გაზების შემცველობა**

წყალში გახსნილი გაზების რაოდენობა, მლ/ლ			
კომპონენტი	მინიმალური	მაქსიმალური	საშუალო
CO <sub>2</sub>	560	1052	722,2
N <sub>2</sub>	12,2	93,4	38,9
O <sub>2</sub>	4,0	22,2	8,9
გახსნილი გაზების მოცულობითი შემცველობა, %			
CO <sub>2</sub>	90,1	97,7	93,9
N <sub>2</sub>	1,6	8,0	4,9
O <sub>2</sub>	0,5	1,9	1,1
სპონტანური გაზების მოცულობითი შემცველობა, %			
CO <sub>2</sub>	98,0	99,7	99,0
N <sub>2</sub>	0,3	2,0	0,98

ცხრ. 1-ში ნაჩვენებია ჭაბურღილები ამჟამად ლიკვიდირებულია, რაც განაპირობა ტექნიკურმა მდგომარეობამ, სტიქიურმა მოვლენებმა და იმ მოვლენებთან დაკავშირებულმა წყლების ხარისხის ცვალებადობამ. მათ სანაცვლოდ მოეწყო

ახალი საექსპლუატაციო ჭაბურღილები – №2კ, №17ა, №66ა და №67, შესაბამისად შეიცვალა მინერალური წყლების მოპოვების პირობები და რეჟიმები.

ნაბეღლავის მინერალური წყლების საბადოზე უმოქმედო და საექსპლუატაციო ჭაბურღილების განლაგება მოცემულია სქემატურ ჰიდროგეოლოგიურ რუკაზე, რომელზეც გამოყოფილია მინერალური წყლების ცირკულაციის და ბუნებრივი განტვირთვის ნაპრალების მაღალი სისწირის და გახსნილობის შუაეოცენის ვულკანოგენური ქანების ზონა (ნახ. 1).



ნახ. 1. ნაბეღლავის მინერალური წყლის საბადოზე ჭაბურღილების განლაგება

საექსპლუატაციო ჭაბურღილების წყლების თანმხლები გაზები პრაქტიკულად შეუსწავლელია.

ჰიდროკარბონატულ ნატრიუმის წყლების თანმხლები გაზების ნარეგებში, ცხადია, დომინანტად ნახშირორჟანგი ფიგურირებს, მაგრამ ყურადსაღებია მინარევების შემადგენლობის შესწავლა – რამდენად სუფთაა გაზი, შეიცავს თუ არა მავნე ორგანულ მინარევებს, გოგირდის ნაერთებს ან სხვა ტოქსიკურ და ეკოლოგიურად მავნე ნივთიერებებს. კითხვა ეხება, როგორც ადამიანის ჯანმრთელობის, ასევე საბადოს გენეზისის, უსაფრთხოების და დაცვის საკითხებს.

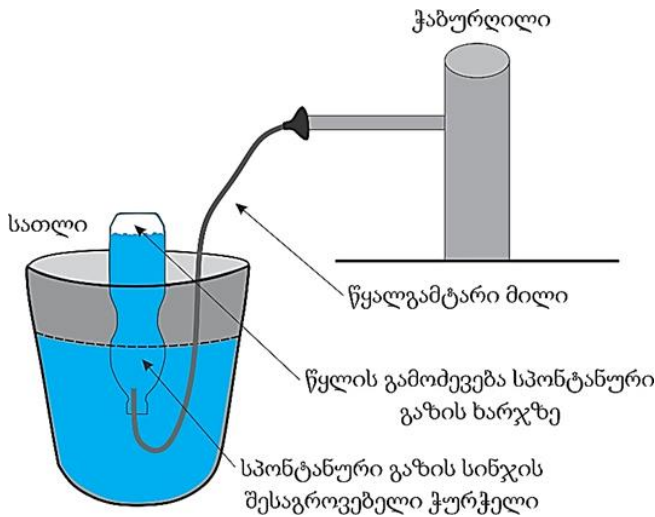
**ძირითადი ნაწილი**

ჩვენ მიერ 2021–2022 წწ. საბადოზე არსებულ საექსპლუატაციო ჭაბურღილების წყლებში შესწავლილია არსებული გაზების რაოდენობრივი შემცველობა და ჩატარებულია გახსნილი და სპონტანური (თანამდევი) გაზების თვისებითი და რაოდენობრივი შემადგენლობის კვლევა. კვლევა ჩატარდა წლის სეზონების მიხედვით, საანალიზო სინჯები აღებულია კვარტალში ერთხელ.

მინერალურ წყლებში გაზების რაოდენობითი მოცულობითი ანალიზი ჩატარდა აპრობირებული მეთოდიკით [5], თერმოგაკუუმური დეგაზატორიდან გამოყოფილი გაზის მოცულობის გაზომვით. გამოყოფილ გაზთა ნარეგში შემადგენელი კომპონენტების მოცულობითი პროცენტული შემცველობა განისაზღვრა ქრომატოგრაფიული მეთოდით.



სპონტანური გაზების საანალიზო სინჯები მომზადდა მარტივი მეთოდით (ნახ. 2, სურ. 1). საკვლევი მინერალური წყლით პირსაგსე თავმოხუფული ერთ ლიტრიანი ჭურჭელი მოთავსდა ამავე წყლით შევსებულ სათლში და მილით მიუერთდა ჭაბურღილს; შედეგად, სპონტანური გაზები გროვდება გამოძევებული წყლით გამონთავისუფლებულ მოცულობაში, ჭურჭელში დარჩენილი წყლის გარკვეული რაოდენობა უზრუნველყოფს საანალიზო სინჯის ჰერმეტიზაციას.



ნახ. 2 სპონტანური გაზის სინჯის აღების სქემა      სურ. 1 სპონტანური გაზის სინჯის აღება

სპონტანური გაზების შემადგენელი კომპონენტების მოცულობითი პროცენტული შემცველობა განისაზღვრა ქრომატოგრაფიული მეთოდით.

ანალიზები ჩატარებულია სამეცნიერო-კვლევითი ფირმა „გამა“-ს ლაბორატორიაში, რომელიც აკრედიტებულია საერთაშორისო სტანდარტის სსტ ისო/იეკ 17025:2017/2018 მიხედვით.

ქრომატოგრაფიული კვლევები ჩატარდა Perkin Elmer-ის ფირმის, თბოგამტარობის დეტექტორიანი ქრომატოგრაფით.

აზოტის ( $N_2$ ), უანგბადის ( $O_2$ ) და ნახშიროჟანგის ( $CO$ ) განსასაზღვრად ქრომატოგრაფიული სვეტის შემავსებელ ფაზად გამოიყენებოდა 13X ფორმის მოდიფიცირებული ცეოლითი; ნახშიროჟანგის ( $CO_2$ ), მეთანის ( $CH_4$ ) და ეთანის ( $C_2H_6$ ) – სინთეზირებული ადსორბენტი პოლისორბი. მეთოდის განსაზღვრის მგრძობელობა (ქვედა ზღვარი) შეადგენს 0,001 პროცენტს.

გაზთა ნარევი გოგირდწყალბადის ( $H_2S$ ) ანალიზი ჩატარდა ქიმიური მეთოდით [6].

საბადოს №2კ, №66ა და №67 საექსპლუატაციო ჭაბურღილების წყლების გახსნილი და სპონტანური გაზების ანალიზის შედეგები მოცემულია ცხრილში 2.

№17 ჭაბურღილის წყლები ხასიათდება გაზთა მცირე შემცველობით (12,8 მლ/ლ – 18,4 მლ/ლ), მიეკუთვნება ძალიან სუსტად აირგაჯერებულს (<50 მლ/ლ) [7] და ცხრილში არ არის შეტანილი.

აირგაჯერების კრიტერიუმების მიხედვით №2კ და №67 ჭაბურღილები მიეკუთვნება საშუალოდ აირგაჯერებულს (100 მლ/ლ - 1000 მლ/ლ), 66ა – სუსტად აირგაჯერებულს (50–100 მლ/ლ) [7]. აღსანიშნავია, რომ №17ა და №66ა ჭაბურღილები საბადოს ცენტრალურ ნაწილს მიეკუთვნებიან, ხოლო №2კ და №67 ჭაბურღილები შესაბამისად დასავლეთ და აღმოსავლეთ მხარეს არიან განლაგებული.

ჩვენი კვლევის შედეგების მიხედვით გაზთა ნარევები შეიცავენ მხოლოდ ნახშირორჟანგს (CO<sub>2</sub>) აზოტს (N<sub>2</sub>) და ჟანგბადს (O<sub>2</sub>), სხვა გაზების არსებობა არ ფიქსირდება.

საარქივო მონაცემებთან შედარებით (ცხრ. 1 და 2) ჩანს, რომ გაზთა ნარევის თვისობრივი შემადგენლობა ოცდაათწლიანი პერიოდის განმავლობაში არ არის შეცვლილი; რაოდენობრივი მაჩვენებლების მკვეთრი ცვლილება კი, შეიძლება აიხსნას ჭაბურღილების ახალი ადგილმდებარეობის გეოსტრუქტურული ფაქტორებით, წყლების მოპოვების და ჭაბურღილების საექსპლუატაციო რეჟიმების განსხვავებით.

ცხრილი 2. ნაბელავის საბადოს მინერალური წყლების შემცველი გაზების კვლევის შედეგები (2021–2022 წწ.)

ჭაბურღილის № სიღრმე (მ)	მინერალიზაცია მგ/ლ (საშ.)	თარიღი	სპონტანური გაზები (მოცულობითი %)			გაქსნილი გაზების რაოდენობა (მლ/ლ)				გაქსნილი გაზები (მოცულობითი %)		
			CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	ჯამური	CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>
2 კ 180 მ	3 400	12.07.2021	92.45	5.87	1.67	279.5	21.4	4.5	305.4	91.52	7.01	1.46
		15.09.2021	91.29	6.87	1.83	267.0	22.8	5.8	295.6	90.34	7.72	1.93
		15.12.2021	93.69	4.95	1.35	295.5	16.3	4.0	315.8	93.58	5.16	1.25
		02.03.2022	95.04	3.81	1.14	326.8	15.1	3.7	345.6	94.55	4.36	1.08
		საშ.	<b>93.12</b>	<b>5.38</b>	<b>1.49</b>	<b>292.2</b>	<b>18.9</b>	<b>4.5</b>	<b>315.6</b>	<b>92.49</b>	<b>6.07</b>	<b>1.43</b>
66 ა 220 მ	3 500	12.07.2021	76.82	19.42	3.75	47.0	14.4	3.4	64.8	72.61	22.16	5.22
		15.09.2021	85.08	12.50	2.41	56.5	8.7	2.4	67.6	83.54	12.87	3.58
		15.12.2021	82.38	14.98	2.63	50.4	9.6	2.5	62.5	80.73	15.42	3.84
		02.03.2022	78.84	17.93	3.22	46.7	11.1	2.9	60.7	76.94	18.21	4.84
		საშ.	<b>80.78</b>	<b>16.21</b>	<b>3.0</b>	<b>50.15</b>	<b>10.95</b>	<b>2.8</b>	<b>63.9</b>	<b>78.46</b>	<b>17.16</b>	<b>4.37</b>
67 182 მ	5 300	12.07.2021	96.22	3.13	0.64	129.6	8.4	2.8	140.8	92.05	5.96	1.98
		15.09.2021	94.03	5.03	0.93	151.7	11.2	2.6	165.5	91.65	6.82	1.52
		15.12.2021	96.16	3.18	0.65	170.6	9.1	2.9	182.6	93.44	4.96	1.59
		02.03.2022	94.56	4.54	0.89	119.4	9.0	2.4	130.8	91.25	6.89	1.85
		საშ.	<b>95.24</b>	<b>3.97</b>	<b>0.78</b>	<b>142.8</b>	<b>9.4</b>	<b>2.7</b>	<b>154.9</b>	<b>92.10</b>	<b>6.16</b>	<b>1.73</b>

ცხრ. 2-ში მოყვანილი მონაცემების მიხედვით, შეიძლება ითქვას, რომ ნაბელავის საბადოს ყველა ჭაბურღილის მინერალური წყლების შემცველ გაზთა ნარევის თვისობრივი და რაოდენობრივი შემადგენლობა სტაბილურია და სეზონური ცვლილებები არ ახასიათებს.

როგორც ცხრილიდან ჩანს, გამოთვლილი საშუალო პროცენტული მონაცემების მიხედვით, სპონტანურ გაზებში – CO<sub>2</sub> შემცველობა 80,78 % – 95,24 % ფარგლებშია, N<sub>2</sub>-ის – 3,97 %–16,21 %, ხოლო O<sub>2</sub> – 0,78 %–3,0 % ფარგლებში. CO<sub>2</sub>-ის მაქსიმალური შემცველობა №67 ჭაბურღილში, ხოლო მინიმალური № 66ა ჭაბურღილში აღინიშნა.

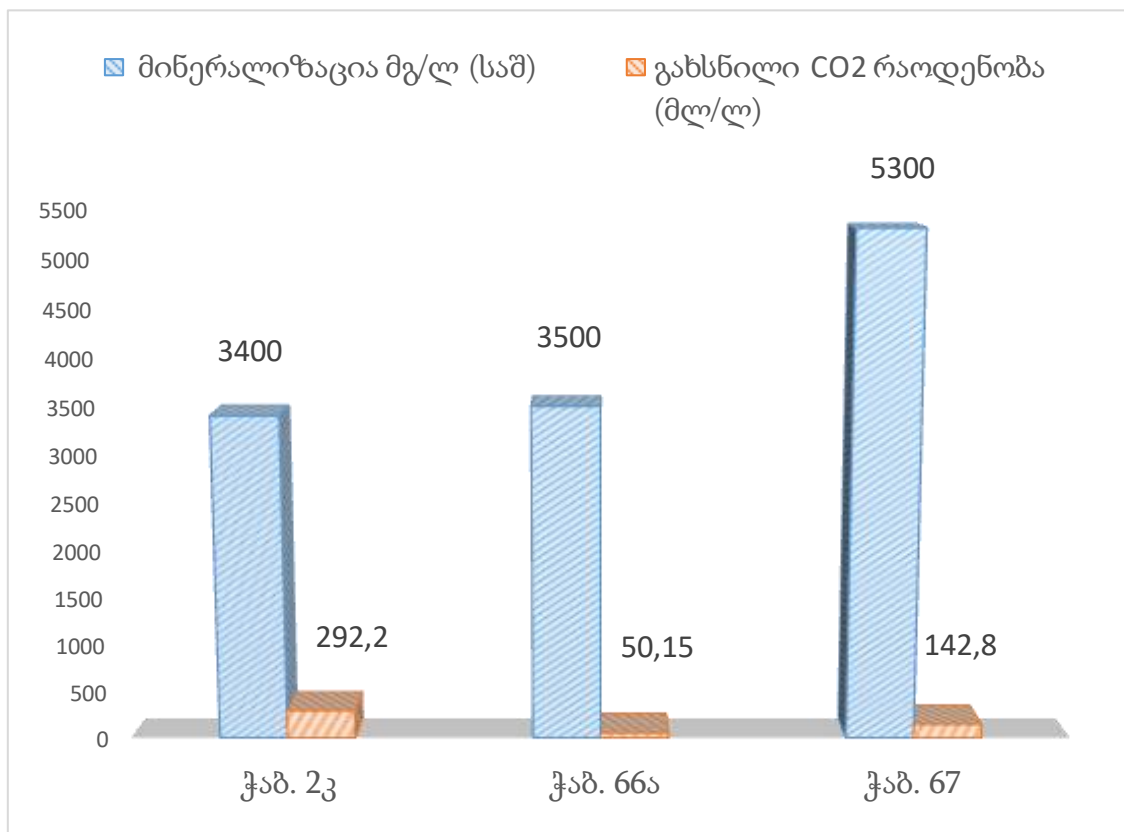
გაქსნილ გაზებში CO<sub>2</sub>-ის საშუალო შემცველობა 78,46 % – 92,49 %; N<sub>2</sub>-ის 6,07 % – 17,16 %; ხოლო O<sub>2</sub>-ის – 1,43 % – 4,37 % დიაპაზონშია. გაქსნილ გაზებში CO<sub>2</sub>-ის მაქსიმალური შემცველობა №2კ და №67 ჭაბურღილებში, ხოლო მინიმალური №66ა ჭაბურღილში აღინიშნა.

გაზთა ნარევებში ჟანგბადის და აზოტის წარმოშობის ხასიათის შესახებ წარმოდგენას იძლევა მათი მოცულობითი პროცენტული თანაფარდობა, რომელიც

ატმოსფერულ ჰაერში მათი მოცულობითი პროცენტული თანაფარდობის მნიშვნელობას (1:4) უახლოვდება, რაც, მინერალური წყლების ფორმირების პროცესში, მიწის ქერქში იმფილტრირებული ატმოსფერული ნალექების და ზედაპირული წყლების მონაწილეობით აიხსნება.

ნახშირორჟანგი (CO<sub>2</sub>) მიწის ქერქის სიღრმეებში, ახალგაზრდა ვულკანიზმის და სხვა გეოლოგიურ-ჰიდროგეოლოგიური პროცესების აქტივაციის პირობებში გენერირდება და განიტვირთება გამოტუტვის პროდუქტებით გამდიდრებულ ენდოგენურ სხნარებში.

ჩვენი მონაცემების მიხედვით, არ შეიმჩნევა კავშირი მინერალური წყლების ქიმიურ შემადგენლობასა და მათი შემცველი გაზების რაოდენობას შორის. ცხრილში №2 წარმოდგენილი მონაცემების მიხედვით, წყლების მინერალიზაციის ხარისხსა და გაზების რაოდენობას შორის არ ჩანს ურთიერთდამოკიდებულების რაიმე ხასიათი, რაც აგრეთვე, ნათლად არის ასახული ნახ. 3.



ნახ. 3. ნაბეღლავის საექსპლოატაციო ჭაბურღილების მინერალიზაციის და გაზების რაოდენობის ურთიერთდამოკიდებულება

აღნიშნული გარემოება აიხსნება მოსაზრებით, რომ მაღალმინერალიზებული სოდიანი წყლების ფორმირება, ნახშირჟანგა გამოტუტვით მცირედიტ განისაზღვრება და უფრო სხვა პროცესებზეა დამოკიდებული [1].

ნაბეღლავის ჭაბურღილების წყლებში CO<sub>2</sub>-ის განსხვავებული რაოდენობები ძირითადად აიხსნება ძირითადი ქანების სტრუქტურული ფაქტორებით. ნაბეღლავის სოდიანი მინერალური წყლების გამოსავლები უკავშირდება შუაეოცენურ ვულკანო-გენურ დანალექ ქანებს. აქ, ნეოგენული ვულკანიზმის გამოვლინების სიღრმეული რღვევების ზონებში, ვხდებით სხვადასხვა სიღრმისა და ორიენტაციის სადრენაჟო არხებსა და ეკრანებს; ჰიდროგეოლოგიური სტრუქტურების თავისებურება განაპირობებს ნახშირორჟანგიანი წყლების გავრცელების მიმართლებას. ჩანს, რომ გაზების გავრცელების მიმართულება და შესაბამისად გაზებით მინერალური წყლების გამდიდრების

ხარისხი სიღრმეული ჰიდროგეოლოგიური სტრუქტურების თავისებურებებზე და მოკიდებული.

### დასკვნა

1. ნაბელავის საბადოს საექსპლუატაციო ჭაბურღილების მინერალურ წყლებში არსებული გაზების ქიმიური შემადგენლობა პირველად არის შესწავლილი; განსაზღვრულია გახსნილი და სპონტანური გაზების თვისობრივი და რაოდენობრივი შემცველობა. აირული შემადგენლობის მიხედვით წყალი ნახშირორჟანგია, აგრეთვე შეიცავს აზოტსა და ჟანგბადს. სხვა გაზების (მეთანი, ეთანი, ნახშირორჟანგი, გოგირდწყალბადი) შემცველობა არ ფიქსირდება. შემადგენელ აირთა ნეგატიური ზემოქმედება მინერალურ წყლების ხარისხზე გამოიცხადება.

2. გაზთა ნარევი  $CO_2$ ,  $O_2$ ,  $N_2$  მოცულობითი პროცენტული შემადგენლობის მიხედვით განხილულია მათი გენეზისის საკითხი. გაზიარებულია მოსაზრება, რომ ნახშირორჟანგი მიწის ქერქის სიღრმეებში გენერირდება და განიტვირთება გამოტუტვის პროდუქტებით გამდიდრებულ ენდოგენურ ხსნარებში; ჟანგბადის და აზოტის წარმოშობა კი, მინერალური წყლების ფორმირების პროცესებში, მიწის ქერქში იმფილტრირებული ატმოსფერული ნალექების და ზედაპირული წყლების მონაწილეობით არის განპირობებული.

3. აირგაჯერების კრიტერიუმების მიხედვით, №2კ და №67 ჭაბურღილების წყლები მიეკუთვნება საშუალო აირგაჯერებულს, №66ა ჭაბურღილის წყლები – სუსტად აირგაჯერებულს, №17ა- ძალიან სუსტად გაჯერებულს. ჭაბურღილები, გაზების მცირე შემცველობის წყლებით, საბადოს ცენტრალურ ნაწილშია განლაგებული.

4. წლის განმავლობაში ჩატარებული კვლევების შედეგების მიხედვით, ნაბელავის საბადოს ნახშირორჟანგის მინერალურ წყლებში გახსნილი და სპონტანური გაზების თვისობრივი და რაოდენობრივი შემადგენლობა სტაბილურია და სეზონური ცვლილებები არ აღინიშნება.

5. ანალიზის შედეგების მიხედვით, ნაბელავის სოდიანი ნახშირორჟანგის წყლების ქიმიურ შემადგენლობასა და მათი შემცველი გაზების რაოდენობას შორის კავშირი არ გამოვლინდა, რაც ქანების გამოტუტვის პროცესში  $CO_2$ -ის როლის დაბალეფექტურობაზე მიგვითითებს.

6. ცალკეული ჭაბურღილების მინერალური წყლები  $CO_2$ -ის რაოდენობრივი შემცველობით განსხვავდებიან, რაც აიხსნება შუაეოცენური ვულკანოგენური ქანების სტრუქტურული ფაქტორებით.

### ლიტერატურა

1. ცერცვაძე ნ., საქართველოს მინერალური წყლები. სამეცნიერო-კვლევითი ფორმა „გამა“. გამომცემლობა „ნეკერი“. ISBN 978-9941-457-82-1. 2017 წ.
2. მიქაძე ი. ჰიდროგეოლოგია და საინჟინრო გეოლოგია. ივანე ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი. ISBN 978-9941-13-167-7. 2010 წ.
3. Буачидзе Г.И., Мхеидзе Б.С. Природные Газы Грузии. Академия Наук Грузинской ССР Сектор Гидрогеологии и Инженерной Геологии. –Тбилиси, Мესნიერება, 1989.
4. ОТЧЕТ ПО ПОДЧЕТУ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ЗАПАСОВ МИНЕРАЛЬНЫХ ВОД НАБЕГЛАВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (ПО СОСТОЯНИЮ НА 01.11.86 Г.).
5. Щербак В.П., Берри И.Л. Изучение газов минеральных вод. Центральный Совет по управлению курортами Профсоюзов. -Москва. 1983.
6. ГОСТ 8050-85 ДВУОКИСЬ УГЛЕРОДА ГАЗООБРАЗНАЯ И ЖИДКАЯ Технические условия.
7. სამკურნალო კატეგორიას მიკუთვნებული წყლის ობიექტების ნუსხისა და მინერალური წყლის ხარისხისადმი წაყენებული ჰიგიენური მოთხოვნების დამტკიცების თაობაზე. საქართველოს შრომის, ჯანმრთელობისა და სოციალური დაცვის მინისტრის ბრძანება №310/ნ. 2002 წლის 5 ნოემბერი ქ. თბილისი.

**SUMMARY**

**RESULTS OF THE STUDY OF GASES IN MINERAL WATERS OF THE NABEGLAVI**

**Maglakelidze A.V.**

**Georgian Technical University**

Gaseous composition of carbonic acid soda (bicarbonate sodium) mineral waters from production wells of the Nabeghlavi deposit have been studied for the first time. The paper presents results of a one-year, seasonal survey of gases in the water. The study of chemical composition of the gas mixture was carried out in SST ISO/IEC 17025: 2017/2018 certified laboratory. Chemical and chromatographic methods were used. The qualitative and quantitative composition of dissolved and spontaneous gases in water have been studied, the volumetric percentage content of each component - defined. Along with the dominant carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) the gas mixture contains oxygen and nitrogen. Other gases were not found to be present. Such composition of gases does not affect the quality of the water and meets requirements set out for the Natural Mineral Water category in both the national regulatory documentation and the EC Directives [Technical Regulations of Georgia - №719; COMMISSION DIRECTIVE 2003/40/EC]. The paper describes behaviour of the chemical composition of the gases in the water based on information presented in the reference sources and results of the seasonal survey. Seasonal study has shown stability of the qualitative and quantitative data for the gases. The results of the study has not shown correlation between the chemical composition of the carbonic acid soda water and the quantity of the gases present therein. It has also been shown that content of carbon dioxide in the mineral water differs by individual wells. As described in the article, these is due to peculiarities of genesis of the carbonic acid soda waters and related gases, the structural factors of the Middle Eocene volcanic rocks. The paper shows importance of the findings of the survey for the further development of the deposit; the role of gas genesis, their qualitative and quantitative characteristics, and water gas-saturation criteria in identification of the mineral water outcrops.

**Keywords:** Nabeghlavi, mineral water, spontaneous gas, carbon dioxide.

## დმანისის მინერალური წყაროს წყლის ქიმიური კვლევა

ომიამე ხ.ჯ.

## საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

მინერალური წყლები არის მიწისქვეშა (ზოგჯერ ზედაპირული) წყლები, რომლებიც დიდი რაოდენობით შეიცავს ბიოლოგიურად აქტიურ მინერალებს და აქვს განსაკუთრებული ფიზიკურ-ქიმიური თვისებები (ტემპერატურა, რადიაქტიურობა და სხვა). მინერალური წყლების თვისებები ადამიანის ორგანიზმზე ახდენს სამკურნალო გავლენას, რის გამოც მას იყენებენ სამკურნალო საშუალებად. სამკურნალო მიზნით ბუნებრივ ძალთა გამოყენებას მედიცინაში ფიზიოთერაპიას უწოდებენ. „ფიზის“ ბერძნულად ნიშნავს ბუნებას, „თერაპი“ – მკურნალობას. მინერალური წყლების გამოყენებას სხვადასხვა დაავადების სამკურნალოდ ბალნეოთერაპია ეწოდება [1].

ჩვენი შესწავლის ობიექტია დმანისის მინერალური წყალი, რომლის შესახებ პირველი ცნობებს ვახუშტი ბატონიშვილი გვაწვდის: „არს აქა წყარო, რომელი ჰკურნებს მუწუკთა. აქვე არს წყარო, რომელი დაამსხვრევს ქვასა შირიმისასა და დააყრევინებს სმითა“ (შირიმი (საბა) – ბუშტისა და თირკმლის ქვა) [2]. აღნიშნულ წყალს „თირკმლის წყალს“, ზოგჯერ კი „შარდის წყაროს“ უწოდებენ. წყარომდე მისასვლელი გზა რთული რელიეფისაა, ფაქტობრივად მიუსაღვარი, რის გამოც მოსახლეობა „უკვდავების წყალს“ უწოდებს.

ჩვენს მიერ დმანისის მუნიციპალიტეტის გამგეობაში მოძიებული იქნა ცნობები არსებული წყლის შესახებ. მოწოდებული ინფორმაციით, დმანისის მუნიციპალიტეტის სოფელ ბოსლეთის მკვიდრის – რამაზ ფოლადიშვილის მიერ შეიქმნა საინიციატივო ჯგუფი, რომლის წევრებმა დაინტერესება გამოხატეს აღნიშნული სამკურნალო წყლის მიმართ. დავუკავშირდი ბატონ რამაზ ფოლადიშვილს. ინტერვიუში მან განმიმარტა, რომ ბავშვობიდან დაინტერესებული იყო დმანისის სამკურნალო წყლით. „უთვალავი ადამიანი მოდიოდა წყლის წასაღებად. ყოველწლიურად იმატებდა მადლიერი პაციენტების რაოდენობა. ძირითადად, წყალს მოიხმარდნენ თირკმელებისა და შარდ-სასქესო ორგანოების დაავადებების მქონე პაციენტები, რომლებიც ადასტურებდნენ, რომ დმანისის წყლის სისტემატური მოხმარების შემდეგ, თირკმელში ეშვებოდათ კენჭები, იკურნებოდნენ ნეფრიტისგან და სხვადასხვა დაავადებებისგან“.

საინიციატივო ჯგუფის მიერ მოხდა დმანისის წყლის ფიზიკურ-ქიმიური და მიკრობიოლოგიური შესწავლა. ასევე წყალი გამოიცადა ძაღლებზე, რომლებსაც დადასტურებით თირკმელებში აღენიშნებოდათ სხვადასხვა ზომის კენჭოვანი ჩანართები. ძაღლებს წყალი მიეწოდებოდათ როგორც საბადოდან მოპოვებული უცვლელი სახით, ასევე გაზირებული. 6 თვიანმა დაკვირვებამ უჩვენა, რომ ცხოველები აბსოლუტურად გამოჯანმრთელდნენ, ხოლო ის ძაღლები, რომლებიც წყალს გაზირებული სახით იღებდნენ, შედარებით მოკლე დროში განიკურნენ კენჭებისაგან.

არსებული კვლევის საფუძველზე, საინიციატივო ჯგუფმა, დმანისის სამკურნალო წყალი პლასტმასის მილებით გამოიყვანა შედარებით მარტივად მისადგომ ტერიტორიამდე და 1998 წელს ჩამოასხა. რამაზ ფოლადიშვილის განმარტებით, პლასტმასის მილებში წყლის განვლადობის შედეგად, შესუსტდა მისი სამკურნალო თვისებები. მილებში გაჩნდა უმნიშვნელო ნალექი, რომელმაც განაპირობა წყლის შემდგურვა. ამასთან, ნალექების შემცირების გამო, წყლის დებეტი ძალიან შესუსტდა და მიუხედავად წყლის მიმართ მომხმარებელთა გაზრდილი ინტერესისა, საბოლოოდ, წყლის ჩამოსხმა შეწყდა.

დმანისის მინერალური წყლის საბადოს ადგილზე შესწავლა/დათვალიერების მიზნით, ვიმყოფებოდით სოფელ ბოსლეთში (სურ. 1). დმანისის მინერალური წყალი მიწისქვეშა წყალია, რომელიც ხასიათდება ქიმიური შედგენილობისა და ფიზიკური თვისებების სპეციფიკური თავისებურებით. იგი გამოედინება მთის ფერდობზე რამდენიმე გამოსასვლელით და ჩაედინება მდინარე მაშავერაში. წყალი ცივია (ტემპერატურა +7,9 C). pH ნეიტრალური – 7,8. ხასიათდება დაბალი მინერალიზაციით



და მაღალი ორგანული შემცველობით ( $\approx M$  0,6 მგ/ლ). დმანისის წყალი მიეკუთვნება ჰიდროკარბონატ-კალციუმ-ნატრიუმის ტიპს, არ გამოირჩევა მიკროელემენტების შემცველობით. აირად შედგენილობაში წამყვანი კომპონენტები აზოტი და ნახშირორჟანგია. იონურ-მარილოვანი შედგენლობით დმანისის წყალი მიეკუთვნება ზედაპირული წარმოშობის წყლებს. გეოქიმიური და ბალნეოლოგიური მიზნით არ წარმოადგენს დიდ ინტერესს.



დმანისის მინერალური წყალი, ე. წ. „შარდის წყარო“

საქართველოს კანონმდებლობით დმანისის მინერალური წყალი შესულია სამკურნალო კატეგორიის წყლის ობიექტების ნუსხაში, კომბინირებული და შინაგანი გამოყენების მინერალური წყლის სახით. მისი სამკურნალო დანიშნულებით გამოყენება ხდება შემდეგი დაავადებების დროს: პიელონეფრიტი, ნეფრიტი, ცისტეიტი, პროსტატიტი, შარდკენჭოვანი დაავადებები [3].

დმანისის სამკურნალო წყალი 1975 წლის შემდეგ არ გამოკვლეულა. განმეორებითი შესწავლა აქტუალურია იმ თვალსაზრისით, რომ აღნიშნული წყლის მიმართ ინტერესი შესუსტებულია. ასევე, საინტერესოა, რეგიონში მოქმედი ლითონების მომპოვებელ-გადამამუშავებელი კომპანია „RMG GROUP“-ის აქტიური ფუნქციონირების გავლენა დმანისის სამკურნალო წყლის საბადოზე.

1975 წელს ჩატარებული ქიმიური კვლევის შედეგების მიხედვით, წყლის ქიმიური შედგენლობა ასე გამოიყურება: (მინერალიზაცია)  $M - 0,6$ ;  $Na - 19$ ;  $Ca - 67$ ;  $HCO_3 - 92$ ;  $SO_4 - 5$  (ეკვ %).

$$M 0,6 \frac{HCO_3 \ 92 \ SO_4 \ 5}{Ca67 \ Na19 \ Mg11} \quad pH - 7,2, \ T - 9,5 \ ^\circ C$$

დმანისის სამკურნალო წყლის განმეორებითი კვლევის მიზნით, სინჯები აღებული იქნა 2022 წლის 12 თებერვალს. ადგილზე განისაზღვრა წყლის ტემპერატურა, ელექტროგამტარობა და pH. (ცხრილი - 2022 წელს და 1975 წელს ჩატარებული ქიმიური კვლევის შედეგები).



