

საქართველოს  
საინჟინერო  
სიანხლენი

GEORGIAN  
ENGINEERING  
NEWS

**N2, vol. 96, 2022**

# საქართველოს საინჟინრო სიახლენი GEORGIAN ENGINEERING NEWS, vol. 96, 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

სარჩევი

*ებღვენება შალვა ნაჭყებიას ხსოვნას*

რკინაბეტონის მზიდკვდიანი ფენობების რეზულირებადი საპირკვლების კონსტრუქციულ-ტექნოლოგიური გადაწყვეტა  
*მსხილაძე ნ.გ., ფიფია ლ.ი.* 9

**INFLUENCE OF SUBGRADE REACTION ON STRESSED-DEFORMED CONDITION OF BUILDING**  
*Shalitauri G.A.* 11

**FAIR SHARED GENDER-RESPONSIVE AND INCLUSIVE DESIGN OF GREEN SPACE (BEST PRACTICE-TBILISI, GEORGIA)**  
*Bejashvili E.W.* 14

ახალი მიღწევები საინჟინრო ფიზიკაში დამიზნებით თერმოდინამიკის მოწყობილობებით განცვირებულ მეთასტაზების მკურნალობის დროს  
*გაგაშელიშვილი გ.ა.* 23

რეგენერაციული თერმოდინამიკური ციკლების თბური ეფექტურობის ანალიზი  
*ქეციშვილი ნ.ა., ჯაგშანაშვილი ნ.ბ.* 31

ენერგიის ბალანსი ხუთ-პორტიანი ტალღამტარული შესახსრების/ განმუტობლისათვის  
*შენგელია მ.ა., შოგირაძე მ.ხ., ტეტელიშვილი დ.ხ., ხოჭოლაგა დ.ხ., ბერიძე მ.გ.* 36

**OPTIMIZATION OF THE RADIO FREQUENCY SPECTRUM OF MOBILE TELECOMMUNICATION OPERATORS IN CASE OF INCREASED MULTISERVICE TRAFFIC**  
*Lomsadze S.I, Shamanadze O.K. and Bzhinava E.O.* 38

**MASSIVE OPEN ONLINE COURSES**  
*Kenzhebayeva Zh.E.* 43

ტექსტების ასახვის საკითხები ვებ-დოზინინგში  
*ნაშვივაძე ც.გ., ბიწაძე ე.ი., ჯანაძე ლ.გ.* 46

ვებ-დოზინინგის მსოფლიოს სხვადასხვა ქვეყანაში  
*ნაშვივაძე ც.გ., ბიწაძე ე.ი., ჯანაძე ლ.გ.* 48

საავტომობილო აკუმულატორების ჯართის გადამამუშავებელი საწარმოს ბარემოზე ზემოქმედების ზობიერთი საკითხის განხილვა  
*მჭედელიშვილი გ.ს., გუგეშიძე მ.კ.* 50

სილიკონანბანუმის დნობა ზუსტაფონის ფეროშენადნობთა ქარხნის ინდუსტრიული ნარჩენების ბამოყენებით  
*მაისურაძე ი.ბ., ჯულუხიძე ა.გ., ჭუმბაძე მ.თ., აბესაძე რ.კ., სიგუა ლ.რ.* 57

ლითონების ელექტროფილური გადადნობისას ელექტროდის ბახურებაზე დახარჯული სიტბოს განსახლვრა  
*სილაგაძე ს.რ., ზივზივაძე ლ.ბ., შალამბერიძე მ.შ.* 60

აღბილობრივი ნეღლეუმის ბამოყენება ელექტროდების დანაზარში რუხი და ჰედადი თუჯის შეღუღება-დაღუღებისათვის  
*ხუციშვილი მ.გ., დადიანიძე გ.ა., გონჯილაშვილი ნ.დ.* 66

სამრეწველო მოცულობის მიკროფილტრაციული დანადგარებისათვის ლამინარული და ჰიბრიდული ნაკადების პირობებში ბარომემბრანული პროცესების კვლევა <i>ბიბილეიშვილი გ.გ., კეჭერაშვილი მ.გ., ყუფარაძე ლ.პ., ჯაგაშვილი ზ.დ.</i>	69
პოლიმერულ კომპოზიციებში ნანონაწილაკების ზომებისა და სიბლანტის კვლევა <i>ბიბილეიშვილი გ. გ., ებანოიძე ლ.ე., კეჭერაშვილი მ.გ., გოგესაშვილი ნ.ნ.</i>	72
პოლიმერული ხსნარების და მათი ნარეგების სიბლანტის ექსპერიმენტული კვლევა <i>ბიბილეიშვილი გ.გ., ყუფარაძე ლ.პ., ებანოიძე ლ.ო., კაკაბაძე ე.გ.</i>	74
ბუნებრივი წყლის დამუშავების ბარომემბრანული პროცესების კვლევის ზოგიერთი საკითხის აღზიარებრივი და საერთაშორისო მდგომარეობის ანალიზი <i>ბიბილეიშვილი გ.გ., თანანაშვილი ლ.ა., ჯაგაშვილი ზ.დ., კაკაბაძე ე.გ.</i>	78
ზაზური ინვერსიის პროცესზე პოლიმერული კომპოზიციის აბაზანაში ჩაშვების კუთხის გავლენის ანალიზი <i>ბიბილეიშვილი გ.გ., გოგესაშვილი ნ.ნ., კეჭერაშვილი მ.გ., მამულაშვილი მ.ა., ებანოიძე ლ.ო.</i>	80
მშავების გავლენის კვლევა პოლიმერული კომპოზიციებიდან მემბრანების წარმოქმნის ზაზური ინვერსიის პროცესზე <i>ბიბილეიშვილი გ.გ., გოგესაშვილი ნ.ნ., კეჭერაშვილი მ.გ., მამულაშვილი მ.ა.</i>	82
წყლის, თეთრი და წითელი ღვინის მიკროფილტრაციის პროცესის კვლევა ლამინარული და ჰიბრიდული ნაკადის პირობებში <i>ბიბილეიშვილი გ.გ., ყუფარაძე ლ.პ., ებანოიძე ლ.ო., კეჭერაშვილი მ.გ.</i>	84
სასმელი და ჩამდინარე წყლების ბარომემბრანული პროცესებით დამუშავების ზოგიერთი საკითხი <i>ბიბილეიშვილი გ.გ., მამულაშვილი მ.ა., ჯაგაშვილი ზ.დ., კაკაბაძე ე.გ.</i>	87
ლანჩუტის რაიონის ზოგიერთი ჭაბურღილის წყლის ფიზიკურ-ქიმიური ანალიზი <i>ქლენტი დ.ზ., ებანოიძე ლ.ო., ბიბილეიშვილი დ.გ., ორმოცაძე ნ.შ.</i>	89
<b>NEW PETROLEUM SORBENTS TO REDUCE ENVIRONMENTAL STRESS</b> <i>Molodinashvili Z.F., Kopaleishvili M.N., Gabunia T.I. and Shatakishvili T.N.</i>	93
იონიკოტინამიდან, პიკოლინამიდან და კალიუმის ჰქსანციანოფერატთან (II) კობალტის (II) ბიმეტალური კოორდინაციული ნაერთების სინთეზი და კვლევა <i>გეგეშიძე ნ.გ., კილასონია ნ.ო., ცინცაძე მ.გ., ქურხული მ.ი.</i>	98
მეტალთა კოორდინაციული ნაერთები კარბონმშავათა დიჰიდრაზიდებთან <i>დანელია ნ.გ.</i>	101
<b>USE OF CATALYSTS IN THE ESTERIFICATION OF SOAPSTOCK FATTY ACIDS</b> <i>Siradze M.G., Dzeladze S.Dj. and Antia G.R.</i>	105
ნახევრადემპირიული მეთოდები და მათი გამოყენება რთული ორბანული მოლეკულების შესასწავლად <i>გოგბერაშვილი ზ.მ.</i>	107



ბენტონიტის გამოყენება მელიტონაში <i>ჩაფიძე ა.ლ., გაბელაია მ.ა., შაშიაშვილი ნ.გ., ცინცაძე თ.გ.</i>	111
საფერავის ღვინომასალის სტირილური მიპროფილტრაცია და მიპრობიოლოგიური ანალიზი <i>ბიბილეიშვილი გ.გ., მამულაშვილი მ.ა., კეჭერაშვილი მ.გ., ბიბილეიშვილი ი.გ.</i>	115
ვაშლის წვენის და საფერავის ღვინომასალის ძიმიური შედგენილობის კვლევა <i>ბიბილეიშვილი გ.გ., მამულაშვილი მ.ა., ბუთხუზი თ.გ., ჯაგაშვილი ზ.დ.</i>	117
კურის ცხობის ტექნოლოგიაში გამოყენებული ცხიმების თერმული თვისებები <i>მაჩალაძე თ.ე., სამხარაძე მ.გ., კახიძე ნ.ა.</i>	120
აბზინდასა და მრავალკარგვას გამოყენების პერსპექტივები შეზოლილი კენვის წარმოებაში <i>ტყეშელაშვილი ა.რ., ტყემალაძე გ.შ.</i>	124
ნუშის ნაჭუჭიდან ექსტრაქტის მიღება, შესწავლა და გამოყენება <i>მამარდაშვილი ნ.გ., ჩეფიჩაშვილი ს.ა.</i>	127
ბობრის თესლის ბიოლოგიურად აქტიურ ნივთიერებათა ფუნქციური თვისებები <i>ცაგარეიშვილი ხ.ბ., ჯინჯოლია შ.რ., ქარჩავა მ.ს.</i>	131
აფთიაქებისა და ფარმაცეპტების ბანაჟილების მაჩვენებლები საქართველოსა და ევროპის ქვეყნებში <i>ცინცაძე თ.გ., შაშიაშვილი ნ.გ., ჩიქავა მ.ლ., გველეხიანი ი.ო., მიშელაშვილი ხ.თ.</i>	134
ბივი სიბაჟილი – ნახევარი საუკუნე ტექნიკური უნივერსიტეტის სამსახურში	140
თენგიზ წიგწიგაძის ბახსენება	141

**OUR AUTHORS (2022)**



*ეკვნიბა შალვა ნაჭყეიას ხსოვნას*



საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის პროფესორი, საქართველოს და საერთა-შორისო საინჟინრო და საქართველოს ენერგეტიკული აკადემიების აკადემიკოსი, IEEE (აშშ) და Sigma Xi (აშშ) საზოგადოების წევრი, ორგზის ღირსების ორდენის კავალერი შალვა ნაჭყეიბი

შალვა ნაჭყებია დაიბადა 1945 წლის 21 თებერვალს ქ. ცხაკაიაში (სენაკი). 1963 წელს ოქროს მედალზე დაამთავრა ქ. ცხაკაიას პირველი საშუალო სკოლა, 1969 წელს კი – საქართველოს პოლიტექნიკური ინსტიტუტის ენერგეტიკული ფაკულტეტი „ელექტრონული სადგურების“ სპეციალობით და სამუშაოდ დატოვეს ზოგადი და თეორიული ელექტრონიკის კათედრის ასისტენტად. მრავალი წლის განმავლობაში იყო საქართველოს პოლიტექნიკური ინსტიტუტის სტუდენტთა სამეცნიერო საბჭოს თავმჯდომარე.

1971 წელს სწავლა გააგრძელა მოსკოვის ენერგეტიკული ინსტიტუტის ასპირანტურაში. 1975 წელს წარმატებით დაიცვა საკანდიდატო დისერტაცია. 1975–2000 წლებში მუშაობდა საქართველოს პოლიტექნიკური ინსტიტუტის ზოგადი და თეორიული ელექტრონიკის კათედრაზე უფ. მასწავლებლის და დოცენტის თანამდებობებზე. 1989 წლიდან იყო მაგნიტური ტექნიკის სამეცნიერო-კვლევითი ლაბორატორიის ხელმძღვანელი. 1998 წელს დაიცვა სადოქტორო დისერტაცია. 2003 წლიდან ელექტრონული სადგურების, ქსელებისა და სისტემების კათედრის გამგეა, 2007 წლიდან – ელექტროენერგეტიკის, ელექტრონიკისა და ელექტრომექანიკის დეპარტამენტის ხელმძღვანელი.

1979–1983 წწ. – საქართველოს პოლიტექნიკური ინსტიტუტის გაერთიანებული პროფკომის თავმჯდომარე.

1996 წელს აირჩიეს საქართველოს საინჟინრო აკადემიის წევრ-კორესპონდენტად, 2005 წლიდან კი – ნამდვილ წევრად, აკადემიკოსად, 2004 წლიდან საქართველოს ენერგეტიკული აკადემიის წევრია.

მისი სამეცნიერო-კვლევითი მიმართულებებია: ელექტრომაგნიტური ტექნიკა, თანამედროვე მაგნიტური მასალები, ელექტროტექნიკური მოწყობილობების საიმედოობის ამაღლების პრობლემები თანამედროვე მაგნიტური მასალების ბაზაზე. ბატონი შალვა იყო 100-ზე მეტი სამეცნიერო ნაშრომის, მონოგრაფიების ავტორი, მიღებული ჰქონდა საავტორო მოწმობები, მონაწილეობდა საერთაშორისო სამეცნიერო-ტექნიკურ კონფერენციებსა და სიმპოზიუმებში.

1995–2007 წწ. იყო საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის სასწავლო ნაწილის უფროსი, აკადემიური საბჭოს წევრი, საქართველოს საინჟინრო აკადემიის „ენერგეტიკის“ განყოფილების აკადემიკოს-მდივანი, საერთაშორისო საინჟინრო აკადემიის აკადემიკოსი, ორგზის ღირსების ორდენის კავალერი.

ბატონი შალვა მაღალი პროფესიონალიზმით უძღვებოდა ახალგაზრდა თაობის აღზრდას.

ბოლო ათწლეულში შალვა ნაჭყებიას და ივანე გორგიძის ინიციატივით და თაოსნობით საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის მატთანე შეიქმნა და უნივერსიტეტის ისტორიისადმი მიძღვნილი რამდენიმე მონოგრაფია დაიბეჭდა.

ბატონი შალვა გახლდათ მაღალი რანგის მეცნიერი, პროფესიონალი, პედაგოგი და მასზე დაკისრებული მოვალეობის განსაკუთრებული პასუხისმგებლობით შემსრულებელი.

ჭეშმარიტი მამულიშვილის შალვა ნაჭყებიას გარდაცვალება დიდი დანაკლისია არა მარტო ოჯახის, მეგობარ-ნათესავებისა და საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტისათვის, არამედ ჩვენი ქვეყნის საინჟინრო-ტექნიკური საზოგადოებისათვის.

ღმერთმა დაუმკვიდროს ცათა სასუფეველი...

*საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი  
საქართველოს საინჟინრო აკადემია  
ჟურნალ Georgian Engineering News-ის რედაქცია*

რკინაბეტონის მზიდკედლიანი შენობების რეკონსტრუქციის საპირკველების  
კონსტრუქციულ-ტექნოლოგიური გადაწყვეტა

მსხილაძე ნ.გ., ფიფია ლ.ი.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

აღრეულ პერიოდში მშენებლობისათვის განკუთვნილი ნაკვეთის შერჩევისას ხუროთმოძღვრები ყოველთვის ითვალისწინებდნენ ნაგებობის ქვეშ გრუნტის წყლების არსებობას და საპირკველებს ათავსებდნენ მის ზედა ნიშნულზე.

ქალაქის პირობებში შენობები ერთმანეთთან მიჯრითაა ნაგები, აგების პერიოდებიც სხვადასხვაა. ამჟამად ინტენსიურად მიმდინარეობს ერთ-ორ სართულიან განაშენიანებაში რეკონსტრუქცია-განახლების პროცესები. მათში მრავალსართულიანი შენობების ჩადგამ, შეცვალა არსებული განაშენიანების საექსპლუატაციო პირობები. მრავალმა შენობამ საქართველოს მთელ რიგ ქალაქებსა და დასახლებულ პუნქტებში დაკარგა მდგრადობა, ნაწილი ავარიულ მდგომარეობაშია და გამაგრებით სამუშაოებს საჭიროებს, მათი რეკონსტრუქციისას კი საჭიროა საპირკველების გაძლიერების მეთოდების შერჩევა. ამოცანას ართულებს ისიც რომ, აღდგენა-გაძლიერება უნდა განხორციელდეს 8 ბალიანი სეისმურ ძალებზე გათვლებით [1].

შენობის კონსტრუქციების დაზიანებებისა და დეფორმაციის ძირითად მიზეზად შეიძლება ჩაითვალოს: ნაგებობის სიძველე, მისი ამგებ კონსტრუქციათა მასალის ცვეთით, აგრეთვე გარკვეულ გარემოებათა ფაქტორები რომელთა ზემოქმედების შედეგად ფუძესაპირკველებმა განიცადეს არათანაბარი ჯდენები ფუძე-გრუნტის (აღრეულ ხანებში) ინტენსიური გაწვლიანების გამო [2].

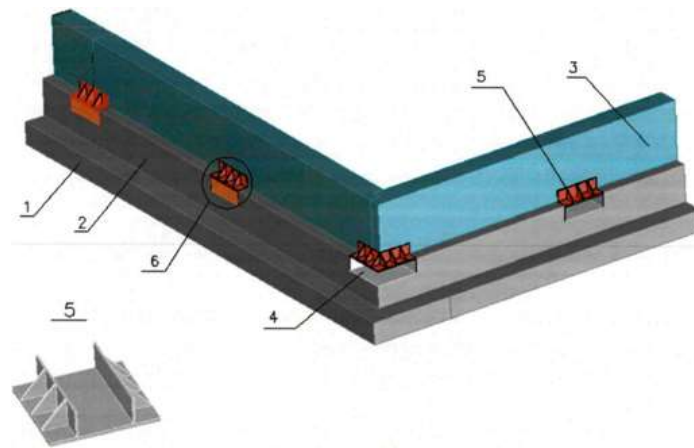
უმეტეს შემთხვევაში შენობები საჭიროებს საპირკველის გაძლიერებას, რაც ძირითადად მიმდინარეობს გობისებური ფილის მოწყობით (შენობის შიგა სივრცეში), ხიმინჯოვანი დასაპირკველებით.

განვიხილოთ რეგულირებადი საპირკველი რკინაბეტონის სატყელის გაძლიერებით ექსპლუატაციაში მყოფი შენობა მოქნილი კონსტრუქციული სქემით.

მოქნილი კონსტრუქციების შენობებში მიღებულია საპირკველის მონოლითური სარტყელის გამოყენება (ზედა და ქვედა სარტყელი), რომელიც უზრუნველყოფს შენობის და საპირკველის სივრცის კონსტრუქციულ სიმტკიცეს, დომკრატის საშუალებით მიიღოს და გაანაწილოს გაძლიერება [3,4].

მოცემული ტიპის კონსტრუქციების შერჩევისას ტექნოლოგიური თანმიმდევრობა ითვალისწინება შენობის ზედა ნაწილის გამოყოფას სარტყელებს შორის. თუ შენობის მიწის ზედა ნაწილი აქვს მოქნილი კონსტრუქციული სქემა, ხოლო საპირკველი არის ფილა, მაშინ ქვედა სარტყელის გამანაწილებელი არ მიიღება, ხოლო ზედა გამოყოფი ფორმურიღდება კონსტრუქციის ჰორიზონტალური გადაკვეთაზე გამანაწილებელი სარტყელის კვეთი და არმატურის დიამეტრი განისაზღვრება გაანგარიშების შედეგად.

კვეთის კონსტრუქციული მინიმალური სიმაღლე მონაკვეთზე უნდა იქნას მიღებული, არანაკლებ 350 მმ, ხოლო სარტყელის სიგანე მიიღოს არანაკლებ 500 მმ. რკინაბეტონის ქვედა სარტყელის მცირე კვეთის ადგილების ცვლად განყოფილებაში შეიქმნა დომკრატის ხვრელები. სარტყელის მოწყობის დროს პროექტით საჭიროა გაითვალისწინოთ იზოლაცია მათ შორის რომ ავიცილოთ ადგილის ძალები სარტყელებს შორის შენობის აწევის და გასწორების დროს. საჭიროების შემთხვევაში დომკრატის ხვრელებში ეწყობა გამანაწილებელი ელემენტები (მაგ. შტამპი). დომკრატის ხვრელების ექსპლუატაციამდე დროებით იწყობა აგურის წყობა. იმ შემთხვევაში თუ ექსპლუატაციის დროს შენობა იღებს ტოლ ან აღემატება ზღვრულ გადახრებს, მაშინ აგურის წყობა იშლება და ხვრელებში ამოქმედდება დომკრატის სისტემები. სამუშაოს დასრულების შემდეგ დომკრატის ხვრელები დაბეტონდება, გამოყოფი ხაზის გასწვრივ ეწყობა საიზოლაციო ფენა და მოხდება აგურის წყობის აღდგენა.



**ხისტი კონსტრუქციული შენობა-ის რეგულირებადი საძირკველი**

- 1 – საძირკველი; 2 – ცვალებადი კვეთის რკინაბეტონის მონოლითური სარტყელი;  
 3 – საძირკველის პანელი; 4 – დომკრატის სვრელი; 5 – გამანაწილებელი ელემენტი;  
 6 – დომკრატის სვრელი

ამრიგად, ექსპლუატაციაში მყოფი მზიდკედლიანი შენობების, რეგულირებადი საძირკველების ტექნოლოგიური გაანგარიშების სისტემის დამუშავება იძლევა შენობებისათვის რეგულირებადი საძირკველების გამოყენების საშუალებას როგორც ხისტი ასევე მოქნილი კონსტრუქციული სქემით. დამუშავებული ტექნოლოგია იძლევა სამუშაოების ჩატარების საშუალებას შენობიდან ხალხის გასახლების გარეშე.

**ლიტერატურა**

1. თ. ქიქავა. გრუნტების მექანიკა და ფუძე-საძირკველები. -ბათუმი, შოთა რუსთაველის სახელობის უნივერსიტეტი, 2012, 162 გვ.
2. ზ. ეზუგბაია, გ. იოსებაშილი, ი. ირემაშვილი. შენობებისა და ნაგებობების აგების ტექნოლოგია. -თბილისი, სტუ, 2012, 420 გვ.
3. Zotov M.V. Installation of adjustable foundations for buildings to protect them from nonuniform deformations. Boston : Springer US, 2013, pp.63-68.
4. Фундаменты с винтовыми домкратами. пат. 1.025.289 Великобритания

**SUMMARY**

**TECHNOLOGICAL SOLUTION TO ADJUSTABLE FOUNDATIONS OF STRUCTURAL REINFORCED CONCRETE BUILDINGS WITH LOAD-BEARING WALLS**

**Mskhiladze N.G. and Fifia L.I.**

**Georgian Technical University**

A system of technological calculation of adjustable foundations for existing reinforced concrete buildings with load-bearing walls has been elaborated, which allows the use of adjustable foundations for buildings by rigid as well as flexible structural design. The elaborated calculations ensure the integrity of the structures and the invariability of the internal geometry of buildings both when carrying out works on the installation of adjustable foundations and the alignment of buildings. The developed technology allows to carry out works without resettling residents.

**Keywords:** adjustable foundation, flexible construction Scheme, monolithic belt.

## INFLUENCE OF SUBGRADE REACTION ON STRESSED-DEFORMED CONDITION OF BUILDING

Shalitauri G.A

Georgian Technical University

**Abstract.** In this work the model of building and ground (base) interaction on the static influence is discussed and their joint operation determines the stressed deformed condition of the construction. Calculation is conducted by using the computer program complex (LIRA SAPR 2021), which is based on finite element method. Calculation is performed by changing the building rigidity (thickness of fundament tile is changed), one also uses different methods of calculating on flexible base. One has done analysis of obtained results.

**Keywords:** subgrade reaction, stressed-deformed condition of the building.

### Introduction

Ground variety has an important influence over the stressed-deformed condition of the building. Correctly determined ground properties and then correctly described data in the projecting would give us the opportunity to make the building more profitable along with reliability. Developing the modern program complexes gives opportunity to make the joint operation of provided ground and buildings (construction) as close as possible. By means of computer calculating program, selected by us, it's possible to study the joint operation of building and ground. This work discusses calculation results of really constructible 11 storied building on the clay ground.

### Modeling

#### Calculation by linearly deformed semi-space method

In computing program LIRASAPR 2021, used as the research tool, base modeling happens by using the subgrade reaction, which are calculated by three methods [1,2].

**The first method:** according to the first method subgrade coefficient is calculated according to the Poisson's ratio and flexibility modulus of average importance.

Subgrade reaction is calculated with the following formula:

$$C_1 = \frac{E_{zp}}{H_c(1-2m_{zp}^2)} \quad (1)$$

**The second method:** subgrade reaction is calculated by this method by using the Winkler foundation:

$$C_1 = \frac{q}{S} \quad (2)$$

where  $q = \frac{P}{\eta b^2}$  is the average pressure on the foundation bottom.  $b$  – minimal size of the foundation;

$\eta$  - ratio between the maximal side of the foundation and the minimal one;  $S$  – foundation closure;

**The third method:** for determining the subgrade reaction in the third method one uses formula of the first method (1). Difference among these methods is that for determining the modulus of the average deformation of ground the coefficient correcting the modulus of the average deformation of ground is used. This coefficient is changed  $u_1 = 1$  from the benchmark of the foundation bottom  $u_1 = 12$  up to  $H_c$  limit of the active zone (before finishing the compressed zone).

$$u = \frac{11z^2}{H_c^2} + 1 \quad (3)$$

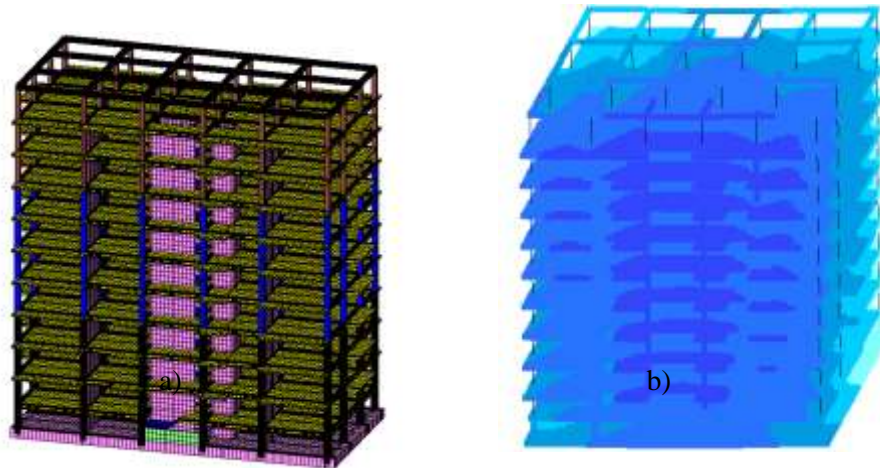
$C_2$  - Subgrade reaction for all three methods is calculated by one common formula:

$$C_2 = \frac{C_1 H_c^2 (1 - 2m_{zp}^2)}{6(1 - m_{zp}^2)} \quad (4)$$

Determining the subgrade reaction in the used computer program is possible by two versions, averaged and ground modeling. In both versions one can determine the subgrade reaction by above-mentioned three methods. We would use ground model version, as it exactly describes joint operation of construction and base and the subgrade reaction is not averaged on the whole space. Calculation was conducted according to the norms of **CHnII2.02.01-83\*,SP50-101-2004,SP22.13330.2011**. Difference among the results obtained according to these three norms is insignificant. Regarding the above-mentioned methods, results obtained from them are different from each other (see the schedule 1). Building rigidity has the influence on the account results. Influence of the building construction on the account is foreseen and modeled by changing the thickness of base tile (see the schedule 1). [3,4].