დმანისის მინერალური წყლის ქიმიური ანალიზი

№	განსაზღვრული პარამეტრი	ერთეული	ანალიზის შედეგები	
			2022 წელი	1975 წელი
1	pH		7,8	7,2
2	ელ-გამტარობა	მკსიმ/სმ	585	-
3	მინერალიზაცია	გ/ლ	0,587	0,612
4	სიხისტე	მგ.ექვ./ლ	6,9	-
5	ჰიდროკარბონატი	მგ/ლ	313,42	408,7
6	კალციუმი	მგ/ლ	94,01	100,0
7	მაგნიუმი	მგ/ლ	26,84	10
8	ნატრიუმი	მგ/ლ	20,0	32
9	კალიუმი	მგ/ლ	1,25	1,4
10	სულფატები	მგ/ლ	83,22	18
11	ქლორიდები	მგ/ლ	4,94	5,2
12	ნიტრატები	მგ/ლ	34,38	არ აღმოჩნდა
13	ნიტრიტები	მგ/ლ	1,04	არ აღმოჩნდა

წყლის ანალიზი ჩატარდა გარემოს ეროვნული სააგენტოს ნიადაგის, წყლისა და ატმოსფერული ჰაერის კვლევის ლაბორატორიაში. ჩატარებული კვლევებით დადგინდა, რომ დმანისის წყალში მაგნიუმის შემცველობა გაზრდილია, ხოლო ჰიდროკარბონატის – შემცირებული.

დმანისის სამკურნალო წყლის სრულყოფილი შესწავლისთვის გრძელდება კვლევა მასში შემავალი ორგანული ნივთიერებების, მიკრობიოლოგიური მდგომარეობისა და მძიმე მეტალების კონცენტრაციის განსაზღვრის მიზნით.

**ლიტერატურა**

1. Jusoh, J., Hashemi, S., Jusoh, J., Kiumarsi, S., & Mohammadi, S.. Influence Factors of Spa and Wellness Tourism on Revisit Intention: the Mediating Role of International Tourist Motivation and Tourist Satisfaction. //International Journal of Research – Granthaalayah , 1-2, 2015.
2. ნიკო კეცხოველი: „კიდევაც დაიზრდებიან“, 1978.
3. საკანონმდებლო მაცნე. გვერდი განახლებულია 2021 წლის 21 ივნისს.
4. Л. Бокучава, Н. Алексидзе, Н. Бокучава, Г. Джинчарадзе. Сравнительная характеристика химического состава минеральных вод Дманиси и Уджарма. / Известия Академии Наук Грузинской ССР, Серия химическая, т. 3, 1977, 2, сс. 110-114, 11.

**SUMMARY**

**STUDY OF DMANISI MINERAL SPRING**

**Omiadze Kh.J.**

**Georgian Technical University**

The object of our study is near the village of Boslebi in Dmanisi Municipality Pure healing water "Dmanisi". Dmanisi mineral water is groundwater, which is chemical with specific features of composition and physical properties characterized. It flows on a mountain slope with several exits and flows into the river Mashavera. The water is cold (temperature + 7.9 ° C). pH neutral 7.8. Characterized by low ineralization and high organic content (≈M 0.6 mg / L). Dmanisi water belongs to hydrocarbonate-calcium-sodium type, not distinguished containing micronutrients. Leading in gaseous composition the components are nitrogen and carbon dioxide. With ionic-saline composition Dmanisi water belongs to the waters of surface origin. geochemical and of balneological purpose is not interesting. According to Georgian legislation, Dmanisi mineral water is included in the list of water bodies of the therapeutic category, combined and In the form of mineral water for internal use. Its healing it is used for the following diseases: nephrit, pyelonephritis, cystitis, prostatitis. The Dmanisi healing water was last explored in 1975. Repeated study of Dmanisi healing water is relevant to those on the sense that interest in the said water is weakened and not researched over the years. At the same time, it is interesting that the miners operating in the region- the impact of the active operation of the processing company "RMG GROUP". Chemical analysis was conducted at the National Environment Agency of the Ministry of Agriculture In the Air, Water and Soil Analysis Laboratory. Analyzes showed that Dmanisi mineral water Physical properties and chemical composition are maintained. Also the type of water is unchanged and it belongs to hydrocarbonate-calcium-sodium type.

**Keywords:** mineral spring, Dmanisi mineral water,

პოლიმერული კომპოზიციის გახსნის პროცესის ხარისხობრივი მაჩვენებლის კვლევა და შედეგების მათემატიკური მოდელირება

ბიბილეიშვილი გ.გ., ებანოიძე ლ.ო., ყუფარაძე ლ.პ., ჯაგაშვილი ზ.დ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის მემბრანული ტექნოლოგიების საინჟინრო ინსტიტუტი

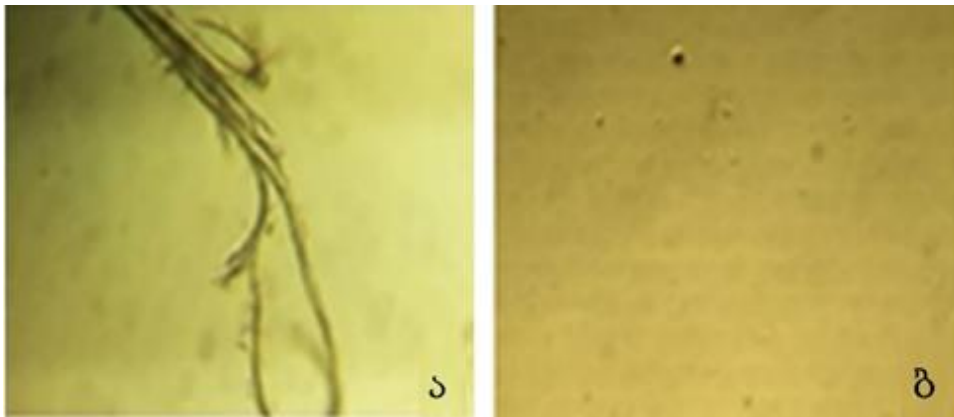
კვლევის მიზანს წარმოადგენდა პოლიმერული კომპოზიციის გახსნის პროცესის ხარისხობრივი მაჩვენებლის გამოვლენა და შედეგების მათემატიკური მოდელირება. სამუშაოში გამოყენებულია ნეფელომეტრული მეთოდი, რომელიც საშუალებას იძლევა განისაზღვროს პოლიმერული კომპოზიციის სიმღვრივე, რომლის რაოდენობრივი მაჩვენებელი მიუთითებს პოლიმერული ბოჭკოს გახსნის ხარისხზე [1,2].

ნაშრომში წარმოდგენილია პირველი რიგის მიახლოების ორფაქტორიანი მათემატიკური დაგეგმარება, რომლის გამოყენებით შესაძლებელია მინიმალური რაოდენობის ექსპერიმენტით მიღებული იქნას საკმარისი სიზუსტის სათანადო შედეგები [3,4].

დამზადებულია პოლიამიდის (PA) 8%, 9% და 10%-იანი მემბრანის დასასხმელი პოლიმერული ხსნარები, რომელთა კომპონენტები დამუშავებულია 30°C, 40°C და 60°C ტემპერატურაზე. ჩატარებულია გახსნის პროცესის მონიტორინგი პოლარიზაციულ-ინტერფერენციული ოპტიკური მიკროსკოპის (Biolar) საშუალებით, გადიდების დიაპაზონით 350–400.

სურათზე 1(ა) და 1(ბ) მოყვანილია პოლიმერული ბოჭკოს გახსნის განსხვავებული ნიმუშების მიკროგრაფიული გამოსახულებები. სურათის 1(ა). მიკროგრაფიულ გამოსახულებაზე ჩანს ნაწილობრივ გახსნილი ბოჭკოს ჩანართი, რაც ხსნარის არაერთგვაროვნებაზე მიუთითებს, ხოლო 1(ბ). მიკროგრაფიულ გამოსახულებაზე არ ფიქსირდება მიკროგელური ნაწილაკები, რაც ხსნარის ჰომოგენურობას ადასტურებს.

პროცესის მონიტორინგმა აჩვენა, რომ პოლიმერის სრული გახსნა მიზანშეწონილია მაღალი ტემპერატურისა და დაბალი კონცენტრაციის პირობებში.



სურათი 1. პოლარიზაციულ-ინტერფერენციული ოპტიკური მიკროსკოპის მიკროგრაფიული გამოსახულებები:

(ა) 30 °C და (ბ) 60°C ტემპერატურაზე დამზადებული 8%-იანი პოლიმერული კომპოზიციიდან

პოლიმერული კომპოზიციის სიმღვრივე განსაზღვრულია ფორმაზინის ერთეულებში სიმღვრივის მზომზე Turb 555, ხოლო ფაზური ინვერსიის სველი მეთოდით მიღებული მემბრანული ფირების წარმადობა დადგენილია ლაბორატორიულ ხელსაწყოზე MTSI-JM-5. ექსპერიმენტით მიღებული შედეგები მოცემულია ცხრ. 1-ში.

ცხრილი 1. პოლიმერული კომპოზიციის კონცენტრაციის, ტემპერატურის და მემბრანული ფირის წარმადობის დამოკიდებულება

მემბრანული ფირები	პოლიმერული კომპოზიციის კონცენტრაცია, %	პოლიმერული კომპოზიციის სიმღვრივის მაჩვენებელი, FTU, ფორმაზინის ერთეული			მემბრანული ფირის წარმადობა, ლ/მ <sup>2</sup> სთ		
		30 °C	40 °C	60 °C	30 °C	40 °C	60 °C
M10	8	16	8	5	840	3000	5100
M15	9	27	10	7	720	2600	4300
M20	10	39	14	9	660	1200	3500

კვლევის შედეგად გამოვლენილია, რომ 60 °C ტემპერატურზე დამზადებული 8–10%-ანი ხსნარები გამოირჩეოდნენ გამჭვირვალობით და დაბალი 5–9 NTU სიმღვრივით. 40°C ტემპერატურაზე დამზადებულ იგივე კონცენტრაციის ხსნარებში შეიმჩნეოდა სიმღვრივის (8–14 NTU) უმნიშვნელო მატება და ხსნარის შემღვრევა. დაბალ ტემპერატურზე დამზადებული 8-10%-ანი ხსნარები იყო მუქი ფერის, ახასიათებდათ მაღალი სიმღვრივე (16–39 NTU) და შეიმჩნეოდა განშრევა. პოლიმერული ხსნარის გახსნის დინამიკა მზარდია მაღალი ტემპერატურისა და დაბალი კონცენტრაციის პირობებში, რაც აისახა სიმღვრივის მაჩვენებელზე და მიღებული მემბრანის ხვედრით წარმადობაზე.

პოლიმერული კომპოზიციების გახსნის, მემბრანების ფორმირების და ტესტირების ექსპერიმენტული მონაცემების მიღება ძვირადღირებული და შრომატევადი პროცესია, რამაც განაპირობა ექსპერიმენტის მათემატიკური დაგეგმარების მეთოდის გამოყენების აუცილებლობა.

ექსპერიმენტის მათემატიკური მოდელირებისათვის ორფაქტორიანი მათემატიკური დაგეგმარების თეორიიდან შერჩეულია K=2 ორფაქტორიანი რეგრესიის წრფივი განტოლება (1).

$$y = b_0^1 + b_1^1 \cdot x_1 + b_2^1 \cdot x_2 \tag{1}$$

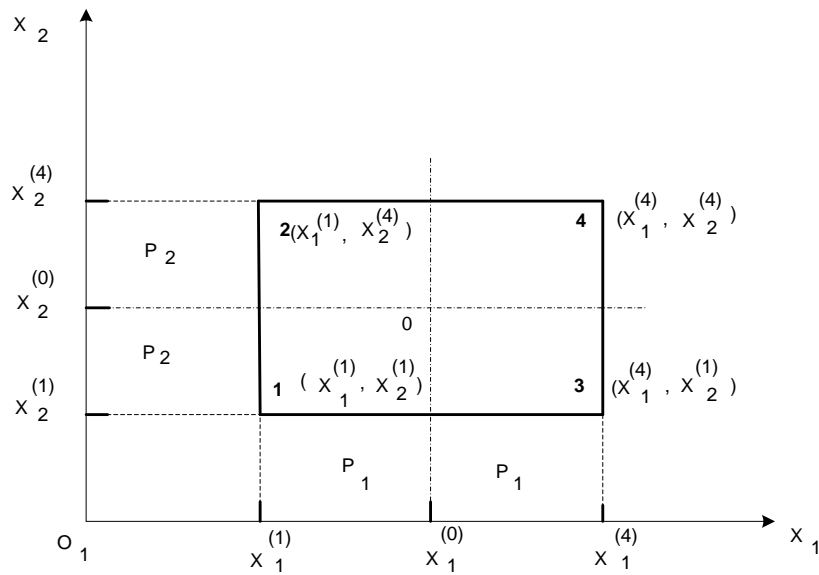
ჩატარებული კვლევის ექსპერიმენტული მონაცემები მოყვანილია ცხრ. 2-ში.

ცხრილი 2. ჩატარებული კვლევის ექსპერიმენტული მონაცემები

ექსპერიმენტის რიცხვი	$x_1$	$x_2$	$y$
1	8	30	16
2	8	60	5
3	10	30	39
4	10	60	9

ნახაზზე მოყვანილია ორივე ფაქტორის ყველა შესაძლო  $N = 2^2 = 4$  კომბინაციისათვის შექმნილი სათანადო საკვანძო წერტილები: 1.  $(x_1^{(1)}; x_2^{(1)})$ ; 2.  $(x_1^{(2)}; x_2^{(2)})$ ; 3.  $(x_1^{(3)}; x_2^{(3)})$ ; 4.  $(x_1^{(4)}; x_2^{(4)})$ .

უგანზომილებო კოდირებულ ცვლადებზე გადასვლით განხორციელებულია კოორდინატთა სათავის გადატანა 0<sub>1</sub> წერტილში კოორდინატებით  $(x_1^{(0)}; x_2^{(0)})$  და აგებულია კვადრანტი, კოორდინატთა ღერძებით  $\tilde{x}_1, \tilde{x}_2$  (კოდირებულ კოორდინატებში) (სურ. 2).



სურათი 2. კვადრეტი უგანზომილებო კოდირებულ სისტემაში

ახალ კოდირებულ სისტემაში კუთხის წერტილების კოორდინატების  $[1(-1, -1); 2(-1, +1); 3(+1, -1), 4(+1, +1)]$  და კოდირებულ ცვლადებში რეგრესის წრფივი განტოლების  $\hat{y} = b_0 + b_1\tilde{x}_1 + b_2\tilde{x}_2$  გამოყენებით მიღებულია განტოლება  $\hat{y} = 17.25 + 6.25\tilde{x}_1 - 10.25\tilde{x}_2$  სადაც,

$$b_0 = \sum_{n=1}^4 \tilde{x}_{0n} y_n = \frac{y_1 + y_2 + y_3 + y_4}{4} = 17.25$$

$$b_1 = \sum_{n=1}^4 \tilde{x}_{1n} y_n = \frac{-y_1 - y_2 + y_3 + y_4}{4} = 6.25$$

$$b_2 = \sum_{n=1}^4 \tilde{x}_{2n} y_n = \frac{-y_1 + y_2 - y_3 + y_4}{4} = -10.25$$

და გამოთვლილია ექსპერიმენტის თეორიული გამოძახილები:  $\hat{y}_1 = 20.75; \hat{y}_2 = 0.25; \hat{y}_3 = 34.25; \hat{y}_4 = 13.75;$

მათემატიკურმა მოდელირებამ აჩვენა, რომ ცდებისა და თეორიული გამოძახილებების მნიშვნელობები 0,5%-იან სხვაობას იძლევა.

ამრიგად, პოლიმერული კომპოზიციის გახსნის პროცესის ექსპერიმენტულმა კვლევამ განსაზღვრა ხსნარის კონცენტრაციის და ტემპერატურის დამოკიდებულება მის სიმღვრივესა და ხვ. წარადობასთან მიმართებაში, რამაც შექმნა წინაპირობა ექსპერიმენტის მათემატიკური მოდელის აგებისათვის.

ექსპერიმენტული მონაცემების ბაზაზე დამუშავებულია ექსპერიმენტის დაგეგმარების მათემატიკური მოდელი, სადაც პოლიმერული კომპოზიციის კონცენტრაციისა და ტემპერატურის ცვლილების პირობებში განისაზღვრა მემბრანული ნაწილის მასალების მიღებისათვის ხსნარის გახსნის სიმღვრივე და მემბრანის ხვ. წარმადობა.

**ლიტერატურა**

1. G.Bibileishvili, M.Kezherashvili. Research on the Impact of Polymer Concentration and Chemical Components in 10%-13% Solutions. ISSN-1512-0686, Universal/Georgian Chemical Journal, 2019/Vol.19, №1, pp.80-82.
2. G.Bibileishvili, L.Ebanoidze, Z.Javashvili. Study of the Influence of Polymer and Inorganic Salt Drying Temperatures on Polymer Solubility by Optical Microscopy. ISSN-1512-0287, International Engineering Academy, Georgian Engineering Academy/Georgian Engineering News, 2020/№2, vol.91, pp.158-159.
3. G.Bibileishvili, L.Kuparadze, N.Gogesashvili, N.Mumladze, L.Ebanoidze, E.Kakabadze, T.Butkhuzi, Z.Javashvili. Two-Factor Mathematical Planning of the First Row Approach for Peak Data of Phase Inversion Parameters. ISSN-1512-0686 Universal/Georgian Chemical Journal, 2018/Vol.18, №1, pp.122-124.
4. I.G.Zedgenidze. Organising and planning an engineering experiment. Book, Publishing house Information Centre, GTU, Tbilisi 2000, pp.50-90.

**SUMMARY**

**STUDY OF THE QUALITATIVE INDICATOR OF THE PROCESS OF OPENING THE POLYMER COMPOSITION AND MATHEMATICAL MODELING OF THE RESULTS OBTAINED**

**Bibileishvil G.V., Ebanoidze L.O., Kuparadze L.P. and Javashvili Z.D.**

**Engineering Institute of Membrane technology of Georgian Technical University**

The article presents a study of the qualitative indicator of the polymer composition process by the nephelometric method. Under conditions of changing the concentration and temperature of the polymer composition, the turbidity of the solution that opens to obtain membrane nanomaterials and the specific capacity of the membrane are determined. On the basis of experimental data, a mathematical model for planning an experiment was developed, with the help of which the results of a minimum number of experiments were obtained with sufficient accuracy.

**Keywords:** polymeric composition, polymer solutions, dissolution process, turbidity, membrane, temperature

**მემბრანის სტრუქტურის წარმომავალი პოლიმერული დანამატის ბავლენის კვლევა ფორიანობის რაოდენობრივ მახასიათებლებზე**

ბიბილეიშვილი გ.გ., გოგესაშვილი ნ.ნ., კეჟერაშვილი მ.გ., კაკაბაძე ე.გ.

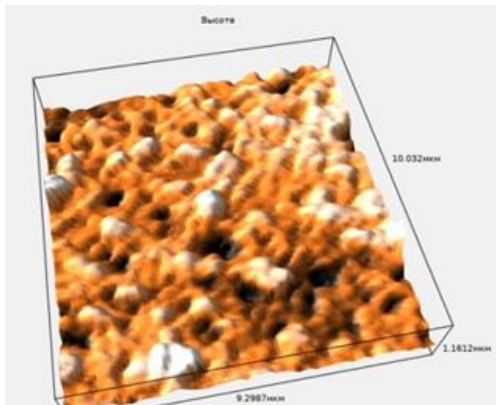
**საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის მემბრანული ტექნოლოგიების საინჟინრო ინსტიტუტი**

ნაშრომში მემბრანების მისაღებ საკვლევ პოლიმერულ მასალებად გამოყენებული იყო აცეტატცელულოზა, პოლიეთერსულფონი (პეს), ნაილონ 6,6, ხოლო დანამატად პოლივინილპიროლიდონი (პვპ). ეს პოლიმერები ფართოდ გამოიყენება მიკრო-, ულტრა და ნანოფილტრაციულ პროცესებში წყლის საფილტრი მემბრანების მიღებისათვის [1,2]. მოცემული პოლიმერების გამხსნელად შერჩეული იყო პოლარული გამხსნელი დიმეთილაცეტამიდი (დმმა), რომელშიც გახსნილი იყო ლიოფილური მარილი. გახსნის პროცესები გრძელდებოდა 5 საათს მუდმივი მორევიით (50–55 °C). ყველა კომპოზიციას ემატებოდა (10%) მასური რაოდენობით პოლივინილპიროლიდონი. გამოლექვა წარმოებდა ლაბორატორიულ ფილერზე 30 °C ტემპერატურაზე წყალში. პოლიმერული კომპოზიციების შედგენილობა, მიღებული მემბრანული აპკების ფორიანობა და წარმადობები მოცემულია ცხრილში.

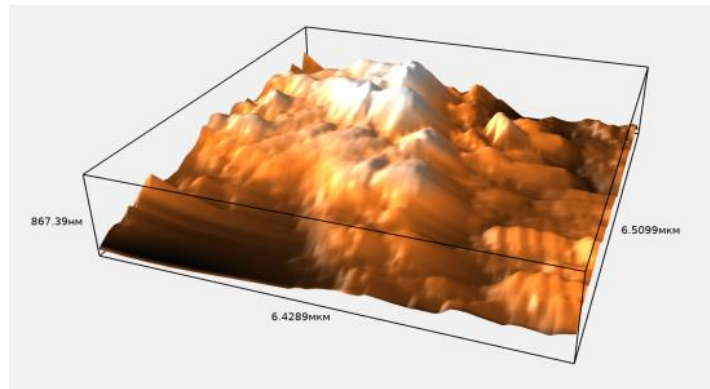
**პოლიმერული კომპოზიციების შედგენლობები და მიღებული მემბრანების ფორიანობა და წარმადობები**

პოლიმერი/დმფ	პვპ-ს კონც. მას.%	ფორიანობა, %	ხვ.წარმადობა, ლ/მ <sup>2</sup> სთ
12%-იანი აცეტატცელულოზა	10	30±3	523
12%-იანი პოლიეთერსულფონი	10	61±2	889
12%-იანი ნაილონ 6,6	10	35±1	345

ექსპერიმენტით დადგინდა, რომ მოცემული სამი პოლიმერის ერთნაირი კონცენტრაციის და რაოდენობის დანამატის პირობებში უკეთესი ფორიანობა და ხვ. წარმადობა გააჩნია 12%-იანი პოლიეთერსულფონიდან მიღებულ მემბრანას, რაც დასტურდება მასკანირებელი ზონდური მიკროსკოპის ტოპოგრაფიული სურათებით (სურ. 1 და 2).



სურათი 1. 12%-იანი პეს /დმფ/პვპ კომპოზიციიდან გამოლექილი მემბრანის მიკროსურათი



სურათი 2. 12%-იანი ნაილონ 6,6/დმფ/პვპ კომპოზიციიდან მიღებული მემბრანის მიკროსურათი

პოლიეთერსულფონის მემბრანის ზედაპირის რელიეფი (სურ.1) ერთგვაროვანი ფოროვანი სტრუქტურისაა, დეფექტების, მკვეთრი ამადლებების და მაკროღრუების გარეშე. რაც განპირობებულია პოლიეთერსულფონის სულფო-ჯგუფების და პოლივინილპიროლიდონის მოლეკულათა შორის ურთიერთქმედებით [3–5].

ამრიგად, ექსპერიმენტული კვლევებით დადგინდა, რომ 12% აცეტატცელულოზას, პოლიეთერსულფონის და ნაილონ 6,6-ის კომპოზიციებზე 10% მასით პოლივინილპიროლიდონის დამატება ზრდის პოლიეთერსულფონის შემცველი მემბრანის ფორიანობას და ხვ.წარმადობას.

#### ლიტერატურა

1. ბიბილეიშვილი გ.ვ., გოგეშაშვილი ნ.ნ., კაკაბაძე პოლიმერის კონცენტრაციის და ორგანული დანამატების გავლენის კვლევა მიღებული მემბრანების ფორიანობასა და წარმადობაზე. // საქართველოს საინჟინრო სიახლენი, 2020, 2, გვ.156.
2. Abdelrasoul, A.; Doan, H.; Lohi, A.; Cheng, C.H. Morphology control of polysulfone membrane sinfiltration processes: A critical review. *Chembioeng Rev.* 20152, pp.22–43.
3. Kesting R E, Synthetic polymeric membranes—A structural perspective, by Synthetic Polymeric Membranes (Wiley, New York) 1985. *J Appl Polym Sci*, 50 (1993) 13.
4. 4.Smolders, C.A.; Reuvers, A.J.; Boom, 4.R.M.; Wienk, I.M. Microstructures in phase-inversion membranes. Part 1. Formation of macrovoids. //*J. Membr. Sci.* 1992,73, pp. 259–275.
5. Bulte A M W, Folkers B, Mulder M H V & Smolders C A, Diffusion induced phase separation with crystallizable nylons. I. Mass transfer processes for nylon 4,6, *J Appl Polym Sci*, 50 (1993) 13.

#### SUMMARY

#### INVESTIGATION OF THE INFLUENCE OF MEMBRANE STRUCTURE FORMING POLYMER ADDITIVE ON QUANTITATIVE CHARACTERISTICS OF POROSITY

**Bibileishvil G.V., Gogesashvili N.N., Kezherashvili M.G. and Kakabadze E.G.**

**Engineering Institute of Membrane technology of Georgian Technical University**

The paper describes the effect of the additive polyvinylpyrrolidone on the porosity of membranes obtained from the same percentage of acetatecellulose, polyester sulfone, nylon 6,6 compositions. Studies have shown that the addition of 10% by weight polyvinylpyrrolidone to 12% acetate cellulose, polyester sulfone and nylon 6,6 compositions increases the porosity and productivity of a polyester sulfone-containing membrane.

**Keywords:** phase inversion, microfiltration, cellulose acetate, polyethersulfone, nylon 6.6.

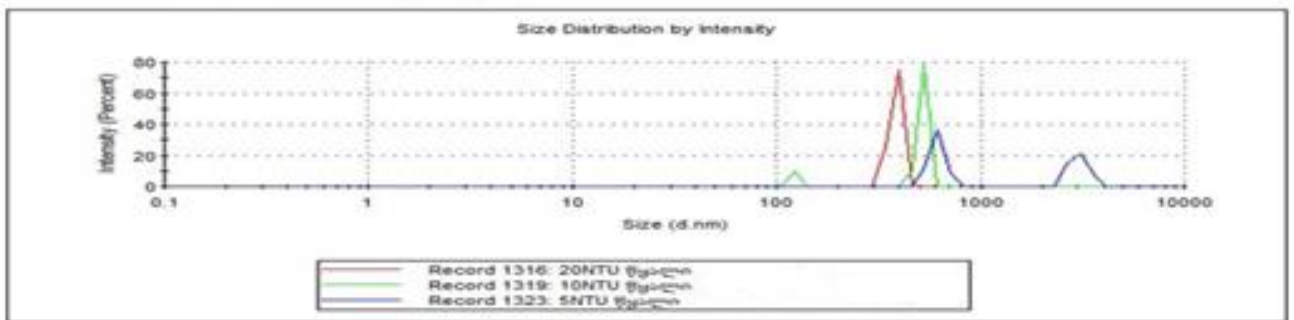


მიკროფილტრაციული პროცესის კვლევა მემბრანის ზედაპირზე დანალექის წარმოქმნის პირობებში

ბიბილეიშვილი გ.გ, კეჟერაშვილი მ.გ., გოგესაშვილი ნ.ნ., ჯავახიშვილი ზ.დ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის მემბრანული ტექნოლოგიების საინჟინრო ინსტიტუტი

ნაშრომში შესწავლილია მიკროფილტრაციული გაყოფის პროცესში მემბრანულ ფირებზე დანალექის წარმოქმნის მექანიზმი. ნაწონაწილაკების მზომი ანალიზატორით დადგენილია ბუნებრივ წყლებში შეწონილი ნაწილაკების ზომა და კონცენტრაცია, რომელთა მნიშვნელობები განაპირობებენ წყლის 1, 5, 10, 20 FTU-სიმღვრივეს. კვლევის შედეგები მოცემულია სურათზე 1.



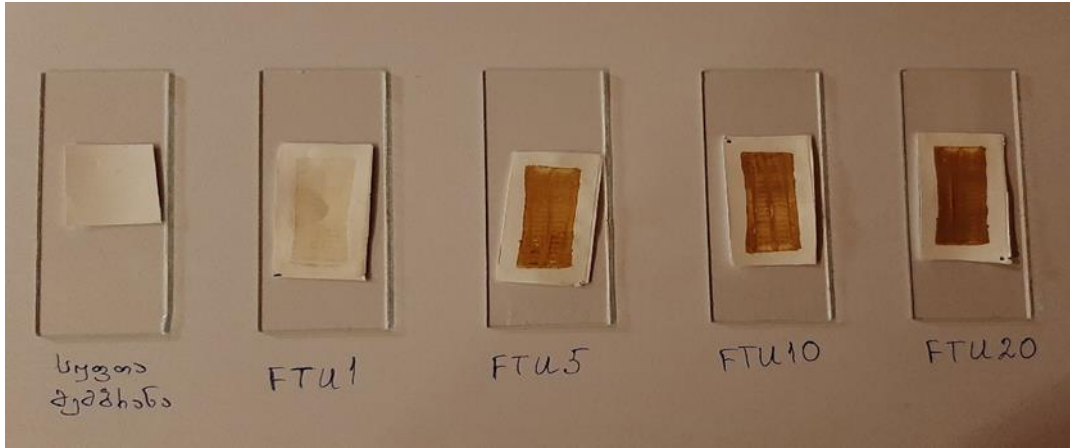
სურათი 1. 1, 5, 10, 20 FTU-სიმღვრივის ბუნებრივ წყალში ნაწილაკების ზომები

1, 5, 10, 20 FTU-სიმღვრივის ბუნებრივი წყლების დამუშავებისათვის შესწავლილი იქნა მიკროფილტრაციული პროცესები სითხის ნაკადის ლამინარული და ტურბულენტური რეჟიმების პირობებში 0,2 მკმ, 5მკმ ფორის მქონე მემბრანებით, რომლის შედეგები მოცემულია ცხრილში 1.

ცხრილი 1. 0,2 მკმ და 5 მკმ ფორის მქონე მემბრანით დამუშავებული ბუნებრივი წყლების მიკროფილტრაციის პროცესის კვლევის შედეგები ლამინარული და ტურბულენტური რეჟიმების პირობებში

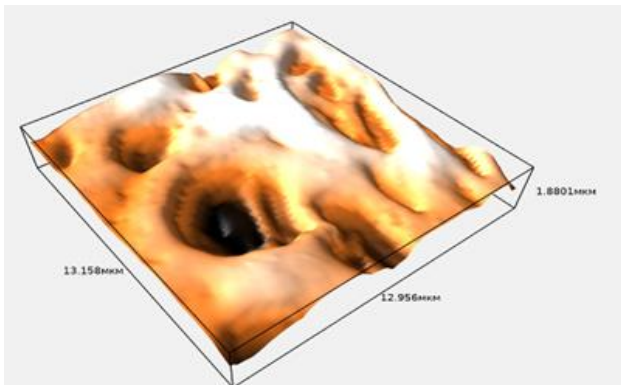
ბუნებრივი წყლების სიმღვრივეFTU	ხვ.წარმადობა, ლ/მ <sup>2</sup> სთ				ფილტრატის სიმღვრივეFTU	
	ლამინარული რეჟიმი		ტურბულენტური რეჟიმი		0,2მკმ	5 მკმ
	0,2 მკმ	5 მკმ	0,2 მკმ	5 მკმ		
ონკანის წყალი	1600	3000	1920	3600	0,01	0,01
1	1440	2700	1730	3260	0,01	0,02
5	1120	2100	1350	2520	0,03	0,05
10	820	1550	980	1860	0,16	0,25
20	450	850	540	1020	0,29	1,16

ბუნებრივი წყლების მიკროფილტრაციის პროცესში ლამინარული რეჟიმის პირობებში 0,2 მკმ ფორის ზომის მქონე მემბრანაზე წარმოიქმნა სხვადასხვა შეფერილობის და სისქის დანალექი, რომელიც გამოსახულია სურათზე 2.

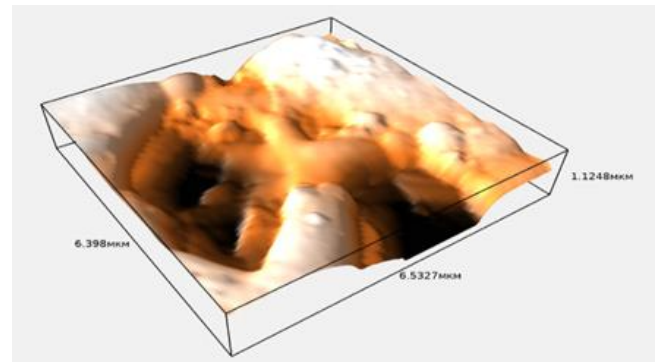


სურათი 2. 0,2 მკმ ფორის ზომის მემბრანაზე 1, 5, 10, 20 NTU სიმღვრივის ბუნებრივი წყლების მიკროფილტრაციის შედეგად მემბრანის ზედაპირზე წარმოქმნილი დანალექი

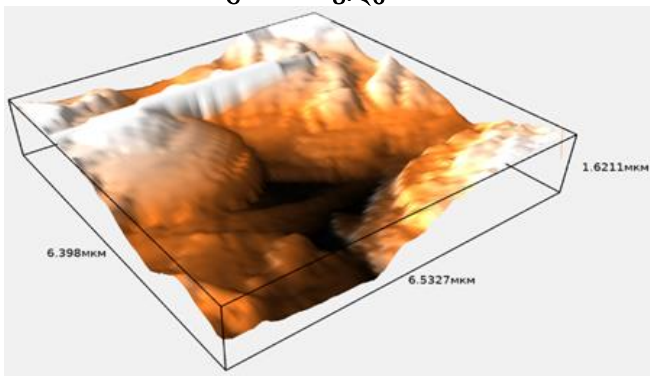
მემბრანაზე გამოყოფილი დანალექის სტრუქტურული და ტოპოგრაფიული მონაცემები შესწავლილია მასკანირებული ზონდური მიკროსკოპით (Certus Standart V), რაც მოყვანილია სურათებზე 3, 4, 5, 6 და 7.



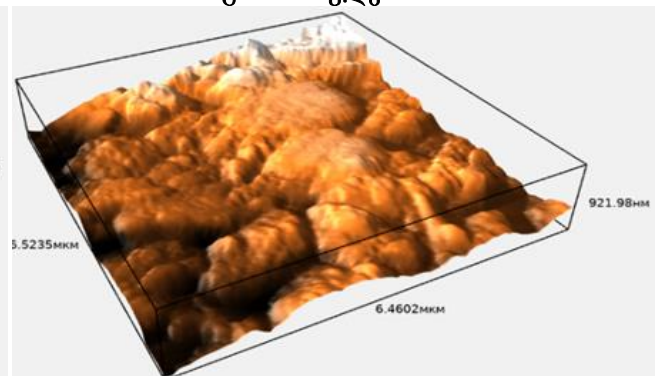
სურათი 3. ახალი მემბრანის 0,2 მკმ ფორის ზომის მემბრანის სუფთა ზედაპირის 3D გამოსახულება



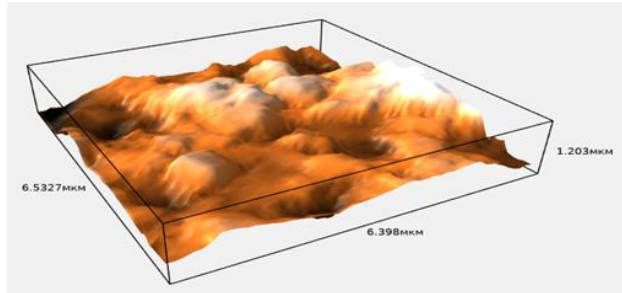
სურათი 4. FTU 1 სიმღვრივის წყლიდან მემბრანაზე გამოყოფილი დანალექის 3D გამოსახულება



სურათი 5. FTU 5 სიმღვრივის წყლიდან მემბრანაზე გამოყოფილი დანალექის 3D გამოსახულება



სურათი 6. FTU 10 სიმღვრივის წყლიდან მემბრანაზე გამოყოფილი დანალექის 3D გამოსახულება



სურათი 7. FTU 20 სიმღვრივის წყლიდან მემბრანაზე გამოყოფილი დანალექის 3D გამოსახულება

სურათებზე 2 და 3 ნახვენებია სუფთა მემბრანა, რომლის ხვ. წარმადობაა 1600 ლ/მ<sup>2</sup>სთ. FTU1 სიმღვრივის წყალში არსებული 328მ–67%, 147,8მ–24% ზომის ნაწილაკები აბსორბირებულია მემბრანის ფორების კონტურზე (სურ. 2, 4), რამაც განაპირობა საწყისი ხვ. წარმადობის 10%-იანი კლება და შეადგინა 1440 ლ/მ<sup>2</sup>სთ. FTU5 სიმღვრივის წყალში არსებული 1474–57,4%, 334,8–42,6% ზომის ნაწილაკები აბსორბირებულია მემბრანის ფორების კონტურის ფარგლებში (სურ.2,5), რის გამოც ხვ.წარმადობა იკლებს 22%-ით და მცირდება 1120ლ/მ<sup>2</sup>სთ-მდე. FTU10 სიმღვრივის წყალში არსებული 617,3–87,6%, 164,2–12,4% ზომის ნაწილაკები აბსორბირებულია მემბრანის ფორების კონტურის ფარგლებში და მის გარეთ (სურ.2,6), რაც განაპირობებს ხვ. წარმადობის 26%-იან კლებას და უტოლდება 820 ლ/მ<sup>2</sup>სთ. სურათებზე 2(FTU20) და 7 წყალში არსებული 667,9–61,4%, 0,62–21,9%, 4,607–16,7% ზომის ნაწილაკები ფილტრაციის შემდეგ აბსორბირებულია ფორის კონტურის გარშემო და მის გარეთ, წარმოქმნის დანალექის შესქელებულ ფენას, რამაც განაპირობა ხვ. წარმადობის 45%-იანი კლება და შეადგინა 450ლ/მ<sup>2</sup>სთ.

ამრიგად, ნანონაწილაკების მზომ ანალიზატორზე შესწავლილია ბუნებრივ წყლებში შექონილი ნაწილაკების ზომა და პროცენტული შედგენილობა, რომლებიც განაპირობებენ წყლის 1, 5, 10, 20 NTU სიმღვრივეს. ლამინარული რეჟიმის პირობებში მიკროფილტრაციული პროცესის კვლევისას ბუნებრივი წყლების შედგენილობა განაპირობებს მემბრანის ზედაპირზე განსხვავებული სამგანზომილებიანი სტრუქტურის, ტოპოგრაფიისა და სისქის დანალექის წარმოქმნას, რაც გავლენას ახდენს მემბრანების ხვ.წარმადობის მნიშვნელობებზე.

#### ლიტერატურა

1. H. Rezaei, F. Zokaei Ashtiani, A. Fouladitajar. Fouling behavior and performance of microfiltration membranes for whey treatment in steady and unsteady-state conditions. //Braz. J. Chem. Eng. vol.31 no.2, 2014.
2. R. Thomas, E. Guillen-Burrieza, H.A. Arafat, Pore structure control of PVDF membranes using a coagulation bath phase inversion process for application in membrane distillation (MD), //J. Membr. Sci., 452, 2016, 470–480.
3. გ. ბიბილეიშვილი, მ. კეჟერაშვილი, ზ. ჯავაშვილი, მ. მაძღარაშვილი. მემბრანის მოდიფიცირებული და არამოდიფიცირებული ზედაპირების სიმქისის შესწავლა. //საქართველოს ქიმიური ჟურნალი, ტ.18, №1, 2018, გვ.124–125
4. გ. ბიბილეიშვილი, მ. კეჟერაშვილი, ნ. გოგეშაშვილი, ნ. მუმლაძე, ე. კაკაბაძე, ლ. ებანოიძე, თ. ბუთხუზი, ზ. ჯავაშვილი. პოლიმერული მემბრანის ტოპოგრაფიული და სტრუქტურული კვლევის მეთოდის დამუშავება მასკანირებელი ზონდური მიკროსკოპით. //საქართველოს ქიმიური ჟურნალი, ტ.18, №1, 2018, გვ. 133–135

#### SUMMARY

#### RESEARCH OF MICROFILTRATION PROCESS UNDER CONDITIONS OF SEDIMENTATION ON MEMBRANE SURFACE

**Bibileishvili G.V., Kezherashvili M.G., Gogesashvili N.N. and Javashvili Z.D.**

**Engineering Institute of Membrane Technology, Georgian Technical University**

The nanoparticle analyzer studies the size and percentage composition of suspended particles in natural waters, which determine the water turbidity of 1, 5, 10, 20 NTU. When studying the process of microfiltration in the laminar regime, the composition of natural waters leads to the formation of deposits of various three-dimensional structure, relief and thickness on the membrane surface, which affects the specific performance of the membrane.

**Keywords:** nanomaterial, membrane, microfiltration, structure, particle size.

რძის ძარხანაში არსებული ავტომატური სისტემის მთავარი ელემენტები

მენაბლე თ.რ., ოთხოზორია ნ.კ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

შესავალი

თანამედროვე მოთხოვნების შესაბამისად აუცილებელია საწარმოში არსებულ პროცესებზე არსებობდეს სტანდარტების შესაბამისი კონტროლის მექანიზმები და შესაბამისი ინფორმაცია პროდუქტის შესახებ, რომელიც გამოსადეგია წარმოების კონკრეტულ ეტაპზე, მაგალითად: ტემპერატურა, მჟავიანობა კონსისტენცია ცხიმია-ნობა (გააჩნია რა პროდუქტს აწარმოებს საწარმო).

პროგრამირებადი ლოგიკური კონტროლერები მთავარ როლს ასრულებენ საწარმოს ავტომატიზაციაში. რაც უფრო მეტია კონტროლერი მით მეტია საწარმოში არსებულ პროცესებზე კონტროლის ბერკეტი და მაღალია ავტომატიზაციის დონე. კონტროლერებთან ერთად არა ნაკლებ მნიშვნელოვანია სენსორები და პრინტერები, რომლებიც წარმოადგენენ ინფორმაციის მთავარ მიმწოდებლებს წარმოების ოპერატორთან და კონტროლის სისტემასთან.

ავტომატიზაცია გამოიყენება სხვადასხვა სფეროებში, მაგრამ ყველაზე მეტად საწარმოო ინდუსტრიაში. ავტომატური სისტემები შედგება სამი ძირითადი ელემენტისაგან:

- ენერჯია – საჭიროა პროცესის შესასრულებლად;
- ინსტრუქციების პროგრამა – შეიცავს ინფორმაციას მოცემულ პროცესზე;
- კონტროლის სისტემა – რომელსაც ძალაში მოჰყავს ინსტრუქციები.

ავტომატიზირებული სისტემებისათვის პირველად ენერჯიის წყაროს წარმოადგენს ელექტროენერჯია, რომელსაც გააჩნია ბევრი დადებითი მხარე იმისათვის, რომ წარმოადგენდეს მთავარ ენერჯიის წყაროს ავტომატიზირებული სისტემებისათვის:

- ელექტროენერჯია, უფრო იაფი და ხელმისაწვდომია, რაც მნიშვნელოვანი ფაქტორია ქარხნის ინფრასტრუქტურისთვის;
- ელექტროენერჯიის გარდაქმნა შეიძლება მოხდეს ალტერნატიულ ენერჯიაში (მაგალითად მექანიკურში, თერმულში, აკუსტიკურში, ჰიდრაულიკურში და პნევმატიკურში);

• ელექტროენერჯიამ შეიძლება შეასრულოს სიგნალის გადაცემის ფუნქცია, ინფორმაციის შენახვა და კომუნიკაცია დანადგარებს შორის;

• ელექტროენერჯიის შენახვა შესაძლებელია ბატარეაში, ისეთი საწარმოებისათვის, სადაც ელექტროენერჯიასთან დაკავშირება პრობლემურია.

შესაძლებელია ალტერნატიული წყაროების გამოყენებაც, როგორებიცაა საწვავი, ატომური ენერჯია, მზის ენერჯია, წყალი და ქარის ენერჯია [1].

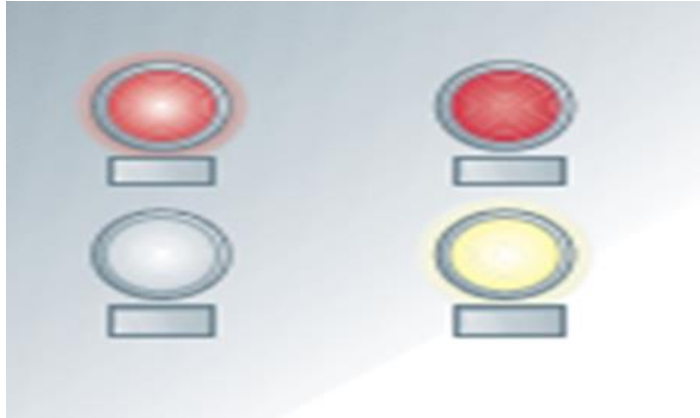
ავტომატიზაციის სისტემის მართვის ამოცანები იყოფა ოთხ კატეგორიად:

- ციფრული კონტროლი;
- ანალოგური კონტროლი;
- მონიტორინგი;
- მენეჯმენტის ინფორმაცია.

**ციფრული კონტროლის** არსი ემყარება ემყარება ფაქტს, რომ კონკრეტული ობიექტი შეიძლება იყოს ორ მდგომარეობაში: ჩართული ან გამორთული, ძრავა შეიძლება მუშაობდეს ან არ მუშაობდეს, სარკველი შეიძლება იყოს ღია ან დაკეტილი, ერთ ერთ მდგომარეობაში აუცილებლად უნდა იყოს. აქედან გამომდინარე ციფრული კონტროლერების დაჯგუფება ხდება კონტროლის მექანიზმის განსხვავებულობიდან გამომდინარე:

- დისტანციური მართვა – როდესაც ცალკეული ელემენტები კონტროლდება კონტროლის პანელიდან (ნახ. 1) და ეს დონე არ განიხილება ავტომატიზირებულად;

- ჯგუფური კონტროლი – როდესაც ობიექტების ჯგუფი ერთდროულად კონტროლდება;
- ფუნქციების კონტროლი – პროცესში პროდუქციის ხაზების გახსნა-დახურვა ან აგიტაციის კონტროლი;
- თანმიმდევრობის კონტროლი – როდესაც ფუნქციები ხორციელდება გარკვეული წესის დაცვით ერთმანეთის მიყოლებით. თანმიმდევრობის მაგალითებია: წინასწარ დაგეგმილი გაწმენდა სხვადასხვა საწმენდი საშუალებებით, თანმიმდევრობით და წინასწარ განსაზღვრული დროით, პროდუქტის მარშრუტების და შევსების დონის წინასწარი შეჩვენება [2].



ნახ.1. ჩამრთველ-გამომრთველი დილაკები

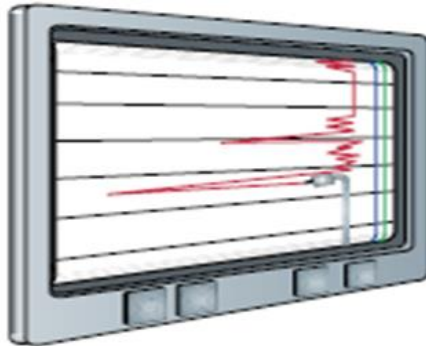
ანალოგური კონტროლის დროს ობიექტი კონტროლდება ანალოგური სიგნალებით საკონტროლო განყოფილებიდან. კონტროლის დამყარება ხდება კონტროლის განყოფილების (მუდმივად ცვლადი) უკუკავშირის სიგნალით. მაგალითად პასტერიზაციის პროცესის დროს ორთქლის ან ცხელი წყლით მომარაგების გასაკონტროლებლად. უკუკავშირის სიგნალი მართვის ერთეულზე მოდის გადამცემიდან, რომელიც გვაძლევს ინფორმაციის პასტერიზაციის ტემპერატურაზე (ნახ.2). ანალოგური კონტროლი რძის მრეწველობაში მარტივადაა წარმოდგენილი, ანალოგების რაოდენობა და საკონტროლო სქემები მცირეა.

ყველაზე მნიშვნელოვანი ანალოგურად გასაკონტროლებელი პროგრამებია:

- პასტერიზატორი;
- აწონვის სისტემები;
- სატუმბების სიმძლავრის კონტროლი;
- მშრალი ნივთიერების ან ცხიმის სტანდარტიზაცია.

კონტროლის სისტემა მოიცავს როგორც ანალოგურ ისე ციფრულ კონტროლს და ეს ორი სისტემა ერთმანეთს ავსებს. თუ პასტერიზატორში გათბობის გასაკონტროლებლად გამოიყენება ანალოგური საკონტროლო სისტემა, რომელიც კონტროლის პანელზე აჩვენებს პასტერიზატორში ტემპერატურას და მოხდა ტემპერატურის დაცემა ანალოგური სენსორის საშუალებით ხდება სიგნალის გადაცემა კომპიუტერისთვის, რომელიც დაამუშავებს და მონიტორზე გამოიტანს პასტერიზატორის ტემპერატურას. თუ ტემპერატურა ნორმაზე დაბალია, მაშინ ციფრული სიგნალით ხდება პასტერიზატორის ავტომატურად გათიშვა.





ნახ. 2 ანალოგური კონტროლის მაგალითი

მონიტორინგი ნიშნავს, რომ ხდება სხვადასხვა პროცესების ობიექტებისა და პროცესების ზედამხედველობა და რაიმე დარღვევის აღმოჩენის შემთხვევაში ჩაირთვება განგაშის ზარი. მონიტორინგის მთავარი პრინციპი ემყარება ობიექტებიდან აღებულ უკუკავშირებს. ეს სიგნალები იყოფა შემდეგნაირად:

- გარკვეული კრიტიკული ობიექტების მარტივი მონიტორინგი;
- დარღვევის პირობების მარტივი რეგისტრაცია;

• ბლოკირებები, რომლებიც გაუმართაობის შემთხვევაში ხელს უშლიან ფუნქციების დაწყებას ან გაგრძელებას. მაგალითად შეიძლება დაიბლოკოს დასუფთავების პროცედურების დაწყება თუ ავზიდან არ არის მიღებული დაბალი დონის სიგნალი და მხოლოდ ამ შემთხვევაში უნდა დაიწყოს მისი გაწმენდა;

ავტომატური რესტარტი ხორციელდება შეცდომის გამოსწორებისთანავე. მონიტორინგის მნიშვნელოვანი ნაწილია თვითდიაგნოსტიკა, რაც უწყვეტ შემოწმებას ნიშნავს (ნახ.3) [3].



ნახ. 3. მონიტორინგისთვის საჭირო სტატისტიკა

ამრიგად, პროგრამირებად ლოგიკურ კონტროლერებს, სჭირდებათ დაპროგრამება, რათა ზუსტად შეასრულონ მითითები და აამოქმედონ კონტროლის მექანიზმები. პროგრამა, რომელიც სისტემაშია, არის ის სამუშაო გეგმა, რომელიც გააჩნია პასტერიზებული რძის წარმოებას. მასში შეყვანილია წარმოებისთვის საჭირო ლოგიკა, რომელიც ლოგიკური მოქმედებებით ერთდროულად სხვადასხვა ციფრულ თუ ანა-

ლოგურ ინფორმაციას გზავნის კონტროლის განსახორციელებლად. პროგრამის ლოგო-გოგო როგორ უნდა შეიქმნას, პასტერიზებული რძის საწარმოს ავტომატიზაციის სისტემისთვის.

#### ლიტერატურა

1. Automation, Production Systems and Computer – Integrated Manufacturing Fourth Edition. Mikell P. Groover. ©2015 |Pearson. 811 p.  
[T Technology > TS Manufactures > TS155-194 Production management. Operations management > TS183.G76 Manufacturing processes. Automation. Production control. CAD/CAM systems. Computer integrated manufacturing systems. Robots. Industrial.](#)
2. Dairy Processing Handbook by Gösta Bylund –Tetra Pak. / Processing Systems ABS-221 86 Lund. 1995, pp. 167-170.
3. Production Planning, Modeling and Control of Food Industry Processes. Pablo Cano Marchal • Juan Gómez Ortega Javier Gámez García. Springer Nature Switzerland AG 2019, pp. 23-41.  
<https://www.springer.com/gp/authors-editors/journal-author/journal-author-help desk/publishing-ethics/14214>.  
<http://www.springer.com/series/1412>

#### SUMMARY

#### THE MAIN ELEMENTS OF AN AUTOMATED SYSTEM IN A DAIRY FACTORY

Menabde T.R. and Otkhзорia N.K.

Georgian Technical University

Programmable logic controllers, sensors and printers form a single programmable control system. However, there are components of the management system that make the control mechanisms more efficient. It is a continuous control system, discrete control system, computer processes and supervisory control.

**Keywords:** automation, logic controllers, digital control, analog control, monitoring.



ფიზიოლოგიურად ღირებულ სიმინდის ზეთის მისაღებად ჩანასახის  
ბაღამუშავების კომპლექსური ტექნოლოგიის განხილვა

აფაქიძე ა.რ., სირაძე მ.გ., ბერძენიშვილი ი.გ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ჩვენი ქვეყნის აგროსამრეწველო კომპლექსი აერთიანებს ზეთოვანი კულტურების მოშენების, ზეთების წარმოების და მცენარეული ზეთის სხვადასხვა სახის პროდუქციად გადამუშავების სექტორს. ზეთოვანი მცენარეული ნედლეულის კომპლექსურ გადამუშავებაზე მიმართული მეცნიერული კვლევები ზრდის მაღალი ხარისხის მქონე პროდუქტების ასორტიმენტს და წარმოების ეკონომიკურ ეფექტურობას.

სიმინდი წარმოადგენს პერსპექტიულ მრავალფუნქციურ ფიზიოლოგიურად ღირებულ მარცვლოვან კულტურას, რომელიც საწყისი ნედლეულია მრავალი საკვები და ტექნიკური პროდუქტის მისაღებად.

სიმინდის მარცვლიდან ჩანასახის გამოყოფა წარმოადგენს ერთ-ერთ ყველაზე მნიშვნელოვან ტექნოლოგიურ ოპერაციას, იმდენად რამდენადაც მისი ეფექტურობა მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს მიღებული პროდუქციის მთელი ასორტიმენტის ხარისხის მაჩვენებლებზე [1].

ფიზიოლოგიურად ღირებული სიმინდის ზეთისა და საკვები შროტის მისაღებად ჩანასახის მომზადების რეჟიმების გავლენის დეტალური შესწავლის მიზნით მოცემულ სამუშაოში დაზუსტდა ჩანასახის თერმო-დამატენიანებელი დამუშავების ტექნოლოგიური პარამეტრები: მასალის ტენიანობა, პროცესის ტემპერატურა და ხანგრძლივობა. ექსტრაჰირება განხორციელდა ჰექსანითა და ეთანოლით ლაბორატორიულ პირობებში და ამ ორი გამსხნელისათვის გადაწყდა ჩანასახის თერმო-დამატენიანებელი დამუშავების რეჟიმები:

– ჰექსანით ექსტრაჰირებისთვის: მასალის ტენიანობა 10%; ტემპერატურა 90 °C; პროცესის ხანგრძლივობა 60 წუთი;

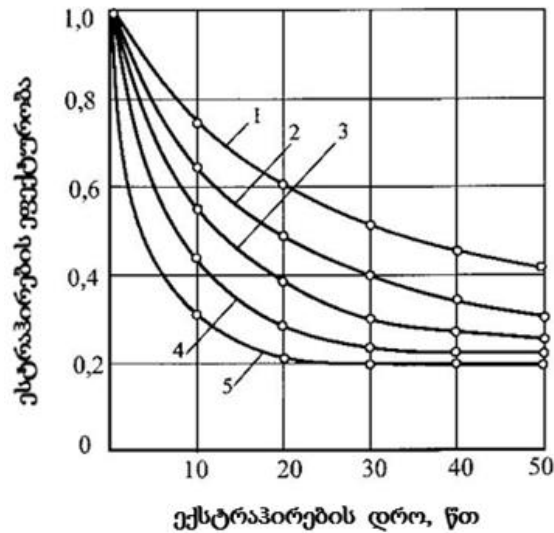
– ეთანოლით ექსტრაჰირებისთვის: მასალის ტენიანობა 8%; ტემპერატურა 60 °C; პროცესის ხანგრძლივობა 40 წუთი.

ცხრილ 1-ში წარმოდგენილი მონაცემების საფუძველზე ეთანოლის გამოყენება უზრუნველყოფს უფრო მაღალი კვებითი ღირებულების ზეთის ნაკლებ გამოსავლიანობას, რაც აიხსნება თერმო-დამატენიანებელი დამუშავების რბილი რეჟიმებით.

**ცხრილი 1. თერმო-დამატენიანებელი დამუშავების რეჟიმების გავლენა ზეთის გამოსავლიანობაზე და ხარისხის მაჩვენებლებზე**

მაჩვენებლების დასახელება	მაჩვენებლების მნიშვნელობა			
	თერმო-დამატენიანებელი დამუშავების გარეშე (საკონტროლო)		თერმო-დამატენიანებელი დამუშავებით	
	ჰექსანი	ეთანოლი	ჰექსანი	ეთანოლი
ზეთის გამოსავლიანობა 2 სთ				
ექსტრაჰირებისას, %	65,7	60,1	87,9	70,0
მჟავური რიცხვი, მგ KOH/გ მასური წილი, %:				
– ფოსფოლიპიდები	0,60	0,90	0,54	0,95
– ფოსფატიდილქოლინები	0,32	0,66	0,26	0,67
მასური წილი, მგ/100გ:				
– ტოკოფეროლები	20,8	22,7	17,8	22,9
– კაროტინოიდები	0,30	0,23	0,28	0,22
დაჟანგვის რიცხვი	5,5	5,8	10,0	7,9

ექსტრაქციის ეფექტურობაზე მოქმედი ძირითადი ფაქტორების [2] გათვალისწინებით მოცემულ სამუშაოში პროცესის ეფექტურობაზე ტემპერატურის გავლენის დასადგენად ექსტრაქცია განხორციელდა ეთანოლით 30 – 70 °C ტემპერატურის დიაპაზონში, ექსტრაქტი:საექსტრაქციო მასალა 5:1 თანაფარდობისას (ნახაზი). ნახაზის მიხედვით ტემპერატურის მატება საგრძნობლად აძლიერებს ექსტრაქციის პროცესს. ექსტრაქციის წონასწორობა იწყება 35 წუთში 60 °C ტემპერატურაზე, ხოლო 25 წუთში – 70 °C ტემპერატურაზე.



სიმინდის ჩანასახის ექსტრაქციის მრუდები ექსტრაქტი: საექსტრაქციო მასალა 5:1 თანაფარდობისას: 1 – 30°C; 2 – 40°C; 3 – 50°C; 4 – 60°C; 5 – 70°C ტემპერატურაზე

ექსტრაქციის ტემპერატურის გავლენის შედეგები სიმინდის ზეთისა და შროტის ხარისხის მაჩვენებლებზე წარმოდგენილია ცხრილ 2-ში.

ცხრილი 2. ექსტრაქციის ტემპერატურის გავლენა სიმინდის ზეთისა და შროტის გამოსავლიანობაზე და ხარისხის მაჩვენებლებზე

მაჩვენებლების დასახელება	მაჩვენებლების მნიშვნელობა				
	30 °C	40 °C	50 °C	60 °C	70 °C
სიმინდის ზეთი					
ტოტოქსის რიცხვი	5,3	7,2	8,1	9,6	12,9
მასური წილი: %					
– ფოსფორიპიდები	0,85	0,89	0,92	0,97	1,10
– ფოსფატიდილქოლინები (ფოსფორიპიდების ჯამზე)	76	74	72	70	61
მელანოეიდინური კავშირები	0,88	1,12	1,45	2,20	3,54
ტოკოფეროლები, მგ/100გ	0,20	0,22	0,23	0,23	0,24
კაროტინოიდები, მგ/100გ	0,18	0,20	0,22	0,25	0,27
ზეთის გამოსავლიანობა, % (მასალის საწყის შემცველობაზე)	60	70	75	78	80
სიმინდის ჩანასახის შროტი					
ცილის მასური წილი, %	24,4	25,6	26,1	26,5	26,8
ცილის ფრაქციული შედგენილობა, %					
– წყალში ხსნადი	33,2	29,6	28,7	25,3	15,5
– მარილში ხსნადი	8,1	8,0	7,8	7,2	6,2
– ტუტეში ხსნადი	40,2	43,3	43,9	46,1	49,2
– უხსნადი	18,6	19,1	19,6	20,8	29,1

მიღებული მონაცემებით ექსტრაქციის ტემპერატურის მატება იწვევს ზეთის გამოსავლიანობის ზრდას და მასში ფოსფოლიპიდების, ტოკოფეროლებისა და კაროტინოიდების შემცველობის მატებას. ამასთან ერთად იზრდება ზეთის დაჟანგვის ხარისხიც.

მითითებული უარყოფითი ცვლილებები ძლიერდება, ექსტრაქციის ტემპერატურის მომატებით 60 °C-ზე ზემოთ. 60 °C -ზე ზემოთ ტემპერატურის მატება ასევე უარყოფითად მოქმედებს შროტის ხარისხზეც, რაც გამოხატულია წყალში და მარილში ხსნადი ცილების შემცველობის შემცირებით ტუტეში ხსნადი და უხსნადი ფრაქციების შემცველობის ზრდის საფუძველზე.

ამრიგად, მიღებული მონაცემები განსაზღვრავენ სიმინდის ჩანასახების ეთანოლით ექსტრაქციის განხორციელების მიზანშეწონილობას 60°C ტემპერატურაზე.

#### ლიტერატურა

1. Шаззо Ад.А., Бутина Е.А., Герасименко Е.О. Существующие и перспективные направления комплексной переработки зерна кукурузы. // Новые технологии. Вып.2– Майкоп: изд-во ГОУ ВПО «МГТУ», 2011, сс. 54-58.
2. Both S., Strube J, Cravatto G. Mass transfer enhancement for solid–liquid extractions“. [In: Chemat F, Strube J (eds.)] Green extraction of natural products: theory and practice. Weinheim, Wiley. 2015, pp. 101-142.

#### SUMMARY

#### TO GET PHYSIOLOGICALLY VALUABLE CORN OIL DISCUSSION OF COMPLEX EMBRYO PROCESSING TECHNOLOGY

**Aphakidze A.R., Siradze M.G. and Berdzenishvili I.G.**

**Georgian Technical University**

The work specifies the technological parameters of heat treatment embryo processing for obtaining corn oil. It has been established that an increase in extraction temperature leads to an increase in the content of phospholipids, tocopherols and carotenoids in the oil. The oil content also increases. The optimum temperature for corn germ extraction is 60 ° C. The use of ethanol is recommended for extraction.

**Keywords:** Corn grains, germ, oil, technological parameters, extraction, solvent, ethanol, hexane, temperature, process efficiency.

საქართველოს ენერგოსექტორში არსებული ელექტრომოწყობილობების დიელექტრიკულ ზეთებში პოლიქლორირებული ბიფენილების შემცველობის დადგენა

თანდილაშვილი გ.ლ., ლეგაშვილი ი.თ., გელიაშვილი ზ.ე., ახობაძე ს.რ.

კავკასიის რეგიონული გარემოსდაცვითი ცენტრი  
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

პოლიქლორირებული ბიფენილები (PCBs)  $C_{12}H_{10-n}Cl_n$  ორგანულ ნაერთთა ის ჯგუფია, რომელიც მოიცავს ბიფენილის  $n=1-10$  ქლორის ატომების შემცველ წარმოებულს და მიეკუთვნება მდგრადი ორგანული დამაბინძურებლების (POPs) ჯგუფს, რომელთა მონიტორინგი ჰაერში, წყალსა და ნიადაგში სავალდებულოა განვითარებულ ინდუსტრიულ ქვეყნებში მათი მაღალი გარემოსდაცვითი და საზოგადოებრივი ჯანმრთელობის საფრთხის გამო [1,2].

დღესდღეობით ენერგოკომპანიები და მათი მომსახურების განყოფილებები, რომლებიც მუშაობენ PCBs-ის შემცველ სატრანსფორმატორო დიელექტრიკულ ზეთებზე ფართოდ კონტროლდება.

PCBs-ის წარმოება თითქმის მთლიანად შეწყდა მთელ მსოფლიოში, ხოლო საქართველოში PCBs არასოდეს წარმოებულა. ქვეყნის ენერგეტიკის სექტორში არის ობიექტები, რომელიც ახორციელებს PCBs-ის შემცველ დიელექტრიკულ ზეთის რეგენერაციას და ტრანსფორმატორების შეკეთება/ტექნიკურ მომსახურებას. აღნიშნული ქმედებები ხორციელდება ზეთში PCBs-ის შემცველობის შემოწმების გარეშე, რაც შესაბამისად ზრდის მოწყობილობების არაგანზრახ ან ჯვარედინი დაბინძურების რისკს.

2001 წელს ევროპის ქვეყნების უმრავლესობამ ხელი მოაწერა სტოკჰოლმის კონვენციას მდგრადი ორგანული დამაბინძურებლების შესახებ, ამ ნივთიერებების სწრაფი და ეკოლოგიურად უსაფრთხო განადგურების მიზნით. ამ კონვენციის მონაწილეებმა აიღეს ვალდებულება 2028 წლისთვის თავიანთ ქვეყნებში არსებული PCBs-ის სრულ განეიტრალებაზე [3].

სტოკჰოლმის კონვენცია „მდგრადი ორგანული დამბინძურებლების შესახებ“ რატიფიცირებულია საქართველოს პარლამენტის 2006 წლის 11 აპრილის №2840 დადგენილებით [4].

სტოკჰოლმის კონვენცია არის მრავალმხრივი გარემოსდაცვითი ხელშეკრულება (MEA) და გლობალური სამართლებრივად სავალდებულო დოკუმენტი. მისი მიზანია დაიცვას ადამიანის ჯანმრთელობა, ბიომრავალფეროვნება და ბუნებრივი საცხოვრებელი გარემო ისეთი სახიფათო ქიმიკატების საფრთხისგან, როგორცაა მდგრადი ორგანული დამაბინძურებლები (POPs). კონვენცია არეგულირებს ადამიანის საქმიანობის შედეგად წარმოქმნილი მდგრადი ორგანული დამაბინძურებლების (POPs) წარმოების და გამოყენების აკრძალვას, შემცირებას და საბოლოოდ აღმოფხვრას, ასევე სათანადო ზომების მიღებას, რათა უწყვეტად გაგრძელდეს (POPs) უნებლიედ წარმოების შეზღუდვა სამრეწველო ან საყოფაცხოვრებო საქმიანობის, ან ნარჩენების გადამუშავების შედეგად [3].