**Calculation**

**Calculating subgrade reaction obtained by the ground model**



**a) Calculation model of the building; b) Type of deformed building**

**Schedule 1. Results of theoretical calculation**

Regulatory document CHnII2.02.01-83*	Tile thickness (mm)	Maximal closure of building (mm)	Maximal stresses							
			foundation plate					column		
			$M_x$ tm/m	$M_y$ tm/m	$Q_x$ t/m	$Q_y$ t/m	$R_z$ t/m <sup>2</sup>	Myt/ m	Qy t	N t
Method 1	60	-58.7	87.4	75.3	-502	-530	-21.8	26.9	-39.4	-235
	80	-63	87.2	74	433	-465	-21.9	23	-31	-226
	100	65	86.2	73.3	382	-404	-22.7	19	-25	-219
Method 2	60	-38.7	93	65.2	439	-541	-44.8	34	-30.5	-216
	80	-40.8	106	71.1	-416	-499	-44.6	32.5	-23	-214
	100	-41.8	116	75.2	-366	-458	-46.3	-29.6	19	213
Method 3	60	-25	59	47.3	-199	221	-21.8	-19.5	-35	-232
	80	-26	62.6	47.9	-193	209	-21.9	-17.4	-28.8	-225
	100	-27.2	62.9	51.4	-183	197	-22.5	-15.4	-23.8	-220

**Conclusion**

In the case of three methods increasing the building rigidity (thickness of building tile) may increase the closures, and flexible moments and transverse forces are different in the base tile and columns. In the case of the first method increasing the thickness of vase tile may reduce the flexible moments and cutting forces, in the base as well in columns. In the case of the second and third methods flexible moments in the base tile are increasing, and transverse forces are reduced. And in the



case of columns cutting forces, as well as flexible moments are reduced, and meanings of longitudinal forces in the columns in three methods are reduced when increasing the thickness of base tile.

As calculation shows, meanings of subgrade reaction, calculated by different methods, are different from each other within approximately 30-50%.

With the purpose of increasing the reliability of calculated results in future one considers comparing the theoretical importance of deformed building with the importance of really constructible building.

#### REFERENCES

1. M.I. Gorbunov-Posadov, T.A. Malikova, V. I. Solomin. Calculation of structures on an elastic base. - M.: Stroyizdat, 3<sup>rd</sup> edition, processed and edited, 1984.
2. SNiP 2.02.01-83 \*. Foundations of buildings and structures / Ministry of Construction of Russia. -M.: GP CPP, 1995.
3. V.E. Bogovis and others. LIRA 9.4. Examples of calculation and design: training manual. -Kiev: FACT, 2008, 280 p.
4. Program complex "LIRA". User Manual / NIASS. T. 7. Kiev: Publishing House of Scientific Research Institute AS, 1998.

#### რეზიუმე

საბუნის კოეფიციენტების ბავლენა შენობის დაძაბულ დეფორმირებულ მდგომარეობაზე შალიტაური გა.

#### საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ნაშრომში განხილულია სტატიკურ ზემოქმედებაზე ნაგებობის და გრუნტის (ფუძის) ურთიერთქმედების მოდელი და მათი ერთობლივი მუშაობით განსაზღვრულია კონსტრუქციის დაძაბულ დეფორმირებული მდგომარეობა. გაანგარიშება ჩატარებულია კომპიუტერული პროგრამული კომპლექსის „LIRA SAPR 2021“-ის გამოყენებით, რომელიც ეფუძნება სასრულ ელემენტთა მეთოდს. გაანგარიშება ჩატარებულია შენობის სიხისტის ცვალებადობით (იცვლება საძირკვლის ფილის სისქე), გამოყენებულია ასევე დრეკად ფუძეზე გაანგარიშების სხვადასხვა მეთოდები. ჩატარებულია მიღებული შედეგების ანალიზი.

**საკვანძო სიტყვები:** საგების კოეფიციენტები, შენობის დაძაბულ-დეფორმირებული მდგომარეობა.

**FAIR SHARED GENDER-RESPONSIVE AND INCLUSIVE DESIGN OF GREEN SPACE  
(BEST PRACTICE- TBILISI, GEORGIA)**

**Bejashvili E.W.**

**Georgian Technical University**

**Abstract.** Historically, urban planners have created environments that are mainly suited to the needs of men and public spaces have been designed without understanding of women's needs. As a result, the gender-specific needs of women and young girls remain unanswered in urban development. While cities are growing up with the rapid industrial, technological and economic development, urban planning and design experience inequalities and exclusions. The lack of gender-sensitive urban planning have resulted in a public spaces with less mobility and with different barriers for the presence of women. As a response to the exclusion of women and young girls from planned environments, the gender mainstreaming in urban design have been emerged that showed the way how cities might differ if they were designed equally for men and women. After practising the integration of gendered perspectives within urban planning for 30 years, European city Vienna's experience reveals practical approaches, activities, and design guidelines that show how to carry out participatory and inclusive design process that explores the experiences and needs from the perspective of all citizens. Case study of Tbilisi's urban district Avchala, were successful gender-inclusive project was developed within the technical and financial assistance of international experts and ADB (Asian Development Bank), shows how simple design measures can dramatically increase access to the public realm, promote safety and ensure visibility and participation for all gender groups and disabled persons. The Avchala Gender Park Project also show how proper planning with a gender perspective can ensure participation of underrepresented voices; how representation of all the users and interested parties can yield innovative designs that serve everyone, not just women.

**Keywords:** urban planning, urban design, inclusive design, green and recreation space, gender mainstreaming, gender responsive planning, community involvement, public participation

Cities have historically been planned and designed by men and as a result, they work better for men than they do for women. This male-dominated thinking was evident in most large European cities after the Second World War. The men architects and planners all over the world designed and planned urban spaces from their perspective that was highlighted in urban settings mainly developed for general purposes, whereas social, mental or physical patterns of many groups were left behind.

Today, there are many discussions how different gender groups perceive space and how gender matters in urban settings. Men and women and people of different abilities use the public space in different ways; people all have different needs and routines when it comes to the access of the urban areas of the city. However, most cities are built for the male user and the needs, interests, habits of women and girls are often neglected.

Urban planners on the international platform start to pay attention on some issues regarding the built environment that reflect gender inequity within the constraints, inconvenience, barriers and that women and younger girls deal with usage of services and spaces in the public realm. They try to set on the main principles and vectors that provide safe mobility, facilities and public spaces that are fully accessible and designed for needs of women.

The most important achievement in gender mainstreaming may be a growing awareness of the need and willingness to promote gender equality. Some countries set up gender equality policy machineries, equality policies are developed and implemented and growing attention is paid to specific women's issues. (Proceedings of the Council of Europe's International Seminar on "Promoting equality: a common issue for men and women", Council of Europe, 1997)

Although many international institutions and other human rights organizations are firmly committed to tackle gender equality, urban planners, architects and practitioners lack awareness of the importance of prioritizing gender in the urban design process; they don't have the specific ground knowledge and do not possess tools to effectively implement gender-inclusive strategies.

In order to address this problem, various projects were initiated to generate handful practices and methods for gender inclusive urban design which embrace the women and young girl needs and wants. This article seeks to show the process that was between policy and practice, intention and action, by showing why and how to incorporate gender specific issues into urban planning and design.

Case studies of successful gender-inclusive projects from around the world show how simple design measures can dramatically increase assistance and wellbeing for disadvantaged groups and

gender minorities; they show how smartly planned urban environments with increased visibility and participation for disadvantaged groups can promote safety and access to the public realm; how proper planning with a gender oriented vision can ensure better representation and innovative designs that serve everyone man and women without neglecting any user group.

Gender-sensitive planning is a relatively new planning culture that refers to a site- and group-specific approach. Gender-, age- and group-specific interests are thoroughly examined and applied to each new planning task and process. The goal of this method is to meet demands for space by individual groups via creating flexible and adaptable spaces and generate new capacities of space conception by inhabitants. The gender-sensitive planning is also associated with equitable distribution of space. Urban planning vision from a gender-sensitive perspective embodies a planning culture provisioned by everyday needs of the targeted audiences and cultivates better awareness of everyday needs of women and men in relation to living cultural and social backgrounds. (Gender mainstreaming Conceptual framework, methodology and presentation of good practices. Council of Europe, 2004)

The project of developing the standard handbook for the gender inclusive park and green space design had been generated within the collaboration of Asian Development Bank, Tbilisi Municipal Service of Environmental Protection (Department of Green Space and Landscape Development), Austrian capital Vienna Municipality, Austrian and International Experts in Urban Planning and Gender Issues. Practical approaches and design guidelines had been defined by the support of international experts and specialists that cover the issues of how to implement a participatory and inclusive design process that explores the experiences and uses of the city from the perspective of all citizen: women, men, and various minorities. It also gives clear, specific design guidelines, appropriate for and adaptable to all regions, for a range of planning fields, including housing, public transport and mobility infrastructure, other infrastructure services, and city master plans.

The City of Vienna is a pioneer in this way as it has been already in the process of addressing the issue of gender-sensitive planning for more than three decades. The 1991 exhibition “Wem gehört der öffentliche Raum – Frauenalltag in der Stadt“(Who Owns Public Space – Women’s Everyday Life in the City) for the first time explicitly demanded a specific planning approach. (“Wem gehört der öffentliche Raum – Frauenalltag in der Stadt“Eva Kail Böhlau,Wien 1991).

The Women’s Office of the City of Vienna was set up in 1992 with one thematic focus on planning aspects. With the creation of the Co-ordination Office for Planning and Construction Geared to the Requirements of Daily Life and the Specific Needs of Women of the Executive Group for Construction and Technology in 1998, by taking special account of the interests of girls and women in planning City of Vienna (Executive Group for Construction and Technology Competence Center, Overall Urban Planning, Smart City Strategy, Participation, Gender Planning, City Hall , Vienna, Austria), the Co-ordination Office in 2001 took over the central task of evolving and establishing the novel strategy of gender mainstreaming in this field. (Gender Mainstreaming In local authorities best practices and case studies”, United Nations Human Settlements Programme (UN-HABITAT), 2008)).

As a result of many successful pilot processes and projects, gender mainstreaming today is well established as a central strategic discipline of urban planning in Vienna. In recent years, the City of Vienna has developed several methods to assess and evaluate public space with regard to its qualities for different target groups. These surveys have ranged from analyses at district level to concrete projects. The methods developed and successfully implemented so far help to widen possibilities of use of public space, but also look at target group-specific requirements. These achievements provide an important decision-making platform for project managers and politicians, e.g. in setting priorities for processes prior to actual project implementation. It was implemented in the Strategy Plan for Vienna, the Urban Development Plan and sectoral programmes, master plans and urban design concepts as well as in numerous individual projects (Gendered Approaches to Spatial Development in Europe: Perspectives, Similarities, Differences, edited by Barbara Zibell, Doris Damyanovic and Ulrike Sturm, Vienna, 2019).

The implementation of gender mainstreaming is based on the European approach to the equality and equal opportunities for women and men in all activities and areas of life. “Gender” refers to a person’s social category rather than just the biological difference between women and men and also includes the respective person’s upbringing according to gender roles, social expectations and (behavioural) norms for women/girls and men/boys. These norms are mutable and vary both within and between cultures. Mainstreaming means that the strategy wants to be an integral part of all political and

planning decisions. Respect for the everyday life of women and men, of younger and older persons is the foundation of a gender-sensitive planning culture. Groups that tend to be underrepresented in urban planning processes are to be increasingly supported in their everyday lives. (European Commission EQUAL Guide on Gender Mainstreaming, Employment & European Social Affairs, EU 2004)

Public open and green spaces are fundamentally important and frequently visited by children on their own, who often accompany younger siblings. This matter of things is often characterised by an amplification of gender-specific differences and behaviour patterns influenced by role stereotypes, which also finds expression in preferences for different systems of play and movement. The design of public spaces and buildings and their open/green spaces should relevantly enable gender-sensitive space appropriation. Mobility behaviour and social patterns are in many cases linked to rules imposed by parents: many girls are allowed to move and interact freely only at an older age, for shorter periods and less frequently than boys. The social and/or ethnic background often exerts an influence on gender-specific differences as well. Public parks and squares as well as social institutions in the neighbourhood are important meeting-points and places of communication. The presence of teenagers in public space is very strongly influenced by sex, ethnic and social backgrounds. Boys often experience more activities and use playground areas than girls; parents are more concerned about girls being harassed or assaulted in public space. Unsafe and uncomfortable situations in public space or the occasional lack of open spaces that can be used by girls may lead to this subgroup withdrawing from public space. This results in diversified necessities and specific requirements regarding open spaces and the urban planning at all. (Gender Mainstreaming: Productive Tensions in Theory and Practice. Social Politics: International Studies in Gender, State and Society, Walby, S. 2005.)

Thus it is important to formulate principal gender-relevant strategic objectives of urban planning and urban development that address different life phases and realities for both gender groups. A balance between the interests of many groups must be inquired when distributing the space and allocating the funds needed for associated investments. The capability of people of both genders, disabled or other social groups to move freely and comfortably through a neighbourhood at any time of the day is directly amplifies quality of living. Sufficient illumination, non-existence of anxiety zones, clear-cut signage, and relevant playgrounds can contribute essentially to safety and security of the urban space and living itself. Equitable participation and involvement of all groups in development and decision-making processes is the objective of gender-sensitive planning to enable all groups to participate in decision-making and to ensure equality of scenarios in planning processes.

Eva Kail, one of the world's leading experts in gender mainstreaming, who was previously the head of Vienna's first women's office "Frauenbüro", was the initiator of the observation process that documented a day actions and movements in the lives of women and girls in Vienna. This process turned to a concrete change from the state of things where only men were defining the new structure of the city to a specific projects lead by women urban planners and architects. The gender was taken into account and result was better urban environment of the city. Her argument was that in order to get a fairer society as a public administration, to offer good service for the people, to have better quality of life – you have to take care of gender equality.( City with a female face: how modern Vienna was shaped by women. The Guardian, May 2019)

To make the open public spaces more appealing to girls, designers and planners created gender-segregated spaces with volleyball and badminton courts for the girls, open and private areas with benches that encouraged socializing. So that usage of these public spaces by girls increased. As a part of "gender mainstreaming" public policy, more than 60 urban planning and design pilot projects has been developed with a strong requirement to strategic plans and initiatives of explicit inclusion of needs, concerns, and experiences of women. (Bloomberg, How to Design a City for Women, A fascinating experiment in "gender mainstreaming." , by Clare Foran, September 2013, Behavioural Scientist, How Better Urban Planning Can Improve Gender Equality By Jennifer Gardner and Larissa Begault, April, 2019)

Vienna's municipality has produced a whole document dedicated to gender mainstreaming in urban planning and development entitled "Manual for Gender Mainstreaming in Urban Planning and Urban Development". It is intended to be a tool for quality assurance by planners. The guidance contains prompts and objectives, as well as practical case study examples to illustrate how gender mainstreaming has practically been achieved in projects. This manual is an undividable part of the

city's development plan. (Gendered Approaches to Spatial Development in Europe: Perspectives, Similarities, Differences, Barbara Zibell, Doris Damyanovic and Ulrike Sturm, Vienna, 2019).

In 2017, Tbilisi Municipality created the department responsible for development of parks and green spaces with commitment to rehabilitate large urban parks, neighbourhood green public spaces and develop new ones. The main objective of which was integration modern design practices and high quality standards in order to upgrade existing public environments for better usage by city dwellers. The Municipal Service of Green and landscape planning Department of Tbilisi, represented by a group of urban planners, designers and managers, with ADB sponsorship and technical support, were given an opportunity to visit city of Vienna and be hosted by the gender planning experts and municipal authorities. The local experts gave a deep explanation of gendered nature of urban space and governance, within the concept of a fair-shared city. During site visits the group was shown Parks that have been redesigned to provide better access for women and girls, provision of shared space for different park users including women, children, migrants, the elderly and the homeless, residential areas with improved safety features, housing designed by woman architects that provides comfortable space for mothers and encourages community support networks. With an essential support of Asian Development Bank (ADB) the department generated standard guide for green space development which was introduced as a public space design guidance incorporating modern park planning standards, methods and mainstreams.

ADB has worked for several years with Tbilisi City administration to support urban planning resulting in program of capacity building activities for integrating gender and citizens' perspectives into urban planning and design. After the visits of Vienna City Hall experts in Tbilisi and Tbilisi City Hall representatives in Vienna for developing mainstreaming gender and citizens' participation program into urban residential areas and green spaces planning in Tbilisi two teams of Tbilisi City Hall—urban planning division and environment and parks division—drafted two sets of guidelines respectively by December 2019: Fair Shared City: Guidelines for Socially Inclusive and Gender-Responsive Residential Developments; and Fair Shared Green and Recreational Spaces: Guidelines for Gender-Responsive and Inclusive Design. (Pict. 1 The Fair Shared Green and Recreational Spaces: Guidelines for Gender-Sensitive and Inclusive Design)



**Pict. 1 -Cover. The Fair Shared Green and Recreational Spaces: Guidelines for Gender-Sensitive and Inclusive Design, Tbilisi Municipality, ADB, 2021**

Tbilisi City Hall requested ADB for further support to pilot the Fair Shared Green and Recreational Spaces: Guidelines for Gender Responsive and Inclusive Design in the design of a new recreational area for the city, during which tools to encourage meaningful participation of end users would be developed and tested. Tbilisi City Hall also requested assistance to integrate gender into quality of life surveys to improve planning, and to finalize and disseminate the two sets of guidelines.

The senior representatives from City Hall had identified an area for the pilot development of a neighbourhood green park. The staff from the City Hall carried out a drone survey of the area to collect physical information, and the two national community-planning specialists collected data on the population and services. The international urban participatory planning specialist held meetings with the national community planning group and other data processing specialists to prepare the tools and guidelines for the participatory activities. The participatory toolkit was developed that covered all



aspects of participation throughout the urban project cycle including information dissemination, participation in spatial planning and design, identification of negatively affected social groups and ensuring that benefits are shared equally across all social group.

The Avchala Park’s history is dated back in Soviet times 60s-70s of 20th century. The Local Community Avchala District’s “Cognac Settlement” is featured with diverse neighbourhood with multicultural community. The local community is mainly presented by Georgians, Armenians, Kurds, Russians, etc. The low-income and medium class families comply most of the social groups of the local neighbourhood.

The urban participatory planning specialist David Calas travelled to Tbilisi to help complete the participatory activities. Prior to his arrival, national consultants had undertaken door-to-door interviews of 245 respondents (160 female and 85 male), and carried out a walk-through activity with separate groups of women and girls to collect deeper knowledge about the inhabitants around the park area. In the final step, residents and others were invited to a one day open-air workshop in the park and invited to re-imagine what a developed park would look like. (Pict.2 Workshop in Avchala Park)



**Pict. 2. Workshop in Avchala Park, Tbilisi, 2020); photo: Nana Adeishvili**

Each group of participants, the majority of whom were women, children and teenagers, produced design boards and these were consolidated into an Action Plan around the topics of space and infrastructure organization issues; Gender sensitive findings were arranged that were integrated into the final report.



**Pict. 3. Workshop in Avchala Park, Tbilisi, 2020); photo: David Calas**

The urban participatory planning specialist's final report with the participatory guidelines and detailing the process and findings of the participatory work in Tbilisi was submitted based on which, the Landscape Architect developed the initial concept and produced a set of drawings and renders of the proposed design. (Pict. 4 Situational Plan, Zoning)

The project conceptual plan was comprised of several priority goals that are accompanied by a specific vision of the park to enhance the quality of life in Avchala District by providing attractive, safe and well-maintained park with diverse recreational opportunities to serve and enrich the local community. The project team aimed to achieve physical environment that will suit to the needs of the locals with the emphasis on gender equality.

The objective of this design/redesign project was to ensure that Avchala Park was planned from a gender-sensitive perspective that drew on local women/ girls specific safety needs and desires. Equal opportunity would have been introduced new models of behaviour in space that seek to avoid the reinforcement of "gender stereotypes" and to develop spatial options for people of differing lifestyles, social background, abilities and resources.



**Pict. 4. Situational Plan, Zoning ,designed by George Gugunava**

Designer used the gender mainstreaming approach that refers to the integration of gender perspective into the design process, with a view to promote equality in usage of the space between women and men. The profound research made by ADB consultants that was based on meaningful participation of the local representatives and city officials gathered public feedback building consensus for the plan's vision and recommendations. The team members also conducted numerous reconnaissance trips within the study area. These findings were supplemented by observational data that uncovered various user experience information. The study of the conducted research helped designer to get more detailed understanding of neighbourhood views and priorities. It aimed to improve on what's currently working, and incorporate community insights to create a welcoming, diverse and inclusive space for all.

The Master Plan was developed based on the research made that reflected community goals and needs. The master plan and zoning were derived from the main principles: improving access and connections to the spaces, enhancing functional patterns of each zone and usage experiences, creating attractive, safe and convenient areas to increase park awareness and involvement (Pict. 5 Master Plan Render).

The Master plan ensures that capital improvement of the projecting site is consistent with the community goals and needs that are expressed in the research. The plan is derived from the main principles: improving access and connections to the spaces, enhancing functional patterns of each zone and usage experiences, creating attractive, safe and convenient areas to increase park awareness and involvement. The Master Plan envisions preservation of local environment with trees and green malls for recreation. Three entrances (East, West and South) increase accessibility to the Park. The bike lane is presented on the perimeter of the site as well as on the diagonal axes.





**Pict. 5. Master Plan Render, Designed by George Gugunava**

Comfortable and well-connected walking paths shared with bike lanes are designed to ensure good connections and accessibility to all zones and encourage socialization of people with different abilities. The system of the paths provide accessibility to all zones at the same time separates each zone for different user groups. Each space are gender sensitive and adapted for people with disabilities. The size and layout of planning lot provides prominent location of access points and entryways, adequate space for various recreation, passive and active zones.

The project introduced gender-segregated spaces by designing football/basketball stadium for men/boys and volleyball/badminton court for women/girls. An open dance space for young teenage girls also was introduced in order to maintain balance of behavioural practice for both gender groups by providing more room for recreation and entertainment. By developing spaces for girls the project aimed to create opportunities for new behaviours to embrace the visibility of women in Park. Several areas that will serve as calm zones for relaxation, active zones for sport activities and training, areas for reading, sunbathing, special zone for dog lovers, inclusive children’s playgrounds were also introduced; the designer emphasized on safety and flexibility of Park site; sufficient lighting throughout the territory and on park trails, a clear spatial layout of the whole park and each zone was maintained. (Pict.6 Avchala Park Render)



**Pict. 6. Avchala Park Render, Designed by G.Gugunava**



The future development of other parks in Tbilisi will provide further opportunities to use the guidelines and toolkits. The participatory process that took place in Avchala Park was used as a Case Study in a chapter on Gender Responsive and Inclusive Urban Planning in the forthcoming ADB book, *Creating Livable Asian Cities* (Creating Livable Asian Cities, ADB, 2021). The City Hall of Tbilisi officials announced that work was now proceeding to draw up the detailed plans for the development of Avchala Park and implementation is planned in the upcoming years.



**Pict.7. Avchala Park Render, Designed by G.Gugunava**

These actions in practice resulted in the change of the planning approach on the municipal level by integrating tools and methods for gender responsive and inclusive design. The City Hall officials with local community representatives and neighbourhood activists of Tbilisi established strong collaboration platform that lead to participation capacity building workshops/trainings. The use of participatory planning processes and applied inclusive design methods and tools raised the awareness and increased knowledge of gender responsive and inclusive urban planning practises.

**REFERENCES:**

1. Proceedings of the Council of Europe's International Seminar on "Promoting equality: a common issue for men and women", Council of Europe, 1997.
2. Gender Mainstreaming in Practice: A Handbook. Bratislava: UNDP Regional Centre for Europe, 2002.
3. European Commission EQUAL Guide on Gender Mainstreaming, Employment social affairs, 2004.
4. Gender mainstreaming Conceptual framework, methodology and presentation of good practices Council of Europe, 2004.
5. Gender Mainstreaming: Productive Tensions in Theory and Practice. Social Politics: International Studies in Gender, State and Society, Walby, S. 2005.)
6. Good Practice in Planning with Gender in the Commonwealth. Paper for the Women in Planning (WiP) Network of the Commonwealth Association of Planners, Todes, A.; Malaza N. and Williamson, 2009.
7. Bloomberg (Digital Magazine), How to Design a City for Women, A fascinating experiment in "gender mainstreaming. by Clare Foran, September 2013.
8. State of Women in Cities 2012- 2013: Gender and the Prosperity of Cities, Nairobi: UN-Habitat (2013),
9. Gender Mainstreaming in spatial planning, a step by step approach, United Nations Human Settlements Programme (UN-Habitat), Municipal Spatial Planning Support Programme, Cosovo, 2014.
10. Behavioural Scientist (Digital Magazine), How Better Urban Planning Can Improve Gender Equality By Jennifer Gardner and Larissa Begault, April, 2019).
11. The Guardian, City with a female face: how modern Vienna was shaped by women, May, 2019.
12. Gendered Approaches to Spatial Development in Europe: Perspectives, Similarities, Differences, edited by Barbara Zibell, Doris Damyanovic and Ulrike Sturm, Vienna, 2019).

**რეზიუმე**

სამართლიანად გადასაწყობებელი სამეკონსტრუქციო სივრცე – გენდერული თანასწორობის პრინციპებზე ორიენტირებული დაგეგმვა და ინკლუზიური დიზაინი (საშპთმელო პრაქტიკა-თბილისი, საქართველო)

ბეჟაშვილი ე.გ.

**საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი**

ისტორიულად, ქალაქმშენებლები ქმნიდნენ გარემოს, რომელიც ძირითადად აკმაყოფილებდა მამაკაცების მოთხოვნილებებს, ხოლო საჯარო სივრცეები პროექტირდებოდა ქალების საჭიროებების გარეშე. შედეგად, ურბანული დაგეგმარების პროცესში უგულვებელყოფილი იყო ქალებისა და ახალგაზრდა გოგონების საჭიროებები. მიუხედავად იმისა, რომ ქალაქები სწრაფად ვითარდებიან და სახეზეა ინდუსტრიული, ტექნოლოგიური და ეკონომიკური მიღწევები, ურბანული დაგეგმარება და დიზაინი ხშირად ხასიათდება უთანასწორობით და გარიყულობით სივრცეების გამოყენებისა და მოხმარების კუთხით. გენდერულად მგრძობიარე ურბანული დაგეგმარების ნაკლებობამ განაპირობა ის, რომ საჯარო სივრცეები გახდა ნაკლებად მიმზიდველი ქალებისთვის და სხვადასხვა სოციალური ჯგუფებისათვის. ქალებისა და ახალგაზრდა გოგონების დაგეგმარებული გარემოდან გამორიცხვის საპასუხოდ, ურბანულ დიზაინში გაჩნდა „გენდერული მენისტრიმი“, რომელიც აჩვენა, თუ როგორ შეიძლება განსხვავდებოდეს ქალაქები არსებული ფიზიკური სამყაროსგან, თუ ისინი თანაბრად იქნება დაპროექტებული, როგორც მამაკაცებისთვის, ისე ქალებისთვის. ურბანულ დაგეგმარებაში გენდერული ასპექტების ინტეგრაციის 30 წლიანი გამოცდილების შემდეგ, ევროპული ქალაქის ვენის მაგალითი გვასწავლის პრაქტიკულ მიდგომებს, აქტივობებს და გვაძლევს სახელმძღვანელო მითითებებს, რომლებიც გვიხვენებენ, თუ როგორ უნდა წარმართოს მონაწილეობითი და ინკლუზიური დიზაინის პროცესი, რომელიც თანაბრად შეისწავლის ყველა მომხმარებლის – მამაკაცებისა და ქალების, ბიჭების და გოგონების-გამოცდილებას და საჭიროებებს, თბილისში, ავჭალის რაიონში გენდერული და ინკლუზიური დიზაინის პერსპექტივით განხორციელებული პროექტის შემთხვევის შესწავლა, რომელიც შემუშავდა საერთაშორისო ექსპერტებისა და ADB-ის (აზიის განვითარების ბანკის) ტექნიკური და ფინანსური მხარდაჭერით, აჩვენებს, თუ როგორ შეუძლია პროექტირების მარტივმა საშუალებებმა მნიშვნელოვნად გაზარდოს საჯარო სივრცეში წვდომა, გააუმჯობესოს უსაფრთხოება, უზრუნველყოს ხილვადობა და მონაწილეობა ყველა გენდერული და სოციალური ჯგუფისთვის. ავჭალის გენდერული პარკის პროექტი კარგი მაგალითია იმისა, თუ როგორ შეუძლია გენდერული პერსპექტივით კარგ დაგეგმარებას უზრუნველყოს ყველა დაინტერესებული მხარის ჩართვა, ყველა მომხმარებლისა წარმომადგენლობა, რაც თავის მხრივ ხელს უწყობს ინოვაციურ დიზაინს, რომელიც სარგებელს მოუტანს ყველას და არა მხოლოდ ქალებს.

**საკვანძო სიტყვები:** ურბანული დაგეგმარება, ურბანული დიზაინი, ინკლუზიური დიზაინი, მწვანე და რეკრეაციული ზონები, გენდერული მენისტრიმი, გენდერულად რეაგირებადი დაგეგმვა, საზოგადოების მონაწილეობა.

ახალი მიღწევები საინჟინრო ფიზიკაში დამიზნებით თერმოდინამიკის  
მოწყობილობებით განცხადებული მატარებლის მკურნალობის დროს

გაგაშედიშვილი გ.ა

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

მრავალი წლის განმავლობაში იზრდებოდა ინტერესი ელექტრომაგნოტური ტალღების გამოყენებაზე როგორც მრეწველობაში ასევე სამეცნიერო კვლევების კუთხითაც. ერთ-ერთი საინტერესო და მეტად საპასუხისმგებლო მიმართულება როგორც არის მედიცინა საჭიროს ხდის განავითაროს ტექნოლოგიები და მოწყობილობები რომლებიც იყენებენ ელექტრომაგნიტურ ტალღებს ჯანმრთელობის მდგომარეობის, დროის ხანმოკლე ვადაში დიაგნოსტიკისა და მკურნალობისთვის.

ავთვისებიანი სიმსივნე ეს არის დაავადება რომელიც გავრცელებულია მსოფლიოს დაახლოებით 30% მოსახლეზე. შედეგად, დაახლოებით ნახევარი მთავრდება სიკვდილით. მკურნალობის სირთულეები დღემდე დაუძლეველი და რთულად გადასალახია.

მეოცე საუკუნის ადრეულ ეტაპზე პირველად ნახეს როგორ შემცირდა ავთვისებიანი სიმსივნის ზომა ძლიერი ცხელების დროს, რის შედეგადაც დაიწყო ბაქტერიული ტოქსინების ინექციები ქსოვილში მაღალი ტემპერატური გამოსაწვევად.

1960 წლიდან საფუძვლიანად იქნა დადასტურებული, რომ ავთვისებიანი სიმსივნეების მკურნალობის პროცესებში გამოყენებულიყო მაღალი ტემპერატურა, რომელიც თავისთავად შემდგომში მეცნიერების სფეროდ განვითარდა. თუმცა დღემდე სირთულეს წარმოადგენს ავთვისებიან ქსოვილში, სიღრმეზე ტემპერატურის მომატება და მისი გარკვეული დროის განმავლობაში სტაბილურ მანქანებზე გაჩერება გარშემო ჯანსაღი ქსოვილების დაზიანების გარეშე. აღნიშნული პროცესების გადასაჭრელად საკმარისი არ იყო მხოლოდ ერთი რომელიმე სფეროს სპეციალისტის სამეცნიერო ჩართულობა, შესაბამისად სფერომ „ჰიპერთერმია“ გააერთიანა სპეციალისტები: ინჟინრები, ფიზიკოსები, ბიოლოგები, ონკოლოგები და ქირურგები და სხვა. აღნიშნულ სფეროში ფიზიკისა და ინჟინერიის (საინჟინრო ფიზიკის) მიზანია, რომ რაც შეიძლება მაქსიმალურად იყოს გავრცელებული მაღალი ტემპერატურა ავთვისებიანი ქსოვილის მასებში და პარალელურად დაცული იქნეს ჯანსაღი ქსოვილები. უფრო მეტიც, საინჟინრო ფიზიკის გამოთვლები ვითარდებოდა პაციენტის გარე ზედაპირიდან სითბური დოზის მიწოდებით დამიზნებით სიმსივნურ ქსოვილებში.

ჰიპერთერმული დასხივების განვითარების საწყის ეტაპზე უპირატესობა მიენიჭა ნორმალური და ავთვისებიანი ქსოვილის იდენტიფიცირებას. წლების განმავლობაში შეისწავლებოდა როგორც მიკრო-, ასევე მაკრომოლეკულური სტრუქტურული აგებულება. ცოცხალ ავთვისებიან უჯრედზე დამაზიანებელი ეფექტის მიტანა უნდა მომხდარიყო სამ ძირითად კომპონენტზე: 1. უჯრედის მემბრანა, 2. უჯრედის ჩონჩხი და გენეტიკური ნაწილი.

სხვა სირთულეებს წარმოადგენს: ავთვისებიანი სიმსივნის არაჰომოგენური გავრცელება როგორც ძირითადი სიმსივნის ასევე მისი რეგიონული და შორეული მეტასტაზების; სიმსივნის ადრეულ და გვიან სტადიებზე აღმოჩენა; მოცულობა და მასა; სისხლმომარაგება; თანმხლები დაავადებები, პაციენტის ასაკი, სიმსივნის ლოკალიზაცია და ა. შ.

ჰიპერთერმია გამოიყენება ავთვისებიანი სიმსივნეების მკურნალობის პროცესში ქირურგიულ, რადიოთერაპიულ და ქიმიოთერაპიულ ჩარევასთან ერთად.

დაკვირვების შედეგებმა აჩვენა, რომ ცოცხალი ორგანიზმის იმ ქსოვილებში სადაც ჰიპოქსიაა განვითარებული რადიოთერაპიის მიმართ არიან რეზისტენტულები [1]. 1955 წელს Thomlinson-ის და Gray-ს ცდებმა აჩვენა თუ როგორ კრიტიკულადაა დამოკიდებული სიმსივნის ვასკულარიზაციის კავშირი ქსოვილის ოქსიგენაციასა და შემდგომში რადიოთერაპიულ მკურნალობის შედეგზე.

აქტუალობიდან და არსებული დღევანდელი პირობებიდან გამომდინარე საჭირო გახდა შექმნილიყო საინჟინრო მოწყობილობა რომელიც უზრუნველყოფდა ნანონაწილაკების გახურებას 55 °C-მდე ცოცხალი ქსოვილის სიღრმეში 8–10 სმ-ზე.

ჩვენს მიერ ჩატარებული სამუშაოები ეძღვნება ცვლადი ელექტრომაგნიტური ტალღების სხვადასხვა ფიზიკური სიდიდეების გამოყენებასა და მის მოწყობილობაში გადატანას, რომელიც ხელს შეუწყობს დამიზნებითი ჰიპერთერმიის სამკურნალო პროცესების განხორციელებას. უპირველეს ყოვლისა მოკვლეული იქნა სხვადასხვა ჰიპერთერმიის დანადგარები, რომელთა სპეციფიკაციები დეტალურად იქნა განხილული. სამი ძირითადი კომპონენტი რომელიც ჰიპერთერმიის დროს გამოიყენება არის: 1) ნანონაწილაკების ნაირსახეობა; 2) თერმოთერაპიის მოწყობილობის სტრუქტურა (დანადგარის პროტოტიპი) და 3) მაგნიტური ველის პარამეტრები (ტალღის სიხშირე და ველის სიდიდე).

თავის მხრივ პაციენტის ორგანიზმში ლოკალურ (ფოკუსირებულ) ლოკალიზაციაზე მკურნალობისთვის ტემპერატურამ უნდა მიაღწიოს +48-დან +55-მდე °C-ს. დაცული უნდა იყოს როგორც გარშემო ჯანსაღი ქსოვილის მდგომარეობა ასევე პაციენტის და პერსონალის ზოგადი უსაფრთხოება.

ლოკალურად ცვლადი მაგნიტური ველით ინდუცირებული ჰიპერთერმიისთვის საინტერესოა 2 კლასის მასალა: ფერომაგნიტები და ფერიტები. მაგნიტური მოვლენა საშუალებას იძლევა გამოიწვიოს ინდუქცია აღნიშნული მასალების კრისტალური აგებულების საფუძველზე. ფერიტებში მაგნიტური მომენტის დროს კრისტალში განლაგება ხდება არაპარალელურად და შესაბამისად სიდიდეც არ არის ერთგვაროვანი, ხოლო ფერომაგნიტებში კი მაგნიტური მომენტი პარალელურია და სიდიდეც ერთგვაროვანი.

სხვადასხვა ფორმულების ანალიზმა აჩვენა, რომ დამიზნებითი ჰიპერთერმიის დროს ბიოლოგიურ ქსოვილებში სასურველია გამოყენებული იქნეს დაბალი სიხშირის ელექტრომაგნიტური ტალღები (<100 kHz) რომელიც შემდგომში საჭიროებს სხვადასხვა ექსპერიმენტს [2].

ცვლად მაგნიტურ ველში ნაწილაკის ქცევა არის ასევე განსხვავებული მისი ზომის მიხედვით. შედარებით დიდი ზომის ნანონაწილაკები შეერთების შედეგად იკეთებენ სუბერთეულებს რომელიც ხელს უშლის ჰომოგენურ დიფუზიის პროცესს ცოცხალ ორგანიზმში.

ნანონაწილაკის შერჩევის დროს გათვალისწინებული იქნა ასევე ტემპერატურის სპეციფიკური გენერაციის სიმძლავრე 1–10 დიამეტრის სხვადასხვა Fe-ის ნანონაწილაკებში [2].  $SAR = cdT/dt$  სადაც  $c$  არის თბოტევადობა,  $dT/dt$  – ტემპერატურის მომატება დროის ერთეულში.

სტაბილიზაციის როლი ნანონაწილაკის მიმართ წარმოადგენს ასევე მნიშვნელოვან კომპონენტს. არა სტაბილიზირებული ნანონაწილაკები 2–5 წუთში წარმოქმნიან კონგლომერატებს, რომლებიც ვიბრაციის დროს ტემპერატურას ცოცხალ ქსოვილში გადაანაწილებენ შედარებით არადიფუზურად, ხოლო სტაბილიზირებული ნანონაწილაკი მდგრადია თერმული პროცესების მიმართ და წარმატებით გამოიყენება ბიოლოგიური მასალის ტემპერატურის მომატებისთვის.

საბოლოოდ ადამიანის ორგანიზმის მიმართ ბიოთავსებადობისა და მაგნიტური თვისებების გამო შერჩეული იქნა 5–10 ნმ-ის მაგნეტიტის ნანონაწილაკის „Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>“ მდგრადი სუსპენზია.

ფიზიკის ოთხი ფუნდამენტური ურთიერთქმედებიდან ძირითადად გამოყენებულია ელექტრომაგნიტიზმი. მაგნეტიტის ნანონაწილაკების რხევების შედეგის მისაღწევად დადგა საჭიროება რომ საბაზისო თეორიული საწყისებიდან პრაქტიკული ცდების ჩათვლით შექმნილიყო ცვლადი მაგნიტური ველის გენერატორი რომელიც მოიცავდა თავდაპირველად მაქსველის განტოლებებს როგორცაა: გაუსის კანონი, გაუსის კანონი მაგნეტიზმისთვის, ფარადეის ინდუქციის კანონი და ამპერის კანონი მაქსველის კორექტირებით, დამატებით ასევე ლორენცის ძალა და ა.შ. თერმული ეფექტის შედეგის მიღება ხდება ცვლად მაგნიტურ ველსა და საკუთარი მაგნიტური მომენტის მქონე ნანონაწილაკებს შორის ურთიერთქმედების საშუალებით. ამ

შემთხვევაში ძირითადი მახასიათებელია მაგნიტური ინდუქციის ვექტორი, რომელიც SI (System International – საერთაშორისო სისტემა) სისტემაში არის ტესლა.

ცვლადი მაგნიტური ველის პარამეტრების მისაღებად ჩატარდა გაზომვით სამუშაოები რომლებიც ყვრდნიბოდა თეორიულ საფუძვლებს:

$$\nabla E_{(r,t)} = -\frac{\partial}{\partial t} B(r,t), \tag{1}$$

$$\nabla \text{Ex}H_{(r,t)} = J_{x,t} + -\frac{\partial}{\partial t} D(x,t), \tag{2}$$

$$\nabla xB_{(r,t)} = -0, \tag{3}$$

$$\nabla xD_{(r,t)} = \rho_{x,t}, \tag{4}$$

სადაც E არის ელექტრული ველის ინტენსივობის ვექტორი (ვოლტი მეტრზე); მაგნიტური ველის ინტენსივობის ვექტორი (ამპერი მეტრზე). ელექტრული გადაადგილების ვექტორი (კულონი მ2-ზე); B მაგნიტური ინდუქციის ვექტორი (ვებერი მ2-ზე (ტესლა)); J სიხშირული სიმკვრივის ვექტორი (ამპერი მ2-ზე); ρ მუხტის სიმკვრივე მოცულობაზე (კულონი მ3-ზე); r – პოზიციის ვექტორი (მეტრებში); t - დრო (წამში) [4].

შესაბამისად მუხტის კონსერვაცია გამოიხატება

$$J_{r,t} = -\frac{\partial}{\partial t} \rho(r,t) \tag{5}$$

E და B ერთეულები ლორენცის ძალის ფორმულის მეშვეობით მოქმედებენ მუხტზე:

$$F = B \cdot v \cdot q \cdot \sin \theta$$

სადაც F არის ძალა, q მუხტი, v სიჩქარე, B მაგნიტური ველი, sinθ კუთხე მაგნიტურ ველსა და სიჩქარეს შორის.

$$\text{ასევე } f(r,t) = \rho(r,t)E(r,t) + J(r,t)B(r,t) \tag{6}$$

აქედან გამომდინარე D და H დაკავშირებულია E და B-თან ძირითადი პარამეტრებით, რომელიც თავისთავად ასახავს მედიუმის შემადგენლობის ბუნებას.

ჰელმჰოლცის კოჭა ეს არის ორი იდენტური მეტალის მავთულის ხვეულა იდენტური ელექტრული სიხშირითა და ხვეულების მიმართულებით, რომლებიც განლაგებულია ერთმანეთის სიმეტრიულად. ხვეულებს აქვთ საერთო აქსისი ისეთი განლაგებით, რომ ერთი კოჭადან გამოსხივებული მაგნიტური ველი ემთხვევა და ემატება მეორე კოჭადან გამოსხივებულ მაგნიტურ ველს. მათ შორის დაცილება ტოლია ხვეულების რადიუსისა. მოცემული წყობა როგორც თეორიულად ასევე ცდების საფუძველზე გვაჩვენებს, რომ მათ შორის „ცენტრალურად“ შესაძლებელია მოთავსდეს საცდელი მასალა და განხორციელდეს სხვადასხვა დასხივების საშუალებები. კოჭების ასეთი განლაგებისა და პარამეტრების გამოთვლები ეძღვნება გერმანელ მეცნიერ ფიზიკოსს ჰერმან ჰელმჰოლცს.

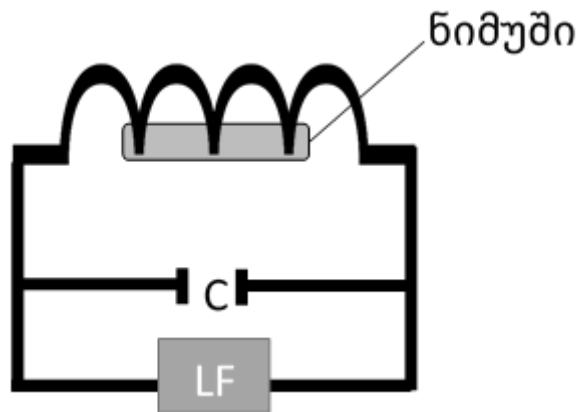
### კვლევის მეთოდოლოგია

კვლევებისთვის შერჩეული იქნა 5–156მ Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> (15გ 3% Vol), მაგნეტიტის ნანონაწილაკები.

დამიზნებითი ცვლადი ელექტრომაგნიტური ველის გენერაციისთვის შეიქმნა საინჟინრო მოწყობილობა, რომელიც შედგება შემდეგი ძირითადი კომპონენტებისგან: 2 ცალი ჰელმჰოლცის კოჭა რომლებიც ერთმანეთისაგან დაშორებულია 110 °-იანი კუთხით, რომელთა სიხშირე იმართება 10 kHz სინუსოიდური იმპულსების გენერაციით. აღნიშნული ელექტრომაგნიტური ტალღის სიხშირე (ტალღის სიგრძე

$\lambda = 29970.2547m \approx 30000$  მ) შერჩეულია სპეციალურად სამედიცინო მიზნებისთვის მისი წყალში მაღალი განვლადობის გამო 22,506 კმ. ეს უკანასკნელი დაახლოებით 50 ჯერ აღემატება 500 kHz სიხშირის ტალღებს რომლებიც გამოყენებულია ჰიპერთერმულ მოწყობილობებში.

ზემოთ აღნიშნული საინჟინრო სპეციფიკაციების მქონე მოწყობილობის ფიზიკური მახასიათებლები და მაგნიტური სითხეების განივი ამთვისებლობის გამოსაკვლევად გამოიყენებოდა LC რეზონანსულ გენერატორზე დაფუძნებული სქემა (ნახ.1)



ნახ.1. დაბალი სიხშირის რეზონანსული გენერატორი მაგნიტური სითხეების განივი ამთვისებლობა

ამჟულა მაგნიტური შიგთავსით (მაგნეტიტის ნაწილაკი) თავსდება LC – გენერატორის ინდუქციურ კოჭაში და მისი რეზონანსული სიხშირის ცვლილება ფიქსირდება გარეშე  $H_{DC}$  მაგნიტური ველის ცვლილებებისას, რომელიც კოჭას  $H_{RF}$  ველის პერპენდიკულარულია.

კონტურის რხევის სიხშირის სტანდარტული გამოსახულება აღინიშნება ფორმულით:

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \tag{6}$$

სადაც L არის კოჭას ინდუქტივობა და C კონდენსატორების ტევადობა. ნიმუშის ინდუქციურ კოჭაში მოთავსებით კოჭას ინდუქტივობა მცირე  $\Delta L$  სიდიდით იცვლება. თუ  $\Delta L / L < 1$ , მაშინ (6)-ის დიფერენცირებით მივიღებთ:

$$\frac{\Delta f}{f} = \frac{\Delta L}{2L} \tag{7}$$

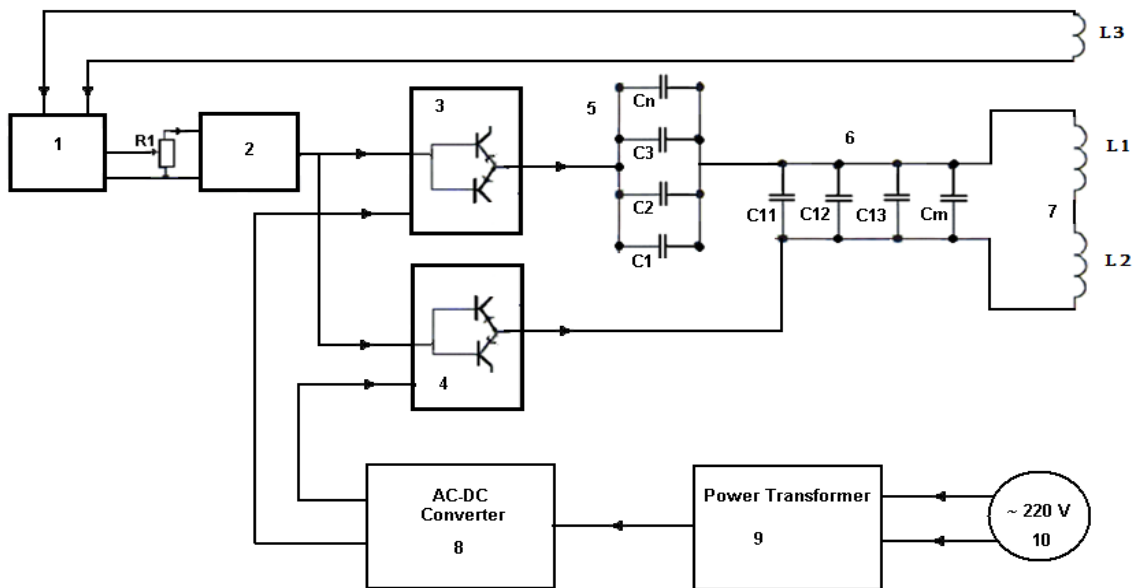
ინდუქტივობის ცვლილებები დამოკიდებულია მასალის თვისებების ცვლილებასთან. მაგნეტიტის ცვლილება პროპორციულია კომპლექსური ამთვისებლობის ნამდვილი ნაწილის ცვლილებასთან  $\mu = \mu' - i\mu''$ . აქედან,  $\Delta L \sim \Delta(\sqrt{\mu'})$  და ნიშნაკამდე სიზუსტით.

$$\frac{\Delta f}{f} = \frac{\Delta x_T}{x_T} \tag{8}$$

ძალზე მნიშვნელოვანია, რომ ეს მოწყობილობა წარმატებით იყო გამოყენებული საცდელ ნიმუშში სუპერპარამაგნიტური ნანონაწილაკების მაგნიტური ანიზოტროპიის  $H_k$  ველების განაწილების გამოსაკვლევად. აღნიშნული მიზნისთვის ნიმუში თავსდებოდა LC გენერატორის ინდუქციურ კოჭაში განივი ამთვისებლობის  $X_T$  გასახომად გარეშე ველის ცვლილებისას. აღნიშნულ მოწყობილობაში ფიქსირებული ამპლიტუდის (5 ერსტედი 10 მეგაჰერცი) ოსცილირებადი მაგნიტური ველი მოღებულია გარე ველის პერპენდიკულარულად. რეზონანსული სიხშირის წანაცვლება გარე ველის ან ტემპერატურული ცვლილებისას ახასიათებს ნიმუშის  $X_T$  ტიპური დამოკიდებულება გარე მაგნიტურ ველზე გვირგვინებს პიკებს, რომლებიც განსაზღვრულნი არიან ნანონაწილაკების  $H_k$  ველების განაწილებით. აღნიშნული პიკების მდებარეობის ცვლილება მაგნიტური ველის და ტემპერატურის მიხედვით საშუალებას იძლევა გავერკვეთ სისტემის ფუნდამენტურ თვისებებში.

**მოწყობილობის აღწერა**

იმისათვის რომ ცოცხალ ორგანიზმის განსაზღვრულ კერაში სადაც განთავსებულია წინასწარ შეყვანილი მაგნეტიტის ნანონაწილაკები, მივიღოთ 45–55 °C ტემპერატურა ცვლადი მაგნიტური ველის საშუალებით 8–10 სმ სიღრმეზე საჭიროა ძირითადი ფიზიკური პარამეტრების მოწყობა [8] და შესაბამისად შეიქმნა საინჟინრო მოწყობილობა რომლის ბლოკ სქემა მოცემულია ნახ. 2-ზე.