წარმოდგენილი სამუშაოს მიზანია საქართველოს ზოგიერთი რეგიონის ენერგოსექტორში არსებულ ელექტრომოწყობილობებში (ტრანსფორმატორები, კონდენსატორები, წრედის ამომრთველები) გამოყენებულ დიელექტრიკულ ზეთებში პოლიქლორირებული ბიფენილების შემცველობის რაოდენობების დადგენა და ინვენტარიზაციის შედეგებზე დაყრდნობით ქვეყანაში PCBs-ით მოსალოდნელი დაბინძურების შეფასება.

ანალიზური კვლევები განხორციელდა კავკასიის რეგიონული გარემოსდაცვითი ცენტრისა და საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის მიერ, საქართველოს გარემოს დაცვისა და სოფლის მეურნეობის სამინისტროს გაეროს ინდუსტრიული განვითარების ორგანიზაციასთან (UNIDO) ერთად, გლობალური გარემოსდაცვითი

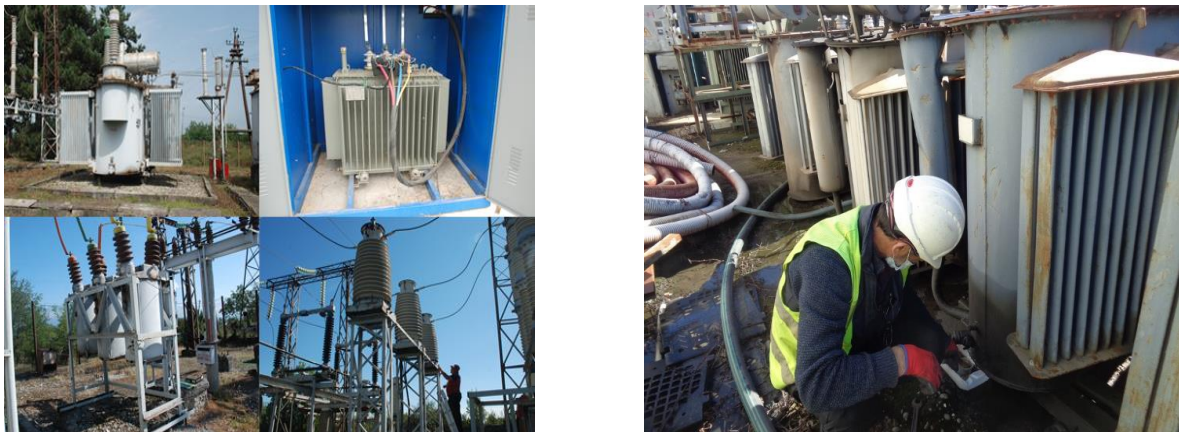
ფონდის (GEF) მიერ დაფინანსებული პროექტის „პოლიქლორირებული ბიფენილები-საგანი (PCBs) თავისუფალი ელექტრომომარაგება საქართველოში“ ფარგლებში ქლორ-სპეციფიკური ანალიზატორის (L2000 DX) გამოყენებით (სკრინინგის ხარისხობრივი/რაოდენობრივი-EPA SW-846 მეთოდი 9079).

საქართველოს ზოგიერთი რეგიონის ენერგოსექტორის ელექტრომოწყობილობებში გამოყენებულ დიელექტრიკულ ზეთებს ჩაუტარდა PCBs-ის შემცველობაზე პირველადი სკრინინგი.

ჩატარებულმა კვლევამ აჩვენა რომ ინვენტარიზებული ზეთების 20%-ზე მეტი შეიცავს პოლიქლორირებულ ბიფენილებს ზღვრულად დასაშვებ ნორმაზე (50 ppm) მეტი რაოდენობით.

შეიძლება ითქვას, რომ ელექტრომოწყობილობების ზეთების მართვის არსებულ პრაქტიკაზე დაყრდნობით საჭიროა მთელი ქვეყნის მასშტაბით დაბინძურებული ზეთის მოცულობის შეფასება, ყველა დანადგარიდან ნიმუშების აღება და ქვეყნის ფარგლებში დაბინძურების დონის დადგენა. ასევე, საჭიროა განხორციელდეს პოლიქლორირებული ბიფენილების შემცველი ზეთების და მოწყობილობების გარემოსთვის უსაფრთხო მართვა და მათი ხმარებიდან ეტაპობრივი ამოღების მონიტორინგი.

აღმოსაგლეთ საქართველოს ზოგიერთ რეგიონში ინვენტარიზაციის პროცესში შეგროვდა 3000 ერთეული ელექტრომოწყობილობის დიელექტრიკული ზეთის სინჯი (სურ. 1. ა, ბ).



სურათი 1. ენერგოსექტორის ელექტრომოწყობილობები (ა); დიელექტრიკული ზეთის სინჯის აღების პროცესი (ბ)

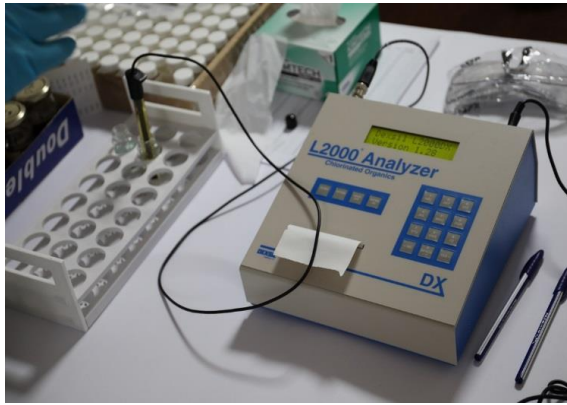
ნიმუშები აღებულ იქნა სტანდარტული IEC 60475 „თხევადი დიელექტრიკების სინჯის აღების მეთოდის“ შესაბამისად [5].

რეგიონის ენერგოსექტორში შეგროვებული ზეთის ნიმუშები შემოწმდა 22–25°C ტემპერატურაზე (L2000DX) ანალიზატორის გამოყენებით (სურ. 2. ა, ბ) თანდართული ინსტრუქციის შესაბამისად [6].

3000 ერთეული ელექტრომოწყობილობის დიელექტრიკული ზეთის სინჯის სკრინინგის შედეგად 1319 სინჯში PCBs-ის კონცენტრაცია აღემატება 50 ppm-ს (44%), ხოლო 1681 სინჯში PCBs-ის კონცენტრაციამ შეადგინა 50 ppm-ზე ნაკლები (56%), რაც დასაშვებია სტოკჰოლმის კონვენციით დიელექტრიკული ზეთის უსაფრთხოდ გამოყენებისთვის.

სახელმძღვანელო დოკუმენტის [7] მოთხოვნის შესაბამისად PCBs-ის 50 ppm-ზე მეტი შემცველობის ნიმუშები საჭიროებს გადამოწმებას გაზური ქრომატოგრაფიის მეთოდით.

გაზური ქრომატოგრაფიის შედეგად PCBs-ის 50 ppm-ზე მეტი შემცველობა გამოვლინდა 1319-დან 233 სინჯში, რაც შეადგენს შემოწმებული ელექტრომოწყობილობის საერთო რაოდენობიდან 7,77% -ს.



ა



ბ

სურათი 2. ქლორ-სპეციფიკური ანალიზატორი (L2000DX) (ა); დიელექტრიკული ზეთის ნიმუშები (ბ)

ანალიზატორის (L2000DX) და გაზური ქრომატოგრაფიის მეთოდით განსაზღვრული PCBs-ის შემცველობა წარმოდგენილია ცხრ. 1-ში.

ცხრილი 1. PCBs-ის ანალიზის შედეგები

PCBs-ს შემცველობა, ppm	სინჯების რაოდენობა	
	ანალიზატორი (L2000DX)	გაზური ქრომატოგრაფია
50–100	530	131
100–500	480	92
500–1000	131	8
1000–2000	91	1
>2000	87	1
სულ	1319	233

ანალიზატორის (L2000DX) მწარმოებელი კომპანიის განმარტებით ცრუდადებით შედეგებს განაპირობებს შემდეგი ფაქტორები: ტრანსფორმატორების გასასუფთავებლად ქლორირებული გამსხნელების მრავალჯერადი გამოყენება; დიელექტრიკულ ზეთში გოგირდისა და ნახშირის ნაწილაკების შემცველობა.

სამუშაოს მიზნიდან გამომდინარე ექსტრაპოლაციის მეთოდით განისაზღვრა ქვეყნის ენერგოსექტორში არსებული ელექტრომოწყობილობების დიელექტრიკულ ზეთებში PCBs-ის საყარაუდო შემცველობა.

სტატისტიკური მონაცემების შესაბამისად, იმის გათვალისწინებით, რომ ქვეყნის ენერგოსექტორში ექსპლუატაციაში არსებული 17302 ერთეული ტრანსფორმატორიდან დეტალური ინვენტარიზაცია ჩატარდა 3000 ერთეულ ტრანსფორმატორს, მოცემული ინვენტარიზაციის შედეგები გამოყენებულია PCBs-ის რაოდენობების დასადგენად დანარჩენი 14302 ერთეული ტრანსფორმატორისათვის.

PCBs-ის (50ppm მეტი) შემცველი 14302 ერთეული ტრანსფორმატორის რაოდენობის, წონის (მთლიანი მოწყობილობა და ზეთი) განსაზღვრისთვის გამოიყენება ექსტრაპოლაციის მეთოდი.

ექსტრაპოლაციის შესაბამისად ინვენტარიზებული PCBs-ის შემცველი (50ppm მეტი) ტრანსფორმატორების რაოდენობისა და წონის (მთლიანი მოწყობილობის და ზეთი) გამრავლებით კოეფიციენტზე 5,77 (რომელიც მიიღება ტრანსფორმატორების საერთო რაოდენობის 17302 შეფარდებით ინვენტარიზებული ტრანსფორმატორების რაოდენობაზე 3000) მიღებულია PCBs -ის შემცველი ტრანსფორმატორების საერთო საყარაუდო რაოდენობა 1344 ცალი ( $233 \times 5,77=1344$ ); მთლიანი მოწყობილობის წონა – 123649 ტონა ( $21439 \times 5,77=123649$ ), დიელექტრიკული ზეთის წონა 35557 ტონა ( $6165 \times 5,77=355,57$ ).



დაბინძურების ზღვრების მიხედვით PCBs-ის შემცველი ტრანსფორმატორების რაოდენობისა და წონის (მთლიანი მოწყობილობის და ზეთი) იდენტიფიცირებული და სავარაუდო მონაცემები მოცემულია ცხრ. 2-ში.

**ცხრილი 2. PCBs -ის შემცველი ტრანსფორმატორების რაოდენობა და წონა დაბინძურების ზღვრების მიხედვით**

დაბინძურების ზღვრები (ppm)	გაზური ქრომატოგრაფიით იდენტიფიცირებული			ექსტრაქციის მეთოდით დადგენილი		
	რაოდენობა	მოწყობილობა (კგ)	ზეთი (კგ)	რაოდენობა	მოწყობილობა (კგ)	ზეთი (კგ)
50–100	131	119486	34310	755	689116	197877
100–500	92	85799	24702	531	494831	142465
500–1,000	8	7329	2129	46	42269	12279
1,000–2,000	1	891	256	6	5139	1476
>2,000	1	891	256	6	5139	1476
სულ:	233	214396	61653	1344	1236493	355573

ანალიზის შეფასებიდან გამომდინარე შეგვიძლია დავასკვნათ, რომ ინვენტარიზებული 3000 ერთეული ელექტრომოწყობილობიდან გაზური ქრომატოგრაფიის გამოყენებით PCBs-ით დაბინძურებული 233 ერთეული ელექტრომოწყობილობა გამოვლინდა (საერთო წონა 214396 კგ, ზეთის წონა 61653 კგ), ხოლო ექსტრაქციის მეთოდის გამოყენებით ქვეყანაში PCBs-ით სავარაუდოდ დაბინძურებულია 1344 ერთეული ელექტრომოწყობილობა (საერთო წონა 1236493 კგ, ზეთის წონა 355573 კგ).

**ლიტერატურა**

1. Т. И. Горбунова, М. Г. Первова, О. Н. Забелина, В. И. Салоутин, О. Н. Чупахин. Полихлорбифенилы. Проблемы экологии, анализа и химической утилизации. - Екатеринбург, УрО РАН, 2011, 397 с.
2. Ю.П. Гумовская, А.В. Полевщиков, В.Ю. Цыганков, Боярова М.Д. Стойкие органические загрязняющие вещества (СОЗ) в организме человека. 2020. ISBN 978-5-7444-4891-2. doi:10.24866/7444-4891-2/283-316.
3. სტოკჰოლმის კონვენცია <https://matsne.gov.ge/ka/document/view/1245079?publication=0>
4. სტოკჰოლმის კონვენციის რატიფიცირება <https://matsne.gov.ge/ka/document/view/43702?publication=0>
5. საგამოცდო ლაბორატორიის აკრედიტაციის სფერო. შპს „ტრანზიბერ-სერვისი“ [https://gac.gov.ge/upload/accredited\\_bodies/files/467c716d1ac3172d894ec24cf1e5319.pdf](https://gac.gov.ge/upload/accredited_bodies/files/467c716d1ac3172d894ec24cf1e5319.pdf);
6. L2000 DX Analyzer - <https://www.dexsil.com/writable/documents/product-manuals/L2000DXManual-V1.28.RV0.pdf>
7. Polychlorinated Biphenyls (PCBs) Inventory Guidance. PCB Elimination Network (PEN) February 2016- <https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/31250/PCBIG.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

**SUMMARY**

**DETERMINATION OF POLYCHLORINATED BIPHENYLS IN DIELECTRIC OILS OF APPLIANCES IN THE ENERGY SECTOR OF GEORGIA**

**Tandilashvili G.L., Legashvili I.T., Geliashvili Z.E. and Akhobadze S.R.**  
**The Regional Environmental Centre for the Caucasus (RECC)**  
**Georgian Technical University**

Dielectric oils used in electrical equipment of the energy sector of some regions of Georgia were inventoried for primary screening on PCBs content. The amount of contamination was determined and the total expected number of PCBs in the country was determined based on the results of the inventory. Research has identified that more than 20% of inventoried oils contain polychlorinated biphenyls (PCBs) in excess of the maximum permissible level (50 ppm).

**Keywords:** polychlorinated biphenyls (PCBs), electric transformers, dielectric oils, POPs, chlorine-specific analyzer, Stockholm Convention.



ვანადიუმ (V)-ის კომპლექსწარმოქმნის შესწავლა შერეულ ლიგანდიან სისტემაში მისამე კომპონენტის თანაობისას

წიგნაძე-ფანჩვიძე ც.შ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

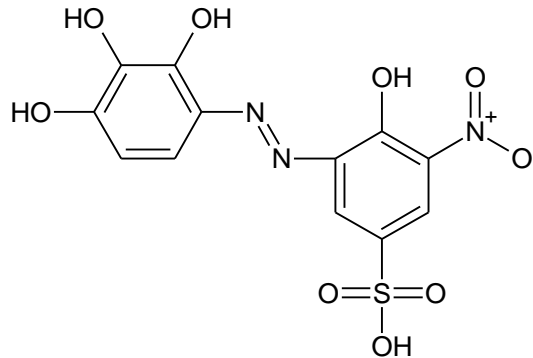
უკანასკნელ ათწლეულში გამოქვეყნებულ მრავალ სამეცნიერო ნაშრომში აღწერილია ვანადიუმ (V)-ის ფოტომეტრული განსაზღვრის მეთოდი სხვადასხვა (ორგანული ლიგანდიანი) კომპლექსნაერთების სახით [1-3].

ყველაზე ფართოდ გამოყენებული და პერსპექტიული კლასი ვანადიუმ (V)-ის ფოტომეტრული განსაზღვრისთვის აღმოჩნდა აზონაერთები, როგორც ბინარული ასევე სხვადასხვა ლიგანდიანი კომპლექსური ნაერთების გამოყენებით.

ლიტერატურის მონაცემების ანალიზი აჩვენებს, რომ ვანადიუმის ფოტომეტრული განსაზღვრისათვის გამოყენებული ორგანული რეაგენტების უმეტესობა არ იძლეოდა მაღალი ანალიტიკური მახასიათებლების შედეგებს.

ეს ნაშრომი ეძღვნება შერეულლიგანდიანი კომპლექსური ნაერთის სპექტროფოტომეტრულ შესწავლას, რომელიც წარმოიქმნება ვანადიუმ (V)-ის და 4-(2', 3', 4'-ტრიჰიდროქსიფენილ)-2-ნიტრო-1-სულფოაზობენზოლთან პაპავერინის (Pap), დიბაზოლის (Dib), უროტროპინის (Ur) და ასევე მეორე შემთხვევაში ცეტილპირიდინქლორიდის (CPCI), ცეტილპირიდინბრომიდის (CPBr) და ცეტილტრიმეთილამონიუმბრომიდის (CTMABr) თანაობისას; შერეულლიგანდიანი კომპლექსების წარმოქმნის პირობების ოპტიმიზაციას; შერეულლიგანდიანი კომპლექსნაერთების სახით ბუნებრივ ობიექტებში ვანადიუმ (V)-ის განსაზღვრის ძალიან მგრძობიარე და შერჩევითი ფოტომეტრული მეთოდის შემუშავებას.

რეაგენტი 4-(2', 3', 4'-ტრიჰიდროქსიფენილ)-2-ნიტრო-1-სულფოაზობენზოლი სინთეზირებული იყო ცნობილი მეთოდებით:



სინთეზირებული ნაერთების შემადგენლობა და სტრუქტურა დადგინდა ელემენტარული ანალიზით, IR და PMR სპექტროსკოპიით.

დადგინდა იქნა, რომ თუ ბინარულ კომპლექსებში  $pH_{opt}=5$ , მაშინ როცა შერეულლიგანდიან კომპლექსებში  $pH_{opt}$  გადანაცვლებულია მუავე გარემოში  $pH_{opt}=4$ . ბინარულ კომპლექსებში ოპტიმალური ტალღის სიგრძეა  $\lambda_{max}=438nm$ , ხოლო შერეულლიგანდიან კომპლექსებში შეინიშნება ბატაკრომული გადანაცვლება V(V)-R-Pap-ისთვის 448nm, V(V)-R-Dib-ისთვის 450nm, ხოლო V(V)-R-Ur-ისთვის 446nm ტალღის სიგრძეზე.

შესწავლილი იქნა მესამე კომპონენტის და რეაგენტის კონცენტრაციის გავლენა კომპლექსწარმოქმნაზე. V-R კომპლექსების მაქსიმალური გამოსავლიანობა ოპტიმალურ pH-ზე არის  $8 \cdot 10^{-5}$  MR; V-R-Pap-ის  $8 \cdot 10^{-5}$  MR, 4- $10^{-5}$  Mpap; V-R-Dib-ის  $8 \cdot 10^{-5}$  MR, 4.2- $10^{-5}$  Mdib; და V-R-Ur -ის  $8 \cdot 10^{-5}$  MR, 4- $10^{-5}$  Ur.

ანალიზის სხვადასხვა ფიზიკურ-ქიმიური მეთოდით: იზომოლარული სერიის, სტარიკ-ბარბანელის, წონასწორული გადანაცვლების მეთოდებით, დადგენილია მორეაგირე კომპონენტების თანაფარდობა, და შესაბამისად ტოლია 1:2 და 1:2:2.

გამოთვლილ იქნა ბინარული და შერეულლიგანდიანი კომპლექსების მოლური შთანთქმის კოეფიციენტები, შესაბამისად ტოლია  $\epsilon_{V-R-Pap}=4.1 \cdot 10^4$ ,  $\epsilon_{V-R-Dib} = 4 \cdot 10^4$ , ხოლო  $\epsilon_{V-R-Ur}=4.2 \cdot 10^4$ -ის.

აგებულ იქნა მაგრადუირებელი გრაფიკი და განისაზღვრა ბერის კანონის დაქვემდებარების ინტერვალი, მიღებული იქნა შემდეგი შედეგები: V-R 0,102–1,63 მკგ/მლ, V-R-Pap 0,04–0,57 მკგ/მლ, V-R-Dib 0,02–0,384 მკგ/მლ, V-R-Ur 0,02–0,57 მკგ/მლ (ცხრ. 1).

ცხრილი 1. ვანადიუმ (V)-ის კომპლექსების სპექტროფოტომეტრული მახასიათებლები

კომპლექსები	pH <sub>ოპტ</sub>	კომპონენტების თანაფარდობა	$\epsilon$	ბერის კანონის დაქვემდებარების ინტერვალი, მკგ/მლ	კომპონენტების თანაფარდობა
V(V)-R	5	438	1:2		0,102–1,63
V(V)-R-Pap	4	448	1:2:2	$4,1 \cdot 10^4$	0,04–0,57
V(V)-R-Dib	4	450	1:2:2	$4 \cdot 10^4$	0,02–0,384
V-R-Ur	4	446	1:2:2	$4,2 \cdot 10^4$	0,02–0,57

დადგენილია უცხო იონების და შემნიღბავი ნივთიერებების გავლენა V(V)-ის კომპლექსწარმოქმნაზე. შემუშავებული მეთოდიკა შეიძლება გამოყენებულ იქნას ვანადიუმ (V)-ის განსასაზღვრავად რთულ ობიექტებში.

შესწავლილ იქნა ვანადიუმ (V)-ის კომპლექსწარმოქმნის რეაქცია 4-(2', 3',4'-ტრიოქსიფენილ)-2-ნიტრო-1-სულფოაზობენზოლთან) მესამე კომპონენტების თანაობისას და არარსებობისას [4-6].

გარემოს მუავიანობაზე კომპლექსწარმოქმნის დამოკიდებულების შესწავლით დადგენილ იქნა, რომ V-R კომპლექსის მაქსიმალური გამოსავლიანობა დაიკვირვება pH<sub>ოპტ</sub>=5,  $\lambda_{max}=429$  ნმ, რეაგენტი შთანთქმება pH<sub>ოპტ</sub> $\lambda_{max} = 383$  ნმ-ზე. მესამე კომპონენტის თანაობისას კომპლექსწარმოქმნის ოპტიმალური პირობები წანაცვლებილია მუავა გარემოში (pH = 5, V-R-CPCI და V-R-CPBr, ხოლო pH = 4, V-R-CTMABr), ბინარულ კომპლექსებთან შედარებით ოპტიმალური შუქშთანთქმა ბატაქრომული ეფექტით დაიკვირვება 434 ნმ (CPCI), 435 ნმ (CPBr) და 438 ნმ (CTMABr).

ოპტიმალურ პირობებში შესწავლილია ბინარულ და შერეულლიგანდიან კომპლექსნაერთების წარმოქმნაზე ტემპერატურის და დროის გავლენა. დადგენილია, რომ ბინარული კომპლექსი ხანგრძლივი დროის განმავლობაში სტაბილურია და მდგრადია 70 °C-ზე, ხოლო სხვადასხვალიგანდიანი კომპლექსი კი 90 °C-ზე.

ბინარულ და სხვადასხვალიგანდიან კომპლექსნაერთებში დადგენილია რეაგენტის და მესამე კომპონენტის ოპტიმალური კონცენტრაციები და ბერის კანონზე დაქვემდებარების კონცენტრაციის ინტერვალები – 0,05–2,04 მკგ/მლ(V-R), 0,10–1,63 მკგ/მლ (V-R-ზედაპირულად აქტიურ ნივთიერებასთან). კომპლექსის შთანთქმის მოლური კოეფიციენტი გამოთვლილია მაგრადუირებელი გრაფიკის საშუალებით და შესაბამისად ტოლია  $\epsilon_{V-R}=1300$ ,  $\epsilon_{V-R-CPCI}=14800$ ,  $\epsilon_{V-R-CPBr} = 15600$ ,  $\epsilon_{V-R-CTMABr}=18900$ . კომპლექსნაერთში მორეაგირე კომპონენტების თანაფარდობა დადგენილია სტარიკ-ბარბანელის ფარდობითი გამოსავლიანობის, წონასწორობის გადანაცვლების და იზომოლარული სერიის მეთოდებით. ყველა აღნიშნული მეთოდის შედეგად თანაფარდობა კომპონენტებს შორის V-R ტოლია 1:2, ხოლო შერეულლიგანდიან კომპლექსებში V-R-ზან შესაბამისად, 1:2:2. (ცხრ. 2).

## ცხრილი 2. ვანადიუმ (V)-ის კომპლექსების სპექტროფოტომეტრული მახასიათებლები

კომპლექსები	pH <sub>ობტ</sub>	λ <sub>მაქს,ნმ</sub>	კომპონენტების თანაფარდობა	ε	ბერის კანონის დაქვემდებარების ინტერვალი მკგ/მლ
V-R	5	429	1:2	1300	0,05–2,04
V-R-CPCI	5	434	1:2:2	14800	0,10–1,63
V-R-CPBr	5	435	1:2:2	15600	0,10–1,63
V-R-CTMABr	4	438	1:2:2	18900	0,10–1,63

ვანადიუმ (V)-ის განსაზღვრაზე გარე და შემნიღბავი იონების გავლენის შესწავლით დადგინდა, რომ კომპლექსწარმოქმნის რეაქცია ხასიათდება მაღალი შერჩევითობით. შემუშავებული მეთოდიკა გამოყენებულ იქნა ვანადიუმ(V)-ის განსასაზღვრავად ბუნებრივ ობიექტებში (წყალი, ნიადაგი).

დადგინდა, რომ მესამე კომპონენტის არსებობა მნიშვნელოვნად ზრდის რეაგენტის მგრძობელობას და სელექტიურობას, რაც ხელს უწყობს რეაქციის შერჩევითობას.

**ლიტერატურა**

1. Алиева Р.А., Назарова Р.З., Чырагов Ф.М. Фотометрическое определения ванадия(V) с 2,3,4-тригидрокси-4-фторбензолем в присутствии и в отсутствие Тритона X-114. /Всерос. Международный форум Аналитика и орнаментики. Воронеж. 2008, т.2, с. 382.
2. Алиева Р.А., Назарова Р.З., Чырагов Ф.М. Фотометрическое определения ванадия(V) в нефтяных шламах. //Азербайджанский химический журнал, 2009, №1, сс.134-137.
3. Цинцадзе М.Г., Цигнадзе-Панчвидзе Ц., Марданова В.И., Чырагов Ф.М. Изучение комплексообразования V(V) с бис-2,3,4-тригидроксифенилазо-бензидином в присутствии третьего компонента. / XIVмежд. науч.-практ. конф. “Актуальные Проблемы Химии” БГУ 2021, сс.226-228.
4. Melwanki Mahaveer B., Seetharappa Jaldappa. Masti Sarasvati P. Anal. Sci., 2001, 17(8), pp.979-982.
5. Алиева Р.А., Аббасзаде Г.Г., Чырагов Ф.М. Изд. Вузов, Химия и химическая технология, 2003, 46(3), сс. 87-89.
6. Музгин В.Н., Хазмина В.Л., Золотавин В.Л., Берзуков И.Я. Аналитическая химия ванадия, Серия Аналитическая химия элементов. -М.: Наука, 1981, 216.
7. Magerramov A.M., Tsintsadze G.V., Alirva R.A., Gasanova M.B., Nazarova R.Z., Mirzai C.I., Cheradov F.M. Development of Methods for Determination of Vanadium(V) in Various Alloys. /Intertional conf. Innovative Technologies in Metallurgy and Materials Science. Tbilisi. 2015, сс. 104-105.

**SUMMARY****STUDY OF VANADIUM (V) COMPLEX FORMATION IN MIXED LIGAND SYSTEMS IN THE PRESENCE OF A THIRD COMPONENT****Tsignadze-Panchvidze Ts. Sh.****Georgian Technical University**

Numerous scientific papers published in the last decade describe the method of photometric determination of vanadium (V) in the form of various (organic ligand) complexes. The most widely used and promising class for the photometric determination of vanadium (V) was found to be azo compounds using both binary and various ligand complex compounds. This work is devoted to the spectrophotometric study of a mixed-ligand complex compound formed as a result of the reaction of complex formation of vanadium (V) with 4-(2',3',4'-trihydroxyphenyl)-2-nitro-1-sulfoazobenzene (Dibazobenzene) in the presence of urotropine (Ur) and 4-(2',3',4'-trioxyphenyl)-2-nitro-1-sulfoazobenzene with cetylpyridine chloride (CPCI), cetylpyridine bromide (CPBr) and cetyltrimethylammonium bromide (CTMABr). As well as the optimization of the conditions for the formation of mixed-ligand complexes, the development of a highly sensitive and selective photometric method for the determination of vanadium (V) in natural objects in the form of mixed-ligand complexes. Optimal conditions for the formation of binary and mixed ligand complexes have been established. Subject to the monk's law is revealed. The ratio of reactive components is determined by different methods. The influence of foreign ions and disguises on the formation of vanadium (V) complex has also been studied.

**Keywords:** Vanadium, complex formation, by spectrophotometric method, mixed-ligand complex, papaverine (Pap), dibazole (Dib), urotropin (Ur), cetylpyridine chloride (CPCI), cetylpyridinebromide (CPBr) and cetyltribrimethylbromide (CTMABr).

ღვინოეპეში ზოგიერთი ფიზიოლოგიურად აქტიური ნივთიერებების კვლევა, ქრომატოგრაფიის მეთოდის გამოყენებით

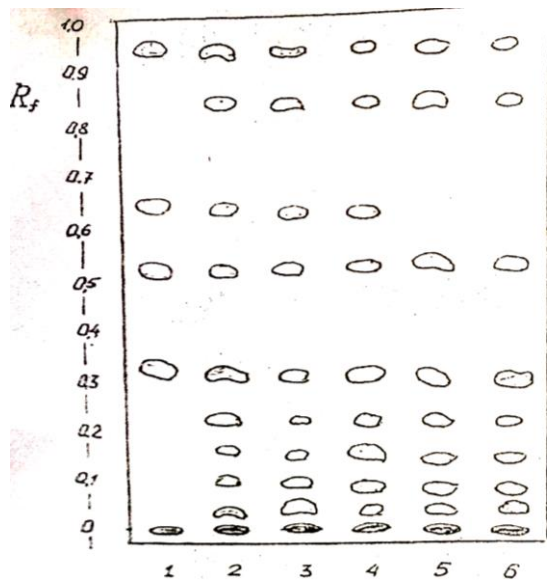
შათირიშვილი შ.ი., კილაძე მ.თ., შათირიშვილი ი.შ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ცოცხალი ორგანიზმების ფუნქციონირებაზე მნიშვნელოვან ზემოქმედებას ახდენენ მაღალი ფიზიოლოგიურად აქტიური ნივთიერებები. მათ შორის, როგორც ზრდის პროცესზე, ისე სხვადასხვა პროდუქტების სამკურნალო თვისებების მორფოგენეზსა და ფორმირებაზე [1].

რამდენადაც ღვინო წარმოადგენს ყურძნის წველის ფერმენტაციის პროდუქტს, ბუნებრივია, რომ ამა თუ იმ ბუნების ფიზიკურ-ქიმიურად აქტიური ნივთიერებები მნიშვნელოვან როლს თამაშობს ღვინომასალების ბიოქიმიური, ორგანოლექტიკური და სასარგებლო თვისებების ფორმირებაში. ასევე მხედველობაშია მისაღები ღვინოებში ისეთი ფიზიოლოგიურად აქტიური ნივთიერებების არსებობის როლი, როგორიცაა ფიტოჰორმონები.

აღნიშნულის გათვალისწინებით, ჩვენს მიერ შემუშავებული იქნა ერთი სინჯიდან თავისუფალი ფიტოჰორმონების-ციტოკინინის მუავას (ცკმ)  $R_f = 0,36$ , ინდოლილ-მმარმუავას (იმმ)  $R_f = 0,41$ , გიბერელის მუავას (გმ)  $R_f = 0,51$ , აფსციზის მუავას (აბმ)  $R_f = 0,65$  და ციტოკინინის მუავას (ცმ)  $R_f = 0,77$  განსაზღვრის სქემა თხელფენოვანი ქრომატოგრაფიის მეთოდის გამოყენებით. აღნიშნული მეთოდი უფრო ადვილია სხვა მეთოდებთან შედარებით, გაცილებით მარტივია აპარატურული გაფორმების თვალსაზრისით და ამასთან ერთად, უფრო დამაჯერებელ შედეგებს იძლევა [2,3]. ამ შემთხვევაში დამყოფი სვეტის მაგივრობას ასრულებს მინის ფირფიტაზე მოთავსებული სორბენტის თხელი ფენა. ბუნებრივი კაპილარული მიღების საშუალებით გამსხნელების აღმავალ ნაკადში ხდება ნიშნების გამომჟღავნება, რომლის სიჩქარეც იცვლება დროში. გამომჟღავნების პროცესში ნარევის კომპონენტები მოძრაობენ სხვადასხვა სიჩქარით და თითოეული კომპონენტის მიერ გავლილი ფარდობითი მანძილი გამოისახება შემდეგი ტოლობით:  $R_f = I_{KL}$ , სადაც L არის გამსხნელის ფრონტის მიერ გავლილი გზის სიგრძე,  $I_K$  - კომპონენტების მიერ განვლილი გზა.

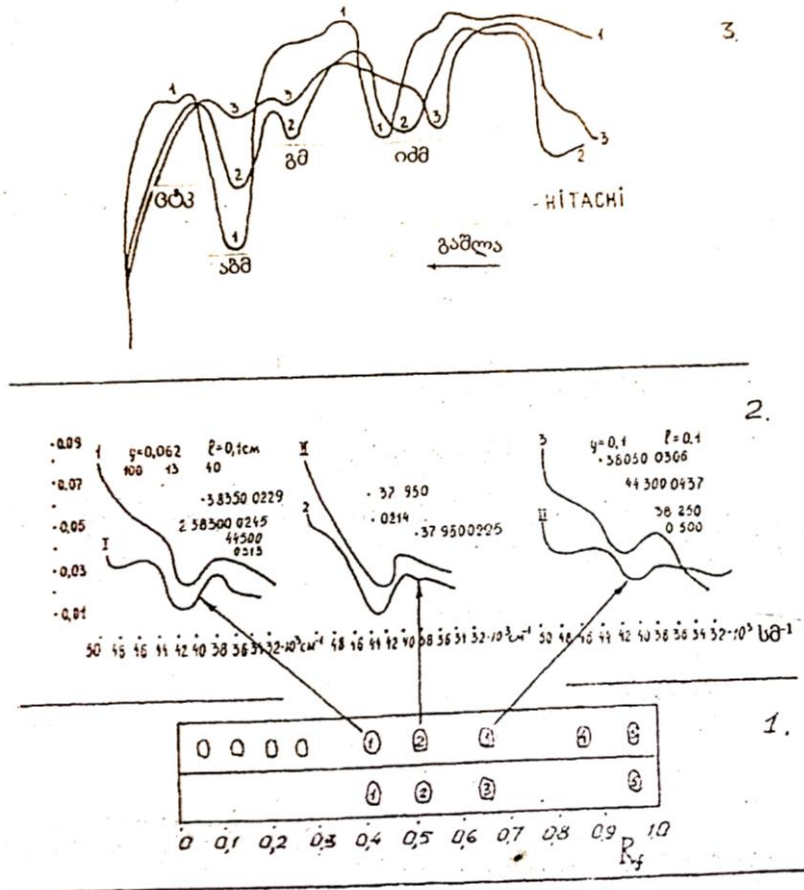


ნახ.1. ექსტრაქტების სიბრტყული ქრომატოგრამა

- 1 - მოლეკულური ნარევი, 2 - „კახეთი“, 3 - „კაბერნე“, 4 - „გურჯაანი“,  
5 - „გარეჯი“, 6 - „მუკუზანი“

ფიტოჰორმონების იდენტიფიკაციის გაადვილების მიზნით, შეთავსებული იქნა  $R_f$ -ის მონაცემები, 300 ნმ ტალღაზე ექსტრაქტული ნივთიერებების ქრომატოგრამების კომპლექსები და ულტრაიისფერი სპექტრები. ღვინიდან გამოყოფილ ფიტოჰორმონებსა და ვაზის ნაწილების ექსტრაქტზე ამ მიმართულებით ჩატარებული ცდების შედეგები მოცემულია ნახ. 1-ზე, სადაც გარკვევით ჩანს ექსტრაქტების არეკვლისა და ულტრაიისფერი სპექტრები, რომლებიც საკმაოდ დამაჯერებლად ადასტურებს ფიტოჰორმონების იდენტურობას. მიღებული შედეგების დამაჯერებლობის გაზრდის მიზნით, გადაღებულ იქნა საძიებელი ნივთიერებების სპექტრები, რისთვისაც წინასწარ წარმოებდა ელუირება სისტემით – ბუთანოლი : პროპანოლი : ამიაკი : წყალი (5:8:1:2). დაყოფის მანძილი შეადგენდა 18 სმ, დაყოფის დრო – 2 სთ. ამის შემდეგ ხდებოდა ქრომატოგრამების გადაღება „ჰიტაჩი 650–60“ ქრომატოგრაფიულ მისადგმელიან ფლუორესცენტულ სპექტრომეტრზე.

ნახაზიდან ჩანს (ნახ.1), როგორც ვაზის ისე საეტალონო ნიმუშებისათვის 300 ნმ ტალღაზე ფიტოჰორმონების არეკვლის სპექტრები, რომლებიც განლაგებულია  $R_f=0,65$  და  $0,51$  ზონებში შეიცავს აფსციზის (აბმ) და გიბერელის (გმ) მჟავების მკვეთრად გამოხატულ პიკებს. რადგანაც სხვადასხვა ობიექტებში ინდოლილმარმჟავას სპექტრები რამდენადმე გადაადგილებულია საეტალონოსთან შედარებით ( $R_f=0,41$ ). თხელფენოვან ქრომატოგრაფიულ ფირფიტაზე დაყოფის შემდეგ, ჩატარებული იქნა ნივთიერებათა დამატებითი კვლევა (ფერადი რეაქციები, ი.წ.-სპექტრები და სხვ.). შედეგებმა გვიჩვენა, რომ საძიებელი ინდოლილმარმჟავას (იმმ) სპექტრები იდენტურია საეტალონოსი.



ნახ.2. ფიტოჰორმონებისა და ციტოკინონების დაყოფის სიბრტყული ქრომატოგრამა.

- 1 – მოდელური ნარევი და ღვინო „მუკუზანი“,
- 2 – ულტრაიისფერი სპექტრები,
- 3 – არეკვლის სპექტრები

სამუშაოს შემდგომ ეტაპზე საანალიზოდ შევარჩიეთ ხუთი დასახელების ღვინო. „კახეთი“, „კაბერნე“, „გურჯაანი“, „გარეჯი“ და „მუკუზანი“. ღვინოებიდან ფიტოჰორმონების გამოწვევილივა ხდებოდა მეთანოლით, რის შემდეგაც ექსტრაქტებს ვათავსებდით ქრომატოგრაფიულ ფირფიტაზე და ვამჟღავნებდით 0,05%-იანი ფლუორესცინის ხსნარით. ლაქების რეგისტრაცია ხდებოდა ულტრაიისფერ შუქზე ბრომით დამუშავების შემდეგ. მიღებული შედეგები მოცემულია ნახ. 2-ზე.

როგორც ცდებმა გვიჩვენა, ფიტოჰორმონების შემცველობა სხვადასხვა ქართულ ღვინოებში შესამჩნევად განსხვავდება ერთმანეთისაგან, როგორც რაოდენობრივი, ისე თვისობრივი თვალსაზრისით. გამოკვლეული ხუთი ღვინოდან სამ მადგანში, სახელდობრ: „კახეთში“, „კაბერნესა“ და „გურჯაანში“ აღმოჩენილია ჰორმონალური ნაერთების სრული კომპლექტი (ინდოლილმარმჟავა, გიბერილოვის მჟავა, აფსციზის მჟავა და კინეტინციტოკინინი) მაშინ, როდესაც ღვინოებში „მუკუზანი“ და „გარეჯი“ აფსციზის მჟავა აღმოჩნდა ძალზე მცირე რაოდენობით. ყველა ხუთივე ღვინოსათვის დამახასიათებელია მცირე მნიშვნელობის R<sub>f</sub>-ის ნქონე ციტოკინინის ბუნების 5 არაიდენტიფიცირებული ნაერთის არსებობა (რომლებიც ქრომატოგრამაზე აღნიშნულია ინდექსით X<sub>1</sub> – X<sub>5</sub>).

საანალიზო ღვინოებიდან ფიტოჰორმონების ყველაზე დაბალანსებული თანაფარდობით, ზრდის სტიმულატორებით და ინჰიბიტორებით გამოირჩევა „კახეთი“ და „კაბერნე“. დანარჩენ ღვინოებში ეს თანაფარდობა არც თუ სახარბიელოა.

„მუკუზანსა“ და „გარეჯში“ თითქმის არ გვხვდება ზრდის ინჰიბიტორი აფსციზის მჟავა.

უნდა აღინიშნოს ყველა გამოკვლეულ ღვინოში ციტოკინინების ბუნების ნაერთების დიდი შემცველობა, რაც ქართულ ღვინოებს ანიჭებს მნიშვნელოვან სამკურნალო თვისებებს. აღსანიშნავია, რომ ნაერთთა დაახლოებით ასეთი კომპლექსი (მხოლოდ უფრო დიდი რაოდენობით) დამახასიათებელია ჟენ-შენის ფესვების ექსტრაქტისათვის.

#### ლიტერატურა

1. Якушкина О.Н. Физиология Растений. – М, 1980, сс. 232–261.
2. Гаврилюк И.И. Определение фитогормонов в экстракте виноградной лозы. Методы хроматографического анализа. /Сб. Статей. -М. Изд. ИРЕА, 1991, сс. 43–44.
3. Закалავილი Г.Н., Гаврилюк И.И., Шатиришვილი И.Ш. Определение фитогормонов в грузинских винах методом хроматографии в тонком слое. /Тезисы докладов и сообщения. „сорбенты для хроматографии“. - М., 1992, с.26.

#### SUMMARY

#### STUDY OF SOME PHYSIOLOGICALLY ACTIVE SUBSTANCES IN WINES BY USING CHROMATOGRAPHIC METHOD

Shatirishvili Sh.I., Kiladze M.T. and Shatirishvili I.S.

Georgian Technical University

The composition of physiologically active substances, in particular phytohormones, was determined in the wines "Kakheti", "Cabernet", "Gurjaani", "Gareji" and "Mukuzani", by the method of thin-layer chromatography. Cytocrine acid, indoleacetic acid, gibberellic acid, abscisic acid and cytokines were identified in the examined wines.

**Keywords:** phytohormones, identification, fermentation.

ფუნგიციდების ბავლენა ღვინის ორგანული მჟავების შემცველობაზე

ქვარცხავა გ.რ., ალექსიძე გ.ნ., კალანდია ა., ხოსიტაშვილი მ.დ., ორმოცაძე მ.დ.,  
ბუიშვილი გ.თ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი  
ო. გოგებაშვილის სახელობის თელავის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

**შესავალი.** თანამედროვე ღვინის მომხმარებელი განსაკუთრებით ყურადღებას აქცევს მაღალხარისხოვანი ეკოლოგიურად სუფთა ღვინის პროდუქციას, რომელთა მისაღებად საჭიროა დაცული იქნას ღვინის წარმოების ყველა ტექნოლოგიური პროცესი ვენახიდან მაგიდამდე, რაც გულისხმობს, პირველ რიგში გაკონტროლებულ იქნას ნედლეულის ხარისხობრივი მაჩვენებლები; მიღწეული იქნეს ეკოლოგიურად სუფთა ყურძნისა და ბიოღვინის წარმოება, რაც ითვალისწინებს ვენახის დამუშავებისას განსხვავებულ აგროტექნოლოგიური სქემების გამოყენებას.

ყურძნის წარმოებაზე გაზრდილი მოთხოვნებიდან გამომდინარე მეცნიერულ-ტექნიკური რეკოლუციის შემდეგ, საქართველოს მევენახეობა თანდათანობით გადავიდა სოფლის მეურნეობის ინდუსტრიალიზაციის საფეხურზე. აგრო-საწარმოო პროცესების შემცირების მიზნით სოფლის მეურნეობა დამოკიდებული გახდა შედარებით იაფ და ადვილად გამოსაყენებელ ქიმიურ მრეწველობაზე, აგრო-საწარმოო პროცესების შემცირებამ გამოიწვია მანებელ - დაავადებათა მატება. შესაბამისად გაიზარდა პესტიციდებისა და სხვა ტოქსიკურ ნივთიერებათა გამოყენების ჯერადობა და რაოდენობა ვენახების შესაწამლად. მინერალური სასუქების აქტიურმა ხმარებამ გამოიწვია ნიადაგი, დაარღვია მისი სტრუქტურა, სასოფლო-სამეურნეო პროდუქტებში მათ შორის ყურძენში, დასაშვებ ნორმაზე გაცილებით მეტი აღმოჩნდა ნიტრატები, ტოქსიკური ნივთიერებების ნარჩენები და სხვა. ჩამოთვლილი მიზეზებით გააუარესდა ყურძნის ხარისხი, მისგან მიღებული პროდუქცია და მათი საგემოვნო თვისებები. ზემოაღნიშნულიდან გამომდინარე ტოქსიკური ნივთიერებების გავლენა ყურძენზე და მისგან დამზადებული ღვინოების ხარისხსა და უვნებლობაზე მეტად აქტუალურ საკითხს წარმოადგენს [1,2].

მჟავებს ერთ-ერთი უმნიშვნელოვანესი როლი აკისრია მეღვინეობაში:

- ახასიათებს მჟავე გემო, რაც სხვა კომპონენტებთან ერთად ღვინის გემოვნურ თვისებებს განაპირობებს. ზედმეტად მაღალმჟავიანი ღვინო მკვახე (მწვანე) და აგრესიულია. დაბალმჟავიანი კი – დუნე. ღვინომჟავას სასიამოვნო გემო აქვს, ვაშლმჟავა კი უფრო აგრესიულია.

- განსაზღვრავს ყურძნის სიმწიფეს. ყურძნის სიმწიფის დასადგენად მნიშვნელოვანია მჟავიანობის განსაზღვრა, ტიტრული მჟავიანობისა და pH-ის სახით.

- მჟავები მოქმედებს ღვინის ბიოქიმიურ მდგრადობაზე. აქ უმთავრესად მჟავას დისოცირებული ნაწილი მოქმედებს, რომელიც pH-ით გამოისახება. მჟავიანობის ეს მაჩვენებელი მეღვინეობაში ძალიან მნიშვნელოვანია [3].

- ღვინის დაყენებისას იცვლება მათი შემცველობა. ღვინომჟავას რაოდენობა ღვინოში საგრძნობლად იკლებს ალკოჰოლური დუდილის დროს ღვინის ქვის გამოლექვის გამო, შედარებით ნაკლებად ვაშლრძემჟავური დუდილისა და ღვინის დეგარგებისას. იგი შეიძლება დაიშალოს ღვინის გადაბრუნებით დაავადებისა და ღვინოში არსებული ტოქსიკური ნაერთების არსებობის დროს, რომელიც შეიძლება მოხვდეს ღვინოში ვენახებიდან შხამ-ქიმიკატების მაღალი დოზებისა და მრავალჯერადი გამოყენების დროს. ვაშლმჟავას რაოდენობაც იკლებს ალკოჰოლური და ვაშლრძემჟავური დუდილის დროს (თუ ამ უკანასკნელს აქვს ადგილი). ლიმონმჟავას რაოდენობა მცირდება ვაშლრძემჟავური დუდილის დროს. ევროგაერთიანების კანონმდებლობა გარკვეულ შემთხვევებში უშვებს ტკბილსა და ღვინოში მჟავიანობის შესწორებას[4].

ნაშრომის კვლევის მიზანს წარმოადგენს ფუნგიციდების გავლენის შესწავლა ღვინის ორგანული მჟავების შემცველობაზე.

კვლევის ობიექტად გამოყენებულ იქნა კახეთის მევენახეობის მიკროზონაში შერჩეული ორი ვენახი:



- ბიოვენახი
- ინდუსტრიული ვენახი.

ვენახის ვეგეტაციის პერიოდში ვაზის მავნებელ-დაავადების საწინააღმდეგოდ ინდუსტრიული ვენახის დამუშავებისათვის გამოყენებული იქნა შემდეგი პესტიციდები:

- **ფალკონი** – მე-3 თაობის ფუნგიციდი, რომლის შემადგენელი მოქმედი ნივთიერებებია ტებუკონაზოლი 167 გ/ლ, სპიროქსამინი 250 გ/ლ, ტრიადიმენოლი 43 გ/ლ;
- **კუპერვალი** – ფუნგიციდი, რომლის შემადგენელი მოქმედი ნივთიერებებია ბორდოს ნარევი 200 გ/კგ (სპილენძის მიხედვით), სპილენძის სულფატი + კალციუმის ჰიდროქსიდი 20% მ/მ (სპილენძის მიხედვით);
- **კუპერტინ სუპერი** – ფუნგიციდი, რომლის შემადგენელი მოქმედი ნივთიერებებია ბორდოს ნარევი (CU-ს მიხედვით) 22.5% მ/მ (225 გ/კგ); ციმოქსანილი 3% მ/მ (30 გ/კგ);
- გოგირდი 800 გ/კგ – პესტიციდი, რომლის შემადგენელი მოქმედი ნივთიერებაა გოგირდი 800 გ/კგ[5-6].

2020 წლის რთველის სეზონზე როგორც ბიო, ასევე ინდუსტრიული ზემოთ მითითებული ვენახებიდან აღებულ იქნა 200–200 კგ ყურძენი. იგი გადამუშავებულ იქნა კლასიკური ტექნოლოგიით ცალ-ცალკე თეთრი ღვინის დასაყენებლად „სს აკურას“ საწარმოო ბაზაზე. თითოეული ნიმუშის ტკბილი დაწმენდილი იქნა გოგირდოვანი ანჰიდრიდის გამოყენებით. ბიო ღვინის დასაყენებლად ტკბილში შეტანილი იქნა 100 მგ/ლ; ხოლო ინდუსტრიული ვენახიდან მიღებული ტკბილისათვის გამოყენებული იქნა 300 მგ/ლ გოგირდოვანი ანჰიდრიდი (არსებული ინსტრუქციის თანახმად). ინდუსტრიული ყურძნის ტკბილი დაწმენისა და ლექიდან მოხსნის შემდეგ გაიყო 3 ნაწილად. გადატანილი იქნა ცალ-ცალკე სადულარ ჭურჭელში, პირველ ნაწილს დაემატა ტკბილის მოცულობის 3 % ოდენობის საფუერის წმინდა კულტურა „ფლავორ 2000“, მეორე ნაწილს დაემატა საფუარის წმინდა კულტურა „Zymaflore f15“, ხოლო მესამე ნაწილში ალკოჰოლური დუღილი წარიმართა სპონტანური საფუერით. სამივე ნიმუში შემდეგ კვლავ 3 ნაწილად გაიყო, რომლებსაც დაემატა ფუნგიციდები (1 – სულფოლაკი, 2 – კუპერვალი, 3 – ფალკონი და 4 – კუპერნიკ სუპერი).

ათივე ნიმუში მოთავსდა თერმოსტატში 20–22 გრადუს ტემპერატურაზე და წარიმართა ალკოჰოლური დუღილი.

ალკოჰოლური დუღილის დასრულების შემდეგ, ახალგაზრდა დადუღებული ღვინოები (ბიო და ინდუსტრიული) მოიხსნა ლექიდან. საანალიზო ნიმუშებად აღებული იქნა, როგორც ღვინის, ასევე ლექის ნიმუშები და ჩაუტარდა ქიმიური ანალიზი შპს „ღვინის ლაბორატორია-ში“ (ტესტირების ლაბორატორია). ტექსტში საილუსტრაციოდ მოცემულია ბიო და ინდუსტრიული ღვინის ანალიზები. ღვინის ნიმუშების ლექებში განისაზღვრა აგრეთვე ფუნგიციდების რაოდენობა.

ნიმუშები განაწილდა სადულარ ჭურჭელში და აღინიშნა შემდეგი ნომრებით:

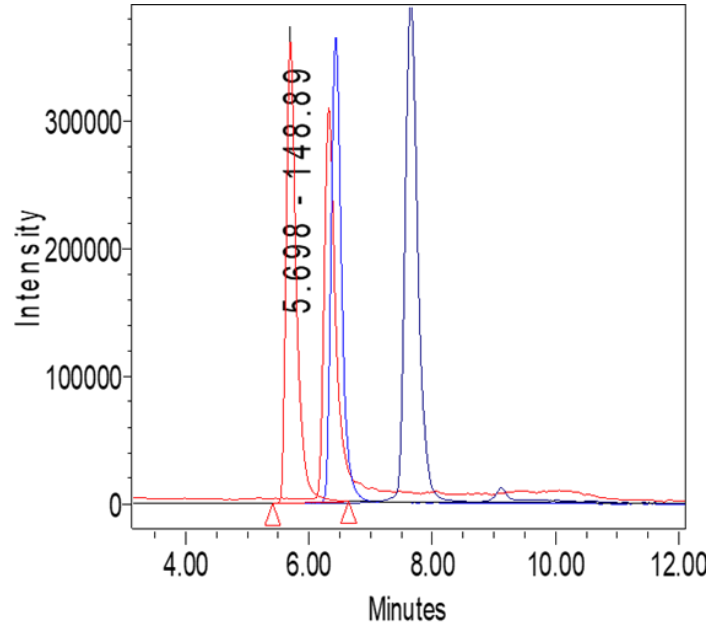
ნიმუში	№		№
ბიოღვინო	1	ლექი	11
ინდუსტრიული ღვინო	2	ლექი	12
ინდუსტრიული ღვინო+ flavor 2000 +სულფოლაკი	3	ლექი	13
ინდუსტრიული ღვინო+ Zymaflore f15 +სულფოლაკი	4	ლექი	14
ინდუსტრიული ღვინო + flavor 2000+კუპერვალი	5	ლექი	15
ინდუსტრიული ღვინო+ Zymaflore f15+კუპერვალი	6	ლექი	16
ინდუსტრიული ღვინო+ flavor 2000 +კუპერტინ სუპერი	7	ლექი	17
ინდუსტრიული ღვინო+ Zymaflore f15 +კუპერტინ სუპერი	8	ლექი	18
ინდუსტრიული ღვინო+ flavor 2000 +ფალკონი	9	ლექი	19
ინდუსტრიული ღვინო+ Zymaflore f15 +ფალკონი	10	ლექი	20

ღვინის ნიმუშებში განსაზღვრული იქნა საერთო სიმჟავე და ორგანული მჟავეები[7].

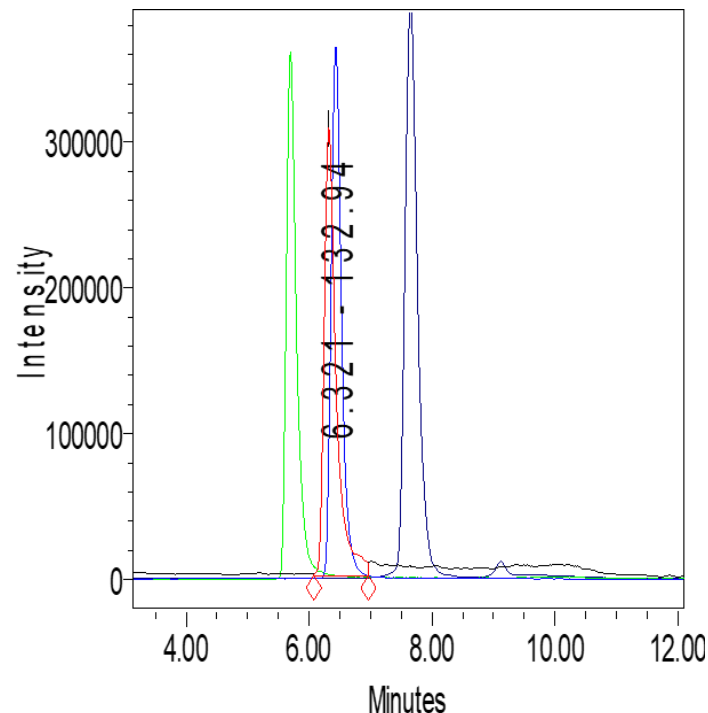
კვლევის შედეგებით ვასკენით, რომ კვლევაში მონაწილე ფუნგიციდები ყურძნის ტკბილიდან გადადიან ღვინოში, შემდეგ კი ღვინის ლექში. ღვინის ლექში გადასვლა დაკავშირებულია გამოყენებული საფუარების უჯრედების ადსორბციის უნართან – საფუარების ზედაპირზე ადსორბირდება ფუნგიციდების შემადგენელი ნივთიერებები, რის შედეგადაც ხდება მათი დალექვა.

ღვინოში ფუნგიციდების აღმოჩენის შემდგომ კვლევის მიზანს შეადგენდა შეგვესწავლა ფუნგიციდების გავლენა ღვინის ორგანულ ნაერთებზე: კერძოდ ორგანულ მჟავებზე.

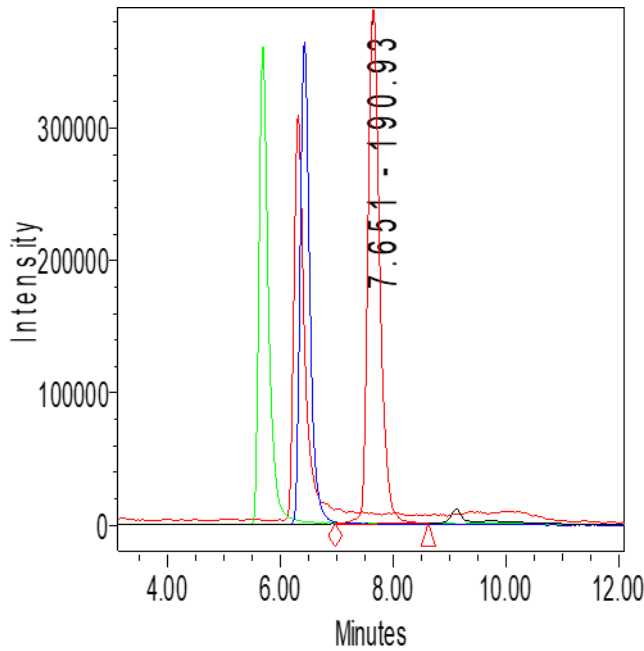
მოცემულ ნიმუშების ტკბილში და შემდეგ ღვინოსა და ლექში განსაზღვრულ იქნა საერთო სიმჟავე. შედეგები მოცემულია ცხრილი. 1. და ქრომატოგრამებში 1,2,3.



ნახ.1. ღვინის მჟავას სტანდარტული ნაერთების UPLC-PDA-MS ქრომატოგრამა



ნახ.2. ვაშლის მჟავას სტანდარტული ნაერთების UPLC-PDA-MS ქრომატოგრამა



ნახ.3. ლიმონის მუჟას სტანდარტული ნაერთების UPLC-PDA-MS ქრომატოგრამა

ღვინოში პესტიციდების აღმოჩენის შემდგომ კვლევის მიზანს შეადგენდა შეგვესწავლა ფუნგიციდების გავლენა ღვინის ორგანულ ნაერთებზე, კერძოდ, ორგანულ მუჟაებზე.

მოცემულ ნიმუშების ტკბილში თავიდანვე განსაზღვრულ იქნა საერთო სიმუჟავე. შედეგები მოცემულია ცხრ. 1-ში.

ცხრილი 1. საცდელი ღვინის ნიმუშებში ფუნგიციდების გავლენა ორგანული მუჟაების რაოდენობაზე, გ/ლ

ნიმუშები	საერთო სიმუჟავე, გ/ლ	ორგანული მუჟაები, გ/ლ			ჯამი, გ/ლ
		ღვინის	ვაშლის	ლიმონის	
ბიოღვინო	5, 896	2,690	1,560	1,245	5,395
ინდუსტრიული ღვინო	6,010	2,869	1,159	1,010	5,038
ინდუსტრიული ღვინო + ფლაგორი 2000 + სუფოლაკი;	6,200	2,963	1,431	1,015	5,439
ინდუსტრიული ღვინო + დიმაფლორ + სუფოლაკი;	6,235	2,871	1,235	1,100	5,206
ინდუსტრიული ღვინო + ფლაგორი 2000 + კუპერვალი;	6,023	2,669	1,300	1,150	5,119
ინდუსტრიული ღვინო + დიმაფლორი + კუპერვალი;	6,021	2,789	1,287	1,125	5,201
ინდუსტრიული ღვინო + ფლაგორი 2000 + კუპერნიკ სუპერი;	6,102	2,893	1,300	1,120	5,313
ინდუსტრიული ღვინო + დიმაფლორი + კუპერნიკ სუპერი;	6, 115	2,890	1,125	0,986	5,001
ინდუსტრიული ღვინო + ფლაგორი 2000 + ფალკონი;	5,550	1,391	1,300	1,300	4,091
ინდუსტრიული ღვინო + დიმაფლორი + ფალკონი;	5, 010	1,390	1,400	1,320	3,910

ჩვენს ექსპერიმენტულ მონაცემებში საკონტროლო და საცდელი ნიმუშების შედარებით ანალიზით საწყისი საერთო სიმჟავე საცდელ და საკონტროლო ნიმუშებში დიდად არ განსხვავდებოდა ერთმანეთისაგან (მაგ. ნიმუში 1, საერთო სიმჟავე იყო 5,896 და ნიმუში 2 კი – 6,010 გ/ლ), მათი მცირედი განსხვავება გამოწვეულია ყურძენის განსხვავებული ტერუარებით. პესტიციდებით გამდიდრებულ ტკბილიდან მიღებულ ღვინოში საერთო სიმჟავე შემცირდა 0,9–1,2 გ/ლ-მდე. რაც შეეხება საკონტროლო ნიმუშს, მასში საერთო სიმჟავე შემცირდა მიახლოებით 0,5 გ/ლ-ით. ამ ნიმუშებიდან გამონაკლისს წარმოადგენს ფალკონით გამდიდრებული ღვინის ნიმუშები, რომლებშიც საერთო სიმჟავეს შემცირება 1,2 გ/ლ-ს აღემატებოდა. ამ ფუნგიციდმა გავლენა მოახდინა როგორც ნარჩენ შაქრებზე, ასევე შეამცირა საერთო მჟავიანობა. ლიტერატურიდან ცნობილია, რომ ღვინის ორგანულ მჟავათა შორის ღვინის მჟავის რაოდენობა თითქმის ორჯერ აღემატება სხვა ორგანული მჟავების ჯამს, რაც დასტურდება ქრომატოგრაფიული ანალიზის (იხ. ქრომატოგრამა) შედეგებით. გამონაკლისს შეადგენს ფალკონით გამდიდრებული ღვინო, რომელშიც ღვინის საერთო სიმჟავე და მათ შორის ღვინის მჟავის რაოდენობაც მკვეთრად შემცირებულია. ფალკონის თანაობით მიღებულ ღვინოში ღვინის მჟავის რაოდენობა თითქმის გაუტოლდა ვაშლის მჟავისა და ლიმონ მჟავის რაოდენობებს. ექსპერიმენტების შედეგებითა ანალიზმა გვიჩვენა, რომ ზოგიერთი ფუნგიციდი, კერძოდ ფალკონის შემთხვევაში ხდება სხვადასხვა მჟავების საბოლოო შემცველობის შემცირება, განსაკუთრებით კი ღვინის მჟავისა, რაც ჩვენი აზრით გამოწვეულ უნდა იყოს ტკბილში ფუნგიციდ ფალკონის არსებობით, რომელმაც დათრგუნა საფუარის მოქმედება და ხელი შეუშალა ალკოჰოლური დუდილის ნორმალურ მსვლელობას. ამ ფაქტმა კი გამოიწვია ნარჩენი შაქრების ზრდა ღვინოში და ორგანული მჟავების შემცირება.

**დასკვნა.** ჩვენს მიერ საქართველოში პირველად იქნა შესწავლილი ყურძენში, ტკბილსა და ღვინოში ტოქსიკური ნივთიერებები ფუნგიციდების შემცველობაზე და მათი გავლენა ორგანულ მჟავებზე.

ბიო და ინდუსტრიული ღვინის ნიმუშებში და მათ ლექებში მაღალეფექტური სითხური ქრომატოგრაფიისა და მასსპექტრომეტრის საშუალებით იდენტიფიცირებული იქნა სტანდარტებისა და საძიებელ ნივთიერებათა მასა და შეკავების დრო. განისაზღვრა ორგანული მჟავებისა და ფუნგიციდების რაოდენობრივი შედგენილობა. საკონტროლო და საცდელი ნიმუშებში საწყისი საერთო სიმჟავე დიდად არ განსხვავდებოდა ერთმანეთისაგან (სხვაობა 0,124 გ/ლ), მათი მცირედი განსხვავება გამოწვეულია ყურძენის განსხვავებული ტერუარებით.

ჰერბიციდებით გამდიდრებულ ტკბილიდან მიღებულ ღვინოში საერთო სიმჟავე შემცირდა 0,9–1,2 გ/ლ-მდე. საკონტროლოში 0,5 გ/ლ-ით, გამონაკლისს წარმოადგენს ფალკონით გამდიდრებული ღვინის ნიმუშები, რომლებშიც საერთო სიმჟავეს შემცირება 1,2 გ/ლ-ს აღემატებოდა. ფალკონმა შეამცირა ღვინის სიმჟავეც, თითქმის გაუტოლდა ვაშლისა და ლიმონ მჟავის რაოდენობებს. ჩვენი აზრით ეს პროცესი გამოწვეულ უნდა იყოს ტკბილში ფუნგიციდ ფალკონის არსებობით, რომელმაც დათრგუნა საფუარის მოქმედება და ხელი შეუშალა ალკოჰოლური დუდილის ნორმალურ მსვლელობას. ამ ფაქტმა კი გამოიწვია და ორგანული მჟავების შემცირება.