**ნახ. 2. საინჟინრო მოწყობილობის ბლოკ სქემა**

- 1) 10 kHz სინუსოიდური იმპულსის გენერატორი (L3 ოსცილოგრაფის მოწყობილობა;
- 2) ვოლტაჟის გამაძლიერებელი; 3) დენის ძალის გამაძლიერებელი; 4) დენის ძალის გამაძლიერებელი (3 და 4 მუშაობს პარალელურად); 5) კონდენსატორების ჯგუფი;
- 6) C11-Cm პარალელური რეზონანსული კონდენსატორები; 7) 2 ცალი (L1, L2) „ჰელმჰოლცის კოჭა“ რომელიც ერთმანეთისგან დაშორებულია 110 ჰიანი კუთხით; 8) AC/DC (ცვლადი/მუდმივი) დენის გარდამქმნელი; 9) 220 V AC (ცვლადი დენის) დენის ტრანსფორმატორი; 10) 220 V AC (ცვლადი დენის) კვების წყარო; 11) დამატებითი უკუკავშირის ინდუქტორი რეზონანსული მონიტორინგისთვის

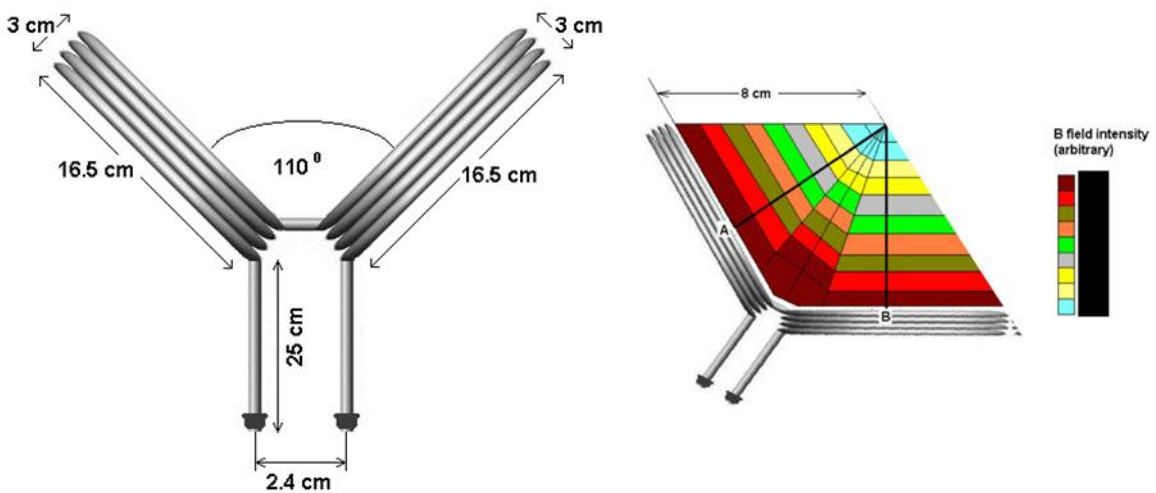


მაღალი სიხშირის გენერატორი. გენერატორული სქემა აგებულია მიკროსქემებზე და გამოიმუშავებს 600 kHz სიხშირის იმპულსთა თანამიმდევრობას. სიხშირის ორჯერ შემცირება 180 ° ფაზით აღძრული იმპულსების მიღება და შემდგომი გაძლიერება ხდება ტრანზისტორებზე აგებული ორტაქტიანი გამაძლიერებლის საშუალებით. აღნიშნულ სისტემაში მეტად მნიშვნელოვანია ორტაქტიანი ტრანსფორმატორული სქემის დატვირთვის რეზონანსული კონტური და მისი ვარგისიანობა, რომელიც განსაზღვრავს სიმძლავრის მაქსიმალურ ეფექტიანობას. რეზონანსული კონტური შედგება C-კონდენსატორების კრებულისგან და ინდუქტორისგან. ორტაქტა სქემის გამოსასვლელი სიმძლავრე რეგულირდება ელექტრული კვების ძაბვის საფეხურებრივი ცვლილებით. ისრიანი მიკრომეტრის საშუალებით, რომელიც წინა პლანზეა გამოყვანილი იზომება ძაბვის პოტენციული რეზონანსულ კონტურზე, რომლის მაქსიმალურ ჩვენებას ვაღწევთ F პოტენციომეტრის რეგულირებით.

მიუხედავად იმისა, რომ თვით ინდუქტორი გაკეთებულია სპილენძის მილისაგან, რომელშიც ვატარებთ წყალს გაგრილების მიზნით, ექსპერიმენტის დროს აღმოჩნდა, რომ კომპიუტერული სისტემისთვის გათვალისწინებული დამატებითი „ქულერი“, რომელიც მთელ სისტემას აგრილებს, საკმარისი არ აღმოჩნდა რეზონანსული კონტურის შემადგენელი ჯამური ტევადობისა და ინდუქციური კოჭას გასაგრილებლად. შესაბამისად საჭირო გახდა კორპუსის გაზრდა ჰაერის ცირკულაციის გაზრდისთვის და კიდევ ერთი „ქულერის“ დამატება. წინააღმდეგ შემთხვევაში ინდუქტორი ცხელდება და ეფექტური ვარგისიანობა მცირდება.

დაბალი სიხშირის გენერატორი. შესავალი ქსელის ძაბვა არის  $220 \pm 15$  % ვოლტი; ქსელიდან მოთხოვნილი სრული სიმძლავრე მაქსიმალური გამოსასვლელი სიმძლავრის დროს 450 ვატი; რეაქტიული დენის სიდიდე რეზონანსულ კონტურში 40–60 ამპერი. მაღალსიხშირული გენერატორ-გამაძლიერებლის გამოსასვლელი სიხშირის რეგულირების დიაპაზონია  $\Delta f$  280–320 kHz; მოწყობილობის მუშა ტემპერატურათა დიაპაზონში 10–35 °C.

ჰელმჰოლცის კოჭათა აგებულება, პარამეტრები და ინტენსივობის განაწილება მოცემულია ნახ. 3-ზე.



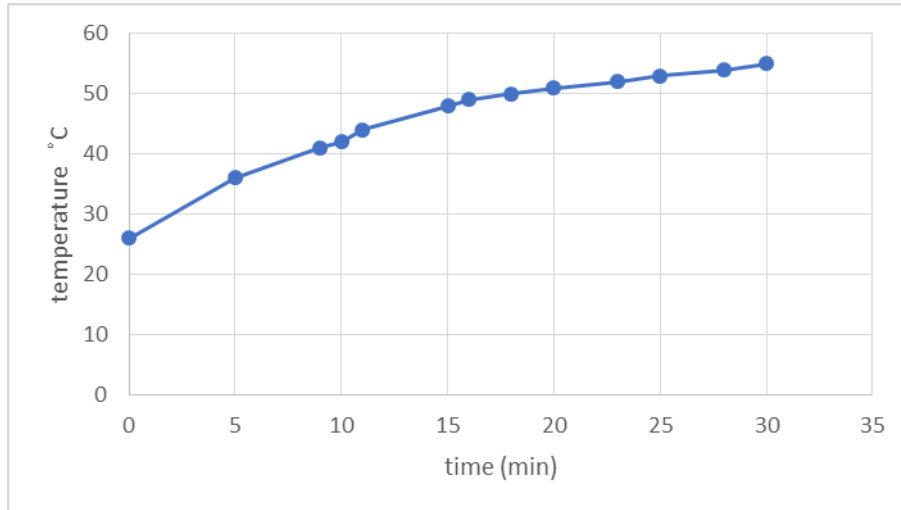
ნახ. 3. ჰელმჰოლცის კოჭათა პარამეტრები და ინტენსივობის განაწილება

**კვლევის შედეგები**

გამოყენებული 6–10 ნმ ზომის  $Fe_3O_4$  ნანონაწილაკი  $\Delta XT/XT$  (%) შესაბამისი სიზუსტით მაგნიტური ხდება  $T=300K$  ტემპერატურის დროს [10]. აღნიშნული ნიმუშის



მაგნიტური ველით (600 ერსტედი) დასხივების პირობებში ჩვენთვის სასურველი (დამიზნებითი ჰიპერთერმია) ტემპერატურა მიიღწეოდა დაახლოებით 30 წუთის განმავლობაში (სურ. 4).



სურ 4.  $Fe_3O_4$ -ის ნანოსუსპენზიის ტემპერატურის ცვლილება

#### დასკვნა

პაციენტის ზედაპირიდან 8–10 სმ სიღრმეში ჰიპერთერმული ეფექტის (45–55°C-მდე მომატება) მისაღებად ჩატარებულმა კვლევებმა აჩვენა, რომ შედეგი მიიღწევა პაციენტის სიმსივნურ მეტასტაზებში შეყვანილი 610 ნმ ზომის  $Fe_3O_4$  ნანონაწილაკის ცვლად ელექტრო-მაგნიტურ ველში 30 წთ-იანი მოთავსებით [11,12].

აღნიშნული შედეგი ტექნიკურად მიიღწევა ზემოთ მოწოდებული საინჟინრო ინოვაციური კომბინირებული მეთოდით: ელექტრონული ბლოკ სქემა, რომელიც წარმოშობს 10 kHz ცვლად მაგნიტურ ველს და აღჭურვილია ორი ჰელმჰოლცის კოჭათი ერთმანეთისგან დაშორებული 110 უიანი კუთხით.

#### REFERENCES

1. Physics and Technology of Hyperthermia. Stanley B. Field, Cafiero Franconi. Urbina, Italy, July 26-August 9, 1986. No. 127, 1987 Martinus Nijhoff Publishers Dordrecht / Boslon / Lancaster. ISBN-13: 978-94-010-8109-2, DOI: 10.1007/978-94-009-3597-6.
2. Inductive heating of ferrimagnetic particles and magnetic fluids: Physical evaluation of their potential for hyperthermia A. JORDAN; P. WUST; H. FAHLING; W. JOHN; A. HINZ; & R. FELIX, Int. J. Hyperthermia, November 2009; 25(7): 499–511.
3. The Therapeutic Properties of Electromagnetic Waves. Marcello Allegretti. ISBN: 9781719822237. Independently published (August 27, 2018).
4. Theory of Electromagnetic Wave Propagation. Charles Herach Papas. ISBN – 048665678-0 (1988). DOVER PUBLICATIONS, INC., NEW YORK, 88-12291.
5. Helmholtz Coils—Uniform Magnetic Fields, Dr. James E. Parks, Department of Physics and Astronomy, The University of Tennessee, Knoxville, Tennessee 37996-1200.
6. Nagraj Huilgol 2013 “HYPERTHERMIA”. ISBN 978-953-51-1129-0 (2013)
7. Hall E.J., Giaccia A.J. “Hyperthermia” in Radiobiology for the Radiologist, Lippincott Williams & Wilkins, (2012), ISBN 978-1-60831-193-4
8. Rosensweig R.E., “Heating magnetic fluid with alternating magnetic field, Journal of Magnetism and Magnetic Materials”, 252, 370-374, 2002, ISSN 0304-8853.
9. Hilger I.; Andra W.; Hergt R.; Hiergeist R.; Schubert H.; Kaiser W.A.; “Electromagnetic Heating of Breast Tumors in Interventional Radiology: In Vitro and in Vivo Studies in Human Cadavers and Mice” 218,2,570-575, (2001).

10. Sherer M.D.; Chin L.; and Kumaradas J.C.; “Interstitial Hyperthermia” in Encyclopedia of Biomedical Engineering, ED. Akay Metin; Wiley, 2005. New Jersey. USA ISBN 13: 9780471249672

11. Surguladze B.; Induction heating system unit for locator hyperthermia device and method for hyperthermia. Patent Application GEAP201614256A. (2016).

12. Surguladze B. Drug for malignant tumors secondary metastases treatment, Patent Application GEAU201714631U, 2017.

#### **SUMMARY**

#### **THE NEW ENGINEERING ACHIEVEMENTS OF TARGETED HYPERTHERMIA DEVICE DURING THE TREATMENT OF CANCER METASTASES**

**Gavashelishvili G.A.**

**Georgian Technical University**

Innovative targeted hyperthermia device allows heating of magnetite ( $Fe_3O_4$ ) nanoparticles by generating high-water permeability alternative magnetic waves to get thermal effect in biological tissues. The generator-device makes it possible to warm up magnetite nanoparticles up to the 55 °C at 8-10 cm deep in tissues as shown in multiple experiments. To generate and "direct" specific electromagnetic waves 2 Helmholtz coils angled at 1100 from each other and a 10 kHz sinusoidal signal generator were used. The device was designed for treatment procedures in oncology. Clinical trials of the method, “detection of possibly invaded lymphatic nodes and targeted hyperthermia for the prevention of cancer recurrence” (author of the method MD, PhD, Sc.D., B. Surguladze) at the Cancer Research Center of Georgia have shown that this method is safe and indeed improves treatment outcome (Clinical trial were permitted by Drug Agency of Georgia).

**Keywords:** cancer treatment, medical device, thermotherapy, targeted hyperthermia.

რეგენერაციული თერმოდინამიკური ციკლების თხუბრი ეფექტურობის ანალიზი

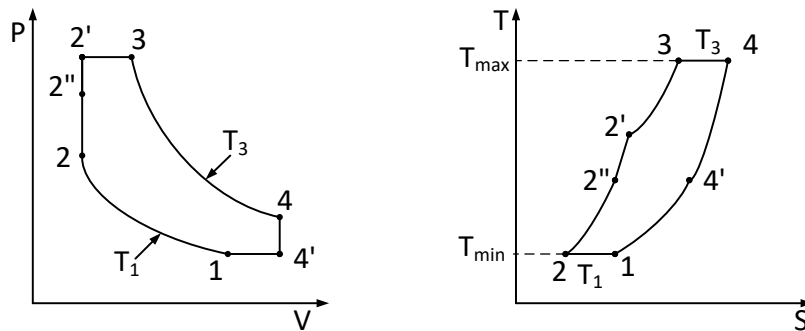
ქეხიშივილი ნ.ა., ჯავშანაშივილი ნ.ბ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

რეგენერაციული თერმოდინამიკური ციკლების უსასრულო რაოდენობიდან შეიძლება გამოვყოთ რამდენიმე, რომლებსაც გააჩნიათ ყველაზე მაღალი თხუბრი ეფექტურობა და იგი უტოლდება კარნოს იდეალური ციკლის მარტივი ქმედების კოეფიციენტს. ასეთი მაღალი ეფექტურობის ციკლებს მიეკუთვნება სტირლინგის და ერიკსონის ციკლები, რომლებსაც ოთხი თერმოდინამიკური პროცესიდან საერთო ორი იზოთერმული პროცესი გააჩნიათ.

რეგენერაციულმა თერმოდინამიკურმა ციკლებმა შემდგომი განვითარება ჰპოვა რეილისის ციკლის სახით [1]. იგი შედგება ორი იზოთერმული და ორი რეგენერაციული პროცესისგან, რომლებიც ნაწილობრივ ორი მუდმივი წნევის და ნაწილობრივ ორი მუდმივი მოცულობის დროს ხორციელდება (ნახ.1). ამდენად, სტირლინგის და ერიკსონის ციკლები შეიძლება განხილულ იქნას, როგორც კერძო შემთხვევები რეილისის ციკლისა და ამ უკანასკნელის ანალიზის საფუძველზე მიღებული შედეგები გავრცელებულ იქნას კერძო შემთხვევებზეც.

რეილისის იზოთერმული ციკლი.



ნახ.1. რეილისის იდეალური რეგენერაციული ციკლი

კუმშვის და გაფართოების პროცესები იზოთერმულია. რეგენერაციული პროცესები ნაწილობრივ იზობარული და ნაწილობრივ იზოქორულია.

თერმოდინამიკურ ციკლში გამოყენებული აღნიშვნები და უკანასომილებო პარამეტრები:  $T_i, V_i, P_i$  – აბსოლუტური ტემპერატურა, კუთრი მოცულობა და წნევა მუშა სხეულის  $i$ -ურ მდგომარეობაში;  $W$  – ციკლის მუშაობა;  $Q_0$  – ციკლში მიწოდებული სითბოს რაოდენობა;  $R$  – გაზის მუდმივა;  $C_p, C_v$  – კუთრი სითბოტევადობები მუდმივი წნევისა და მოცულობის დროს;  $\dot{P}$  – საშუალო ეფექტური წნევა ციკლში;  $k = C_p / C_v$  – ადიაბატის ხარისხის მაჩვენებელი;  $\tau = T_3 / T_1$  – ტემპერატურათა ფარდობა;  $r_c = V_1 / V_2$  – მოცულობათა ფარდობა კუმშვის პროცესში;  $r_e = V_4 / V_3$  – მოცულობათა ფარდობა გაფართოების პროცესში;  $\alpha = T_2' / T_2 = P_3 / P_2$ ;  $\beta = T_3 / T_2' = V_3 / V_2$ ;  $\rho = T_4 / T_4' = P_4 / P_1$ ;  $\sigma = V_4 / V_1$ ;  $\varepsilon = (T_2'' - T_1) / (T_3 - T_1)$  რეგენერატორის ეფექტურობის ხარისხი;  $\eta = W / Q_0$  – თერმული მ.ქ.კ.

ციკლის ანალიზი.

ციკლის იზოთერმულობის პირობიდან  $T_2 = T_1$  და  $T_4 = T_3$  გამომდინარეობს, რომ

$$\alpha\beta = \rho\sigma = \tau \quad (1)$$

$$r_e = \sigma_c / \beta = \alpha r_c / \rho \quad (2)$$

$$T_2'' = [\varepsilon(\tau - 1) + 1]T_1 \quad (3)$$

ციკლში შესრულებული მუშაობა

$$\begin{aligned} W &= P_3(V_3 - V_2) + RT_3 L_n(r_e) - P_1(V_4 - V_1) - RT_1 L_n(r_c) = \\ &= RT_1 [\tau \{1 + L_n(\alpha \sigma_c / \tau)\} - (\alpha + \sigma + L_n(r_c)) + 1] \end{aligned} \quad (4)$$

ციკლში მიწოდებული სითბოს რაოდენობა

$$\begin{aligned} Q_0 &= C_v(T_2' - T_2'') + C_p(T_3 - T_2') + RT_3 L_n(r_e) = \\ &= [RT_1 / (k - 1)] [(\alpha - 1) - \varepsilon(\tau - 1) + k(\tau - \alpha) + \tau(k - 1)L_n(\alpha r_c / \rho)] \end{aligned} \quad (5)$$

ციკლის თერმული მარგი ქმედების კოეფიციენტი [2]:

$$\begin{aligned} \eta &= \left[ (k - 1) \left[ \tau \left\{ 1 + L_n \left( \frac{\alpha r_c}{\rho} \right) \right\} - (\alpha + \sigma + L_n(r_c)) + 1 \right] / [(\alpha - 1) - \varepsilon(\tau - 1) + k(\tau - \alpha) + \right. \\ &\left. + \tau(k - 1)L_n(\alpha r_c / \rho)] \right] \end{aligned} \quad (6)$$

საშუალო ეფექტური წნევა ციკლში

$$\dot{P} = (RT_1 r_c [\tau \{1 + L_n(\alpha r_c / \rho)\} - (\alpha + \sigma + L_n(r_c)) + 1] / [V_1(\sigma_c - 1)]) \quad (7)$$

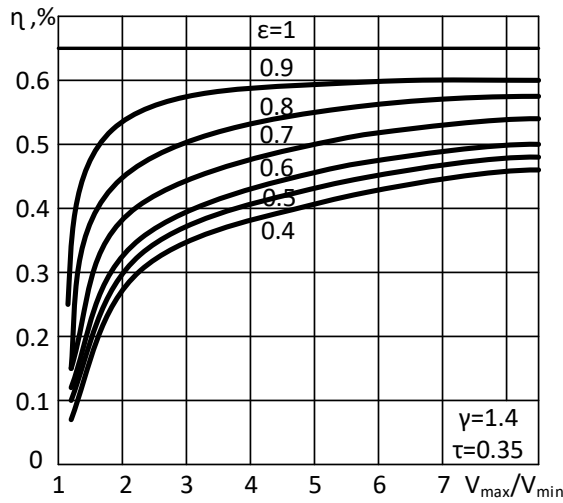
როგორც ზემოთ იყო აღნიშნული, სტირლინგის ციკლი წარმოადგენს რეილის ციკლის კერძო შემთხვევას შემდეგი პირობებით:  $\beta = \sigma = 1$ ;  $\alpha = \rho = \tau$ ;  $r_e = r_c = r$  მაშინ სტირლინგის ციკლის მ.ქ.კ. იქნება:

$$\eta = [(k - 1)(\tau - 1)L_n(r)] / [(1 - \varepsilon)(\tau - 1) + \tau(k - 1)L_n(r)] \quad (8)$$

(8) განტოლებით განსაზღვრული სტირლინგის ციკლის მ.ქ.კ. დამოკიდებულია სხვა პარამეტრებთან ერთად რეგენერატორის ეფექტურობის ხარისხზე. თუ  $\varepsilon = 1$ , გამოდის რომ

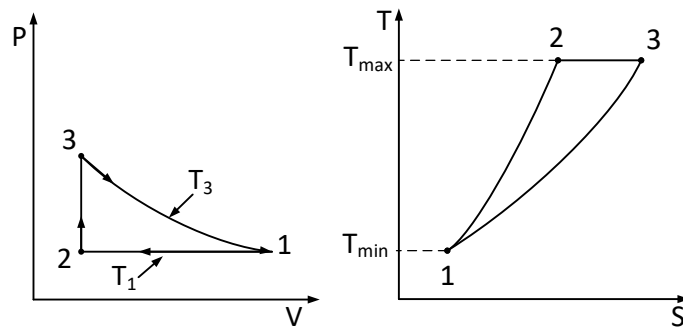
$$\eta = \frac{\tau - 1}{\tau} = (T_3 - T_1) / T_3 \quad (9)$$

და ღებულობს კარნოს ციკლის ტოლ მაქსიმალური თბური ეფექტურობის მნიშვნელობას. ყველა სხვა შემთხვევაში, როცა  $\varepsilon < 1$  იგი ჩამოუვარდება კარნოს ეფექტურობას (ნახ. 2).

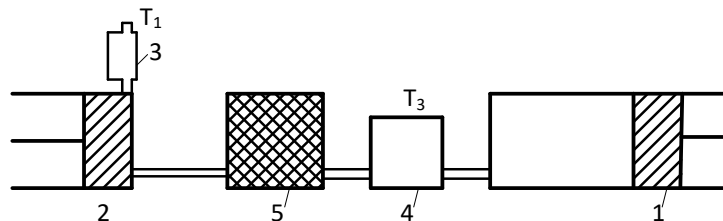


ნახ.2. სტირლინგის ციკლის მ.კ.კ.-ის დამოკიდებულება რეგენერაციის ხარისხზე

განვიხილოთ რეილისის ციკლის კიდევ ერთი კერძო შემთხვევა, რომელიც ნახვენებია ნახ.3-ზე.



ნახ.3. რეილისის ციკლის კერძო შემთხვევა, როცა იგი შედგება ერთი იზოთერმული და ორი რეგენერაციული პროცესისგან, იზობარული და იზოქორული სითბოს მიწოდებით



ნახ.4. ციკლის პრინციპიალური სქემა:

1 - მუშა დგუში; 2 - დისფლეისერი; 3 - მაცივარი; 4 - გამახურებელი; 5 - რეგენერატორი.

წარმოდგენილი კერძო შემთხვევა ორი პროცესით ემთხვევა სტირლინგის ციკლს (იზოქორული და იზოთერმული პროცესები) და ასევე ორი პროცესით ერიკსონის ციკლს (იზობარული და იზოთერმული პროცესები). შესაბამისად ასეთ ციკლს შეიძლება პირობითად ვუწოდოთ ერიკსონ-სტირლინგის ფსევდო ციკლი, რომელიც ხორციელდება შემდეგი პროცესებით (ნახ. 4):

1. იზოქორული რეგენერაციული პროცესი. ამ პროცესის დაწყების წინ დისფლეისერი და მუშა დგუში იმყოფება უკიდურეს მარცხენა მდგომარეობაში. მუშა

სხეულს გააჩნია გარემოს  $T_1$  ტემპერატურა. შემდეგ მუშა დგუში და დისფლესერი სინქრონულად გადაადგილდება მარჯვნივ, ისე, რომ მათ შორის არსებული მოცულობა უცვლელი რჩება. გაივლის რა მუშა სხეული გახურებულ რეგენერატორს, მისი ტემპერატურა იზრდება მაქსიმალურ  $T_3$  ტემპერატურამდე და შესაბამისად იზრდება წნევა ე.წ. თერმოკომპრესორულ რეჟიმში.

**2. იზოთერმული გაფართოების პროცესი.** დისფლესერი რჩება უკიდურეს მარჯვენა მდგომარეობაში და იწყებს გადაადგილებას მუშა დგუში ისე, რომ არ იცვლება მუშა სხეულის ტემპერატურა  $T_3$ . ამ პროცესში გადაცემული თბური ენერგია მთლიანად გარდაიქმნება მუშაობაში. მუშა დგუშის უკიდურეს მარჯვენა მდგომარეობაში წნევა აღწევს გარემოს მინიმალურ წნევას.

**3. იზობარული რეგენერაციული პროცესი.** მუშა დგუში და დისფლესერი გადაადგილდება უკიდურეს მარცხენა მდგომარეობაში, რის შემდეგაც  $T_3$  ტემპერატურაზე გახურებული მუშა სხეული რეგენერატორს გადასცემს თბური ენერგიის ნაწილს, ხოლო დარჩენილი ნაწილი კი გადაეცემა გარემოს.

ვინაიდან იზობარულ პროცესში გაცემული თბური ენერგია  $K$ -ჯერ აღემატება იზოქორულ პროცესში გადაცემულ თბურ ენერგიას, გამოდის, რომ რეგენერატორის ეფექტურობის ხარისხი ამ ციკლში ყოველთვის უნდა დარჩეს  $\varepsilon = 1$  ტოლი.

**ერიკსონ-სტირლინგის ფსევდო ციკლის ანალიზი**

ციკლში შესრულებული მუშაობა:

$$W = RT_3 L_n(V_1/V_3) = RT_3 L_n(T_3/T_1) \tag{10}$$

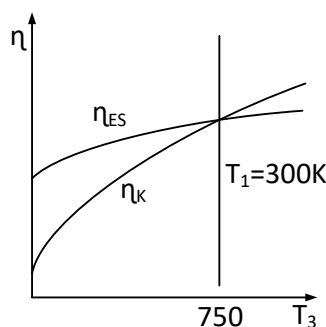
ციკლში მიწოდებული სითბოს რაოდენობა [3]:

$$Q_0 = C_p(T_3 - T_1) - C_v(T_3 - T_1) + RT_3 L_n(T_3/T_1) = (T_3 - T_1)(C_p - C_v) + RT_3 L_n(T_3/T_1) = R(T_3 - T_1) + RT_3 L_n(T_3/T_1)$$

ციკლის თბური ეფექტურობა:

$$\eta = W/Q_0 = \frac{RT_3 L_n(T_3/T_1)}{RT_3 L_n(T_3/T_1) + R(T_3 - T_1)} = \frac{T_3 L_n(T_3/T_1)}{T_3 L_n(T_3/T_1) + T_3 - T_1} \tag{11}$$

ფსევდო ერიკსონ-სტირლინგის და კარნოს ციკლის მ.კ.კ-ები გამხურებლის  $T_3$  ტემპერატურასთან დამოკიდებულება (9 და 10 განტოლებები) ნახვენებია ნახ.5.-ზე, როდესაც გარემოს ტემპერატურა  $T_1=300K$ .



ნახ.5. ერიკსონ-სტირლინგის ფსევდო და კარნოს იდეალური ციკლის მ.კ.კ-ები.

ერიკსონ-სტირლინგის ფსევდო ციკლის მ.კ.კ. გარკვეულ ტემპერატურულ დიაპაზონში უფრო მაღალი ეფექტურობით გამოირჩევა, ვიდრე კარნოს და სხვა მსგავსი ეფექტურობის რეგენერაციული ციკლები.

აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ კარნოს ციკლისგან განსხვავებით აღნიშნული ციკლით მომუშავე თბური მანქანა ექვემდებარება რეალურ პრაქტიკულ განხორციელებას, რაც იძლევა მისი ფართოდ გამოყენების შესაძლებლობას.

#### ლიტერატურა

1. Г. Ридер, В. Хупер. Двигатели Стирлинга. –Москва, Мир, 1986, 463 p.
2. Г.Уокер. Двигатели Стирлинга. –Москва, Машиностроение, 1985, 404 p.
3. В. А. Кириллин, В.В. Сычев, А. Е. Шейндлин. Техническая Термодинамика. –Москва, Наука, 1979, 510 с.

#### SUMMARY

#### ANALYSIS OF THERMAL EFFICIENCY OF REGENERATIVE THERMODYNAMIC CYCLES

**Kevkhishvili N.A. and Javshanashvili N.B.**

**Georgian Technical University**

The Carnot cycle, which consists of two isothermal and two adiabatic processes, is the most efficient thermodynamic cycle, which has the highest thermal efficiency compared to other cycles. Nevertheless, this cycle is practically unrealized, however there are an infinite number of regenerative thermodynamic cycles that have practical application in thermal machines, including Erikson, Stirling and also the so-called Ericson-Stirling hypothetic cycle obtained by their combination, which efficiency in a certain temperature range is more than the efficiency of Carnot and other regenerative cycles of similar efficiency. The thermal machine working on the mentioned cycle is subject to real practical implementation, which gives the possibility of its wide-scale utilization.

**Keywords:** Carnot cycle, Erikson cycle, stirling engine, Ericson-Stirling hypothetic cycle, thermodynamic cycle.

ენერგიის ბალანსი ხუთ-პორტიანი ტალღამტარული  
შესახსრების/ განმშტოებლისათვის

შენგელია მ.ა., შოგირაძე მ.ს., ტეტელოშვილი დ.ხ., ხოჭოლავა დ.ხ., ბერიძე მ.გ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ტალღამტარულ შესახსრება/განმშტოების პრობლემის შესწავლისას მიღებული შედეგების ანალიზმა აჩვენა, რომ მათ შტოებს (მხრებს) შორის პრაქტიკისათვის მისაღები შეთანხმების მიღწევა შესაძლებელია მხოლოდ ვიწრო სიხშირულ ზოლსა და სხვადასხვა მხრების ზომების ფიქსირებული თანაფარდობისათვის [1,2] რაც ნიშნავს, რომ საკმაოდ ფართო სიხშირულ ზოლში შეთანხმების მაღალი ხარისხის მიღწევა შეუძლებელია მის სტრუქტურაში კონსტრუქციული (მაგ. ხელოვნური არაერთგვაროვნებების ჩართვის გზით) [1-3], ცვლილებების გარეშე [3,4].

ჩატარებული კვლევის საფუძველზე გამოთქმულია ვარაუდი, რომ მრავალ-სახსრიანი ტალღამტარული სისტემების ელექტროდინამიკური თვისებების ცვლილება შესაძლებელია სისტემის კვების რეჟიმის, ანუ სისტემის ფიზიკური პარამეტრების ვარიაციითაც [5].

ხუთპორტიანი ტალღამტარული შესახსრება/განმშტოების ელექტროდინამიკული კვლევისათვის ამოხსნილ უნდა იქნას სისტემის შესაბამისი ტრიპლეტული განტოლებათა სისტემა ცვლადთა სამი მიმდევრობის მიმართ [6], რომელთაგან თითოეული, თავისი არსით, წარმოადგენს გვერდით შტოებში გაბნეული ველების მულტიპოლური სპექტრის კოეფიციენტებს

მაგრამ ამ პრობლემის გადაწყვეტის პარალელურად აუცილებელია შემუშავებულ იქნას კრიტერიუმები, რომლებიც საშუალებას მოგვცემენ შევამოწმოთ ამონხსნის სისწორე და დასმულ ამოცანასთან მისი ადეკვატურობა.

ერთ-ერთი ასეთი კრიტერიუმია ენერგიის ბალანსის განტოლება გამოთვლების ყველა ბიჯზე.

ხუთპორტიანი ტალღამტარული შესახსრება/განმშტოებისათვის ენერგიის ბალანსის ზოგად განტოლებას აქვს სახე:

$$W_0 = \sum_{j=1}^5 W_j \tag{1}$$

$W_0$  – ჯამური დაცემული ენერგიაა,  $W_j$  –  $j$ -ური პორტის რეზონატორულ ნაწილთან შესახსრების სიბრტყიდან გაგრძელებული ველი, რომლებსაც აქვთ სახე

$$E_y^{(1)ბაბ} = \sum_{m=1}^{\infty} A_m^{(1)} \sin(\alpha_m^{(1)} x) \exp(ih_m^{(1)} z) \tag{2}$$

$$E_y^{(2)ბაბ} = \sum_{m=1}^{\infty} A_m^{(2)} \sin[\alpha_m^{(1)}(x - L_1)] \exp[ih_m^{(1)}(-1)^{p2(2)}(z - p2(2)b)] \tag{3}$$

$$E_y^{(3)ბაბ} = \sum_{m=1}^{\infty} A_m^{(3)} \sin[\alpha_m^{(1)}(x - L_2)] \exp[ih_m^{(1)}(-1)^{p2(3)}(z - p2(3)b)] \tag{4}$$

$$E_y^{(4)ბაბ} = \sum_{m=1}^{\infty} [B_m^{(4)} + B_m^{(6)} \exp(-ih_m^{(3)} L_1) + B_m^{(8)} \exp(-ih_m^{(3)} L_{21})] \sin(\alpha_m^{(3)} z) \exp(ih_m^{(3)} x) \tag{5}$$

$$E_y^{(5)ბაბ} = \sum_{m=1}^{\infty} \{A_m^{(6)} \exp(ih_m^{(3)} a) + A_m^{(8)} \exp[ih_m^{(3)}(L_1 + a)] + A_m^{(10)} \exp[ih_m^{(3)}(L_2 + a)]\} \times \exp(-ih_m^{(3)} x) \sin(\alpha_m^{(3)} z) \tag{6}$$

როგორც ცნობილია,  $S$  ზედაპირის გამჭვლი სიმძლავრე ტოლია

$$P = \operatorname{Re} \int_S [\vec{E}, \vec{H}] d\vec{s} \tag{7}$$



თუ (7)-ში გავითვალისწინებთ (2)–(6)-ს და გამოვითვლით შესაბამის ინტეგრალებს, მივიღებთ

$$\sum_{m=1}^{[D]} \frac{h_m^{(1)}}{Sh_p^{(1)} p} \sum_{j=1}^3 |A_m^{(j)}|^2 + \sum_{m=1}^{[D\theta]} \frac{h_m^{(2)}}{Sh_p^{(1)} p} \theta (|B_m|^2 + |A_m|^2) \quad (8)$$

სადაც:

$$S = \sum_{j=1}^3 p1(j) + \frac{h_p^{(2)}}{h_p^{(1)}} \theta (p1(4) + p1(5)); \quad B_m = B_m^{(4)} + B_m^{(6)} \exp(-ih_m^{(3)} L_1) + B_m^{(8)} \exp(-ih_m^{(3)} L_2);$$

$$A_m = A_m^{(6)} \exp(-ih_m^{(3)} L_2) + A_m^{(8)} \exp[-ih_m^{(3)}(l_2 + a)] + A_m^{(10)}; \quad S = \sum_{j=1}^3 p1(j) + \frac{h_p^{(2)}}{h_p^{(1)}} \theta (p1(4) + p1(5));$$

$$\theta = \frac{b}{a}$$

(5) წარმოადგენს ენერჯის ბალანსის განტოლებას ხუთ-პორტიანი ტალღამტარული შესახსრების/განმშტოებლისათვის მისი რამოდენიმე პორტი მხრიდან ერთდროული ავგზნების შემთხვევაში.

#### ლიტერატურა

1. Bogdanov F. G., Kevanishvili G. Sh., Chikhladze G. G. To the theory of waveguide T-junction in E-plane. Bulletin of the Academi of Sciences of Georgia. 1991, vol. 141, pp. 93-96 (in Russian).
2. Bogdanov F. G., Kevanishvili G. Sh., Chikhladze G. G. Diffraction properties of crusiform junction of rectangular waveguides in E-plane. Radioelektronika i Elektronika. 1991, vol. 37, N 4, pp. 659-667 (in Russian).
3. 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.
4. 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, pp. 139-155, 2011.
5. Marina Shengelia, Maia Kevkhishvili, Manana Beridze, Darejan Khocholava - On One of the Possible Ways to Improve the Agreement between Branches of Five-Port Waveguide Junctions, INTERNATIONAL JOURNAL OF MULTIDISCIPLINARY RESEARCH AND ANALYSIS, 5, 8, 2022, 1988, 1991.
6. მ. ა. შენგელია. ხუთ-პორტიანი ტალღამტარული შესახსრების/განმშტოებლის კომპიუტერული მოდელი და ზოგიერთი ელექტროდინამიკური მახასიათებელი. //საქართველოს საინჟინრო სიახლენი, 2021, №2, გვ. 21–24.

#### SUMMARY

#### ENERGY BALANCE FOR FIVE-PORT WAVEGUIDE JUNCTION/BRANCHING

Shengelia M.A., Shogiradze M.Kh., Teteloshvili M.G., Khocholava D.Z. and Beridze M.G.

Georgian Technical University

It's accepted balance of energy at combined power supply of five-port waveguide junction/branching. This equation is extremely important as one of the basic criteria of the reliability of the numerical solution of the problem.

**Keywords:** balance of energy, waveguide junction/branching,

## OPTIMIZATION OF THE RADIO FREQUENCY SPECTRUM OF MOBILE TELECOMMUNICATION OPERATORS IN CASE OF INCREASED MULTISERVICE TRAFFIC

Lomsadze S.I., Shamanadze O.K. and Bzhinava E.O.

Georgian Technical University

**Abstract.** The focus of our research is the analysis of growth traffic in mobile telecommunication networks, which based on the statistical data gives us ability to optimize frequency spectrum for telecommunication mobile operators in case of increased multiservice traffic. Experiment is based on statistical data, which was taken from the radio access network, according to ITU-T recommendations. The results obtained from the experiment gives ability to increase the quality of multiservice traffic, suggested to subscribers by mobile telecommunication operators.

**Keywords:** cellular telecommunications, optimization, multiservice traffic

The "Cisco" company in its annually published report, which is dedicated to traffic growth trend studies, the number of internet users around the world will grow up to 66% by 2023 and this value in mobile operator telecommunication networks, for the citizens of central and eastern European countries will equal to 78%, caused by 8.7 billion of mobile users and more than 4.4 billion M2M (Machine to Machine) variety of methods of accessing the network [1].

According to the studies mentioned above, there is a continuous growth trend of connected devices and Internet users to the network of mobile operators, which requires the necessity of ensuring the proper quality of service – QoS (Quality of Service). Therefore, the use of multiservice traffic is one of the most difficult tasks in the networks, solution of which requires a complex approach, that's the reason of growth importance for the frequency resource throughput, owned by mobile telecommunication operators.

At present, two methods for solving this problem are known. First case involves decision such as the efficient use of the frequency resources owned by cellular operators, that means optimization and re-planning of the existing radio-frequency spectrum and increasing the throughput. The second way of solving the problem is the use of new frequency resources and/or roll out 5G technology, which, implies preparation of the infrastructure of effective Internet resources for such technologies as: AI - Artificial Intelligence, IoT - Internet of Things, Tele-Medicine and etcetera. In spite that 5G technology has been ready for rolling out, there are a lot of questions to be answered regarding safety [2, 3].

During the network planning, for the moment operators in order to use more effectively the range of frequencies they hold, opt for the first way. The reason for such an option represents optimization of financial resources and radio frequency spectrum rescheduling opportunity, that is the base for ensuring proper quality for the increased corresponding multiservice traffic. We would like to underline that as the development trends of the telecommunication industry indicates, most technological innovations has its own euphoria and frequently the expectations are exaggerated far from reality. For example, we can remember technologies such as IN - Intelligent Network, Wi-Max, ISDN - Integrated Services Digital Network and others. Besides, implementation of the new technologies in the network of mobile operators, requires a large amount of investments and new radio frequency resources [4,5].

The objective of our research, based on the statistical data studied at the mobile telecommunication company network, is the analysis of the use of multiservice traffic, which allows us to determine the parameters of traffic intensity and plan and optimize the radio frequency spectrum resources owned by the operators accordingly, to improve the quality of multiservice traffic.

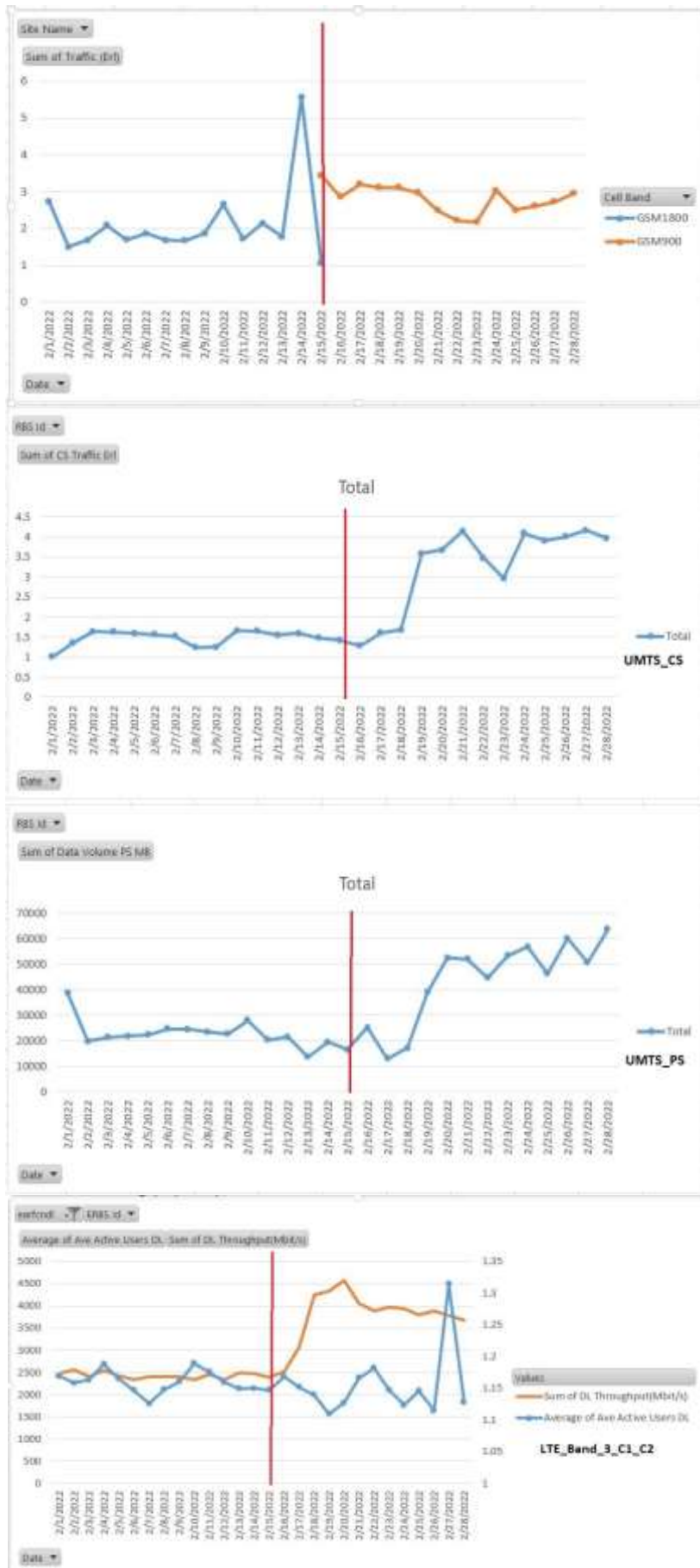
For this purpose, it is expedient to overview one of the telecommunication operator's radio frequency spectrum. As we can see from the table. As we can see from the table, the operator has a quite flexible and wide range radio frequency spectrum, which gives ability to effectively plan and increase the channel throughput, to provide increased signal to noise ratio with minimum delay and reduce the high cost of traffic. This is a new opportunity for the users to use higher quality network resources with affordable tariffs for each services in the radio access network and a new economic potential and source of income for the operators.

#### Radiofrequency spectrum of mobile telecommunications

Name	ARFCN	Uplink(MHz)	Downlink(MHz)				
GSM 900 MHz	1 - 58	890.2 - 901.6	935.2 - 946.6				
GSM 900/U900	1 - 32	890.2 - 896.4	935.2 - 941.4				
UMTS 900 MHz	34 - 58	896.7 - 901.7	941.7 - 946.7				
<b>GSM 1800 MHz</b>	<b>612 - 661</b>	<b>1730.2 - 1740.2</b>	<b>1825.2 - 1835.2</b>				
Name	Band	Uarfcn DL	Downlink (MHz)	Uarfcn UL	Uplink (MHz)		
UMTS 900MHz	8	3021	941.7-946.7	2796	896.7-901.7		
UMTS 2100MHz	1	10712	2139.9-2144.9	9762	1949.9-1954.9		
	1	10737	2144.9-2149.9	9787	1954.9-1959.9		
	1	10762	2149.9-2154.9	9812	1959.9-1964.9		
Name	ARFCN	Band	MODE	Earfcn DL	Downlink (MHz)	Earfcn UL	Uplink (MHz)
LTE 1800MHz	512 - 611	3	FDD	1300	1805-1825	19300	1710-1730
<b>LTE 1800 MHz</b>	<b>612 - 661</b>	<b>3</b>	<b>FDD</b>	<b>1444</b>	<b>1825.6_1833.4</b>	<b>19300</b>	<b>1730.6-1738</b>
LTE 900 MHz		8	FDD	3642	941.7-946.7	21642	896.7-901.7
Name	ARFCN	Band	MODE	Earfcn	Earfcn Range		
LTE2300 MHz		40	TDD	38750/38948	2300-2320/2320-2339.8		

To carry out the experiment, we have chosen a base station in mobile telecommunication network randomly, which provides radio coverage of pre-defined geographical area by use of technologies such as GSM/UMTS/LTE and on the basis of statistical data obtained from the mobile telecommunication network, we have analyzed the results of the use of multiservice traffic for each technology. For the implementation of the experiment, appropriate software tool allows us to define the statistical data in accuracy from 15min to a 1hour, for any specific BSC- relevant base station, which gives us ability to observe the demand for multiservice traffic to determine the intensity use of the corresponding services of the mobile telecommunication technologies and define the optimal planning of frequency resources owned by cellular operators.

The network section observation and statistical data recording was carried out in accordance with ITU-T recommendations. Based on the 28-day observation processing, the frequency spectrum range of 10 Mhz for GSM-1800 technology was blocked, (see table №1) which caused voice traffic redistribution on GSM-900 as well as on UMTS-2100 technologies. Data traffic has been distributed on UMTS-2100 and LTE technologies, - (for more details see diagram) .



Multiservice traffic distribution according to the optimization strategy

We underline that, after the traffic redistribution and growth on corresponding technologies, radio and channel resource overloading has been avoided. Furthermore, as demand for services like multi-service traffic is a continuously increasing process, we decided to use blocked 10 Mhz frequency spectrum range for LTE technology and as we can see from appropriate diagrams, channel throughput increased from 2.5 mb/ps to 4 mb/ps and in spite that average daily number of subscribers didn't increased, these decision as we can see from the results, significantly improved the quality of data service, provided from the mobile telecommunication operator.

During the experiment, throughout the total observation period while recording the collected data (KPI - Key Performance Indicators), in the selected base station of the mobile network, it was revealed that for GSM-1800 technology average load made up 0.703 erlang. After blocking the mentioned frequency band, corresponding to technology mentioned above, voice traffic redistributed on GSM-900 and UMTS-2100 frequency bands and daily average load made up 0.937 and 0.524 erlang, which is a quite low value and is defined as the load time – , calculated as the total service time of all incoming requests –  $X_i$ , between  $t_2 - t_1$  difference time period, divided by the value of this time interval [6]:

$$Y = \frac{\sum x_i}{t_2 - t_1} \quad (1)$$

In the same way we calculated requests for Internet services during the  $n$  days. It was investigated, that the use of additional frequency band for LTE technology, improved the radio channel throughput from 2.4 mb/ps to 4 mb/ps. That supports to increase quality of multiservice traffic, which represents probability of demand losses –  $P_B$ , where  $P_B$  is the probability for demand loss in  $(t_2 - t_1)$  interval of time. In a given period of time for the requests  $C_b(t_1, t_2)$ , is defined as relationship between amount of demand losses and total number of requests, which have been received at the same period of time  $C(t_1, t_2)$  [6]:

$$P_B = \frac{C_B(t_1, t_2)}{C(t_1, t_2)} \quad (2)$$

For the implementation of the experiment and optimization of the radio recourse the software SAP Business Object – BO was applied, which is used in manufacturing industry for the statistical data processing and result's analysis. The software product enabled us ability to observe traffic intensity for the different technologies.

We also used a software product ENM - Ericsson Network Manager, which is a product of the international telecommunication equipment manufacturer and operator – Ericsson. The mentioned software allows us to provide the network monitoring in online mode and to solve various tasks: detect the faults of radio connection to the network and their subsequent elimination. The program also provides information about the parameters such as power, the number and the radio frequency of base station transmitters. Moreover, it provides the observation of all possible sections of the radio network, traffic monitoring and registration of the statistical data of customer services used for their further processing, which implies delivery of the data to the relevant service department, which, based on the statistical traffic data, will develop the recommendations and planned works for further implementation of network optimization.

Here we propose the results obtained from the experiment:

- It was determined the CS/PS traffic intensity used in contemporary mobile telecommunication network for each technology;
- It was established that, after blocking the 10 Mhz frequency band, which was used for

GSM-1800 technology, voice traffic redistributed on GSM-900 and UMTS-2100 frequency bands, without radio resource congestion and the average daily traffic made up 0.937 erlangs and 0.524 erlangs respectively;

- The experiment, revealed the possibility of 10 Mhz frequency band shifting and using it for LTE-1800 technology. This gives opportunity for the radio spectrum optimization and ensuring the proper quality of service – QoS;
- The average value of channel throughput for multiservice traffic increased and made up 4 mb/ps.

### Acknowledgments

*This work was supported in part by the Georgian Technical University, Tbilisi, Kostava St.#77 and in part by the Mobile communication company - Silknet, Georgia, Tbilisi, Heydar Aliyev Embankment, www.silk.ge*

### REFERENCES

1. <https://www.cisco.com/c/en/us/solutions/collateral/executive-perspectives/annual-internet-report/white-paper-c11-741490.html>.
2. ლომსაძე ს. შამანაძე ო. ელექტრომაგნიტური ველის ნაკადის სიმკვრივის კვლევა მობილური ტელეკომუნიკაციის რადიოსიხშირულ დიაპაზონში. //რეცენზირებადი ელექტრონული სამეცნიერო ჟურნალი „კომპიუტერული მეცნიერებანი და ტელეკომუნიკაციები“, 2021, №1(59), გვ. 24-30.
3. Dr. Joseph Mercola, 5G,Wi-Fi & Cell Phones: Hidden harms and how to protect yourself. - © 2020y;
4. <https://spectrum.ieee.org/everything-you-need-to-know-about-5g>;
5. 5G Spectrum, GSMA Public Policy Position, March 2021. PDF\_Document;
6. А. Г. Ложковский. Теория массового обслуживания в телекоммуникациях (Учебник ). –Одесса, ОНАС им. А. С. Попова, 2012, 112 с.

### რეზიუმე

**მობილური ტელეკომუნიკაციის სიხშირული სპექტრის ოპტიმიზაცია მზარდი მულტისერვისული ტრაფიკის პირობებში.**

ლომსაძე ს.ი., შამანაძე ო.კ., ბჟინავა ე.ო.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

სტატიაში განხილულია სატელეკომუნიკაციო მობილური ოპერატორის რადიო დაშვების ქსელში წარმოებული სტატისტიკური მონაცემები, რომელთა წარმოება განხორციელდა საერთაშორისო ITU-T – International Telecommunication Union რეკომენდაციების შესაბამისად, რომლის საფუძველზედაც უზრუნველყავით ტელეკომუნიკაციის მობილური ოპერატორის რადიოსიხშირული ზოლის ოპტიმიზაცია, რაც საშუალებას გვაძლევს გაიზარდოს მომხმარებლისათვის წარმოდგენილი მულტისერვისული მომსახურებებით სარგებლობის ხარისხი.

**საკვანძო სიტყვები:** ფიჭური ტელეკომუნიკაცია, ოპტიმიზაცია, მულტისერვისული ტრაფიკი

## MASSIVE OPEN ONLINE COURSES

Kenzhebayeva Zh.E.

**The Caspian University of Technology and Engineering named after Sh.Yessenov JCS,  
Aktau city, Kazakhstan**

**Abstract.** Massive open online course - a training course using e-learning technologies and open access on the Internet. MOOC, one of the most common types of distance learning

**Keywords:** massive open online course, training, online courses.

Massive open online course - a training course using e-learning technologies and open access on the Internet. MOOCs are one of the most popular forms of distance learning. The training course uses video lectures, tests and homework. MOOCs can be a complement to traditional learning as well as a replacement for it [1].

The acronym MOOC is made up of four distinct terms.

- Massive (mass): this form of online learning involves a large number of students, not limited by geographical location
- Open (open): online learning is free for everyone.
- Online: distance learning courses are conducted using online communication tools. All materials are in electronic form in the public domain.
- Course (course): a structured and ordered presentation of information with specific goals, rules of work and time limits, which, however, may vary for each individual participant [2].

In recent years, the demand for online learning has increased, and therefore the demand for the massive open online course platform has increased. In 2008, two scientists Stephen Downs and George Siemens proposed a method of collective learning, where the term first appeared. The first platform for online education appeared in 2012, and it is believed that the creators are two Stanford University professors Andrew Ng and Daphne Koller. They created several educational videos and published them in the public domain and subsequently turned into the "Coursera" platform. This was the starting point for the development of distance education. This was followed by the "Udacity" platforms founded by Sebastian Thrun, David Stavens and Michael Sokolsky and the "Udemy" platform created by Eren Bali. Then the Massachusetts Institute of Technology, together with Harvard University and the University of Berkeley, launched the EdX platform. Massive open online courses have begun to develop in other countries, for example, in Russia, leading universities have created the Open Education platform. The following universities participated in the creation of the platform: Moscow State University, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, St. Petersburg State University, National Research Technological University MISiS, National Research University Higher School of Economics, Moscow Institute of Physics and Technology, Ural Federal University and St. Petersburg State University of Information Technologies, Mechanics and Optics [3].

Most MOOC courses are free and allow students to take multiple courses. In many courses there are video lectures, tests and various tasks. Upon completion of the course, a certificate of completion is given (Picture 1).





Picture 1. Massive Open Online Courses

Massive Open Online Courses (MOOCs) offer learners ample opportunity to access courses covering a wide range of disciplines for free or at an affordable price. The openness of a MOOC attracts a wide variety of learners, and its flexibility allows learners to participate in a series of learning activities such as video lectures, discussion forums, and peer review, and to achieve their goals without any time or place constraints [4].

In 2021, many restrictions were lifted, allowing businesses and educational institutions to start working, but the threat of COVID-19 has not yet gone away and the emergence of a new strain of the virus is not ruled out. Therefore, some universities have begun to record their lectures by teachers and publish them on their websites. These include the Eurasian National University named after L.N. Gumilyov, NAO "Caspian University of Technology and Engineering named after Sh. Yessenov".

In the era of digital revolutions and its rapid development, people are increasingly turning to the use of modern technologies (in services, entertainment, education, etc.) in everyday life.