#### ლიტერატურა

1. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpubh.2016.00148/full>
2. <https://www.epa.gov/ingredients-used-pesticide-products/types-pesticide-ingredients>
3. The EU wine Legislation - Regulations on quality schemes  
[https://ec.europa.eu/info/food-farming-fisheries/food-safety-and-quality/certification/quality-labels/quality-schemes-explained/regulations-wine\\_en#regulations-on-quality-schemes](https://ec.europa.eu/info/food-farming-fisheries/food-safety-and-quality/certification/quality-labels/quality-schemes-explained/regulations-wine_en#regulations-on-quality-schemes)
4. <https://www.epa.gov/caddis-vol2/caddis-volume-2-sources-stressors-responses-herbicides#:~:text=Herbicides%20are%20chemicals%20used%20to,productivity%20by%20minimizing%20the%20vegetation.>

5. ალექსიძე გ., ქუფარაშვილი ო. მცენარეთა მავნებლები და დაავადებები. –თბილისი, 2001, 268 გვ.
6. Grape pest management, 1992. University of California, USA.
7. INTERNATIONAL ORGANISATION OF VINE AND WINE COMPENDIUM OF INTERNATIONAL METHODS OF WINE AND MUST ANALYSIS EDITION 2020 VOLUME 1 INCLUDED : Resolutions adopted in Geneva (Switzerland) 19th July 2019 OIV - 35 RUE DE MONCEAU, 75008 PARIS

#### **SUMMARY**

#### **INFLUENCE OF FUNGICIDES ON ORGANIC ACIDS IN WINE**

**Kvartskhava G.R., Aleksidze G.N., Kalandia A., Khositashvili M.L., Ormotsadze M.L. and Buishvili G.T.**  
**Georgian Technical University**

**Iakob Gogebashvili Telavi State University**

The article discusses the effect of fungicides on organic acids in wine. The mass and retention time of the standards and trace substances were identified by means of high-performance liquid chromatography and mass spectrometer in bio and industrial wine samples and their lumps. Quantitative composition of organic acids and fungicides was determined. The total acidity in wine made from fungicides enriched with fungicides was reduced to 0.9-1.2 g / l. With the exception of 0.5 g / l in the control, the exception is the samples of wine enriched with falcon, in which the reduction of the total acidity exceeded 1.2 g / l. Falcon also reduced the acidity of the wine, almost equaling the amounts of malic and citric acid. In our opinion this process must be caused by the presence of a fungicide falcon in the sweet, which inhibited the action of the yeast and prevented the normal course of alcoholic fermentation. This fact has led to an increase in residual sugars in wine and a decrease in organic acids. As a result, the organoleptic and quality indicators of the wine deteriorated.

**Keywords:** fungicides, yeasts, organic acids, bio-wine.

## ფუნგიციდების გავლენა ღვინის ფენოლმჟავებზე

ალექსიძე გ.ნ.

## საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

**შესავალი.** ყურძენის ღვინო რთული შედგენილობისაა. იგი შეიცავს ეთანოლს, ორგანულ მჟავებს, არომატულ, ფენოლურ ნაერთებს და სხვა. ფენოლური ნაერთები გვხვდება ღვინოში როგორც რაოდენობით, ასევე ღვინოში. ბოლო დროს ყურადღება დაეთმო ფენოლური ნაერთებიდან ფენოლმჟავების შესწავლას, რომლებიც განსაზღვრავენ ღვინის ხარისხს (ფერი, გემო და სხვ.) და მის თერაპიული და პროფილაქტიკური ღირებულებას (ანტიოქსიდანტური, სიმსივნის საწინააღმდეგო ეფექტი და ა.შ.) [1–3]. ფენოლური ნაერთები აკონტროლებენ ადამიანის ორგანიზმში სხვადასხვა ნივთიერებების ჟანგის მიმდინარეობის პროცესებს [4–6]. ყურძენი და მისი გადამუშავების ის პროდუქტები, რომელიც ფენოლურ ნაერთებს შეიცავს მათ შორის ფლავონოიდებსა და ფენოლმჟავებს ათეროსკლეროზისა და იშემიური დაავადებების პრევენციის საშუალებას წარმოადგენს [7–9].

ფენოლმჟავები საშუალო დონის მეტაბოლიტებია, ფართოდაა გავრცელებული მცენარეთა სხვადასხვა სახეობებში [10]. ფენოლკარბონ მჟავების შემცველობა იზრდება ყურძენის მაგარ ნაწილებში მთელი ვეგეტაციის პერიოდში, ასევე იზრდება მისი რაოდენობა ყურძენის მარცვალში ნაყოფის დამწიფების პროცესში და მაქსიმუმს აღწევს ყურძენის სრულ სიმწიფეში. ფენოლკარბონ მჟავების შემცველობა იზრდება ტკბილში ალკოჰოლური დუდილის პროცესში მტევნის მაგარ ნაწილებთან ურთიერთობის შედეგად [7–11]. ფენოლკარბონმჟავას შემცველობა ასევე დამოკიდებულია ისეთ ფაქტორებზე, როგორცაა ყურძენი ჯიშები, სიმწიფე, კლიმატური, გეოგრაფიული პირობები, ვენახში მიმდინარე აგროტექნოლოგიური პროცესები, ყურძენის გადამუშავების პერიოდში ოქსიდაციის პროცესებზე და სხვა [8–14].

ფენოლმჟავებისათვის დამახასიათებელია კარბოქსილის ჯგუფის არსებობა ბენზენის ბირთვზე. ლიტერატურიდან ცნობილია, რომ ღვინოში ყავისა და კუმარის მჟავები ღვინის მჟავასთან წარმოქმნის შესაბამისად კაფტარისა და კუტარის მჟავებს, რომელთა დაჟანგვის პროდუქტები აუარესებენ ღვინის ხარისხს. კერძოდ, ფენოლმჟავები იჟანგებიან და წარმოქმნიან ქინონებს, რაც ღვინის გაყვითლებას იწვევს, უარეს შემთხვევაში კი გაყავისფერებას. ეს მოვლენა ცუდად აისახება ღვინის ფერზე და აქედან გამომდინარე ღვინის ხარისხზე.

კვლევის მიზანს შეადგენდა ფუნგიციდების გავლენის შესწავლა ღვინოში და მის ლექში ფენოლმჟავების შედგენილობაზე.

კვლევის ობიექტად გამოყენებულ იქნა კახეთის მევენახეობის მიკროზონაში შერჩეული ორი ვენახი:

- ბიოვენახი;
- ინდუსტრიული ვენახი.

2020 წლის ოქტომბრის სეზონზე როგორც ბიო, ასევე ინდუსტრიული ვენახებიდან აღებულ იქნა 200–200 კგ ყურძენი, რომელიც გადამუშავდა კლასიკური ტექნოლოგიით. ინდუსტრიული ყურძენის ტკბილი დაწდომისა და ლექიდან მოხსნის შემდეგ გაიყო 3 ნაწილად და გადატანილი იქნა ცალ-ცალკე სადუღარ ჭურჭელში. პირველ ნაწილს დაემატა ტკბილის მოცულობის 3 % ოდენობის საფუერის წმინდა კულტურა „flavor 2000“, მეორე ნაწილს დაემატა საფუარის წმინდა კულტურა „Zymaflore f15“, ხოლო მესამე ნაწილში ალკოჰოლური დუდილი წარიმართა სპონტანური საფუერით. სამივე ნიმუში შემდეგ კვლავ 3 ნაწილად გაიყო, რომლებსაც დაემატა ფუნგიციდები (1 – სულფოლაკი, 2 – კუპერვალი, 3 – ფალკონი და 4 – კუპერნიკ სუპერი) 3–3 მგ/ლ-ის რაოდენობით.

ალკოჰოლური დუდილის დასრულების შემდეგ, ახალგაზრდა დადუღებული ღვინოები მოიხსნა ლექიდან. საანალიზო ნიმუშებად აღებული იქნა, ღვინისა და ლექის ნიმუშები და აღინიშნა შემდეგი ნომრებით:

ნიმუში	№		№
ბიოღვინო	1	ღეჭი	11
ინდუსტრიული ღვინო	2	ღეჭი	12
ინდუსტრიული ღვინო+ flavor 2000 +სულფოლაკი	3	ღეჭი	13
ინდუსტრიული ღვინო+ Zymaflore f15 +სულფოლაკი	4	ღეჭი	14
ინდუსტრიული ღვინო + flavor 2000+კუპერვალი	5	ღეჭი	15
ინდუსტრიული ღვინო+ Zymaflore f15+კუპერვალი	6	ღეჭი	16
ინდუსტრიული ღვინო+ flavor 2000 +კუპერტინ სუპერი	7	ღეჭი	17
ინდუსტრიული ღვინო+ Zymaflore f15 +კუპერტინ სუპერი	8	ღეჭი	18
ინდუსტრიული ღვინო+ flavor 2000 +ფალკონი	9	ღეჭი	19
ინდუსტრიული ღვინო+ Zymaflore f15 +ფალკონი	10	ღეჭი	20

ღვინის ნიმუშებში და მათ ღეჭებში განისაზღვრა ფუნგიციდების რაოდენობა. კვლევები ჩატარდა მაღალეფექტურ და მაღალმგრძობიარე სითხურ ქრომატოგრაფზე.

LC-UV Waters (Breeze, USA). HPLC სისტემა აღჭურვილია 1525 მოდელის ტუმბოთი და UV დეტექტორებით (2489). ანალიზები ჩატარდა UPLC სისტემის გამოყენებით და იონური ანალიზატორით. გამოყენებული იქნა C18 შებრუნებული ფაზის სვეტი (100×2.1 მმ, ACQUITE BEH C18, 1.7µm). გამსხნელად გამოიყენებოდა მეთანოლი და ეთილის აცეტატი (Merc, germania HPLC კლასი), ფაზების მომზადებისთვის კი 0,1% ჭიანჭველა მჟავა წყლით (გამსხნელი – აცეტონიტრილი 0,1% /ჭიანჭველის მჟავა), ნიმუშის მომზადებისათვის ღვინო კონცენტრირებული იყო 100-დან 90 მლ-მდე ვაკუუმით (არაუმეტეს 40 °C ტემპერატურაზე ალკოჰოლის მოცილებამდე). მიღებული ღვინის კონცენტრატი დაექვემდებარა Sep-pak C18 ფილტრზე გაფილტვრას. ელუაცია ჩატარდა წყლისა და 0,1% ჭიანჭველა მჟავის ნარევით. PDA-ს ფრაქციების ქრომატოგრაფია UPLCMS და შედეგების დამუშავება <https://metlin.scripps.edu> მონაცემთა ბაზით, ასევე გამოყენებული იქნა ლიტერატურული მონაცემები.

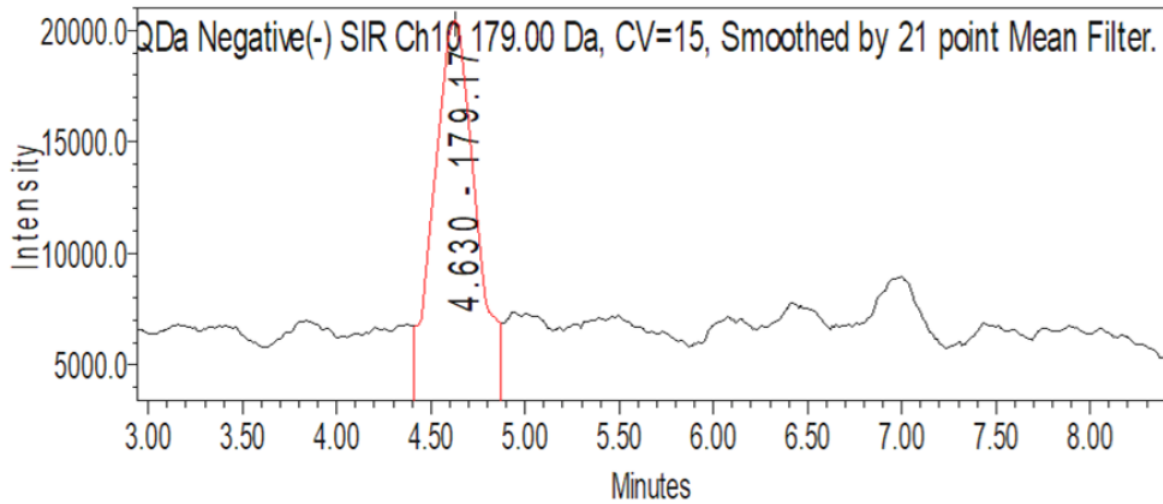
**ანალიზის შედეგები.** ღვინიდან სითხური ქრომატოგრაფიული ანალიზის მეთოდით იდენტიფიცირებული იქნა ფენოლმჟავები, შედეგები მოცემულია ცხრ. 1-ში, საიდანაც ჩანს, რომ:

- ნაერთი 1-მ/ზ 179, [M-H]<sup>-</sup>, -  $\lambda$  max 220,325; დაკავშირებულია კოფეინის მჟავასთან MW 180
- ნაერთი 2, რომლის -მ/ზ 311 [M-H] -  $\lambda$  max 328 -ემთხვევა კაფტარის Acid MW 312
- ნაერთი 3-მ/ზ 163, [M-H]-  $\lambda$  max 226,310-შეესაბამება p- კუმარინის მჟავას MW 164
- ნაერთი 4 მ/ზ 295, [M-H]- ფრაგმენტი მ/ზ 163 [M-H]-  $\lambda$  max 310- შეესაბამება p-კუტარის მჟავას, MW 296
- ნაერთი 5 მ/ზ 193, [M-H]- ფრაგმენტი მ/ზ 179 [M-H] -  $\lambda$  max 218,325-კორელაციაშია ფერულის მჟავასთან, MW 194
- ნაერთი 6 მ/ზ 325, [M-H]-, ფრაგმენტი მ/ზ 193 [M-H] -  $\lambda$  max 322-მიღებულია ფერტარინის მჟავასთან, MW 326
- ნაერთი 7 მ/ზ 169, [M-H]- ფრაგმენტი მ/ზ 125 [M-H] -  $\lambda$  max 217,272-დაკავშირებულია გალის მჟავასთან, MW 170
- ნაერთი 8 მ/ზ 153, [M-H]-, ფრაგმენტი მ/ზ 109 [M-H] -  $\lambda$  max 218,260-დაკავშირებულია პროტოკატეხინის მჟავასთან MW 154
- ნაერთი 9 მ/ზ 153, [M-H,  $\lambda$  max 213,332- წარმოადგენს Gentistic acid MW 154-თან
- ნაერთი 10 მ/ზ 167, [M-H]-, ფრაგმენტი მ/ზ 123 [M-H] -  $\lambda$  max 219,320-დაკავშირებულია ვანილის მჟავასთან MW 168
- ნაერთი 11 მ/ზ 197, [M-H]-, ფრაგმენტი მ/ზ 153 [M-H] -  $\lambda$  max 218,328-დაკავშირებულია Syringic acid MW 198
- ნაერთი 12 მ/ზ 353, [M-H], ფრაგმენტი მ/ზ 191 [M-H] -  $\lambda$  max 325- შეესაბამება ქლოროგენის მჟავას MW 354

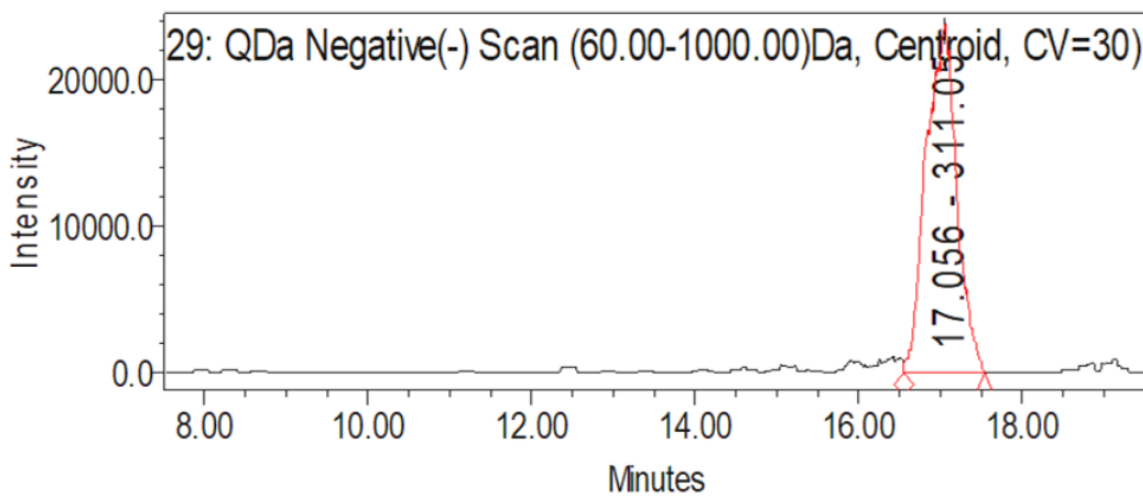


ცხრილი 1. ფენოლმუაგების MS, PDA დახასიათება

	ფენოლმუაგების დახასიელება	MW	m/z	Mz	Y max
			-	+	mn
1	კოფეინის მუაგა	180	179	181	220,325
2	კაფტარის მუაგა	312	311	313	328
3	p- კუმარინის მუაგა	164	163	165	226,310
4	p- კუტარის მუაგას,	296	295	297	310
5	ფერულის მუაგა	194	193	195	218,325
6	ფერტარინის მუაგა	326	325	327	322
7	გალის მუაგა	170	169	171	217,272
8	პროტოკატეხინის	154	153	155	218,325
9	გენტისის მუაგა	154	153	155	213,332
10	ვანილინის მუაგა	168	167	169	219,320
11	სირინგინის მუაგა	198	197	169	218,328
12	ქლოროგენის მუაგა	354	353	355	325



ნახ. 1. კოფეინის მუაგა



ნახ. 2. კაფტარის მუაგა

ჩვენს მიერ ფუნგიციდებით დამუშავებულ ტკბილში, ღვინოში და მის ლექში იდეტიფიცირებულია 12 ფენოლური მჟავა.

როგორც ცხრ. 1-ის მონაცემებიდან და ქრომატოგრამიდან ნახ. 1 და 2 (საილუსტრაციოდ მოტანილია მხოლოდ ერთი ნიმუშის ქრომატოგრამა, რომ არ გადაგვეტვირთა ნაშრომი) ჩანს სხვადასხვა ფენოლმჟავები ფუნგიციდებით დამუშავებულ ღვინოში არათანაბრად არის განაწილებული საცდელ და საკონტროლო ნიმუშებში და მათ ლექებში (ცხრ. 2). მათი შემცველობა ღვინის ლექში უფრო მაღალია (1,49 მგ/ლ), ვიდრე შესაბამის ღვინის ნიმუშებში. ეს მონაცემი ემთხვევა ლიტერტურულ მონაცემებს: ფენოლმჟავები შედიან ყურძნის ტკბილის შემადგენლობაში. ზოგიერთი მათგანი კი წარმოიქმნება ალკოჰოლური დუღილის დროს. ამიტომ ტკბილისა და ღვინის ფენოლმჟავების შედგენილობა განსხვავდება ერთმანეთისაგან. მითუმეტეს ღვინოში ისინი ეთერის სახითაა წარმოდგენილი. მაგ. ყავის მჟავა და კუმარის მჟავა ღვინის მჟავასთან. ასევე ფენოლმჟავები შესაძლებელია გახდეს აქროლადი ფენოლების წყარო. აღნიშნული მონაცემების მიხედვით ალკოჰოლური დუღილის შემდეგ ტკბილთან შედარებით მცირდება ღვინოში ფენოლმჟავების რაოდენობა. მეორე და ძირითადი მიზანი ღვინოში მათი შემცირებისა არის ის, რომ ისე, როგორც ფუნგიციდები ფენოლმჟავებიც ალკოჰოლური დუღილის დროს აღსორბეტირდებიან საფუარის ლექის უპრედის გარეკანზე და მათთან ერთად გადადიან ლექში.

ცხრილი 2. ფენოლმჟავების შემცველობა ღვინოში და ლექში, მგ/ ლ

ნიმუშების დასახელება	ტკბილი		ღვინო	ლექი	
	ფენოლმჟავა	ფუნგიციდი		ფენოლმჟავა	ფუნგიციდი
ბიო ღვინო	1,2	კვალი	0,70	0,45	–
ინდუსტრიული ღვინო	1,1	0,05	0,55	0,45	0,03
ინდუსტრიული ღვინო+ სუდფოლაკი					
ა. flavor 2000	1,12	3,0	0,30	0,45	1,0
ბ. Zymaflore f15;	1,13	3,0	0, 25	0,70	1,5
ინდუსტრიული ღვინო+კუპერვალი					
ა. flavor 2000	1,12	3,0	0,39	0,53	1,35
ბ. Zymaflore f15;	1,11	3,0	0,23	0,30	1,43
ინდუსტრიული ღვინო+კუპერნიკ სუპერი					
ა. flavor 2000	1,11	3,0	0,38	0,58	1,22
ბ. Zymaflore f15;	1,12	3,0	0,31	0,71	1,30
ინდუსტრიული ღვინო+ფალკონი					
ა. flavor 2000	1,09	3,0	0, 65	0,35	0,90
ბ. Zymaflore f15;	1,12	3,0	0,32	0,63	2,45

გამონაკლისს წარმოადგენს ნიმუში 19–20, სადაც ფუნგიციდი ფალკონის მოლიანი რაოდენობის 50%-იც ვერ გადავიდა ლექში და დარჩა ღვინოში. როგორც ჩანს მან ხელი შეუწყო ღვინოში ყავის მჟავისა და კუმარის მჟავის რეაქციას ღვინის მჟავასთან. შესაბამისად წარმოქმნა კაფტარისა და კუტარის მჟავები. ფენოლმჟავების დაჟანგვის პროდუქტმა გააუარესა ღვინის ხარისხი. კერძოდ, ფენოლმჟავები დაიჟანგა და წარმოიქმნა ქინონები, რაც ღვინის გაყვითლებას უარეს, შემთხვევაში კი გაყა-

ვისფერებას იწვევს. ეს მოვლენა ცუდად აისახება ღვინის ფერზე – ღვინოს მიეცა ზედმეტად გაყვითლებული ფერი, რაც დადასტურებული იქნა ღვინის სადგეუსტაციო მონაცემებით.

**დასკვნა.** ჩვენს მიერ შესწავლილი იქნა ფენოლმჟავების შემცველობა ტკბილში, ღვინოში და ლექში. ღვინის ფენოლმჟავებზე ფუნგიციდების გავლენის დასადგენად სითხური ქრომატოგრაფიული ანალიზის მეთოდით საცდელი (დამატებული იქნა ფუნგიციდები), საკონტროლო ღვინოებთან და მათი ლექებთან იდენტიფიცირებული იქნა: ფუნგიციდები და კოფეინის, კაფტარის, კუმარინის, კუტარის, ფერულის, ფერტარის, გალის, პროტოკატეხინის, იასამნის, ვანილინისა და ქლოროგენის ფენოლმჟავები.

ექსპერიმენტით დადგინდა, რომ: საცდელი, საკონტროლო ღვინის ნიმუშები და მათი ლექები ფენოლმჟავებს შეიცავენ განსხვავებული რაოდენობით. თვითნაღვნი დაწმენილ ტკბილში ფენოლმჟავების რაოდენობა მეტია, ვიდრე მათ ალკოჰოლური დუდილის შედეგად მიღებულ ღვინოში.

ფენოლმჟავებისა და ფუნგიციდების რაოდენობა იზრდება ლექში, რაც გამოწვეულია ალკოჰოლურ დუდილში მონაწილე საფუარების უჯრედის აღსორბირების უნარზე. ღვინოში არსებული ფენოლმჟავები და ფუნგიციდები აღსორბირდნენ საფუარის უჯრედის კედელზე და სენდემენტაციის პროცესით გადავიდნენ ღვინის ლექში.

ლექში ფენოლმჟავების რაოდენობა დამოკიდებულია საფუარის წმინდა კულტურის სახეობაზე. ფუნგიციდ ფალკონის შემთხვევაში – საფუარის წმინდა კულტურამ „flavor 2000“ ლექში გადაიტანა მხოლოდ 0,35 მგ/ლ ფენოლმჟავები, რაც უფრო მცირეა, ვიდრე ბიოღვინის 0,45 მგ/ლ მანვენებელი. ეს განსხვავება საფუარის წმინდა კულტურის „ფლავორ 2000“ მოქმედებით აიხსნება.

ფუნგიციდ ფალკონის შემთხვევაში – საფუარის წმინდა კულტურით „flavor 2000“ მიღებული ღვინო 2,71 მგ/ლ-ჯერ ნაკლებ ფუნგიციდს შეიცავს, ვიდრე ; საფუარის წმინდა კულტურით „Zymaflore f15“ მიღებული ღვინო.

#### ლიტერატურა

1. Abu-Amsha, R., Croft, K.D., Puddey, B., Proudfoot, J.M. and Beilin, J. (1996) Phenolic content of various beverages determines the extent of inhibition of human serum and low-density lipoprotein oxidation in vitro: identification and mechanism of action of some cinnamic acid derivatives from red wine, *Clinical Science*, 91: 449–458.
2. Frankel, E.N., Waterhouse, A.L. and Teissedre, P.L. (1995) Principal phenolic phytochemicals in selected California wines and their antioxidant activity inhibiting oxidation of human low-density lipoproteins, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 43: 890–894.
3. Jayaprakasha, G.H., Singh, R.P. and Sakariah, K.K. (2001) Antioxidant activity of grape seed (*Vitis vinifera*) extracts on peroxidation models in vitro, *Food Chemistry*, Vol. 73, p.285–290.
4. Gonzalez-Paramas, A.M.; Esteban-Ruano, S.; Santos-Buelaga, C.; De Pascual-Teresa, S. Rivas-Gonzalo, J.C. (2004) Flavanol content and antioxidant activity in winery byproducts. *J. Agric. Food Chem.*, Vol.52, p. 234-238.
5. Guendez, R.; Kallithraka, S.; Makris, D.P.; Kefalas, P.(2005) Determination of low molecular weight polyphenolic constituents in grape (*vitis vinifera* sp.) seed extracts: correlation with antiradical activity. *Food Chem.* Vol. 89, p.1-9.
6. Monagas, M.; Bartolome, B.; Gomez-Cordoves, C(2005) Updated knowledge about the presence of phenolic compounds in wine. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* Vol, 45, p. 85-118.
7. Ramos, R., Andrade, P. B., Seabra, R. M., Pereira, C., Ferreira, M. A., & Faia, M. A. (1999). A preliminary study of non-coloured phenolics in wines of varietal white grapes (codega, gouveio and malvasia fina); effects of grape variety, grape maturation and technology of winemaking. *Food Chemistry*, Vol 67, p. 39–44
8. Kennedy, J.A.; Matthews, M.A.; Waterhouse, A.L(2000) Changes in grape seed polyphenols during fruit ripening. *Phytochemistry* , Vol.55, p.77-85.
9. Kennedy, J.A.; Matthews, M.A.; Waterhouse, A.L(2002) Effect of maturity and vine water status on grape skin and wine flavonoids. *Am. J. Enol. Viticult.* Vol. 53, p. 268-278.
10. Rong-Rong Tian, Qiu-Hong Pan, Ji-Cheng Zhan, Jing-Ming Li, Si-Bao Wan, Qing-Hua Zhang and Wei-Dong Huang(2009) Comparison of Phenolic Acids and Flavan-3-ols During Wine Fermentation of Grapes with Different Harvest Times *Molecules* Vol. 14, p.827-838; doi:10.3390/molecules14020827.
11. Dokoozlian, N.K.; Kliewer, W.M.(1996) Influence of light on grape berry growth and composition varies during fruit development. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* Vol. 121, p. 869-874.

12. Bocco, A., Cuvelier, M.E., Richard, H. and Berset, C. (1998) Antioxidant activity and polyphenolic composition of citrus peel and seed extracts, Journal of Agricultural and Food Chemistry, Vol.46,p. 2123–2129.
13. Pérez-Magariño, S.; González-San José, M. L.(2006) Polyphenols and colour variability of red wines made from grapes harvested at different ripeness grade. Food Chem.,Vol. 96,p. 197-208
14. ს.დურმიშიძე, თ.ხაჩიძე. ვაზის ბიოქიმია. –თბილისი, მეცნიერება, 1985, 561 გვ.

## SUMMARY

### INFLUENCE OF FUNGICIDES ON PHENOLIC ACIDS IN WINE

Aleksidze G.N.

Georgian Technical University

For determination of the effect of fungicides on phenolic acids, control samples of wines (fungicides were added) and their sediment were analyzed using Liquid chromatography. Identification of phenolic acids was performed and changes in their content during the production of wine - were registered: Caffeic acid, Kaftar and cutaric acids, coumarin acid, ferulic acid, fertaric acid, gallic acid, protocatechuic acid, lilac acid, vanillic acid and chlorogenic acid. It was found that there is a difference in content of phenolic acids between wine and its sediment. Grape juice contains more phenolic acids than alcoholic fermented wines. But their concentration rises in sediment, which have to be cause of the ability of yeasts to adsorb substances on their cell. Phenolic acids were adsorbed on the cell of the yeast and moved to wine sediment by sedimentation. Concentration of phenolic acids in wine depends on type of yeast used. In case of samples with fungicide Falcon and using Yeast - „flavor 2000“ there was found 2,71 mg/l - times less fungicides than the wine made with yeast - „Zymaflore f15“.

**Keywords:** fungicides, phenolic acids, Liquid chromatography, column, identification

## ПОКРЫТОСЕМЕННЫЕ КАК ПАТОГЕНЫ РАСТЕНИЙ

Канчавели Ш.С., Павлиашвили К.М., Чачхиани-Анашавили Н.Р.

Научно-исследовательский центр Министерства сельского хозяйства Грузии  
Грузинский Технический Университет  
Государственный университет Акакия Церетели, Кутаиси

Паразитические виды встречаются в нескольких семействах покрытосеменных, однако лишь немногие из этих паразитов вызывают важные болезни хозяйственно-полезных растений. Имеются семейства, включающие, как полагают, одни только паразиты (например, *Rafflesiaceae*), но большинство семейств содержит как паразитические, так и непаразитические виды, по-видимому, связанные между собой. Паразиты растений встречаются главным образом в следующих семействах: *Loranthaceae*, *Convolvulaceae*, *Scrophulariaceae*, *Orobanchaceae*, *Lauraceae*, *Santalaceae* и *Balanophoraceae* [1].

Все изученные паразиты из группы покрытосеменных принадлежат к двудольным и поражают главным образом также двудольные, хотя некоторые из них паразитируют на злаках и голосеменных растениях. Некоторые паразиты отличаются узкой специализацией, тогда как другие, например *Cuscuta* и *Orobanche* поражают многие виды растений. Отдельным видом *Cuscuta* присоски паразита внедряются в его же собственные стебли; на *C. Americana* паразитируют другие виды того же рода [2].

Вред, причиняемый паразитами из числа покрытосеменных, не ограничивается непосредственным поражением их растений-хозяев; они способствуют также распространению вирусов, которые переходят с больного растения на здоровое через паразит, атакующего одновременно оба растения. Виды *Cuscuta* часто осуществляют такую передачу вирусов [3].

Нами изучен вопрос, касающийся диапазона паразитологических взаимоотношений и представителей сем. *Loranthaceae*. Оказалось что, некоторые виды из этого семейства на ранних стадиях ведут себя как паразиты, а затем переходят к самостоятельному образу жизни.

Паразит может зависеть от хозяина в большей или меньшей степени. Если у него имеются зеленые надземные побеги, то он, по своей вероятности, способен к фотосинтезу, а от хозяина получает воду и растворенные минеральные вещества. Это так называемые частичные паразиты. Виды у которых отсутствует хлорофилл, вынуждены получать от растения-хозяина и более сложные питательные вещества. Все они-облигатные паразиты в том смысле, что они не в состоянии расти без хозяина, хотя, как сказано выше, некоторые из них имеют активные корни, а отдельные виды ведут паразитический образ жизни только на ранних стадиях своего развития.

Заселение хозяина часто происходит при помощи специальных органов, напоминающих апрессорий гриба; из которых развиваются особые паразитические структуры-видоизмененные корни или выросты стебля. Не вполне ясно, каким образом паразит проникает в растение-хозяина. Вероятно, в большей части проникновение осуществляется за счет механического давления, развиваемого в процессе роста, но в некоторых случаях паразит, очевидно, размягчает ткани хозяина с помощью своих ферментов. После проникновения в организм растения-хозяина из паразитических структур развиваются гаустории. Они растут сквозь ткани растения-хозяина; при этом устанавливается контакт между сосудистыми элементами хозяина и паразита.

Нами установлено, что паразитические цветковые растения выделяют пектолитические и целлюлолитические ферменты, которые размягчают ткани растение-хозяина и облегчают продвижение гаусторий паразита. Степень поражения растение-хозяев варьирует от легкого основания в росте до сильной карликовости с выраженным хлорозом. При очень тяжелом поражении растений гибнут, что обуславливает соответствующие потери урожая.

Частичные паразиты в сравнении с полными обычно причиняют своим хозяевам меньше вред, хотя те из них, которые проникают в корни, могут долгое время оставаться под землей недели и даже месяцы,- и только после этого у них развиваются надземные органы. На протяжении всего этого длительного периода они ведут полностью паразитический образ жизни и сильно истощают растение-хозяина, которое к тому же и само находится еще на

ранних стадиях роста. Некоторые исследователи высказывают предположение, что *Striga asiatica* вырабатывает фитотоксичные вещества. Их доводы заключаются главным образом в том, что поражение растение-хозяина стригой бывает обычно слишком тяжёлым для того, чтобы его можно было объяснить присутствием в тканях хозяина немногих гаусторий паразита. Однако этот вопрос заслуживает более глубокого изучения. В гаусториях паразитических цветковых растений осмотическое давление очевидно, выше, чем в тканях растение-хозяина, и это, вероятно, облегчает паразиту всасывание питательных веществ. Многие другие аспекты паразитизма в этой группе патогенов всё ещё не ясны.