Today, tuition fees are expensive. Therefore, to pay for tuition, many students work, which often interferes with their education. The platform will allow students to watch lecture videos at any time, which will help many working students gain knowledge at any time convenient for them. With the help of a platform for massively open online courses, it is possible to reduce the risk of illness for students and teachers, and also not to interrupt their education. Therefore, students often study in various online courses, the characteristics of which are shown in Table 1.

Table1. A brief definition of the leading providers of massive open online courses [3]

Platform name	Developers	Definition
Coursera	Stanford University computer science professors Andrew Ng and Daphne Koller, <a href="https://www.coursera.org/">https://www.coursera.org/</a>	A major provider of open online courses. The project cooperates with universities and other organizations. Students are offered a variety of video lectures, tests and a variety of tasks.
EdX	Massachusetts Institute of Technology, Harvard University and the University of Berkeley, California, <a href="https://www.edx.org/">https://www.edx.org/</a>	One of the first open online learning projects. The project collaborates with more than 70 schools, universities and corporations, and has more than 1800 online courses.
Udacity	Sebastian Thrun, David Stavens and Mile Sokolsky, <a href="https://www.udacity.com/">https://www.udacity.com/</a>	Private educational organization founded in 2012. The goal of the project is the democratization of education. All courses on the platform are free and available to anyone with Internet access. Courses on



		the platform are mainly in English and have 3 levels: beginner, intermediate and advanced.
Open education	Moscow State University, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, St. Petersburg State University, National Research Technological University MISiS, National Research University Higher School of Economics, Moscow Institute of Physics and Technology, Ural Federal University and St. Petersburg State University information technology, mechanics and optics, <a href="https://www.openedu.ru/">https://www.openedu.ru/</a>	The platform was created by the National Open Education Platform Association and all courses are free. Courses for the project are provided by leading Russian universities.
Future Learn	The Open University, <a href="https://www.futurelearn.com/">https://www.futurelearn.com/</a>	The company was established in 2013 by TheOpenUniversity and is a partner of over 70 leading universities, companies and organizations. These include the UK government, the British Museum and the BBC. Marks & Spencer.
Udemy	University of California, USA, <a href="https://www.udemy.com/">https://www.udemy.com/</a>	Udemy is one of the leading providers of e-learning courses. There are over 200,000 courses on the platform. Udemy helps individuals or employees of organizations learn new jobs and improve their skills.
Universarium	Russia, <a href="https://www.universarium.ru/">https://www.universarium.ru/</a>	An open e-education system offering courses from leading Russian universities to everyone: National Research Nuclear University "Moscow Engineering Physics Institute", Moscow Institute of Physics and Technology and Lomonosov Moscow State University. "Universarium" offers courses from different areas: chemistry, physics, history and much more.
Iversity	Germany, <a href="https://www.iversity.ru/">https://www.iversity.ru/</a>	A platform designed for the professional development of individuals and company employees. All courses on the platform are paid.

## REFERENCE

1. Redvanov A. S. MOOCs in modern American education // StudNet. - 2020. - Vol. 3. - No. 9. - S. 1289-1295.
2. Vasilchenko A. A. MOOC-NEW OPPORTUNITIES FOR STUDENTS. – 2021.
3. Itinson K. S. Mass open online courses and their impact on higher education // Karelian scientific journal. - 2019. - T. 8. - No. 3 (28). - P. 15-17
4. Wei X., Saab N., Admiraal W. Do learners share the same perceived learning outcomes in MOOCs? Identifying the role of motivation, perceived learning support, learning engagement, and self-regulated learning strategies //The Internet and Higher Education. – 2022. – C. 100880.

## РЕЗЮМЕ

### МАССОВЫЕ ОТКРЫТЫЕ ОНЛАЙН КУРСЫ

Кенжебаева Ж.Е.

НАО «Каспийский университет технологий и инженерии имени Ш.Есенова», г.Актау, Казахстан

Массовый открытый онлайн курс – обучающий курс с применением технологий электронного обучения и открытым доступом в Интернете. MOOK, один из распространенных видов дистанционного обучения

**Ключевые слова:** массовый открытый онлайн курс, обучение, онлайн курсы.

ტექსტების ასახვის საკითხები ვებ-დოკუმენტში

ნამჩევანე ც.გ., ბიწაძე ე.ი., ჯანაძე ლ.გ.

აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი, ქუთაისი

თავდაპირველად ინტერნეტში განთავსებული ინფორმაცია იყო მთლიანად ტექსტური. თანამედროვე პირობებში ინტერნეტში შესაძლებელია როგორც წაკითხვა, ასევე მოსმენა და ყურება. მიუხედავად ამისა, მომხმარებლების მიერ გამოყენებული ინფორმაციიდან დიდი წილი მოდის ტექსტურ ინფორმაციაზე. იმისათვის, რომ მომხმარებლებისთვის წინადადებების წაკითხვა იყოს სასიამოვნო და მოსახერხებელი, საჭიროა ვებ-დოკუმენტის განსაკუთრებული ყურადღება მიაქციოს ტექსტების ასახვას შრიფტის სახის, ზომის და სხვა მიხედვით. სტატიაში განხილულია ტექსტური ინფორმაციის ასახვის ზოგიერთი საკითხი ვებ-დოკუმენტისათვის.

**შრიფტი ძირითადი ტექსტისათვის.** ვებ-საიტებში ძირითადად გამოყენებულია შრიფტების 2 ჯგუფი: *serif* და *sans-serif*. ნაკლებად პოპულარულია ჯგუფის *serif* შრიფტები, ვინაიდან მონიტორის ეკრანიდან უკეთესად აღიქმება ჯგუფის *sans-serif* შრიფტები. ჯგუფს *serif* მიეკუთვნება შრიფტები: Times New Roman, Georgia და სხვა. ჯგუფს *sans-serif* მიეკუთვნება შრიფტები: Arial, Tahoma, Verdana, Helvetica, Arial Narrow, Lucia Sans Unicode, Calibri და სხვა. მიუხედავად იმისა, რომ თითოეული ჯგუფის შრიფტს აქვს საერთო შტრიხები, მათ შორის არის განსხვავება ასოების სიგანის, სისქის და სიმრგვალის მიხედვით.

**აქცენტური წარწერის შრიფტი.** *აქცენტური წარწერა* ვებ-დოკუმენტში არის ისეთი წარწერა, რომელიც არ წარმოადგენს სათაურს. ამასთან საჭიროებს შრიფტის გაზრდას ან განსხვავებული შრიფტის გამოყენებას მომხმარებლების ყურადღების მისაქცევად. იგი შეიძლება იყოს საიტის ან კომპანიის ლოგო, სარეკლამო წარწერა და სხვა. *კერნინგი* არის ტექსტში ცალკეულ სიმბოლოებს შორის დაშორებების შეცვლა. იმ შემთხვევაში თუ აქცენტური წარწერა შესრულებული იქნება არასტანდარტული შრიფტით ან კერნინგით, მაშინ ისინი უნდა იქნას შენახული სურათებად ფორმატებით: GIF, JPG ან PNG.

ვებ-დოკუმენტისათვის სასარგებლოა შემდეგი წესების ცოდნა აქცენტური წარწერის გამოყენებისათვის: 1) არ გამოიყენოს ან ძალიან მინიმალურად გამოიყენოს პოპულარული შრიფტები. მათი გამოყენებით შეუძლებელი იქნება რაიმე უნიკალურის შექმნა; 2) სასურველია იცოდეს ყველაზე უფრო პოპულარული ისტორიული და კულტურული სტილების შესახებ. ესენი არის: კლასიკა, რენესანსი, მოდერნი, არტ-დეკო, კუბიზმი, ავანგარდი და სხვა. თითოეულ ჩამოთვლილ კულტურულ სტილს შეესაბამება შრიფტების გარკვეული ნაკრები. საჭირო შრიფტების გამოყენებით ვებ-დოკუმენტს შეუძლია საიტზე შექმნას შესაბამისი ეპოქის ატმოსფერო. 3) აქცენტური წარწერა საიტზე უნდა იყოს მაქსიმალური ან სამი და ისინი უნდა შეესაბამებოდეს ერთმანეთს. უკეთესია ერთი აქცენტური წარწერის გამოყენება.

**შრიფტის ზომა.** სასურველია, რომ შრიფტის ზომა ძირითადი ტექსტისთვის იყოს არანაკლებ 14 პუნქტირი-ჯგუფის *serif* შრიფტებისათვის, ხოლო არანაკლებ 12 პუნქტირი ჯგუფის *sans-serif* შრიფტებისათვის. მომსახურე, დამატებითი ტექსტები, რომლებიც არ საჭიროებს ხანგრძლივ კითხვას, შესაძლებელია იყოს 10–12 პუნქტირი. [1–3].

**ტექსტების განლაგება.** ვებ-დოკუმენტში მიღებულია, რომ ქვესათაურები უნდა განთავსდეს მარცხნივ და არ უნდა იყოს დაცვილებული ტექსტიდან. აღნიშნული განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია მაშინ, როდესაც ტექსტში არის ბევრი ქვესათაური. სათაურების გაფორმებისას ყურადღება უნდა მიექცეს ერთგვაროვნებასა და იერარქიას. სათაურები უნდა გაფორმდეს ერთნაირად და სხვადასხვა დონის სათაური გამოყოფილ უნდა იქნას სხვადასხვა ზომის შრიფტით.

ტექსტის გადატანასთან დაკავშირებით აღსანიშნავია, რომ არ შეიძლება გავწყვიტოთ: სიტყვები, შემოკლებები (მაგ. და ა. შ.), რიცხვები, აბრევიატურები,

ტელეფონის ნომრები. ტირე უნდა დარჩეს წინა სტრიქონზე. შეცდომაა ინიციალების დატოვება და გვარის გადატანა.

სტრიქონებს შორის დაცილება უნდა იყოს შრიფტის ზომაზე 2–4 პუნქტორით მეტი.

ყველაზე ლამაზია, როდესაც ტექსტი გათანაბრებულია ორივე მხრიდან, რადგან ინტერნეტში არ ხდება სიტყვის გაყოფა, ამიტომ ასეთ შემთხვევაში სიტყვებს შორის იქნება ზედმეტი ჰარები. ზედმეტი ჰარების თავიდან აცილების მიზნით ტექსტი უნდა გათანაბრდეს მარცხნიდან.

ვებ-დიზაინში ტრადიციულად გამოიყენება ინგლისური აბზაცები. ასეთი აბზაცის პირველი სტრიქონი არ არის დაცილებული მარცხენა მხრიდან. ამასთან, აბზაცები ერთმანეთისაგან გამოყოფილია ცარიელი სტრიქონით. რის შედეგადაც ყოველი აბზაცი გამოიყურება, როგორც ტექსტის ცალკეული ბლოკი. ინგლისური აბზაცი თვალნათლივ ჩანს და მოსახერხებელია სწრაფი კითხვისთვის.

აღსანიშნავია, რომ სიების შექმნისას ვიზუალურად უკეთესია მარკერების ან ნომრების შემდეგ მოთავსებული ტექსტები, სიების ზემოთ და ქვემოთ მოთავსებული ტექსტები განლაგებული იყოს ერთ სვეტზე. მაგალითად:

საქართველოს ქალაქებია:

- თბილისი;
- ქუთაისი;

თბილისი არის საქართველოს დედაქალაქი...

ცხრილებთან მუშაობისას საჭიროა შემდეგი რჩევების გათვალისწინება:

1) ცხრილის სათაურის სტრიქონში ტექსტზე აქცენტის გასაკეთებლად ტექსტის შრიფტი უნდა იყოს ასომთავრული;

2) ცხრილის სათაურის სტრიქონისთვის გამოიყენება სქელი ხაზები, ხოლო სხვა გამყოფი ხაზებისთვის – წვრილი;

3) თუ საჭიროა რომელიმე სვეტზე ყურადღების გამახვილება, მაშინ მას უნდა გაუკეთოთ მსხვილი ხაზები ან ფონი;

4) ცხრილის უჯრებში განთავსებული ინფორმაციის დაცილება უჯრების ქვედა ხაზებიდან სასურველია იყოს უფრო დიდი, ვიდრე ზედა ხაზებიდან [3–5].

სტატიაში განხილულია ტექსტების ვიზუალური გამოსახვის პრინციპები ვებ-დიზაინში. მოცემულია რჩევები იმის შესახებ პირველ რიგში, თუ რაზე უნდა გაამახვილოს დიზაინერმა ყურადღება ტექსტებზე მუშაობისას. სტატიაში ჩამოყალიბებული საკითხების გაცნობა სასარგებლო იქნება ვებ-დიზაინით დაინტერესებულ პირთათვის.

#### ლიტერატურა

1. <https://blog.hubspot.com/website/website-typography>
2. <https://elementor.com/blog/guide-to-web-typography/>
3. <https://uxplanet.org/10-tips-on-typography-in-web-design-13a378f4aa0d>
4. <https://www.toptal.com/designers/typography/web-typography-infographic>
5. <https://www.webfx.com/blog/web-design/a-basic-look-at-typography-in-web-design/>

#### SUMMARY

##### TEXT DEPICTION ISSUES IN WEB DESIGN

Namchevadze Ts.V., Bitsadze E.I. and Janadze L.G.

Akaki Tsereteli State University

The article discusses several issues related to the text depiction in web design. These are: 1) font for the main text; 2) accent inscription font; 3) font size; 4) layout of texts. In addition, there are recommendations for placing information in lists and tables.

**Keywords:** web-design, font, heading, space, kerning.

## ვებ-დიზაინი მსოფლიოს სხვადასხვა ქვეყანაში

ნამრევაძე ც.ვ., ბიწაძე ე.ი., ჯანაძე ლ.გ.

## აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი, ქუთაისი

ვებ-დიზაინი არის სწრაფად განვითარებადი სფერო. მიუხედავად ინტერნეტ სივრცის უნიფიცირებისა ვებ-დიზაინი განსხვავდება იმ დროისა და კულტურის მიხედვით, რომელშიც ის იქმნება. რადგან ვებ-პროდუქტი ყოველთვის ადაპტირებულია გარკვეულ აუდიტორიაზე, ამიტომ საზოგადოების ყველა კულტურული მახასიათებელი და ტენდენცია აისახება ადგილობრივ ინტერნეტ რესურსებში. თუ ვებ-დიზაინერს სურს უცხოური საიტების შექმნა, მაშინ საიტის შემუშავებამდე სასურველია შეისწავლოს პოტენციური აუდიტორიის კულტურული, ქცევითი და ფსიქოლოგიური მახასიათებლები. სტატიაში განხილულია მსოფლიოს სხვადასხვა ქვეყნის ვებ-დიზაინის შექმნის თავისებურებანი.

**ამერიკა.** ამერიკულ საიტებს ისე, როგორც ევროპელებს აქვს მინიმალისტური და ლაკონური ვებ-დიზაინი. მათში ევროპული საიტებისგან განსხვავებით გამოყენებულია რბილი ფერები და ტონები. ამერიკულ ვებ-საიტები გავს ერთმანეთს, რადგან ამერიკულ ინტერნეტ კულტურას აქვს თავისი ნორმები, რომლებსაც უნდა აკმაყოფილებდეს საიტები. ესენია: 1)ზოგადად მიღებული და კარგად ნაცნობი წესების გამოყენება; 2)საიტის განლაგება უნდა იყოს ცხადი და მარტივი; 3)საიტზე თვალნათლივ უნდა იყოს ნაჩვენები, თუ რას ეხება ის. მაგალითად, თუ საიტი ემსახურება პროდუქციის გაყიდვას, მაშინ მასზე ხშირად გამოსახულია ადამიანები პროდუქტების კალათებით; 4)ტოლერანტობის გამოხატვა. საიტზე უნდა იყოს განთავსებული სხვადასხვა რასისა და ეროვნების წამომადგენლების სურათები; 5) ბედნიერი და მომღიმარი ადამიანების სურათების გამოსახვა; 6)კომენტარების, სოციალური ქსელების ბმულების განთავსება.

ამერიკულ საიტებს ახასიათებს ინდივიდუალიზმი. მათზე განთავსებულია ინდივიდების ფოტოსურათები, მისამართები, ინდივიდუალური წარმატებების ისტორია და სხვა. დიზაინი ფოკუსირებულია დიდ სურათებზე. საიტზე შეიძლება განთავსებული იყოს გეომეტრიული ფიგურები, სლაიდ-შოუები, ფილმები და სხვა.

თანამედროვე ამერიკული ვებ-საიტების სტრუქტურა და ტექნოლოგია შექმნილია ჩამოტვირთვის სიჩქარის მაქსიმალურად გაზრდის გათვალისწინებით.

**ევროპა.** თანამედროვე ევროპული კულტურა საიტების შექმნაში ძალიან აფასებს პროფესიონალიზმს. ასევე მინიმალისტური კვლავ პოპულარობის პიკშია. მინიმალისტური სტილი შესაძლებელია განზავებული იყოს ფერადი ელემენტებით, ფერადი სათაურებით და დიდი ზომის შრიფტებით. ამასთან ეს სტილი შესაძლებელია შერწყმული იყოს მაღალი ხარისხის სურათებთან და ვიდეოებთან.

ევროპულ საიტებს აქვს მკაფიო სტრუქტურა ლაკონური ინფორმაციითა და ინტუიციურად გასაგები ინტერფეისით. მომხმარებლებს ადვილად შეუძლიათ გაარკვიონ თუ რას სთავაზობს საიტი და რა ინფორმაციაა მასზე წარმოდგენილი.

სკანდინავიის ქვეყნები (შვედეთი, ფინეთი, ნორვეგია, დანია, პოლანდია) ხასიათდება ინტერნეტზე საუკეთესო წვდომით. მათი საიტები ძალიან პრაქტიკულია. [1,2].

**ჩინეთი.** ჩინური საიტებისთვის დამახასიათებელია გვერდის დაყოფა ბევრ დამოუკიდებელ არედ, ხოლო ევროპული სტილის საიტებზე განლაგება ფოკუსირებულია ერთი თემატიკის ირგვლივ. ეს გამოწვეულია მომხმარებლების კულტურული ნორმებით. ჩინელი მომხმარებლები უფრო მეტად არიან მიჩვეულები დათვალიერებას, ვიდრე ერთი საკითხის მიმართ ორიენტირებას.

ჩინური სტილის საიტებში გამოიყენება სხვადასხვა მორთულობა. ისინი გაუღნითილია ჩინური კვარტლების კოლორიტითა და მცენარეული ორნამენტებით. მათზე ხშირად გვხვდება კაშკაშა ფერები. მაგალითად, ოქროსფერი და წითელი. ეს ფერები ყოველთვის არ წარმოადგენს ძირითად ფერს, მაგრამ გამოიყენება დიზაინის

სხვადასხვა ელემენტის შეფერილობისთვის. ჩინური საიტებზე გვხვდება სხვადასხვა ფერის არეები, დიდი მოცულობის ტექსტები და ბევრი ბმული.

თუ ვებ-დისაინერი აკეთებს საიტს ჩინური აუდიტორიისთვის გასათვალისწინებელია, რომ ჩინური იეროგლიფები განსხვავდება იაპონური იეროგლიფებისგან [3].

**იაპონია.** იაპონური ვებ-საიტებისთვის დამახასიათებელია გადატვირთვა ტექსტებით, პატარა ზომის სურათებით, მოციმციმე თუ ნათელი ფერის რეკლამებით, ანიმაციებით და სხვა. ამასთან მათზე გამოყენებულია ძალიან ბევრი სვეტი და მენიუს პუნქტი. აღნიშნული განპირობებულია სხვადასხვა მიზეზით. მათგან აღსანიშნავია შემდეგი: 1)იაპონელებს უყვართ პროდუქტების მახასიათებლების დაწვრილებით შესწავლა; 2)იაპონურ დამწერლობაში არ არის ასომთავრული ასოები (იეროგლიფები), ამიტომ ტექსტის გამოყენებით პრაქტიკულად შეუძლებელია ვიზუალური აქცენტის გაკეთება. აღსანიშნავია, რომ რამოდენიმე სიმბოლოს გამოყენებით შესაძლებელია მთელი წინადადების დაწერა; 3)იაპონიის ურბანული პეიზაჟები, რეკლამების სიმრავლე, ხალხმრავალი სივრცე რეალური ცხოვრებიდან გადავიდა ინტერნეტში. იაპონელებს სწამთ, რომ სივრცე არ უნდა იყოს თავისუფალი.

**არაბეთი.** არაბულ დამწერლობაში ტექსტები იწერება მარჯვნიდან მარცხნივ, ამიტომ არაბული ვებ-დისაინი კეთდება მარჯვნიდან მარცხნივ. საიტი გამოდის ჰორიზონტალურად შებრუნებული. ამასთან ციფრები და რიცხვები იკითხება მარცხნიდან მარჯვნივ.

თუ ვებ-დისაინერი აკეთებს არაბულ საიტს მხედველობაშია მისაღები ის, რომ შრიფტის ზომა უნდა იყოს ჩვეულებრივზე უფრო დიდი. აღნიშნული განპირობებულია იმით, რომ არაბული ასოები არის ძალიან რთული მოხაზულობის. აღსანიშნავია, რომ არაბული შრიფტების სახეები არის ცოტა.

არაბული ვებ-საიტები უფრო კონსერვატორული და ნაკლებად ფერადია, ვიდრე ევროპული ვებ-საიტები. მათში ადამიანების სურათები ხშირად არ გამოიყენება. [4].

სტატიაში განხილულია ვებ-დისაინის ძირითადი მახასიათებლები მსოფლიოს სხვადასხვა ქვეყანაში. მასში აღნიშნულია, რომ თითოეული ქვეყნის კულტურა პირდაპირ გავლენას ახდენს ვებ-დისაინზე და ხდის მას თვითმყოფადს. სტატიაში ჩამოყალიბებული საკითხების გაცნობა სასარგებლო იქნება ვებ-დისაინით დაინტერესებულ პირთათვის.

#### ლიტერატურა

1. <https://insync.media/learning/worldly-web-design/>
2. <https://seattlewebsitedesign.medium.com/the-differences-between-website-design-in-the-usa-and-in-europe-f7096bb44b79>
3. <https://www.websitemagazine.com/blog/how-website-design-differs-in-four-corners-of-the-world>
4. <https://www.embacy.io/story/web-design-in-different-countries>

#### SUMMARY

#### WEB DESIGN IN DIFFERENT COUNTRIES OF THE WORLD

Namchevadze Ts.V., Bitsadze E.I. and Janadze L.G.

Akaki Tsereteli State University

The article outlines the basic norms of creation of web design in different countries. It is noted that despite the general template of web design, it is possible to identify as common features, and also differences according to colors, fonts, images, decorations, navigation, site layout, etc. for websites of different countries. Society's culture plays an important role in shaping users' requirements, which is reflected in web design accordingly.

**Keywords:** web-design, countries, culture, color, font, layout.

საავტომობილო აკუმულატორების ჯართის გადაამაგმავებელი საწარმოს ბარემოზე ხიმოჭმეღების ზობიერთი საპითხის განხილვა

მკვლღიშვილი გ.ს., გუგეშიძე მ.კ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

საავტომობილო აკუმულატორების გადამუშავება წარმოდგენს გადამუშავების ერთერთ საინტერესო მიმართულებას ტყვიის დიდი რაოდენობით უტილიზაციის მიზნით.

მსოფლიო მასშტაბით გამოყენებული ტყვიის 85% მოდის ტყვიის მჟავა შემცველი აკუმულატორების წარმოებაზე. ცნობილია, რომ მარტო აშშ-ში ყოველ წელს ცვლიან თითქმის 100 მილიონ საავტომობილო აკუმულატორებს, რომელთაგან დაახლოებით 99%-ს გადაამუშავებენ. ტყვიაზე მზარდი მოთხოვნილების უზრუნველყოფა ხდება ორი მეთოდით: პირველადი რესურსის წარმოების გაზრდით და მეორე, გამოყენებული აკუმულატორების გადამუშავებით. თანამედროვეობაში, მთლიანად გამოყენებული ტყვიის ნახევარზე მეტი, ეს არის გადამუშავებული მასალა და არა პირველადი ნედლეული.

საავტომობილო აკუმულატორების უტილიზაცია საშუალებას იძლევა:

- მოხდეს აგრესიული და ქიმიურად აქტიური ნივთიერებების ნეიტრალიზაცია;
- მეორად წარმოებაში ჩაერთოს მიმე ლითონები და აკუმულატორების სხვა შემადგენელი მასალები;
- შემცირდეს გარემოს დაბინძურების დონე.

ტყვიის საავტომობილო აკუმულატორები, ცხადია ძირითადად შეიცავენ ტყვიას, სადაც მისი პროცენტული შემცველობა საერთო წონის 50–60%-ს შეადგენს. აკუმულატორი, ასევე შეცავს სხვა ლითონურ მინარეგებს, მაგალითად სტიბიუმი დაახლოებით 2%-ია, სხვადასხვა პლასტმასები, დაახლოებით 12–18%, და რათქმაუნდა გოგირდმჟავას ხსნარი, რომელიც საავტომობილო აკუმულატორების საერთო წონის 10–15 %-ს შეადგენს.

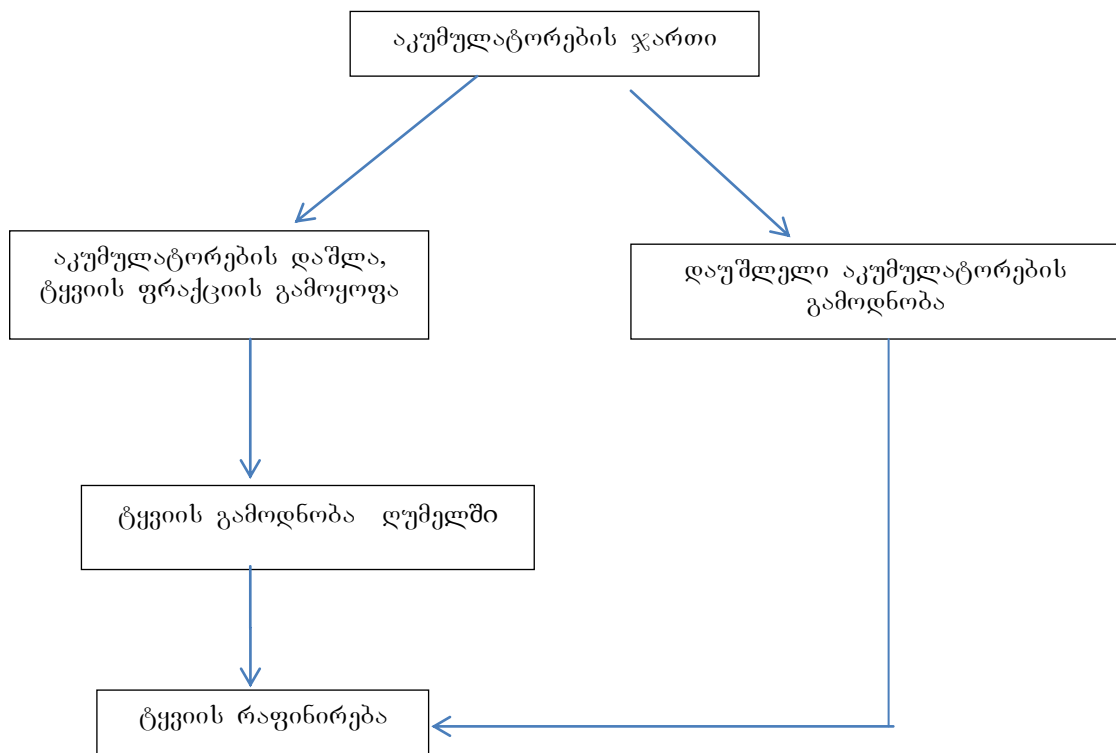
აკუმულატორების გადამუშავება შეიცავს: დაწვრილმანებას, მჟავას ნეიტრალიზაციას და პოლიმერების განცალკევებას ტყვიისაგან. მათი დამუშავება მოითხოვს განსაკუთრებულ სიფრთხილეს ისეთი ტოქსიკური ნივთიერებების შემცველობის გამორკორებიცაა ტყვიის ოქსიდი და გოგირდმჟავა. ტყვია და განსაკუთრებით მისი ნაერთები სახიფათობის კლასის მიხედვით მიეკუთვნება პირველ კლასს, ხოლო ელექტროლიტი ან განზავებული გოგირდმჟავა – მეორე კლასს.