У некоторых паразитов из числа покрытосеменных, особенно у таких, как *Viscum*, плоды представляют собой сочные со слизистой мякотью ягоды. В этих ягодах содержится особое вязкое вещество-висцин. Птицы поедают ягоды и таким образом участвуют в распространении семян паразита. Вместе с птичьим полётом эти семена попадают на ветви других, здоровых растений, прорастают здесь и заражают растения. Клейкие семена карликовой, или можжевеловой, омелы с силой выбрасываются на расстояние почти до 10 м. У других видов образуются большие количества мелких семян, настолько мелких, что они, как пыль, разносятся ветром. Нередко эти семена имеют шероховатую поверхность, благодаря чему они могут прилипнуть к семенам растение-хозяина и распространяться вместе с ними. Особенно часто так обстоит дело с паразитами культурных растений. Например, семена бобовых и некоторых других культур иногда бывают загрязнены семенами повилики. Во многих странах мира продажа таких загрязнённых семян запрещена законом. Разработаны также методы их очистки.

Запас питательных веществ в мельчайших семенах некоторых паразитических растений очень невелик; созревание таких семян может происходить на протяжении ряда лет. В обычных условиях семена способны в течение многих лет сохраняться в почве в состоянии покоя. Прорастание их, очевидно происходит под действием корневых выделений некоторых растений, которые, однако, не обязательно являются хозяевами данного паразита. Такие стимуляторы прорастания были изучены для *Striga* и *Orobanche*, и были предприняты попытки сравнить их с факторами, стимулирующим выход из яйца личинок нематод. Постепенное созревание семян паразита и стимуляция их прорастания корневыми выделениями растений, несомненно, обеспечивают паразиту определённые преимущества, так как они повышают вероятность успешного заражения. Ещё одно полезное приспособление состоит в том, что семена паразита часто прорастают несколько позже, чем семена растение-хозяина, и вызревают нередко даже в случае преждевременной гибели этого последнего.

Описаны и различные другие пути распространения паразитических растений. У повилики, например, для перехода с больного растения на здоровое служат длинные, тонкие побеги, которые все время колеблются в воздухе как бы в поисках нового хозяина. Частицы сломанных стеблей, прилипающие к растениям, на которые они случайно попали, могут выполнять функцию органов вегетативного размножения. Семена паразитов разносятся потоками воды, распространяются вместе с частицами почвы, с навозом, переносятся с места на место сельскохозяйственными орудиями или на обуви людей, работающих в поле.

Некоторые виды паразитических растений имеют широкий круг хозяев, тогда как для других характерно определённая степень гостальной специализации. У нас имеются не менее двух разновидностей *Strigahermontica*: одна из них адаптирована к сорго, а другая к просо. Возможно, что существует несколько разновидностей европейской омели (*Victum*). Однако, вопрос в этот, вообще говоря, изучен слабо, и достаточно определённых данных о степени гостальной специализации паразитов из числа покрытосеменных у нас пока нет.

Для защиты от этих паразитов нужно провести следующие мероприятия (не все они, впрочем, применимы в любом случае).

1. Использовать следует только свободные от инфекции семена или посадочный материал.
2. Везде, где это возможно следует срезать паразитов с заражённых растений. (особенно это относится к деревьям).
3. Сильно поражённые деревья необходимо уничтожить.
4. Чтобы избежать накопления семян паразита в почве, следует применять севооборот.
5. Иногда полезно ввести культуры, способные играть роль «приманки». Такие культуры стимулируют прорастание семян паразита в почве, после чего сама приманочная

культура уничтожается, обычно путём запахивания (до начала цветения у паразита). Существует и более совершенная модификация этого способа: использование культуры, рассчитанной на искоренение паразита. Такая культура должна стимулировать и в то же время должна укрепиться и вступить в фазу цветения. Приманочные культуры приходится иногда высевать несколько раз подряд (на протяжении ряда лет), и лишь после этого удаётся добиться сколь-нибудь ощутимого снижения концентрации паразита в почве. Лучше было бы обработать почву какими либо веществами, способными вызвать преждевременное прорастание семян паразита в отсутствие восприимчивых растений; однако такие вещества пока еще не найдены.

6. Можно применять гербициды селективного действия, которые убивают паразита, но не влияют на растение-хозяина. Обнадеживающие результаты в смысле защиты от стриги были получены при опрыскивании почвы, содержащей семена паразита, гербицидами спустя 2–3 недели после посева сорго. Для паразита это наиболее уязвимый период; его семена уже проросли, но он еще не укрепился достаточно прочно в корнях растение-хозяина. Такой обработкой почвы удавалось добиться снижения пораженности растений стриги и повышения урожая, но не искоренения паразита, хотя не исключено, что повторными обработками (на протяжении нескольких лет подряд) можно было бы достичь и этого эффекта. Аналогичные методы, возможно, применимы также к некоторым другим паразитам из группы покрытосеменных, так что они заслуживают дальнейшего изучения.

7. С помощью подходящих удобрений можно иногда добиться того, что и заражённые растения дадут хороший урожай. Разумеется, это нельзя рассматривать как мероприятие по борьбе с паразитом; таким способом мы просто несколько уменьшаем причиняемый паразитом вред.

8. Можно выращивать устойчивые или толерантные сорта культурных растений, если такие сорта имеются. До сих пор работа по выведению подобных сортов не проводилась, хотя, как известно, отдельные сорта культурных растений различаются по своей восприимчивости к некоторым паразитическим растениям, и это обстоятельство очевидно, можно использовать для выделения устойчивых сортов. В настоящее время нам еще мало что известно о биохимических, физиологических и генетических основах устойчивости к паразитическим растениям.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Тарп С. Основы патологии растений. Перевод с английского М.: Мир, 1975, 587 с.
2. Lackey C. F. Phytopathology, 1986, 96, pp. 111-115.
3. Канчавели Ш.С. Основы патологии растений. – Тбилиси, Грифони, 2018, 663 с. (на груз. языке)

#### SUMMARY

##### ANGIOSPERMS AS PATHOGENS OF PLANTS

**Kanchaveli Sh.S., Pavliashvili K.M. and Chachkhiani-Anasashvili N.R.**

**Scientific Research Center of Georgian Ministry of Agriculture**

**Georgian Technical University**

**Akaki Tsereteli State University, Kutaisi**

It has been determined that in Georgia most cases of plant diseases are caused by 7 species of angiosperms resulting in plant weakening, growing retardation, chlorosis and in some cases dying of plants followed by destruction of harvest. Angiospermous parasites are dicotyledonous and they mostly infect dicotyledonous plants. The extent of parasitic relations of Loranthaceae species has been studied which determines that these species lead parasitic style of life at an early stage, later proceeding independent rules of life. It has been established that some angiospermous parasites are characterized by subspecialty while others possess wide range specialization. Angiospermous pathogens release pectolytic and cellulolytic enzymes which promote parasites to invade a plant and facilitate displacement of haustorium inside it. Combating measures against angiospermous pathogens have been developed to improve normal plant growing and get abundant harvest.

**Keywords:** dicotyledonous plants, detriment, parasites.



## ЭПИФИТОТИОЛОГИЯ ФИТОПАТОГЕННЫХ БАКТЕРИЙ И ИХ ПАЗАРИТИЧЕСКАЯ СПЕЦИАЛИЗАЦИЯ

Канчавели Ш.С., Павлиашвили К.М.

Научно исследовательский центр Министерства сельского хозяйства Грузии  
Грузинский Технический Университет

Бактерии передаются от больных растений здоровым различными путями. Опавшие зараженные листья переносятся с места на место ветром или поливными водами. Мельчайшие капельки, в которых содержатся бактерии, образуются при разбрызгивании капель дождя, попавших на больное растение; эти крошечные капельки подхватываются и разносятся ветром. Некоторые патогенные бактерии переносятся с одного растения на другое насекомыми, которые часто не только способствуют расселению бактерии, но и осуществляют инокуляцию. Человек распространяет патогенные бактерии во время таких работ, как косьба (именно так, например, распространяется возбудитель увядания люцерны *Corynebacterium insidiosum*, и при манипуляциях, связанных вегетативным размножением растений (например, при резке клубней) вряд ли можем иметь сколько-нибудь существенное значение; Бактериальные клетки в таких условиях должны быстро погибать от высыхания [1-3]. Перезимовка представляет иногда довольно сложную проблему для фитопатогенных бактерий. Бактерии, заражающие древесные породы, могут сохраняться живыми, хотя и в неактивном состоянии, внутри опухолей, местных некрозов, в галлах, почечных чешуях, в трещинах коры и в других местах, где они в достаточной мере защищены; иногда они погружены в слизь, и это обеспечивает им дополнительную защиту. Перезимовывают бактерии и в зараженных растительных остатках (особенно в одревесневших тканях), но эффективность этого способа зависит от того, как долго сами растительные ткани остаются живыми, что в свою очередь определяются климатическими условиями. Погода в период между двумя вегетационными сезонами влияет на активность почвенной микрофлоры и тем самым в значительной мере определяет выживание патогенов в растительных остатках; при сухой погоде эти остатки сохраняются дольше, а при тёплой и влажной погоде они быстрее гниют. Не следует забывать и о других организмах, уничтожающих растительные остатки, например о термитах.

Бактерии могут перезимовать в заражённых растениях, случайно оставшихся на поле во время уборки урожая (если это не облигатные однолетние растения), в осыпавшихся семенах, из которых в следующем году вырастают растения самосева, или в зараженных сорняках (главным образом многолетних), если у данной бактерии широкий круг хозяев. На все эти способы перезимовки бактерии также влияют погодные условия в зимний период. Загрязнённые или заражённые семена и посадочный материал играют важную роль не только в распространении, но и в перезимовке патогенных бактерий. Такие семена могут оставаться инфекционными на протяжении ряда лет. Если затем они при подходящих условиях прорастут, то из них развоятся больные растения, способные служить источником инфекции для соседних здоровых растений.

Возможно, что некоторые бактерии, вызывающие болезни корней, например *Agrobacterium tumefaciens*, могут выживать в почве, ведя сапрофитный образ жизни, правда, значения этого явления пока неясно.

Выделяют [4] три группы: 1) бактерии, которые выживают, но не размножаются в почве; к ним, вероятно, принадлежит *Pseudomonas solanacearum*; 2) бактерии, которые выживают, но утрачивают свою патогенность в почве, как например, *Agrobacterium tumefaciens* в кислых почвах, и 3) бактерии, которые выживают и размножаются в почве; многие из них, вероятно, являются сапрофитами, способными при определённых условиях поражать растения (впрочем, единого мнения на этот счёт нет). Большинство бактерий, поражающих надземные части растений, неспособно выживать в обычной почве в течение длительного времени. По-видимому, это следует объяснить антагонистическими эффектами и невозможностью конкурировать с сапрофитами из-за недостающего питательного вещества; в стерильной почве эти бактерии выживают в течение более продолжительного срока. Выживание в почве, несомне-

нно, зависит от погодных условий, поскольку эти условия влияют на активность других почвенных микроорганизмов.

Немногие виды бактерии перезимовывают в организме насекомых-переносчиков (например, *Erwinia tracheiphila*, для которых переносчиками являются жуки из рода *Diabrotika*), однако такой способ выживания встречается редко. Неизвестно, размножаются ли бактерии в организме переносчика, причиняют ли они ему какой-либо вред и существуют ли какие-нибудь биологические взаимосвязи между этими двумя организмами.

Нами установлено, что фитопатогенные бактерии можно более или менее легко выращивать на сравнительно простых культуральных средах, например на питательном агаре. Многие из них являются неспециализированными паразитами, у других круг хозяев хотя и широк, но все же ограничен, а третьи вообще поражают лишь немногие близкие виды растений, т.е. отличаются весьма высокой специализацией. Так, *Xanthomonas malvacearum* поражает только виды *Gossyrium* и, возможно, ещё одного или двух родов сем. *Malvaceae*. Виды бактерий широким кругом хозяев, по всей вероятности, состоят из ряда штаммов, каждый из которых паразитирует на ограниченном числе растений. Проблема осложняется тем обстоятельством, что мы до сих пор не имеем удовлетворительного определения самого понятия „вида“ у этой группы организмов. В прошлом так называемые виды бактерий устанавливали по растениям-хозяевам; например, *Xanthomonas pelargonii* и *X. geranii*, паразитирующие соответственно на пеллагони и на герани, принято считать разными видами, хотя они, по-видимому, идентичны. Некоторые бактерии, описываемые в настоящее время как разные виды, правильнее считать специализированными формами более крупных видов, состоящих из нескольких штаммов, которые различаются по своей паразитической специализации. Возможно что эту проблему будет легче решить при помощи современной техники, которое позволяет оценить общее сходство организмов на основе многих признаков.

Существует некоторое число бактерий, способных поражать грибы. К ним относятся *Pseudomonas tolaasii*, *Erwinia carotovora* и *Bacillus nolumixa*, паразитирующие на шляпочных грибах (например, на видах *Agaricia*), и *Xanthomonas uredovorus*, поражающий уредоспоры ржавчинных грибов [5]. Не вполне ясно, какую роль играют бактерии, обнаруживаемые иногда открытых в сорусах головневых грибов; Возможно, некоторые из них являются антагонистами возбудителей головни. Имеются много сообщений о паразитической специализации фитопатогенных бактерий.

Бактерии, в том числе и фитопатогенные, отличаются крайне высокой изменчивостью. Новые биотипы возникают у них в результате мутаций рекомбинаций и некоторыми другими путями. Нередко это сопровождается появлением или, наоборот, утратой патогенности. Некоторые патогенные бактерии в культуре обычно утрачивают патогенность, но часто вновь приобретают её после пассажей через растение-хозяина. Патогенность часто удаётся повысить путём повторных пассажей через устойчивые формы растений и, наоборот, снизить проведя пассажи высоко восприимчивых формах. Возможно, это частично объясняется избирательным выживанием тех рас, которые лучше приспособлены к данному растению. Имеются также данные о том, что некоторые бактерии могут быть «приучены» атаковать новых хозяев. Культуры нескольких видов *Xanthomonas*, в том числе *Xanthomonas Junglandis* (из греческого ореха), *Xanthomonas malvacearum* (из хлопчатника) и *Xanthomonas begonia* (из бегонии), приобрели патогенность в отношении растений фасоли после четырёх последовательных пассажей на растениях этого вида. Трудно сказать, насколько часто может такое явление происходить в поле. Сапрофит *Aerobacter cloacae* превращается в паразита *Erwinia tracheiphila* (возбудитель увядания огурца) под действием экстрактов из огуречных тканей или препаратов ДНК этого растения, а патогенные штаммы *Agrobacterium tumefaciens* могут, по-видимому, превращаться в непатогенный *A. radiobacter* под влиянием различных веществ, таких как экстракты из ткани корневого рака, убитая нагреванием суспензии клеток *A. tumefaciens* или неочищенная нуклеиновая кислота этой последней бактерии [6]. Патогенность бактерии нестабильный признак; по всей вероятности, на неё влияет растение, с которым связана данная бактерия. Возможно, что растение передаёт бактерии какой-то генетический материал и тем самым изменяет её патогенность.

Таким образом, фитопатогенные бактерии распространяются разными путями. На этот процесс влияют климатические условия. Специализированные формы более крупных видов, состоящих из нескольких штаммов различаются по своей паразитической специализации.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Crosse J. E. – Ann. Appel. Biol., 1987, 47, 306.
2. Канчавели Ш.С. Основы патологии растений. – Тбилиси, Грифони, 2018, 663 с. (на груз. языке)
3. Thind B. S. Phytopathogenic Bacteria and Plant Diseases 2019, CRC Press 398 pp .
4. Горленко М.В. Краткий курс иммунитета растений к инфекционным болезням. -М.: Высшая школа, 1983, 366 с.
5. Pon D.S., Townsend C.E., Wessman G.E. Schmitt C.G., Kingsolver C.H. Phytopatology, 1984, 74, 707.
6. Starr M.P. A. Rev. Microbiol., 1989, 13, 211.

#### SUMMARY

#### EPITHETOLOGY OF PHYTOPATHOGENIC BACTERIA AND THEIR PARASITIC SPECIALIZATION

**Kanchaveli Sh.S. and Pavliashvili K.M.**

**Scientific Research Center of Georgian Ministry of Agriculture**

**Georgian Technical University**

The work contains several items about characteristics of phytopathogenic bacteria, their spreading, wintering and their relation to environmental conditions. It has been determined that they can more or less easily grow in the areas of nutritional support, for instance on agar; they can spread with the help of infection source in different ways; the main problem for them is wintering and keeping themselves between two periods of plant vegetation. Wintering process of phytopathogenic bacteria takes place not only in plants, but also in plant wastes and in the soil. Changeability is characteristic for them, thus pathogenesis is not stable state for them. They are sensitive to natural environment and may rapidly die of dryness and effect of sun radiation. Many species of phytopathogenic bacteria are considered as nonspecialized parasites, which can disease only similar species of plants. Specialized forms of great amount of species, consisting of several strains, are different with their parasitic specialization.

**Keywords:** epiphytotiology, bacteria, diseases.

**ტუჩის ბალზამის (საცხის) რეცეპტურის შემუშავება საფარავის ჯიშის ყურძნის წიპწის გამოყენებით**

დევდარიანი ნ.გ., წერეთელი თ.მ.

**საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი**

კოსმეტიკური ნაწარმის რეცეპტურის შემუშავებისას მნიშვნელოვანია მცენარეული ექსტრაქტების ბიოლოგიურ აქტიურობასთან ერთად, ტექნოლოგიური თვისებების გათვალისწინება. კოსმეტიკური ნაწარმის რეცეპტურის შემუშავებისას აუცილებელია ცხიმოვანი ფაზის დაცვა დაუანგვისგან. პირველ რიგში ეს ეხება ცხიმსანთლიან ფუძეზე მიღებულ ნაწარმს, რომლის რეცეპტურა მთლიანად შედგება ცხიმოვანი კომპონენტებისგან, ხოლო წარმოების ტექნოლოგიური პროცესი გათბობის სტადიას რთავს 80–85 °C-მდე, რაც აჩქარებს დაუანგვის პროცესს. ასეთი ნაწარმის რეცეპტურა ასევე შეიძლება შეიცავდეს არაორგანულ პიგმენტებს (რკინის ოქსიდები), რომელიც ინიციატორია ცხიმების დაუანგვის. ამდენად, მიზანშეწონილად ჩავთვალეთ ცხიმსანთლიანი ფუძის კოსმეტიკური ნაწარმის შედგენილობაში ტექნოლოგიური დანამატის სახით (ანტიოქსიდანტი) ყურძნის ექსტრაქტის გამოყენება [1,2]

რეცეპტურის სახით შეირჩა ტუჩის ბალზამის შედგენილობა, რაც განპირობებული იყო იმით, რომ ის პრაქტიკულად სრულად შედგება ნატურალური ცვილისა და ზეთისგან, რომელიც იცავს ცხიმოვან ფუძეს დაუანგვისგან.

შედგენილობაში შეყვანილია კაკოს ცხიმი, ფუტკრის სანთელი, წიპწის ცვილი და წიპწის ზეთი.

თაფლის სანთელი უზრუნველყოფს ტუჩის ბალზამის რბილ წასმას, კაკოს ცხიმი, წიპწის ზეთი არბილებს, კვებავს და იცავს ტუჩის კანის მგრძობელობას.

წყლის აბაზანაზე აღდგენ თაფლის სანთელს და კაკოს ცხიმს, გადმოდგამენ აბაზანიდან და ამატებენ ყურძნის წიპწის ცვილს და წიპწის ზეთს. ყურძნის წიპწის ოპტიმალური რაოდენობის განსასაზღვრავად შეირჩა ნიმუშები ცხრ. 1 წარმოდგენილია ტუჩის ბალზამის რეცეპტურა

**ცხრილი 1. ტუჩის ბალზამის (საცხის) რეცეპტურა**

ინგრედიენტები	1	2	3	4
თაფლის სანთელი, %	15,0	20,0	20,0	20,0
კაკოს ცხიმი, %	5,0	10,0	10,0	10,0
ყურძნის წიპწის ცვილი, %	30,0	25,0	35,0	35,0
წიპწის ზეთი, %	30,0	30,0	35,0	35,0
ვიტამინი E, %	0,5	0,5	0,5	–
სურნელი, %	0,3	0,3	0,3	0,3

მიღებული ნიმუშების ანალიზი ჩატარდა ორგანოლექტიკურ და ბიოქიმიურ ქიმიურ მანქანებზე (ცხრ. 2 და 3).

**ცხრილი 2. ბიოლოგიურად აქტიური ექსტრაქტის ორგანოლექტიკური მასასიათებლები 12-თვიანი შენახვის შემდეგ სტანდარტულ პირობებში**

მანქანებელი	საექსტრაქციო ნედლეულის სახე წიპწა, კანი
აგრეგატული მდგომარეობა	ფაფისმაგვარი მასა
ფერი	მუქი შვინდისფერი, ბორდოსფერი
სუნი	ნაყოფის, სპირტის სუსტი სუნი

ჩატარებულმა კვლევამ აჩვენა, რომ რეცეპტურაში ყურძნის წიპწის შეყვანა არ მოქმედებს მის ორგანოლექტიკურ თვისებებზე, რაც დადებითად აისახება მის მდგრადობაზე დაუანგვის მიმართ.

მიღებული მონაცემების საფუძველზე შესაძლებელია ტუჩის ბალზამში როგორც კლასიკური ანტიოქსიდანტების (ვიტამინ E) შეყვანა, ასევე დამზადება მის გარეშე.

ტუჩის ბალზამის რეცეპტურის შედგენილობაში ერთდროულად ყურძნის წიპწისა და 0,5 % რაოდენობით ვიტამინი E შეყვანა ზრდის მზა პროდუქციის მოხმარების ვადის ხანგრძლივობას 25%-მდე, შედარებით ტუჩის ბალზამისა, რომელიც მიღებულია კლასიკური რეცეპტით, რომელიც შიცავს მხოლოდ ვიტამინი E.

**ცხრილი 3. ყურძნის წიპწის (კანის) ბიოქიმიური მაჩვენებლები**

მაჩვენებელი	წიპწის კანი
ცილა, მგ/სმ <sup>3</sup>	6,40±0,05
საერთო აზოტი, მგ/სმ <sup>3</sup>	1,05±0,03
მჟავიანობა, %	14,30±0,15
ვიტამინი E	მონაწილეობს
ფლავანოიდები, %	1,50±0,05
ფენოლური ნივთიერებები, მგ/სმ <sup>3</sup>	1,85±0,08

მიღებული ექსტრაქტების ორგანოლექტიკურ და ფიზიკურ-ქიმიური მაჩვენებლების ხარისხის ცვლილების გათვალისწინებით, დადგინდა გამოყენების ვადა, რომლის დროს შენარჩუნებულია მათი მაღალი სამომხმარებლო თვისებები. წიპწის ექსტრაქტისთვის – 20 დღე, 5 °C ტემპერატურაზე მშრალ, სინათლისგან დაცულ ადგილას (ცხრ. 4).

**ცხრილი 4. საცდელი ნიმუშების ორგანოლექტიკური და ფიზიკურ-ქიმიური მაჩვენებლები**

მაჩვენებელი	საკონტროლო	1	2	3	4	5
ექსტრაქტის შემცველობა %	–	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0
გარეგანი სახე	ერთგვაროვანი მასა მინარეგების გარეშე					
ფერი	მოვარდისფერო, მუქი შეფერილობით					
სუნი	აღნიშნული ნიმუშისთვის დამახასიათებელი					
წყლის და აქროლადი ნივთიერებების შემცველობა, %	68,21	70,11	67,82	68,54	66,41	67,52
კოლოიდური სტაბილურობა	სტაბილური	სტაბ	სტაბ	სტაბ	სტაბ	სტაბ
თერმოსტაბილურობა	სტაბილური	სტაბ	სტაბ	სტაბ	სტაბ	სტაბ
pH წყალბადის მაჩვენებელი	7,2	6,82	6,81	6,39	6,11	5,78

გამოვლენილია, რომ ყურძნის ცვილის ზეთიანი ექსტრაქტის დამატება არ მოქმედებს ნიმუშის კოლოიდურ და თერმოსტაბილურობაზე, pH იკლებს რეცეპტურაში ექსტრაქტის კონცენტრაციის გაზრდით, ხოლო, ნიმუში იღებს მუქ შეფერვას.

მიღებული მონაცემების საფუძველზე დადგინდა, რომ ყურძნის წიპწის შეყვანა კოსმეტიკური ნაწარმის რეცეპტურაში აკმაყოფილებს, როგორც პროდუქტის კარგ ფუნქციურ თვისებებს, ასევე დადებითად აისახება მზა პროდუქტის მდგრადობაზე დაუანგვის მიმართ, რაც იძლევა გამოყენების ვადის გახანგრძლივების საშუალებას.

დასკვნა

შემუშავებულია საფერავის ჯიშის ყურძნის წიპწის ექსტრაქტის გამოყენებით კოსმეტიკური ტუჩის ბალზამის (საცხის) მიღება და მისი წარმოების ტექნოლოგია.

ბიოქიმიური ანალიზით დადგენილია, ყურძნის წიპწის მაღალი ანტიოქსიდანტური აქტიურობა, მდგრადობა სინათლისა და ტემპერატურის ზემოქმედებისას.

დადგენილია, რომ ყურძნის წიპწის ექსტრაქტის ჩართვა კოსმეტიკური ნაწარმის რეცეპტურაში დადებითად აისახება მზა პროდუქციის მდგრადობაზე დაჯანგვის მიმართ, რაც ზრდის პროდუქტის გამოყენების ვადის ხანგრძლივობას.

#### ლიტერატურა

1. ნ. ბოკუჩავა, დ. ჯინჭარაძე. სამკურნალო-კოსმეტიკური საშუალებები. –თბილისი, ტექნიკური უნივერსიტეტი, 2017, 169გვ.
2. Пучкова Т.В. Основы косметической химии, М.ООО „Школа косметических химиков.. 2011,408 стр. Глава 15, Пигменты,наполнители и красители сс. 241-245.
3. Герд, Кутц Косметические кремы и эмульсии: состав, получение, методы испытаний. Перевод с немецкого А.С. Филиппова, под редакцией д.х.н. М.Ю. Плетнева. ООО «Фирма Клавель». – М.: Издательский дом «Косметика и медицина», 2004, 272 с.
4. Carini, M. The protection of polyunsaturated fatty acids in micellar systems against UVB-induced photo-oxidation by procyanidins from Vitis Vinifera L., and the protective synergy with vitamin E / M. Carini, R.M. Facino, G. Aldini, M.T. Calloni, E. Bombardelli, P. Morazonni // Intl J Cosmetic Sci. – 1998, 20, pp. 203-215.
5. Quideau, S. Plant Polyphenols: Chemical, Biological Activities, and Synthesis / S. Quideau, D. Deffieux, C. Douat-Casassus, L. Pouységu // Angewandte Chemie Int. Ed. 2011, 50, pp. 586-621.

#### SUMMARY

#### PAPER DEALS WITH LIP BALM (CREAM) RECIPE DEVELOPMENT WITH USE OF SAPERAVI GRAPE SEED

Devdariani N.G. and Tsereteli T.M.

Georgian Technical University

The cosmetic lip balm was made by using Saperavi grape seed extract and the technology of its production. Biochemical analysis has established high antioxidant activity of grape seed, resistance to light and temperature. It has been established that the inclusion of grape seed extract in the recipe of cosmetic products has a positive effect on the corrosion resistance of the finished product, which increases the shelf life of the product.

**Keywords:** saperavi, extract, grape seed

პალიასტომის ტბის ტალახიდან ბიოლოგიურად აქტიური ნივთიერებების  
გამოყოფა და მათი სამკურნალო-კოსმეტიკური მიზნით გამოყენების  
შესაძლებლობა

კარგარეთელი გ.თ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

უხსოვარი დროიდან ადამიანები იყენებდნენ ბუნებრივ ტალახებს-პელოიდებს სხვადასხვა დაავადებების სამკურნალოდ. იგი ეკოლოგიურად სუფთა, იაფი, მარტივად გამოსაყენებელი ნედლეულია. მას გააჩნია სამედიცინო და კოსმეტიკური აპლიკაციების გამოყენების ფართო სპექტრი, შეიცავს ყველა საჭირო ბიოლოგიურად აქტიურ ნივთიერებასა (ბან) და მინერალს. ზოგი მათგანი ანტიბიოტიკების მსგავსია და შეუძლია ბიოლოგიურად აქტიური ნივთიერებების, მინერალების გამოყოფის პროცესის დაჩქარება და პათოგენური ბაქტერიების აღმოფხვრა. ეს პრაქტიკა გრძელდება დღესაც. ეფექტური პრეპარატები მიღებულია ნატურალური ტალახებისა და თიხების გამოყენების საფუძველზე. ისინი ინარჩუნებენ ნედლეულის ბიოლოგიურად აქტიური ნივთიერებების მთელ კომპლექსს, კარგად ინახება ჩვეულებრივ პირობებში, მარტივია დოზირებისა და ტრანსპორტირებისთვის, ხელმისაწვდომია საშინაო პირობებში გამო-საყენებლად. პრეპარატები მიიღება ეკოლოგიურად სუფთა ტექნოლოგიით, არ საჭი-როებს დიდ მატერიალურ ხარჯს.

საქართველოს ბუნებრივი რესურსების გამოყენებას აქვს როგორც პრაქტი-კული, ასევე სოციალური დატვირთვა. ამ მიმართულებით გამოირჩევა საქართველოს საკურორტო და ტურისტული ბაზები, რომლის განვითარება და გამოყენება დაკავში-რებულია ძვირფას ბუნებრივ გეოგრაფიულ მდებარეობასთან.

დასავლეთ საქართველოს, პალიასტომის ტბის შესაძლებლობების მაქსიმალური გამოყენება თანამედროვე ბალნეოლოგიაში, მედიცინაში, ფარმაციაში და კოსმეტო-ლოგიაში არსებული პრობლემის გადაჭრის მნიშვნელოვანი საკითხია. იმისათვის, რომ განვახორციელოთ რეგიონისთვის ამ ბუნებრივი კომპლექსის გამოყენება, საჭიროა ჩატარდეს მცირე დანახარჯიანი გადამუშავების ტექნოლოგიური ღონისძიებები.

პალიასტომის ტბის ბიოლოგიური შედგენილობა მჭიდრო კავშირშია ფორმი-რების პირობებთან და მნიშვნელოვნად განსაზღვრავს ტალახის როგორც ქიმიურ შედგენილობას, ასევე სამკურნალო თვისებებს.

პალიასტომის ტბის ტალახის ორგანული შედგენილობის დეტალური შესწავ-ლით მიღებულმა ბიოლოგიურად აქტიურ ნივთიერებებმა განაპირობა ტალახის მოქმედების მექანიზმის ახლებური აღსნა და დასახა მისი სამკურნალო მიზნით გამოყენების პერსპექტივა.

სამკურნალო ტალახის ბიოლოგიური შედგენილობის განხილვისას, საჭიროა განსაკუთრებით გამოვყოთ მიკროორგანიზმების როლი. ტალახის მიკროფლორა ასრულებს მთავარ როლს მკვდარი მცენარეებისა და ცხოველების დაშლასა და გადამუშავებაში.

დადგენილია, რომ ტალახის შედგენილობაში შემავალი მიკროორგანიზმები გამოყოფს ანტიბაქტერიული ტიპის ფისოვან ორგანულ ნივთიერებებს (პენიცილინ-სტრეპტომიცინის მსგავს), რომელთა მონაწილეობით აიხსნება ანტიბაქტერიული თვისებები [3].

პელოიდების სფეციფიკურობა გამოიხატება სასარგებლო მიკრობების დიდ რაოდენობაში. ზოგიერთი მათგანი, ანტიბიოტიკების მსგავსად, თრგუნავს ავადმ-ყოფობის გამომწვევ მიკრობებს, სხვა აჩქარებს ტალახის ორგანული ნივთიერებების გახრწნის პროცესებს, ამით აძლიერებს ტალახის სამკურნალო თვისებებს.

პელოიდისათვის დამახასიათებელია მიკროორგანიზმების ფიზიოლოგიური ჯგუფები, მათ შორის აქტინომიცეტები, რომლებიც პროდუცირებენ ანტიბიოტიკებს. ისინი აქტიურ წინააღმდეგობას უწევენ დაავადების გამომწვევ ბაქტერიებს, წარ-მატებით უმკლავდებიან პათოგენურ მიკროფლორას, აქრობენ ანთებით პროცესებს, ისე რომ არ აზიანებენ სასარგებლო მიკროფლორას.



ცნობილია, რომ შავი ტალახი წარმოიქმნება ტუტე გარემოში. ამასთან, დიდი მნიშვნელობა აქვს ამიაკის წარმოქმნას ლპობის პროცესში და ამ მიკროორგანიზმების შესწავლას.

პალიასტომის ტბის ტალახში აღმოჩენილია ამონიფიცირებული ბაქტერიების უმრავლესობა (103–106). დენიტრიფიცირებული ბაქტერიები რიცხობრივად იგივეა, რაც ამონიფიცირებული ბაქტერიები. ამონიფიცირებული და დენიტრიფიცირებული ბაქტერიები გამოვლენილია შემოდგომაზე 100 და 1000-ჯერ მეტი, სულფატრედუცირებულის 10 და 100-ჯერ, თიონური და ცხიმოვანი მჟავები 10-ჯერ მეტი, ვიდრე ზამთარსა და გაზაფხულზე. გოგირდშემცველი ორგანული ნაერთების დაშლისას ბაქტერიები აღმოჩენილია პალიასტომის ტბის ტალახში (105–107).