ამგვარად, თანამედროვე ტექნოლოგიით აღჭურვილი აკუმულატორების გადამამუშავებელი საწარმო ასრულებს, როგორც მნიშვნელოვან ეკოლოგიურ ფუნქციას, ასევე საშუალებას იძლევა მიღებული იქნას მეორადი ნედლეული ახალი პროდუქციის მისაღებად [1].

ტექნოლოგიური პროცესი ითვალისწინებს მჟავაგამოცვლილი აკუმულატორების დემონტაჟს, ტყვიის შემცველი და არამეტალური ნარჩენების განცალკევებას, ტყვიის ჯართის გადამუშავებას მეტალური ტყვიის მისაღებად. ტყვიის აკუმულატორების ჯართის გადამუშავების შესაძლო ვარიანტების სქემა მოცემულია ნახაზზე.

გამოყენებული ენერჯიის სახეობის მიხედვით ტყვიის გამოსადნობი ღუმელები იყოფა სათბობისა და ელექტრო-ღუმელებად. სათბობზე მომუშავე ღუმელის ტიპებია: ტიგელური, ამრეკლი, შახტური და მბრუნავი ღუმელი.

ტყვიის დნობის პროცესში წარმოქმნილი წიდის ფიზიკურ-ქიმიური თვისებები და ეკოლოგიური საშიშროება დამოკიდებულია გამოყენებული მდნობის ქიმიურ შემადგენლობაზე. მაგალითად, კალციუმის კარბონატის გამოყენების შემთხვევაში წარმოიქმნება გამოტუტვისადმი მდგრადი კალციუმიანი წიდა, ხოლო ნატრიუმის კარბონატის გამოყენების შემთხვევაში კი პირიქით, რის გამოც ნატრიუმიანი წიდა ეკოლოგიურად უფრო სახიფათოა.



**ტყვიის აკუმულატორების ჯართის გადამუშავების შესაძლო ვარიანტების სქემა**

ტყვიის ჯართის ღუმელებში გამოდნობის შემდეგ მიიღება ე.წ. შავი ტყვია, რომელიც შეიცავს სხვადასხვა ლითონების მინარევებს, მათ შორის შეიძლება იყოს სპილენძი, რკინა, კალა, სტიბიუმი, ბისმუტი და ზოგიერთი სხვა ლითონიც. მათგან გასაწმენდად და სუფთა ტყვიის მისაღებად გადამამუშავებელ საწარმოში საჭიროა პირობეტალურგული რაფინირების პროცესი, რისთვისაც გამოიყენება ე.წ. გამწმენდი ქვაბი.

რაფინირების პროცესი მიმდინარეობს თხევად ფაზაში, რისთვისაც შავ ტყვიას აცხელებენ არანაკლებ 327 °C-სა და არაუმეტეს 650 °C -სა. სხვადასხვა ელემენტების მოცილება ხდება საფეხურებად, გარკვეულ ტემპერატურაზე შესაბამისი რეაგენტების დამატებით და აბაზანაში - არევით.

გადამამუშავებელი საწარმოს პროექტირებისას დიდი მნიშვნელობა ენიჭება აირგამწმენდი სისტემის შერჩევას. ლიტერატურული მასალებიდან და პრაქტიკიდან გამომდინარე არსებობს სხვადასხვა გამწმენდი აგრეგატების ან მათი სისტემების გამოყენება. თანამედროვე მოთხოვნების, საწარმოს საშიშროების ჯგუფის და მაღალი გამწმენდის ეფექტურობის აუცილებლობის გათვალისწინებით, მიზანშეწონილია რამოდენიმე საფეხურიანი გამწმენდი სისტემის დამონტაჟება.

საწარმოს აირგამწმენდ სისტემაში ჩართული უნდა იყოს არსებული მავნე ნივთიერებათა ორგანიზებული და არაორგანიზებული გაფრქვევის ყველა წყარო.

საწარმოში შესაძლო გამოყენებული ერთერთი აირგამწმენდი სისტემის საფეხურების თანმიმდევრობა შემდეგია:

გამოდნობისას მაღალი ტემპერატურის ნამწვი აირები ღუმლიდან გამოდის აგურით მოპირკეთებული მილით და მიემართება მტვრის შემკრები (საღებქარი) კამერისკენ. მტვრის შემკრებში ხდება მათი სწრაფად გაცივება მყისიერი გაფართოებისა და სინქარის დაკარგვის გამო. აქვე იღებება დიდი ზომის ნაწილაკები.

შემდეგ საფეხურზე კამერიდან გამოსული აირები გადის ციკლონური ფილტრების წყებასა და გამაგრილებელ კოშკს. მათში ხდება აირების გაცივება და მტვრის მაქსიმალური შეგროვება, რაც ამცირებს ქსოვილის ფილტრის მტვრით დატვირთვას.

შემდეგ სტადიაზე 120–130 °C-იანი ნამწვი აირები გადის ჯერ ნაპერწკალჩამჭერში და შემდეგ ქსოვილის ფილტრებში, რომლებშიც ხდება მყარი ნაწილაკების დალექვა ქსოვილზე.

ბოლო საფეხურზე სუფთა, გაფილტრული აირები გაივლის სველ ფილტრში, აირების გაფილტვრისა და გაწმენდის შემდეგ ისინი 30 მ-იანი მილის საშუალებით გაიფრქვევა ატმოსფეროში [2].

იმასთან დაკავშირებით, რომ აღნიშნული საწარმოს პროექტის ადგილმდებარეობის დაგეგმარების დროს დიდი მნიშვნელობა ენიჭება დასახლებული ადგილიდან დაშორების მანძილის, მავნე ნივთიერებების მიწისპირა და მაქსიმალური კონცენტრაციების და მათთან დაკავშირებულ სხვა პარამეტრების განსაზღვრას, არსებული მეთოდების მიხედვით ჩატარდა ამ სიდიდეების გამოთვლები [3].

გაანგარიშების დროს საწყისი მონაცემები აღებული იყო ტყვიის აკუმულატორების გადამამუშავებელი საწარმოს დაგეგმარების პროექტებიდან. გათვალისწინებული იყო ის გარემოებაც, რომ ერთ-ერთი პროექტი იგეგმებოდა ქვემო ქართლის რეგიონში და შესაბამისად გამოთვლების დროს მხედველობაში იქნა მიღებული ამ რაიონისთვის დამახასიათებელი ზოგიერთი კლიმატური მომენტები, მაგალითად გაბატონებული ქარის მიმართულებები [4-6].

მავნე ნივთიერების მიწისზედა მაქსიმალური კონცენტრაცია არახელსაყრელი მეტეოროლოგიური პირობების დროს  $X_m$  მანძილის დაშორებით სტაციონალური წყაროდან გამოითვლება ფორმულით:

$$C_m = \frac{AFMmn\eta}{H^2\sqrt[3]{V\Delta T}} \quad \text{როცა } \Delta T > 0$$

სადაც: M არის გაფრქვეული ნივთიერების მასა დროის ერთეულში; H – გაფრქვევის წყაროს სიმაღლე მიწის ზედაპირიდან (მ);  $\Delta T$  – გაფრქვეული აირჰაეროვანი ნარევის ტემპერატურასა და გარემო ჰაერის ტემპერატურას შორის სხვაობა (°C); A – ატმოსფეროს ტემპერატურული სტრატეფიკაციის კოეფიციენტი, რომელიც შეესაბამება არახელსაყრელ მეტეოროლოგიურ პირობებს, რომლის დროსაც მავნე ნივთიერების კონცენტრაცია ატმოსფეროში მაქსიმალურია; F – ატმოსფერულ ჰაერში მავნე ნივთიერებების დალექვის სინქარის უგანზომილებო კოეფიციენტი;  $\eta$  – აირჰაეროვანი ნარევის გაბნევაზე ადგილის რელიეფის გავლენის ამსახველი უგანზომილებო კოეფიციენტი; m და n კოეფიციენტები განსაზღვრავენ გამოსასვლელში ნარევის პირობებს.

$$X_m = \frac{5-F}{4} dH$$

d – უგანზომილებო კოეფიციენტი

$$d = 2,48(1 + 0,28\sqrt[3]{f}) \quad V_m \leq 0,5$$

$$d = 4,95(1 + 0,28\sqrt[3]{f}) \quad 0,5 \leq V_m \leq 2$$

$$d = 7\sqrt{Vm}(1 + 0,28\sqrt[3]{f}) \quad V_m > 2$$

საშიში ქარის დროს  $U_m$ -ის დროს მიწისზედა კონცენტრაცია C მგ/მ<sup>3</sup>, სხვადასხვა მანძილზე გამოითვლება ფორმულით:



$$C=S_1 *C_m$$

სადაც  $S_1$  უგანზომილებო კოეფიციენტი და დამოკიდებულია  $X/X_m$  თანაფარდობაზე და  $F$  კოეფიციენტზე და გამოითვლება ფორმულით:

$$S_1 = 3(X / X_m)^4 - 8(X / X_m)^6 + 6(X / X_m)^{24} \quad \text{როდესაც } X / X_m \leq 1$$

$$S_1 = \frac{X / X_m}{3,58(X / X_m)^2 - 35,2(X / X_m) + 120} \quad \text{როდესაც } X / X_m > 80 \quad F \leq 1,5$$

$$S_1 = \frac{1}{0,1(X / X_m)^2 + 2,47\left(\frac{X}{X_m}\right) - 17,8} \quad \text{როდესაც } F > 1,5; \quad X / X_m > 8$$

$$S = \frac{1,13}{0,13(X / X_m)^2 + 1} \quad \text{როდესაც } 1 < X / X_m \leq 8$$

$$S_1 = \frac{X / X_m}{0,1(X / X_m)^2 + 7,41\left(\frac{X}{X_m}\right) - 160} \quad \text{როდესაც } F \leq 1,5 \quad 24 < X / X_m \leq 80$$

$$S = \frac{2,55}{0,13(X / X_m)^2 + 9} \quad \text{როდესაც } F \leq 1,5 \quad 8 < X / X_m \leq 24$$

C/ზდკ – გაანგარიშების მიზანშეწონილობის კრიტერიუმი, რომელიც უნდა აკმაყოფილებდეს ( $C/ზდკ \leq 0,01$ )

**ცხრილი 1. გაფრქვეული მავნე ნივთიერებათა ანგარიშის პარამეტრები გაფრქვევის წყაროდან 500 მ მანძილზე ჩრდილო-დასავლეთის მიმართულების ქარის დროს**

მავნე ნივთიერება		გაფრქვეული მავნე ნივთიერებათა ანგარიშის პარამეტრები გაფრქვევის წყაროდან 500მ მანძილზე ჩრდილო-დასავლეთის ქარის დროს			
კოდი	დასახელება	500მ			
		Cm	S <sub>1</sub>	C	C/ზდკ
0184	ტყვია	0,00042	0,019	0,000008	0,008
0133	კადმიუმი	0,0000047	0,019	0,000000089	0,00029
0325	ღარიშხანი	0,0000107	0,019	0,0000002	0,00007
0207	თუთია	0,00018	0,019	0,0000034	0,00007
2908	არაორგანული მტვერი	0,0011	0,08	0,000088	0,00058
0301	აზოტის დიოქსიდი	0,0010	0,08	0,000086	0,0022
0337	ნახშირჟანგი	0,0058	0,08	0,00046	0,0002
0330	გოგირდის ორჟანგი	0,00165	0,08	0,000132	0,0026

**ცხრილი 2. გაფრქვეული მავნე ნივთიერებების ანგარიშის პარამეტრები გაფრქვევის წყაროდან 500მ მანძილზე ჩრდილოეთის მიმართულების ქარის დროს**

მავნე ნივთიერება		გაფრქვეული მავნე ნივთიერებათა ანგარიშის პარამეტრები გაფრქვევის წყაროდან 500მ მანძილზე ჩრდილოეთის მიმართულების ქარის დროს			
კოდი	დასახელება	500 მ			
		Cm	S <sub>1</sub>	C	C/ ზღკ
0184	ტყვია	0,00042	0,15	0,00006	0,06
0133	კადმიუმი	0,0000047	0,15	0,0000007	0,0023
0325	ღარიშხანი	0,0000107	0,15	0,0000016	0,0005
0207	თუთია	0,00018	0,15	0,000027	0,0005
2908	არაორგანული მტვერი	0,0011	0,24	0,00026	0,0017
0301	აზოტის დიოქსიდი	0,0010	0,24	0,00026	0,0065
0337	ნახშირჟანგი	0,0058	0,24	0,0014	0,00047
0330	გოგირდის ორჟანგი	0,00165	0,24	0,000396	0,00792

ვინაიდან, C/ზღკ (გაანგარიშების მიზანშეწონილობის კრიტერიუმი) ტყვიის შემთხვევაში 500 მ მანძილზე არ აკმაყოფილებს ნორმებს, ამიტომ ჩატარდა გამოთვლები 600–800–1000 მ მანძილებზე, რომელთა შედეგები მოცემულია ცხრ. 3 და 4.

**ცხრილი 3. გაფრქვეული ნივთიერებების ანგარიშის პარამეტრები გაფრქვევის წყაროდან 600–800–1000 მ მანძილზე ჩრდილოეთის მიმართულების ქარის დროს**

მავნე ნივთიერება		გაფრქვეული მავნე ნივთიერებათა ანგარიშის პარამეტრები გაფრქვევის წყაროდან 600–800–1000 მ მანძილზე ჩრდილოეთის მიმართულების ქარის დროს			
კოდი	დასახელება	600 მ			
		Cm	S <sub>1</sub>	C	C/ ზღკ
0184	ტყვია	0,00042	0,092	0,000039	0,039
0133	კადმიუმი	0,0000047	0,092	0,00000043	0,0014333
0325	ღარიშხანი	0,0000107	0,092	0,00000098	0,00033
0207	თუთია	0,00018	0,092	0,000017	0,00034
2908	არაორგანული მტვერი	0,0011	0,092	0,00019	0,0011
0301	აზოტის დიოქსიდი	0,0010	0,18	0,00019	0,0048
0337	ნახშირჟანგი	0,0058	0,18	0,00104	0,00035
0330	გოგირდის ორჟანგი	0,00165	0,18	0,000297	0,0059
კოდი	დასახელება	800 მ			
		Cm	S <sub>1</sub>	C	C/ ზღკ
0184	ტყვია	0,00042	0,042	0,000018	0,018
0133	კადმიუმი	0,0000047	0,042	0,0000002	0,00066
0325	ღარიშხანი	0,0000107	0,042	0,00000045	0,00015
0207	თუთია	0,00018	0,042	0,0000076	0,00015
2908	არაორგანული მტვერი	0,0011	0,136	0,00015	0,001
0301	აზოტის დიოქსიდი	0,0010	0,136	0,000145	0,0036
0337	ნახშირჟანგი	0,0058	0,136	0,00079	0,00026
0330	გოგირდის ორჟანგი	0,00165	0,136	0,00023	0,0046
კოდი	დასახელება	1000 მ			
		Cm	S <sub>1</sub>	C	C/ ზღკ
0184	ტყვია	0,00042	0,026	0,000011	0,011
0133	კადმიუმი	0,0000047	0,026	0,00000012	0,0004
0325	ღარიშხანი	0,0000107	0,026	0,00000028	0,00009
0207	თუთია	0,00018	0,03	0,0000054	0,00011
2908	არაორგანული მტვერი	0,0011	0,11	0,00012	0,0008
0301	აზოტის დიოქსიდი	0,0010	0,11	0,00012	0,003
0337	ნახშირჟანგი	0,0058	0,11	0,00064	0,00021
0330	გოგირდის ორჟანგი	0,00165	0,11	0,00018	0,0036

ცხრილი 4. გაფრქვეულ ნივთიერებების ანგარიშის პარამეტრები გაფრქვევის წყაროდან 600–800–1000 მ მანძილზე ჩრდილო-დასავლეთის მიმართულების ქარის დროს

მაგნე ნივთიერება		გაფრქვეული მაგნე ნივთიერებათა ანგარიშის პარამეტრები გაფრქვევის წყაროდან 600–800–1000 მ მანძილზე ჩრდილო-დასავლეთის მიმართულების ქარის დროს			
კოდი	დასახელება	600 მ			
		Cm	S <sub>1</sub>	C	C/ ზღკ
0184	ტყვია	0,00042	0,014	0,0000058	0,0058
0133	კადმიუმი	0,0000047	0,014	0,000000065	0,0021666
0325	ღარიშხანი	0,0000107	0,014	0,00000015	0,00005
0207	თუთია	0,00018	0,014	0,0000025	0,00005
2908	არაორგანული მტვერი	0,0011	0,065	0,000072	0,00048
0301	აზოტის დიოქსიდი	0,0010	0,065	0,00007	0,0018
0337	ნახშირუანგი	0,0058	0,065	0,00038	0,00013
0330	გოგირდის ორჟანგი	0,00165	0,065	0,000107	0,0021
კოდი	დასახელება	800 მ			
		Cm	S <sub>1</sub>	C	C/ ზღკ
0184	ტყვია	0,00042	0,008	0,0000034	0,0034
0133	კადმიუმი	0,0000047	0,008	0,000000038	0,000013
0325	ღარიშხანი	0,0000107	0,008	0,000000086	0,00003
0207	თუთია	0,00018	0,008	0,0000014	0,00003
2908	არაორგანული მტვერი	0,0011	0,04	0,000044	0,00029
0301	აზოტის დიოქსიდი	0,0010	0,04	0,000043	0,0011
0337	ნახშირუანგი	0,0058	0,04	0,00023	0,00008
0330	გოგირდის ორჟანგი	0,00165	0,04	0,00007	0,0014
კოდი	დასახელება	1000 მ			
		Cm	S <sub>1</sub>	C	C/ ზღკ
0184	ტყვია	0,00042	0,006	0,0000025	0,0025
0133	კადმიუმი	0,0000047	0,006	0,000000028	0,000009
0325	ღარიშხანი	0,0000107	0,006	0,000000064	0,00002
0207	თუთია	0,00018	0,006	0,0000011	0,00002
2908	არაორგანული მტვერი	0,0011	0,03	0,00003	0,0002
0301	აზოტის დიოქსიდი	0,0010	0,03	0,000032	0,0008
0337	ნახშირუანგი	0,0058	0,03	0,000174	0,00005
0330	გოგირდის ორჟანგი	0,00165	0,03	0,00005	0,001

მიღებული შედეგებიდან გამომდინარე, ვინაიდან, ტყვიის შენაერთი არ აკმაყოფილებს სანიტარული დამცავი ზონის საზღვარზე დადგენილ ნორმებს, მიზანშეწონილია პროექტის განხორციელების შემთხვევაში დამაბინძურებელი წყაროდან მანძილი დასახლებულ პუნქტამდე გაიზარდოს არანაკლებ 1000 მ-მდე.

**ლიტერატურა**

1. <http://www.drossengineering.com/> Recycling lead acid battery – Automobile. Recycle your batteries and respect environment.
2. <http://www.researchgate.net/publication/297849521>  
Novel Technologies for Recycle of Scrap Lead-Acid Batteries; Environmentally Friendly Conference Paper • October 2012.
3. Методическое пособие по расчету, нормированию и контролю выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух. -Санкт-Петербург, «Научно-исследовательский институт охраны атмосферного воздуха», 2012.,224 с.
4. ვადაგასული და მწეობრიდან გამოსული ტყვიის აკუმულატორების ჯართისა და ნარჩენების გადამამუშავებელი საწარმოს მოწყობის და ექსპლუატაციის პროექტი. შპს. „გრაფიტა ჯორჯია“ გარემოზე ზემოქმედების ანგარიში. შემსრულებელი სამეცნიერო კვლევითი ფირმა „გამა“. თბილისი. 2008 წ.

5. სახიფათო ნარჩენების წინასწარი დამუშავების და აღდგენის, მეორადი ნედლეულიდან ფერადი ლითონების საწარმო (ს/კ №81.07.14.153) ატმოსფერულ ჰაერში მავნე ნივთიერებათა ზღვრულად დასაშვები გაფრქვევის ნორმების პროექტი. შპს „ჯეო სტილი“, 2019 წ.

6. ამორტიზირებული აკუმულატორებიდან ამოღებული ტყვიის სადნობი და დნობისას წარმოქმნილი ტყვიის შემცველი წიდის დროებითი დასაწყოების საწარმო ექსპლუატაციის პირობების შეცვლასთან გამომდინარე გარემოზე ზემოქმედების შეფასების ანგარიში. შპს „თათლი“, 2018 წ.

#### **SUMMARY**

#### **DISCUSSION OF SOME ISSUES OF ENVIRONMENTAL IMPACT OF SCRAP PROCESSING ENTERPRISE OF AUTOMOBILE BATTERIES**

**Mchedlishvili G.S. and Gugeshidze M.K.**

**Georgian Technical University**

The significance of the necessity of recycling automobile lead accumulators in modern conditions, the possible consequences of their utilization, both from an economic point of view and from the point of view of ecological safety, are discussed. A possible scheme of scrap recycling of lead accumulators, the sequence of technological processes and the furnaces used in practice are presented. The gas cleaning system of the project enterprise is separated, with the characterization and purpose of each stage unit included in it. Studies and calculations have been carried out in terms of determining the limits of the sanitary protection zone of the enterprise, determining the maximum value of the permissible emission of polluting substances, the maximum value of above-ground concentrations. The results of the calculations are presented in tables and the conclusion is presented.

**Keywords:** lead, accumulator, scrap, air cleaning system, harmful substance.

სოლიდომაგნანუმის დნობა ზესტაფონის ფეროშენადნობთა ქარხნის  
ინდუსტრიული ნარჩენების გამოყენებით

მაისურაძე ი.ბ., ჯუღუხიძე ა.გ., ჭუმბაძე მ.თ., აბესაძე რ.კ., სიგუა ლ.რ.

სსიპ ფერდინანდ თავაძის მეტალურგიისა და მასალათმცოდნეობის ინსტიტუტი

საქართველოს სამთო-მეტალურგიული საწარმოთა ინდუსტრიული ნარჩენები მათი ფართო გამოყენების შესაძლებლობის მიუხედავად დღემდე შეზღუდულად გამოიყურება. რუსთავეის მეტალურგიული ქარხანა, ზესტაფონის ფეროშენადნობთა ქარხანა და ტყიბულის სამთო-გამამდიდრებელი ფაბრიკა – ეს სამი ობიექტია საქართველოში, სადაც თავმოყრილია ძირითადად ინდუსტრიული ნარჩენების დიდი რაოდენობა. ნარჩენების იკავებენ დიდ ტერიტორიებს, ქმნიან ანტისანიტარიას, აბინძურებენ მიწისქვეშა და ზედაპირულ წყლებს. ამიტომ მათ გადაამუშავებას ეკონომიკურის გარდა აქვს მნიშვნელოვანი ეკოლოგიური დატვირთვა.

ცხრ. 1-ში მოცემულია ზესტაფონის ფეროშენადნობთა ქარხნის ტერიტორიაზე არსებული ნარჩენების რაოდენობა და მასში მანგანუმის შემცველობა.

ცხრილი 1. ნარჩენების რაოდენობა და მისი ქიმიური შედგენილობა

დასახელება	რაოდენობა, ტ	ქიმიური შედგენილობა, %				
		Mn	SiO <sub>2</sub>	P	CaO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
გაზგამწმენდის მტვერი	500000000	24,20	29,40	0,04	4,10	2,10
სეპარაციის შლამი	15120000	17,13	39,69	0,30	18,98	12,44
მანგ. კონცენტ. ფრ. 0-1მმ		29,80	21,50	0,19	4,50	3,30
ლითონის მტვერი		Mn	Si	P	C	
		50,10	14,70	0,21	2,93	

ცხრილის მონაცემებიდან ჩანს, რომ ზესტაფონის ფეროშენადნობთა ქარხნის ტერიტორიაზე დაყრილია ნახევარი მილიარდი ტონა გაზგამწმენდი მიღებიდან გამოღებული მტვერი, რომლის წიაღშიც ინახება ასი მილიონ ტონაზე მეტი მანგანუმი. დიდი რაოდენობითაა სეპარაციის შლამი და ლითონის დამტვრევის შედეგად მიღებული მტვერი. ეს ნარჩენები წვრილფრაქციულია, ამიტომ შეუძლებელია მათი გამოყენება დნობისათვის დანატროვნების გარეშე. არსებობს დანატროვნების რამდენიმე მეთოდი. ლიტერატურიდან ცნობილია წვრილფრაქციული ინდუსტრიული ნარჩენების დაბრიკეტების შემთხვევები [1]. არჩეული იქნა დაბრიკეტება, რადგანაც ის ტექნოლოგიურად მარტივი პროცესია, არ მოითხოვს მომსახურეთა მაღალ კვალიფიკაციას და არ არის შეზღუდული დასაბრიკეტებელი მასალის ფრაქციული შემადგენლობით. დასაბრიკეტებელი კაზმის შემადგენლობა იყო:

- გაზგამწმენდის მტვერი – 2კგ,
- სეპარაციის შლამი – 2კგ,
- მანგ. კონცენტ. ფრ. 0-1მმ – 3კგ,
- ლითონის მტვერი – 3კგ,
- ტყიბ, ნახშ. ანაცერი – 3კგ.