შემუშავებულია პელოიდების ორგანულ ნივთიერებათა ქიმიური შედგენილობის გამოყოფის, დაყოფის, რაოდენობრივი განსაზღვრისა და იდენტიფიკაციის მეთოდები [4]. პალიასტომის ტბაში ნაპოვნია ნახშირწყალბადები, აქროლადი ცხიმოვანი მჟავები, მინერალური ნივთიერებები (ცხრ. 1).

ცხრილი 1. ორგანული კომპონენტების ძირითადი ჯგუფური შედგენილობა პალიასტომის ტბის ტალახში (აბსოლუტურ ერთეულებში და %).

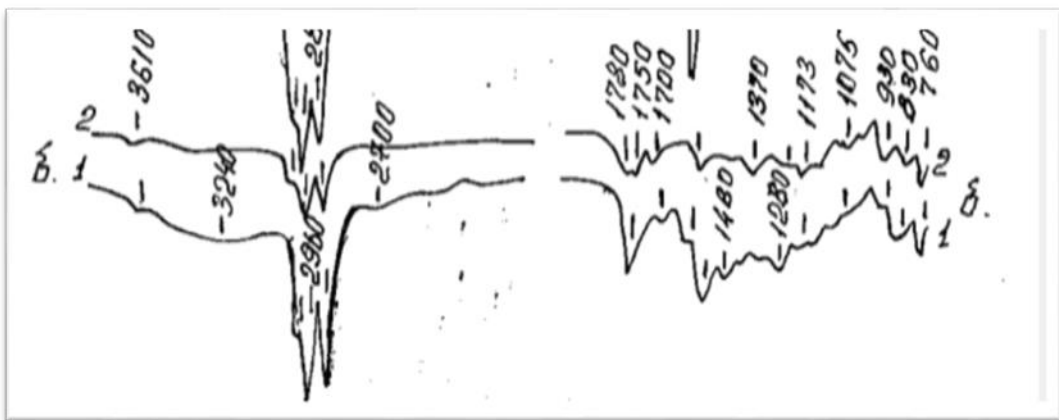
ნიმუში	ნავთობიანი კომპონენტები (ნახშირწყალბადები, ფისები, ასფალანტები)		ჰუმინური და ფულვომჟავები		ორგანული მჟავები მკგ- ექვ/გ მშრალ ტალახზე	
	მგ/გ	%	მგ C/გ	%	მკგ-ექვ/გ	%
პალიასტომის ტბის ტალახი	0,3	0,5	27	69	260	19

პალიასტომის ტბის ტალახში ნავთობიანი კომპონენტები არ გვხვდება. ნახშირწყალბადების უმნიშვნელო რაოდენობა 0,3 მგ/გ ბიოგენური წარმოშობისაა.

მჟავა ბუნების ნივთიერებები ძირითადად წარმოდგენილია აქროლადი და არააქროლადი ცხიმოვანი ორგანული მჟავებით, ნაჯერი და უჯერი ოქსი და კეტომჟავებით. მათი შემცველობა შეადგენს 260 მკგ-ექვ/გ.

თვისებრივად ათქქმს მეთოდით აღმოჩენილია მაღალმოლეკულური ცხიმოვანი მჟავების – პროსტაგლანდინების ფართო სპექტრი (ძირითადად ნახშირბადის ატომის ლუწი რიცხით C<sub>14</sub> – C<sub>20</sub>), რომელთა ბიოლოგიური აქტიურობა უდავოა.

შთანთქმის იწ-სპექტრის საშუალებით შესაძლებელია ტალახის ექსტრაქტის შედგენილობის მსოლოდ საორიენტაციო დადგენა. ჩვენი აზრით, ტალახში შემავალი ორგანული ინგრედიენტები მრავალფეროვანია. ძირითადად, შეიცავს ნახშირწყალბადების ფრაგმენტებს, ორგანულ მჟავებსა და მათ წარმოებულებს, ფენოლებს.

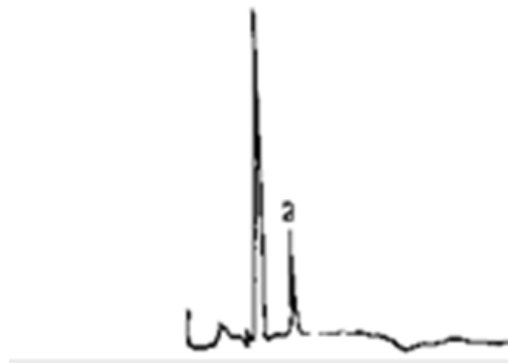


ნახ.1. პალიასტომის ტბის ტალახისა და მისი ხსნარის ექსტრაქტების შთანთქმის იწ-სპექტრები

პალიასტომის ტბის ორგანულ ნივთიერებათა ბუნებისა და ქიმიური შედგენილობის გაშიფრისათვის გამოყენებულ იქნა სითხე აირის და მაღალეფექტური ქრომატოგრაფიის, ინფრაწითელი სპექტრომეტრიის მეთოდი (ნახ.1).

მიღებული მონაცემებით და საინფორმაციო წყაროებში მოპოვებული მასალის გათვალისწინებით, შეიძლება დავასკვნათ, რომ შთანთქმის იწ-სპექტრების საშუალებით შესაძლებელია ტალახის ექსტრაქტის შედგენილობის მხოლოდ საორიენტაციო დადგენა. ჩვენი აზრით, ორგანული ინგრედიენტები მრავალფეროვანია, ძირითადად, შეიცავს ნახშირწყალბადების ფრაგმენტებს ორგანულ მჟავებსა და ფენოლებს.

პოლიციკლური ნახშირწყალბადების შესწავლა მეტად მნიშვნელოვანია, რადგან მიეკუთვნება ყველაზე გავრცელებულ და საშიშ ნივთიერებათა რიცხვს, რომელთა უმრავლესობა ხასიათდება მაღალი ტოქსიკურობით და კანცეროგენულობით. პოლიციკლური არომატული ნახშირწყალბადების ანალიზი ჩატარდა მაღალეფექტური თხევადი ქრომატოგრაფიის მეთოდით. თვისებრივ შედგენილობასთან ერთად, მიღებულია რაოდენობრივი შედგენილობის მონაცემები. პალიასტომის ტბაში აღმოჩენილია მცირე რაოდენობით მხოლოდ აცენაფტენ ფლუორენი 0,2 მკგ/გ მშრალ ტალახში ნახ.2



ნახ.2. პალიასტომის ტბის ტალახიდან გამოყოფილი პოლიციკლური არომატული ნახშირწყალბადების ქრომატოგრამა

ნახაზიდან ჩანს, რომ ყველაზე დიდი რაოდენობით გავრცელებულია პირენი, რომელიც არ ემორჩილება ანტროპოგენურ ზემოქმედებას. მისი არსებობა ადასტურებს, ბიოგენური გზით წარმოიქმნის შესაძლებლობას.

პალიასტომის ტბის ტალახის ორგანული შედგენილობის დეტალური შესწავლის შედეგად მიღებულმა მონაცემებმა განაპირობა ტალახის მოქმედების მექანიზმის ახლებური ახსნა და დასახა პალიასტომის ტბის სამკურნალო მიზნით გამოყენების შესაძლებლობა.

#### ლიტერატურა

1. Бокучава Н. В. Лечебные грязи Грузии. -Тбилиси, ГТУ, 2009, 150 с.
2. Лечебное применение пелоидов и препаратов на их основе. Сб. науч. тр. Томск, 1988, с.135.
3. М. Микая, Н Спиранти, Бокучава Н, Природные грязи Грузии и опыт их применения с лечебно-косметической целью Кавказа, №1(2). -Тбилиси, 2006, с. 83-84.
4. ნ.ბოკუჩავა. საქართველოს სამკურნალო ტალახები. –თბილისი, სტუ, 2009, 150გვ.

#### SUMMARY

#### EXTRACTION OF BIOLOGICALLY ACTIVE SUBSTANCES FROM THE MUD OF PALIASTOM LAKE AND THE POSSIBILITY OF THEIR USE FOR MEDICINAL-COSMETIC PURPOSES

Kargareteli G.T.

Georgian Technical University

The data obtained as a result of a detailed study of the organic composition of Lake Paliastom mud provided a new explanation of the mechanism of action of mud and suggested the possibility of using Paliastom Lake for therapeutic purposes.

**Keywords:** peloidoterapia, application, biogenic, amonified.

ჰანის ქედის ბენტონიტური ფარადი თიხების ფიზიკურ-ქიმიური თვისებების  
შესწავლა და მათი გამოყენება მედიცინასა და კოსმეტიკაში

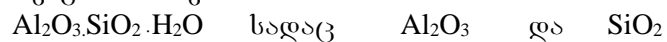
ჯოლოგუა მ.ა.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

თანამედროვე მედიცინასა და კოსმეტიკაში ერთერთ აქტუალურ პრობლემას წარმოადგენს ორგანიზმზე გარემოს მავნე ნივთიერებების მოქმედების შემცირება და მათი მოქმედების გაუვნებელყოფა. ცნობილია, რომ ამ მიზნით ფართოდ გამოიყენება სხვადასხვა სახის თიხები. თიხა შეადგენს დედამიწის ქერქის 50%-ს. მისი ასაკი მრავალ მილიონ წელს ითვლის.

საქართველოში ჩატარებულმა ფართო მასშტაბიანმა კვლევამ ცხადყო, რომ ადგილობრივი ბენტონიტური თიხების აქტიური გამოყენებით შეიძლება საზოგადოების მკვეთრი შემობრუნება ეკოლოგიურად სუფთა ნედლეულის მიმართ არამხოლოდ თიხებით მკურნალობის ტრადიციული მეთოდებით, არამედ მათი სამკურნალო-პროფილაქტიკური გამოყენების თვალსაზრისით.

მიუხედავად იმისა, რომ თიხა და მისი გამოყენება ადამიანისათვის უძველესი დროიდანაა ცნობილი, მაინც ერთგვარ სიძნელეს წარმოადგენს ტერმინი „თიხა“ს ზუსტი განსაზღვრა. მრავალგვარი ანალიზის საფუძველზე დადგენილია, რომ თიხა რთული და არა მუდმივი შედგენილობის ბუნებრივი ქანია. იგი შედგება წმინდა (არა უმეტეს 0,001–0,004 მმ) ნაწილაკებისგან, რომლებიც მიეკუთვნება განსაზღვრულ თიხოვან მინერალებს, ალუმინისა და სილიციუმის ოქსიდებს და წყალს. ამიტომ თიხებს ხშირად უწოდებენ ბუნებრივ ალუმინსილიკატებს, რომლის ქიმიური ფორმულა ასე გამოისახება:



მოლეკულური თანაფარდობა მერყეობს 1:2-1:5 ფარგლებში [1]

თიხის ძირითადი მახასიათებელი თვისებებია პლასტიკურობა: სველ მდგომარეობაში ის განიცდის დეფორმაციას, ხოლო გაშრობის და გამოწვის შემდეგ ინარჩუნებს საწყის ფორმას. დედამიწის ქერქში მიმდინარე რთული ფიზიკური და ქიმიური პროცესები განაპირობებს სხვადასხვა ტიპის თიხების წარმოშობას, რომლებიც თავიანთი თვისებებით მკვეთრად განსხვავდება ერთმანეთისგან. თითოეული ტიპი შედგება რამდენიმე თიხოვანი მინერალისა და გარეშე ჩანარებისგან: თაბაშირის, კირქვის, ორგანული ნივთიერებების, რკინისა და სპილენძის ალმადანებისა და სხვა.

ამჟამად, ცნობილია 40-მდე სხვადასხვა თიხოვანი მინერალი, რომლებიც წარმოშობს თიხას ქანის სახით. თიხის ხარისხი იცვლება იმის მიხედვით, თუ რა რაოდენობით შეიცავს ამათუ იმ თიხოვან მინერალებსა და გარეშე ჩანარებს. თიხის ტიპი განისაზღვრება მასში მეტი რაოდენობით შემავალი მთავარი თიხოვანი მინერალ – კოლინტის, ჰიდროქარსების, მონტმორილონიტის მიხედვით. ისინი მიეკუთვნება სათანადო ტიპებს – კოლინტურს, ჰიდროქარსულს, მონტმორილონიტურს, ანუ ბენტონიტურს და ა.შ [1].

ბენტონიტები თავისი თვისებებით მნიშვნელოვნად განსხვავდება კაოლინური, ცეცხლგამძლე და სხვა თიხებისგან. განსაკუთრებული თვისებების გამო, რაც განპირობებულია მინერალოგიური შედგენილობით, თიხოვან მინერალებში გადადის პირველადი მინერალები – მინდურის შპატი და ქარსები. მათგან ნაწილობრივ, ან მთლიანად გადადის კალიუმი, ნატრიუმი, კალციუმი და მაგნიუმი. ნარჩენი თიხამიწა და კაჟმიწა იერთებს წყალს. ზემოაღწერილი გზით გამოფიტვა თუ მიმდინარეობს უფრო ზომიერი ჰავის პირობებში, პროცესი კაოლინტს წარმოშობს. ტროპიკული და სუბტროპიკული ჰავის პირობებში წარმოიქმნება თავისუფალი ალუმინის, სილიციუმის და რკინის ჰიდროქანგების ნარევის გარდა მონტმორილონიტური თიხები.

ბუნებრივი მონტმორილონიტური თიხა დიდი რაოდენობით შეიცავს ე.წ. „თიხურ სუბსტანციას“ წყალთან შერევისას, რაც იძლევა ლაბისებრ ფაქიზ პასტას,

იგი ადვილად წაცხებადია და წყლით ადვილად ჩამორეცხება, რაც მთავარია მრავალ სამკურნალო ნივთიერებას უპრობლემოდ ერევა [1].

ბენტონიტური თიხების სპეციალური ტექნოლოგიური გადამუშავების მიმართულებით მნიშვნელოვანი თეორიული და პრაქტიკული სამუშაოები ჩატარებული აქვთ ქართველ მეცნიერებს აკად. იოველ ქუთათელაძის ხელმძღვანელობით. ასკანის ბენტონიტური თიხიდან მიღებულ იქნა „თიხა ასკანე“.

თიხის ძირითადი კომპონენტებია მინერალური ნივთიერებები: ალუმინის, სილიციუმის, მცირე რაოდენობით ნატრიუმის, მაგნიუმის, კალციუმის, კალიუმის ნაერთები.

თიხის მთავარი შემადგენელი ნაწილია:  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  და  $\text{H}_2\text{O}$  მათი ფარდობითი რაოდენობის მიხედვით შეიძლება მინერალის სახეობის გარკვევა. ასე მაგალითად: კაოლინიტები მდიდარია თიხამიწით, ხოლო მონტმორილონიტი კაუმიწით.

თიხის ძირითადი მახასიათებელი თვისებაა პლასტიკურობა: ის განიცდის დეფორმაციას სველ მდგომარეობაში, ხოლო გაშრობისას და გამოწვის შემდეგ ინარჩუნებს საწყის ფორმას. განასხვავებენ პლასტიკურ მჭიდა ანუ „მსუქან თიხებს“ და ნაკლებად პლასტიკურ-„მჭლე“ თიხებს.

თიხის ძირითად ნაწილს წარმოადგენს კაუმიწისა და თიხამიწის კოლოიდური ჰიდრატი, რომელიც განსაზღვრავს თიხის ძირითად ფიზიკურ თვისებებს: დაბალ თბოტევადობას, სითბოგამტარობას და საუკეთესო თბოშეკავების უნარს.

გაჯირჯევა განსაზღვრავს თიხის მაქსიმალურ ტენშემცველობას და წყლის შთანთქმის უნარს. იგი მაჩვენებელია თიხის კოლოიდურობისა და ჰიდროფილურობის. თიხური მინერალებიდან ყველაზე კარგად იჯირჯევა, ანუ წყლის დამატებით მოცულობაში იმატებს მონტმორილონიტი. ზოგიერთი ტიპის თიხებისთვის დამახასიათებელია შთანთქმის უნარი, რომელიც განსაზღვრავს, თუ რომელი კათიონი რა რაოდენობით შეიძლება იყოს ჩანაცვლებული [2]. გაჯირჯევა თიხის მაქსიმალური ტენშემცველობა და წყლის შთანთქმის უნარია. იგი თიხის კოლოიდურობის და ჰიდროფილურობის ერთგვარი მაჩვენებელია. თიხოვანი მინერალებიდან ყველაზე ინტენსიურად იჯირჯევა, ანუ წყლის შთანთქმის მოქმედებით მოცულობაში მატულობს მონტმორილონიტი. ზოგიერთი ტიპის თიხებისათვის დამახასიათებელია შთანთქმული კომპლექსის სიდიდის, განსაზღვრა გულისხმობს, თუ რომელი კათიონები რა რაოდენობით შეიძლება იყოს ჩანაცვლებული [2].

თიხის კიდევ ერთი ძირითადი თვისებაა რადიაქტიურობა. რადიუმი ძირითადი რადიაქტიური ელემენტია, რომელსაც თიხა შეიცავს. თიხით მკურნალობისას ორგანიზმი იღებს რადიუმს სუფთა სახით, ბუნებრივად და, რაც მთავარია იმ დოზით, რაც მას სჭირდება. თიხის შენახვა შეიძლება ხანგრძლივად, განსაკუთრებით, თუ მას მოვათავსებთ მზეზე. იგი იღებს მზის სხივების ენერჯიას და აძლიერებს სასარგებლო თვისებებს.

თიხა მთელი რიგი მინერალების ნაკრებია, მისი ხარისხი განისაზღვრება ისეთი მინერალების არსებობით, როგორცაა: კაოლინიტი, გალუაზიტი, მონტმორილონიტი. დანარჩენი მინერალები, რომლებიც თიხის შედგენილობაში გვხვდება დამაბინძურებელია, ასეთებია: თაბაშირი, დოლომიტი, ლიმონიტი, მაგნეტიტი, მარკაზიტი, პირიტი, სიდერიტი, სერპენტიტი და ა.შ.

თიხები წარმოადგენს წყლიან ალუმინსილიკატს, რაც განაპირობებს მის გამოყენებას ადსორბენტად, ემულგატორად, კატალიზატორად და ა.შ. ისინი ხასიათდება სხვადასხვა ნივთიერებების არაპოლარულ და ნაკლებ პოლარულ მოლეკულების ადსორბციის უნარით.

თიხებზე კათიონმიმოცვლა ხელს უწყობს ხსნარებიდან ორგანული მოლეკულების გამოყოფას. თიხების პლასტიკური სტრუქტურა გახურების შემდეგ ხდება ხისტი. ვბიკოვის მიერ დაწვრილებითაა შესწავლილი თიხებზე ბენზოლით ადსორბცია, სადაც აღნიშნულია, რომ გუმბრინისთვის იგი –  $0,446 \text{ სმ}^3/\text{გ}$ , ოვლანდინსკის თიხისთვის კი –  $0,285 \text{ სმ}^3/\text{გ}$ .

თიხა მინერალების თვისებაა ზოგიერთი კათიონებისა და ანიონების შთანთქმის უნარი. მიმოცვლითი რეაქციები ჩვეულებრივად არ ახდენს გავლენას (Al-Si-O) კარკასის სტრუქტურაზე.

კათიონმიმოცვლის კვლევებმა აჩვენა, რომ სხვადასხვა კათიონები ჩაენაცვლებიან სხვადასხვანაირად, რომელთა თავისებურება ასეთია:  $\text{Na} < \text{K} < \text{Ca} < \text{Mg} < \text{NH}_4$ , აქედან გამომდინარეობს, რომ კალციუმი უფრო ადვილად ჩაენაცვლებს ნატრიუმს, ვიდრე ნატრიუმის იონი კალციუმს.

საქართველოს ბუნებრივი ნედლეულის – თიხების უნიკალურ ფიზიკურ-ქიმიური თვისებებიდან აღსანიშნავია: მაღალი თერმული სტაბილურობა, მდგრადობა აგრესიული არეს მიმართ, მექანიკური სიმტკიცე, აღსორბციის უნარი. მნიშვნელოვანი იონმიმოცვლითი ტევადობა, ადვილად ხელმისაწვდომობა, სიიაფე განსაზღვრავს მათ გამოყენებას სელექტიურ აღსორბენტებად, იონმიმოცვლელებად, კატალიზატორებად, რაც გამართლებულია, ეკონომიური ასევე ეკოლოგიური თვალსაზრისით.

თიხების დასახასიათებლად გასათვალისწინებელია რიგი ფაქტორები: თიხა მინერალებისა და არათიხამინერალების იდენტიფიცირება, ფარდობითი შემცველობის განსაზღვრა. როგორც თიხის ძირითადი კომპონენტების, ასევე სხვა თიხოვანი კომპონენტების, რომლებიც შედის თიხებში უმნიშვნელო რაოდენობით, რადგან მათ შეუძლიათ მნიშვნელოვანი გავლენის მოხდენა თიხის თვისებებზე.

თიხა საუკეთესო აღსორბენტია. მას გააჩნია ანტიბაქტერიული მოქმედება. განსხვავებით ქიმიური ანტისეპტიკებისგან, რომელიც კლავს მიკრობებს, ასევე შლის ჯანსაღ უჯრედებსაც, თიხას კი გამოყავს ორგანიზმიდან მხოლოდ მიკრობები, ტოქსინები, მკვდარი უჯრედები, შლაკები.

თიხა აძლიერებს ადამიანის ორგანიზმის იმუნიტეტს ახალი მიკრობული ინფექციის წინააღმდეგ საბრძოლველად. თიხებში ორგანული ნივთიერებები გვხვდება ორი ფორმით. ხის ფოთლების სპორების გაფანტულია ნაწილაკებისა და ორგანული მოლეკულების სახით, რომლებშიც აღსორბირებულია თიხა მინერალების ზედაპირზე.

კვლევის მიზანი. საქართველოს ბენტონიტური თიხის სამედიცინო პრაქტიკაში გამოყენებისათვის გასული საუკუნის 50-იან წლებში საფუძველი ჩაეყარა თბილისის სამეცნიერო-კვლევით ქიმიურ-ფარმაცევტულ ინსტიტუტისა და კავკასიის ინსტიტუტის ერთობლივმა მუშაობამ მათ მიერ გამოყენებული იყო ასკანის ბენტონიტური თიხები, რომელთა ხარისი და რაოდენობა რიგი მიზეზების გამო დღეისათვის რადიკალურად გაუარესდა.

ჩვენი სამუშაოს მიზანია: სრულიად ახალი საბადოს, ვანის ქედის უბნის შესწავლა. ახალი ტექნოლოგიით მიღებულ იქნა მაღალი ხარისხის ფუძე, რომელიც მოქმედ ნივთიერებასთან ერთად კომპლექსში უზრუნველყოფს საჭირო თერაპიულ ეფექტს [2,3].

კვლევა მიმდინარეობდა მორფოლოგიის კვლევით ინსტიტუტში თეთრ ვირთაგვებზე. საქართველოს ეროვნული სიმდიდრის-ვანის ქედის საბადოს სხვადასხვა ფერის თიხების ფიზიკურ-ქიმიური თვისებების შესწავლა და მათი გამოყენება მედიცინასა და კოსმეტიკაში.

საკვლევ მასალად აღებულ იქნა 5 სხვადასხვა ფერისა და თვისებების თიხის ნიმუშები. თიხის ძირითადი მასა ნაცრისფერია. სხვადასხვა შეფერილობას განაპირობებს მასში სხვადასხვა იონების მინარევები.

მაგ.: რკინის იონი ვალენტობის მიხედვით თიხას აძლევს – მწვანე, ცისფერ, წითელ, ყავისფერ შეფერილობას. კობალტის იონები – ვარდისფერს, ქრომისა და მანგანუმის იონები მწვანეს, ხოლო ურანის ყვითელ ან ნარინჯისფერს.

ვანის ქედის თიხებიდან კვლევისათვის შერჩეულ იქნა: ცისფერი, ნაცრისფერი, მწვანე და წითელი ფერის თიხა.

ცისფერი ბენტონიტური თიხა წარმოადგენს ფხვნილისებრ მასას, ძირითადად შედგება მონტმორილონიტისა და კაოლინიტისგან. შეიცავს ადამიანის ორგანიზმისთვის საჭირო ყველა მინერალის კომპლექსს, თიხის შენაერთებს და მიკროელემენტებს: კადმიუმს, კობალტს, ფოსფორს, რკინას, აზოტს, კალციუმს, მაგნიუმსა და სხვ. აქვს შემასქელებელი, მასუსპენზირებელი, ჟელეს წარმოქმნის თვისებები.

ნაცრისფერი თიხა შეიცავს საკმაოდ დიდი რაოდენობით ორგანიზმისთვის საჭირო მიკროელემენტებს (კალციუმი, რკინა, მაგნიუმი, სტრონციუმი), რომლებიც წარმოადგენს უჯრედოვანი მიმოცვლის შესანიშნავ საშუალებას, ხელს უწყობს ცხიმ-

შეწოვის და დეტოქსიკაციის პროცესებს. კოსმეტიკაში გამოიყენება ძირითადად კრემ-ნიღბების დასამზადებლად.

რენტგენოფლუორესცენტული ანალიზის შედეგები, %

ნიმუშის № მედიკამენტი	№ 1 - ცისფერი თიხა			№ 2 - მომწვანო თიხა			№ 3 - მწვანე თიხა			№ 4 - ყვითელი თიხა			№ 5 - გარდისფერი თიხა		
	ადამანტიცენტი, %	იონლაქსიფიკატი	ადამანტიცენტი, %	ადამანტიცენტი, %	იონლაქსიფიკატი	ადამანტიცენტი, %	ადამანტიცენტი, %	იონლაქსიფიკატი	ადამანტიცენტი, %	ადამანტიცენტი, %	იონლაქსიფიკატი	ადამანტიცენტი, %	ადამანტიცენტი, %	იონლაქსიფიკატი	ადამანტიცენტი, %
Na	1.90	Na <sub>2</sub> O	2.56	1.73	Na	1.90	2.56	Na	1.49	Na	1.50	2.01	Na	1.50	2.02
Mg	0.60	MgO	0.99	0.55	Mg	0.31	0.51	Mg	0	Mg	0.27	0	Mg	0.27	0.45
Al	7.47	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14.11	7.72	Al	7.32	13.83	Al	5.30	Al	7.43	10.01	Al	7.43	14.04
Si	23.38	SiO <sub>2</sub>	50.01	23.54	Si	21.92	46.89	Si	18.15	Si	21.11	38.82	Si	21.11	45.15
K	0.14	K <sub>2</sub> O	0.17	0.09	K	1.27	1.53	K	0.10	K	0.09	0.12	K	0.09	0.11
Ca	2.79	CaO	3.91	2.78	Ca	2.77	3.88	Ca	0.90	Ca	1.02	1.26	Ca	1.02	1.43
Ti	0.33	TiO <sub>2</sub>	0.55	0.41	Ti	0.52	0.87	Ti	0.43	Ti	0.39	0.72	Ti	0.39	0.65
Mn	0.10	MnO	0.13	0.21	Mn	0.16	0.21	Mn	0.01	Mn	0.32	0.013	Mn	0.32	0.41
Fe	3.96	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + +FeO	5.66	4.30	Fe	3.71	5.30	Fe	5.15	Fe	4.41	7.56	Fe	4.41	6.30
P	0.06	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.14	0.03	P	0.04	0.09	P	0.02	P	0.04	0.04	P	0.04	0.09
S	0.02			0	S	0		S	0.03	S	0		S	0	
Cr	0.001			0	Cr	0		Cr	0.002	Cr	0.01		Cr	0.01	
Ni	0.01			0.004	Ni	0.002		Ni	0.01	Ni	0		Ni	0	
Cu	0.017			0.007	Cu	0.02		Cu	0.006	Cu	0		Cu	0	
Zn	0.08			0.09	Cu	0.07		Cu	0.09	Cu	0.10		Cu	0.10	
Zr	0.08			0.08	Zr	0.07		Zr	0.07	Zr	0.07		Zr	0.07	
Sb	0.002			0.01	Sb	0		Sb	0	Sb	0.02		Sb	0.02	
Pb	0.03			0.02	Pb	0.03		Pb	0.02	Pb	0.01		Pb	0.01	
Ba	0			0	Ba	0.08		Ba	0	Ba	0		Ba	0	

მწვანე თიხის ფერს უზრუნველყოფს მასში რკინის ოქსიდის არსებობა. მის შედგენილობაში შედის: მაგნიუმი, კალციუმი, ფოსფორი, თუთია, სპილენძი, კობალტი, მოლიბდენი, ვერცხლი, ოქრო და სხვ. გამოიყენება ცხიმიანი კანისთვის, ნიღბებისა და კრემების დასამზადებლად. არეგულირებს ნივთიერებათა ცვლას, სპობს ბაქტერიებს.

წითელი ფერს განაპირობებს მის შედგენლობაში რკინისა და სპილენძის ოქსიდების არსებობა, ხოლო მისი იისფერი ელფერი აიხსნება მანგანუმის ნაერთების არსებობით. მასში რკინის დიდი რაოდენობით შემცველობა იძლევა საშუალებას ორგანიზმმა შეივსოს რკინის ნაკლებობა, ე.ი. ანემიის დროს გამოიყენება [4-7].

თიხის მინერალების მაღალი ფიზიკურ-ქიმიური აქტიურობა განპირობებულია არამარტო დისპერსულობით, ასევე კრისტალოქიმიური თავისებურებებით. ტიპურ მაგალითს წარმოადგენს მონტმორილონიტი.

ვანის ქედის უბანში არსებული ბენტონიტური თიხები ასკანის ადგილმდებარეობის შემადგენლობაშია, რომელიც მდებარეობს ქ.ოზურგეთის აღმოსავლეთით. საბადო მდებარეობს მდინარე ბახვის წყლის მარჯვენა მხარეს და აქვს წაგრძელებული ფორმა ჩრდილო-აღმოსავლეთის მიმართულებით. აღსანიშნავია, რომ ვანის ქედის თიხების საბადოს მარაგი 6–7 მლნ. ტონაა.

ჩვენ მიერ შემუშავებულია ვანის ქედის საბადოს თიხების საკვებდანამატად და სამედიცინო თვალსაზრისით გამოყენების მაღალტექნოლოგიური, გამარტივებული იდეა. სწორედ ამ მიზანს ისახავს კვლევა ვანის ქედის საბადოს მაგალითზე. ამ საბადოდან აღებულია 5 ფერის თიხა. შედარებამ გამოავლინა რიგი ძირითადი განსხვავება მინერალოგიურ შედგენილობაში. კაოლინიტური, ჰიდროქარსული, მონტმორილონიტური, ანუ ბენტონიტური თიხების კვლევას ვაგრძელებთ თიხების ფიზიკურ-ქიმიური თვისებების შესწავლის მიზნით შემდეგი მეთოდებით:

1. პეტროგრაფიული;
2. რენტგენოფლუორესცენტული.

თიხების მინერალოგიური შედგენილობა, წარმოდგენილია ცხრილში.

ამრიგად, ვანის ქედის სხვადასხვა ფერის თიხებიდან მათი ფიზიკური თვისებებისა და ქიმიური შედგენილობის საფუძველზე შევარჩიეთ №3 მწვანე თიხა, რომელიც შეიცავს სასარგებლო ქიმიური ელემენტების უმრავლესობას და მისი სამედიცინო ეფექტი განპირობებულია მონტმორილონიტის მაღალი შემცველობით.

## ლიტერატურა

1. მ. მერაბიშვილი. ბენტონიტური თიხები. –თბილისი, 1960, 33გვ.
2. გ. ქომეთიანი, მ. მერაბიშვილი. თიხები და მათი გამოყენება. –თბილისი, საზოგადოება ცოდნა, 1967, 35.
3. ა.თვალჭრელიძე, თ. ბერბერაშვილი, მ. ოთარაშვილი. ნედლეულის ეკონომიკა – ნედლეულის როლი გლობალიზებულ სამყაროში. –თბილისი, ნეკერი, 2016, 539 გვ.
4. გ. ცაგარეიშვილი. ბენტონიტური თიხა მედიცინის სამსახურში. –თბილისი, მეცნიერება, 1979, 35 გვ.
5. <https://nectarusa.com/ru/blogs/news/7-must-read-skin-benefits-of-bentonite-clay>
6. [https://studbooks.net/1879947/meditsina/primenenie\\_bentonitovyh\\_glin\\_meditsine\\_farmatsii](https://studbooks.net/1879947/meditsina/primenenie_bentonitovyh_glin_meditsine_farmatsii)
7. <https://healthglobal.ru/all-articles/glina-v-kosmetologii-belaya-zelenaya-krasnaya-rozovaya-bentonitovaya-kosmotrejd/>

## SUMMARY

### EXAMINATION OF PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES OF VANISKEDI BENTONIT COLORFUL CLAYS AND THEIR APPLICATION IN MEDICINE AND COSMETICS

Jologua M.A.

Georgian Technical University

The aim of our work is: to study a completely new deposit, the Vani Range area. With the new technology, a high quality base has been obtained, which in combination with the active substance provides the necessary therapeutic effect. The study was conducted on white rats at the Morphology Research Institute. Study of physico-chemical properties of different colored clays of Georgian National Wealth-Vani ridge deposit and their use in medicine and cosmetics.

**Keywords:** bentonit clays, vaniskedi, medicine, montmorillonite.