ბრიკეტების მადნურ ნაწილში მანგანუმის შემცველობა იყო 30,1%. ბრიკეტირება მიმდინარეობდა სპეციალური შემკვრელის გარეშე ამ შემთხვევაში შემკვრელის როლს ასრულებდა გაზგამწმენდის მტვერი. წვრილფრაქციული ნარჩენებისგან მიღებული ბრიკეტების მექანიკური თვისებები მოცემულია ცხრ. 2-ში. კვლევებს ვატარებდით ჰიდრაულიკურ ლაბორატორიულ წნეხზე. დაბრიკეტების წნევა იცვლებოდა 400კგ(40მპა) – 100კგ(10მპა)-მდე. კვლევის შედეგად დადგინდა იქნა დაბრიკეტების ოპტიმალური პარამეტრები. როგორც კვლევებმა გვიჩვენა (ცხრ. 2) ახლად მიღებული ნედლი ბრიკეტები ჩამოყრაზე არ იშლება, ხდება მისი გაჭყლეტა იმ ადგილზე, რი-

თაც დაეცა, ხოლო კუმშვაზე არ იმსხვრევა, იჭყლიტება. ბრიკეტის ზომებია: დიამეტრი – 25 მმ, სიმაღლე – 27 მმ, ფორმა – ცილინდრული. დნობები ჩატარებული იქნა ცველადი დენის ელექტრორკალურ ღუმელში სიმძლავრით 80კვა, ძაბვა 30–40 ვოლტი, მაქსიმალური დენის ძალა 2000 ამპერი.

ცხრილი 2. ბრიკეტების მექანიკური თვისებები

№	დაწნევის სიღრმე, მკა	ბრიკეტების სიმტკიცე					
		ახლადმიღებული ნედლი		თერმულად დამუშავებული, 900°C		ჰაერზე გამომშრალი, 24სთ	
		ჩამოყრა, % +5მმ	კუმშვა, მკა	ჩამოყრა, % +5მმ	კუმშვა, მკა	ჩამოყრა, % +5მმ	კუმშვა, მკა
1	40	100	რ იმსხვრევა იჭყლიტება	95	9,0	80	9,5
2	50	100		98	12,5	85	18,3
3	60	100		100	24,8	100	26,5
4	70	100		98	17,8	98	19,9
5	80	100		100	19,8	98	20,1
6	100	90		80	11,8	70	13,5
7	110	90		75	9,2	65	10,3

სილიკომანგანუმის დნობის პროცესში ბრიკეტების გამოყენებით მიღებული იქნა ღუმელის მუშაობის თანაბარი სვლა, ელექტროდები ღრმად იჯდა კაზში, ღუმელიდან ლითონი და წილა გამოდიოდა თავისუფლად და საკმაოდ მაღალი ტემპერატურით. დნობის პროცესში ბრიკეტები ფორმას ინარჩუნებდნენ გადნობამდე. ლაბორატორიული დნობის შედეგები მოცემულია ცხრ. 3-ში.

ცხრილი 3. დნობის ძირითადი პარამეტრები

№	მაჩვენებელი	რაოდენობა
1	მასალების ხარჯი, კგ ბრიკეტები რკინის ბურბუმეღა	30,30 1,50
2	მიღებული ლითონის რაოდენობა, კგ	9,10
3	ლითონის ქიმიური შენადგენლობა, % მანგანუმი სილიციუმი ნახშირბადი ფოსფორი	63,40 14,60 2,30 0,30
4	ელემენტების გადასვლა ლითონში, % მანგანუმი სილიციუმი	68,00 37,00
5	ელემენტების გადასვლა წილაში, % მანგანუმი სილიციუმი	25,03 59,00
6	მიღებული წილის რაოდენობა, კგ	16,30
7	წილის ქიმიური შენადგენლობა, % SiO <sub>2</sub> Mn Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> CaO MgO	39,20 19,06 13,65 20,15 5,01

ზესტაფონის ფეროშენადნობთა ქარხნის ტერიტორიაზე არსებული დიდი რაოდენობის მანგანუმშემცველი წვრილფრაქციული ნარჩენების გამოყენებით ჩატარდა დნობა და მიღებული იქნა სტანდარტული სილიკომანგანუმი.

ამგვარად, ჩატარებული თეორიული და ექსპერიმენტული კვლევების საფუძველზე შემუშავდა ინდუსტრიული ნარჩენების ათვისების ყველაზე რაციონალური და პერსპექტიული ტექნოლოგიური სქემა, რასაც გარდა ეკონომიკურისა, აქვს მნიშვნელოვანი ეკოლოგიური დატვირთვა [2].

#### ლიტერატურა

1. Рывкин И.Ю., Еремин А. Я., Литвин Е. М. и др. Брикетирование мелкозернистых и тонкодисперсных материалов со связующими. //Журнал: Кокс и химия, 2000, №10, с.36-44.
2. სიმონგულაშვილი ზ., მაისურაძე ბ., ჯაფარიძე ბ. მანგანუმის შემცველი ნარჩენების გამოყენება ელექტრო-ფეროშენადნობების წარმოებაში. //ინტელექტუალი, 2006, 2, გვ.55-59.

#### SUMMARY

#### SMELTING OF SILICOMANGANESE USING INDUSTRIAL WASTE FROM THE ZESTAFONI FERROALLOY PLANT

**Maisuradze I.B., Juluxidze A.G., Chumbadze M.T., Abesadze R.K. and Sigua L.R.**

**F. Tavadze Institute of Metallurgy and Materials Science**

This paper presents the results of smelting silicomanganese using the charge industrial waste (gas cleaning dust, separation sludge and manganese concentrate fraction 0-1mm) from the Zestafoni ferroalloy plant. As a result of smelting, standard silicomanganese was obtained.

**Keywords:** industrial wastes, briquettes, melting, silicomanganese.

ლითონების ელექტროფიზური გადადნობისას ელექტროდის ბახურებაზე დახარჯული სითბოს განსაზღვრა

სილაგაძე ს.რ., ზიგზიგაძე ლ.ბ., შალამბერიძე მ.შ.

ელექტროფიზური გადადნობისას, დნობადი ელექტროდი ცხელდება და დნება გარეგანი და შინაგანი თბური წყაროების ერთდროული მოქმედებით. შინაგან წყაროს წარმოადგენს დნობად ელექტროდში დენის გავლით გამოყოფილი ე.წ. ჯოულის სითბო, ხოლო გარეგან წყაროებს წარმოადგენენ წილის აბაზანასთან შეხებაში მყოფი ელექტროდის ზედაპირით ართმეული სითბო და წილის აბაზანის სარკისებური ზედაპირიდან გამოსხივებული სითბო [1]. დღემდე არ არსებობს სამივე წყაროს ერთდროული მოქმედების გათვალისწინებით დნობადი ელექტროდის გახურებაზე დახარჯული სითბოს განსაზღვრის მეთოდი. მაშინ, როცა დნობადი ელექტროდის გახურებაზე დახარჯული სითბოს რაოდენობის ცოდნა აუცილებელია ელექტროფიზური გადადნობისათვის საჭირო დენის, როგორც პროცესის ერთ-ერთი მთავარი პარამეტრის, მნიშვნელობის დადგენისათვის. აქტუალობიდან გამომდინარე, დნობადი ელექტროდის გახურებაზე დახარჯული სითბოს რაოდენობასა და შემადგენელი ცალკეული ნაწილების განსაზღვრას ეძღვნება წინამდებარე სტატია.

1. ელექტროდში დენის გავლით გამოყოფილი ე.წ. ჯოულის სითბოს  $Q_j^*$  განსაზღვრა.

მუდმივ დენზე ელექტროფიზური გადადნობისას, ჯოულის სითბო თანაბრად გამოიყოფა გადასადნობი ელექტროდის მთელ მოცულობაში, ხოლო გადადნობისათვის ცვლადი დენის გამოყენების შემთხვევაში ჯოულის სითბო გამოიყოფა გადასადნობი ელექტროდის ზედაპირულ შრეში. ამ უკანასკნელის მიზეზია ის, რომ ელექტროდში ცვლადი დენის გავლისას მასზე მაგნიტური ველის მოქმედებით ხდება დენის გამოდევნა ელექტროდის ზედაპირზე. თანაც, დენგამტარი შრის სისქე  $\delta_j$  დამოკიდებულია საელექტროდე მასალის მაგნიტურ მუდმივაზე  $\mu_0$ , მის ხვედრით ელექტროწინააღობაზე  $\sigma_j$ , მაგნიტურ შეღწევადობა  $\mu$  და დენის  $\omega$  სიხშირეზე:

$$\delta_j = \frac{2}{\sqrt{\mu_0 \mu \sigma_j \omega}} \quad (1)$$

გამოსახულებაში (1) შემავალი  $\mu_0, \mu, \sigma_j$  სიდიდეები შეირჩევა ცნობარებიდან გადასადნობი ელექტროდის მასალის მიხედვით. გადადნობისათვის იყენებენ სამრეწველო სიხშირის ცვლად დენს, ამიტომ, გარდა აღნიშნული სიდიდეებისა, გადასადნობი ელექტროდის რეალური ე.წ. ეფექტური წინააღობა  $R_{ეფ}$  დამოკიდებულია, აგრეთვე, დენის გამოდევნის ეფექტურობის კოეფიციენტზე.

ეს უკანასკნელი  $R_{ეფ}$  დამოკიდებულია გადასადნობი ელექტროდის რადიუსზე  $R_j$  და დენგამტარი შრის სისქეზე [2]

$$K_{ეფ} = \frac{R_j}{2\delta_j} \quad (2)$$

ექსპერიმენტად დადგენილია დნობადი ელექტროდის ეფექტური წინააღობის განსაზღვრისათვის შემდეგი გამოსახულება:

$$R_{ეფ} = R_0 \psi(K_{ეფ}) \quad (3)$$

სადაც  $R_0$  არის ელექტროდის წინააღობა მუდმივ დენზე ელექტროფიზური გადადნობის შემთხვევაში.



დნობად ელექტროდში გამოყოფილი ჯოულის სითბოს გაანგარიშების საჭირო სიზუსტეს უზრუნველყოფს  $\Psi(K_{\text{კვ}})$  ფუნქციონალური დამოკიდებულების შემდეგი ემპირიული გამოსახულება:

$$\Psi(K_{\text{კვ}}) = \begin{cases} 0,907 K_{\text{კვ}} + 0,277 & \text{როცა } 1 < K_{\text{კვ}} < 10 \\ + 0,25 + \frac{3}{64 K_{\text{კვ}}} & \text{როცა } K_{\text{კვ}} > 10 \end{cases} \quad (4)$$

გამოსახულებებით (3), (4)  $R_{\text{კვ}}$ -ის განსაზღვრის შემდეგ, დნობად ელექტროდში გამოყოფილი ჯოულის სითბო, განისაზღვრება შემდეგი გამოსახულებით:

$$Q_{\text{გ}}^{\text{ჯ}} = I_{\text{გ}}^2 R_{\text{კვ}} \quad (5)$$

## 2. წილის აბაზანასთან შეხებაში მყოფი ზედაპირიდან დნობად ელექტროდზე გადაცემული სითბოს განსაზღვრა.

ჩვენს მიერ შემოთავაზებულია წილის აბაზანიდან, მასთან კონტაქტში მყოფი დნობადი ელექტროდის ზედაპირით ართმეული  $Q_{\text{გ}}^{\text{წ}}$  სითბოს განსაზღვრის ახალი სქემა. აღნიშნული სითბო თბოგამტარობით ვრცელდება ელექტროდის მთელ მოცულობაში. მსგავსი სქემით (ნახ.1) გაიანგარიშება ლითონების ელექტროკონტაქტური წერტილოვანი შედუღებისას, შედუღების ადგილას წარმოქმნილი გამდნარი ლითონის მოცულობიდან [3] ე.წ. შედუღების ბირთვიდან (3), ელექტროდის მიერ (4) ართმეული სითბო  $Q_{\text{გ}}$ :

$$Q_{\text{გ}} = 2k_{\text{კვ}} \left( \pi d_{\text{გ}}^2 / 4 \right) x_{\text{გ}} c_{\text{გ}} \gamma_{\text{გ}} T_{\text{დნ}} / 8 \quad (6)$$

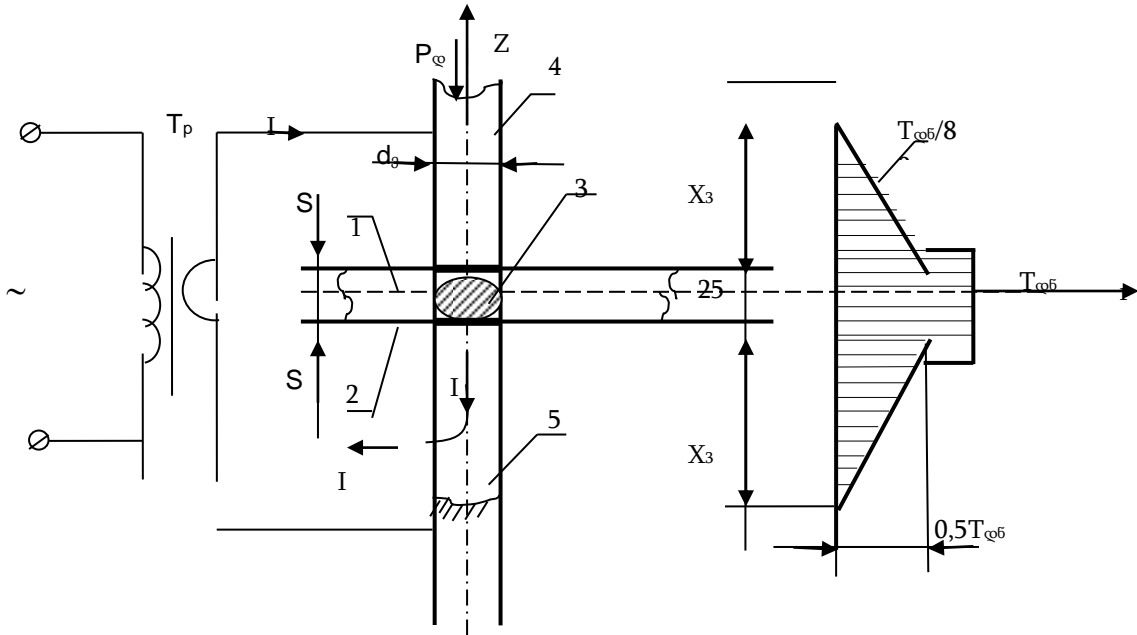
$c_{\text{გ}}$ ,  $\gamma_{\text{გ}}$  შეადგენს, შესაბამისად, საელექტროდო მასალის სითბოტევადობასა და სიმკვრივეს,  $T_{\text{დნ}}$  – ბირთვში გამდნარი ლითონის ტემპერატურაა,  $d_{\text{გ}}$  – ელექტროდის დიამეტრიც,  $k_{\text{კვ}}$  – კონტაქტის ადგილას ელექტროდის ფორმის კოეფიციენტი (იგი შეიძლება იყოს ცილინდრული, კონუსური, სფერული),  $x_{\text{გ}}$  – ელექტროდის დაშორება შესადუღებელი დეტალის კონტაქტის ადგილიდან, სადაც მიღწეულია  $T_{\text{დნ}}/8$ - ტემპერატურა.

ნახ.2-ზე წარმოდგენილია წილის აბაზანასთან კონტაქტში მყოფი დნობადი ელექტროდის მიერ ართმეული სითბოს საანგარიშო ახალი სქემა. იგი მიღებულია ელექტროკონტაქტური წერტილოვანი შედუღებისა და ელექტროწიდური გადადნობის პროცესების თავისებურებების გათვალისწინებით, ეს თავისებურებებია:

- გადასადნობი ელექტროდის დიამეტრი, პრაქტიკულად, ტოლია წილის აბაზანის დენგამტარი ცილინდრის დიამეტრისა და აბაზანის ფორმის კოეფიციენტის ნამრავლის;
- წილის აბაზანის სიმაღლე და შესადუღებელი დეტალების ჯამური სისქე, ორივე შემთხვევაში, საანგარიშო სქემით ცილინდრის სიმაღლეაა მიჩნეული;
- წილის აბაზანის ტემპერატურა და თხევადი ბირთვის ტემპერატურა საანგარიშო სქემაში აღებულია წილისა და შესადუღებელი დეტალის მასალის დნობის ტემპერატურად.

$x'_{\text{გ}}$  – ტოლია გადასადნობი ელექტროდის საწყისი სიგრძის (ნახ.2);

- ნახ.2-ზე წიდის აბახანიტაა შეცვლილი ნახ.1-ზე წარმოდგენილი ელექტროდებს შორის განლაგებული დენგამტარი ცილინდრი.
- ნახ.2-ზე გვაქვს მხოლოდ ზედა ელექტროდი, მეორე ელექტროდი შეცვლილია ელექტროწიდური გადადნობით მიღებული სხმულით.
- ექსპერიმენტული კვლევის საფუძველზე ელექტროწიდური გადადნობის პროცესის ხანგრძლივობის გამო გადასადნობი ელექტროდის საშუალო ტემპერატურა  $T_{დნ}/30$ -ის ტოლადაა მიხნეული, (ელექტროდის ტემპერატურის, ელექტროწიდური გადადნობის პროცესში პერიოდული გაზომვებით).



ნახ.1 ელექტროკონტაქტური წერტილოვანი შედუღების გამდნარი ბირთვიდან ელექტროდის მიერ ართმეული სითბოს გაანგარიშების სქემა

- 1,2 – შესადუღებელი ლითონის ფურცლები; 3 – შედუღების ბირთვი; 4,5 – შედუღების ელექტროდები; I – შედუღების დენი;  $d_0, d_0$  – ელექტროდისა და ბირთვის დიამეტრი;
- $P_{დ}$  – ელექტროდზე მოქმედი კუმშვის ძალა.

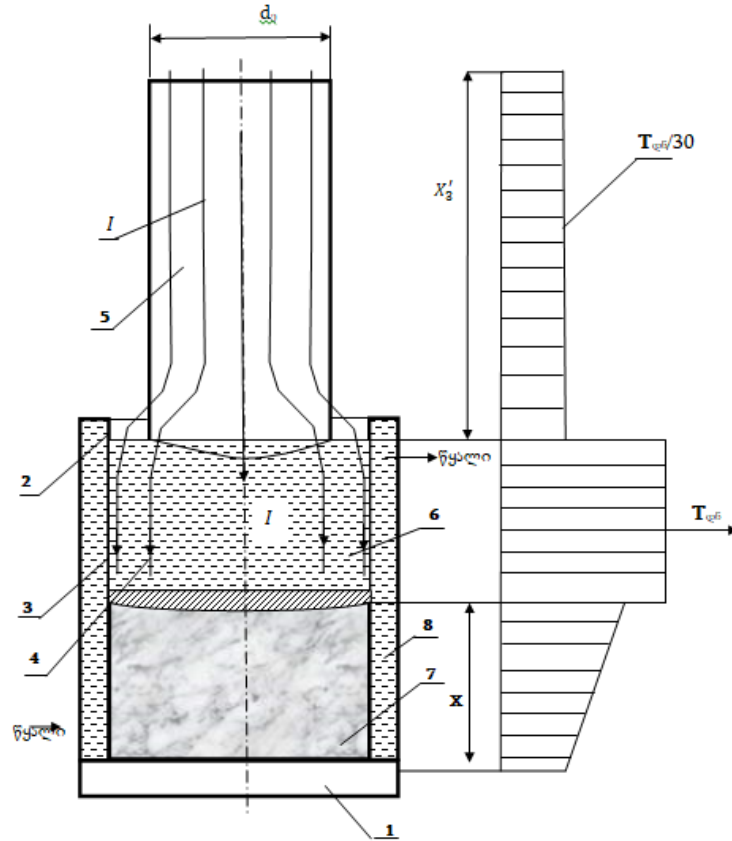
პირველი დაშვების საფუძველს იძლევა ლითონების ელექტროწიდური გადადნობის ელექტრული ველის კვლევის შედეგები. კერძოდ, დნობადი ელექტროდის და გამდნარი წიდის შეხების კონტაქტი არ მოიცავს მთლიანად წიდის ზედაპირს, მაგრამ ელექტრული ველის პოტენციალი ელექტროდის კონტაქტისა და წიდის ზედაპირზე კრისტალიზატორის კედლამდე ერთნაირი სიდიდისაა. რაც იმაზე მიუთითებს, რომ დენი გადის პრაქტიკულად წიდის აბახანის მთელ ზედაპირში.

ბოლო დაშვების საფუძველია ის, რომ ლითონების ელექტროკონტაქტური წერტილოვანი შედუღების ხანგრძლივობა შეიძლება იყოს 0,001–1 წმ. შესაბამისად, მიხნეულია, რომ ელექტროდი ვერ ასწრებს ბოლომდე გახურებას, ხოლო  $T_{დნ}/8$  – ტემპერატურამდე გაცხელებული უბანის ჩართვა, საანგარიშო სქემაში, იძლევა საკმარის სიზუსტეს. ელექტროწიდური გადადნობის სქემაში ელექტროდის ტემპერატურა გადასადნობი ელექტროდის მასალის  $T'_{დნ}$  დნობის ტემპერატურის  $1/30$  ნაწილს შეადგენს  $T_{დნ}/8$ .

ბირთვიდან ართმეული სითბოს გაანგარიშებისას, მაშინ, როცა ელექტროწიდური გადადნობისას პროცესი ხანგრძლივია და შეიძლება დაუშვათ, რომ ელექტროდის ბოლოშიც დიდი ტემპერატურაა, ამიტომ წიდის აბახანიდან ელექტროდის

მიერ ართმეული სითბოს საანგარიშო სქემაში აუცილებელია მონაწილეობდეს ელექტროდი საწყისი სიგრძით.

მე-2 და მე-3 დაშვება პრაქტიკულად არაა დაკავშირებული ჩვენი საანგარიშო სქემით შესაბამისი სითბოს გაანგარიშების ცდომილებასთან.



ნახ.2 ლითონების ელექტროწიფური გადადნობისას წილის აბაზანის შეხების ადგილიდან დნობადი ელექტროდის მიერ ართმეული სითბოსა და წილის აბაზანაში გამოყოფილი სითბოს საანგარიშო სქემა:

- 1 – კრისტალიზატორის ძირი; 2 – კრისტალიზატორის შიდა კედელი; 3 – გარნისაყის ფენა; 4 – დენის გაგლის სახები; 5 – დნობადი ელექტროდი; 6 – წილის აბაზანა; 7 – გადამდნარი ლითონის სხმული; 8 – გაგრილების წყალი.

აღნიშნული დაშვების გათვალისწინებით, წარმოდგენილი საანგარიშო სქემით, (ნახ.2) გამდნარი წილიდან შეხებაში მყოფი დნობადი ელექტროდის სქემით (ნახ.2) გამდნარ წილასთან შეხებაში მყოფი დნობადი ელექტროდით ართმეული სითბოს განსაზღვრის ფორმულას აქვს სახე:

$$Q_{\text{წ}}' = k_{\text{გ}} \left( \pi d_{\text{წ}}'^2 / 4 \right) x_3' c_{\text{გ}}', \gamma_{\text{გ}}', T_{\text{დნ}}' / 30 \quad (7)$$

გამოსახულებაში (7)  $c_{\text{გ}}'$ ,  $\gamma_{\text{გ}}'$  შეადგენენ შესაბამისად გადასადნობი საელექტროდე მასალის სითბოტევადობასა და სიმკვრივეს, ხოლო  $T_{\text{დნ}}'$ ,  $X_3'$  არის შესაბამისად ელექტროდის მასალის დნობის ტემპერატურა და გადასადნობი ელექტროდის საწყისი სიგრძე.

მე-7 გამოსახულებაში  $k'$  არის ელექტროდის ფორმის კოეფიციენტი.

კონტაქტური წერტილოვანი შედუღებისას იგი დამოკიდებულია შესადუღებელი მასალის სახეობასა და კონტაქტში მყოფი ნაწილის ფორმაზე (კონუსური, ცილინდრული, სფერული). ელექტროწიდური გადადნობის პროცესის დიდი ხანგრძლიობის გამო ელექტროდზე გადაცემული სითბო, თითქმის, არაა დამოკიდებული კონტაქტის ადგილას ელექტროდის ფორმაზე.

**3.დნობად ელექტროდზე წიდის აბაზანის ზედაპირიდან გამოსხივებით გადაცემული სითბოს განსაზღვრა.**

კრისტალიზატორის კედელსა და გადასადნობ ელექტროდს შორის არსებული წიდის აბაზანის ზედაპირიდან გამოსხივებული სითბოს ნაწილი გადაეცემა დნობად ელექტროდს, კრისტალიზატორის შიგა კედელს, ხოლო ნაწილი გარემოს.

კრისტალიზატორის ფორმის მაღალი კოეფიციენტის შემთხვევაში გამოსხივებით გარემოს გადაცემული სითბო უმნიშვნელო სიდიდისაა. ამ შემთხვევაში, გამოსხივებით სითბო ძირითადად გადაეცემა კრისტალიზატორის კედელსა და დნობად ელექტროდს. გამოსხივებით ელექტროდზე გადაცემული სითბო განისაზღვრება შემდეგი გამოსახულებით:

$$Q_{\text{გ}}^{\text{ბ}} = \epsilon_0 \epsilon_{\text{გ}} \epsilon_{\text{წ}} \left[ \left( \frac{T_{\text{წ}}}{100} \right)^2 - \left( \frac{T_{\text{გ}}}{100} \right)^2 \right] H_{\text{გწ}} \tag{8}$$

სადაც  $\epsilon_{\text{გ}} \epsilon_{\text{წ}}$  არის შესაბამისად ელექტროდისა და წიდის სიშავის ხარისხი, ხოლო  $T_{\text{წ}}$  და  $T_{\text{გ}}$  არის, შესაბამისად, წიდის აბაზანის ზედაპირისა და ელექტროდის საშუალო ტემპერატურა. თხევადი წიდისათვის სიშავის ხარისხი დამოკიდებულია წიდის შემადგენლობაზე, რომელიც გავლენას ახდენს თხევადი წიდის ტემპერატურაზე, მაგრამ გაანგარიშებებში იგი აიღება  $\epsilon_{\text{წ}} = 0,65$ . ქრომიანი და ქრომნიკელიანი შემცველობის ელექტროდისათვის, რომელიც გამოყენებულია გადასადნობი ელექტროდის მასალად. სიშავის ხარისხი კოეფიციენტი  $\epsilon_{\text{გ}} = 0,7$ ;  $\epsilon_0$  იდეალურად შავი სხეულის სიშავის კოეფიციენტია და იგი აიღება  $\epsilon_0 = 1$ . (8) გამოსახულებაში  $H_{\text{გწ}}$  არის კონკრეტულ გადადნობის პირობებში წიდის აბაზანის ზედაპირიდან გამოსხივებით დნობად ელექტროდზე თბური მოქმედების ფართის კოეფიციენტი. იგი დამოკიდებულია გადასადნობი ელექტროდის რადიუსზე  $R_{\text{გ}}$  კრისტალიზატორის ფორმის კოეფიციენტზე  $k$ , აბაზანის სიმაღლეზე  $h_{\text{გ}}$ .

მისი ექსპერიმენტული ან თეორიული გზით დადგენა რთულია. მკვლევარების რეკომენდაციების გათვალისწინებით [4], შემოთავაზებულია შემდეგი ემპირიული გამოსახულება:

$$H_{\text{გწ}} = \frac{\sigma R_{\text{გ}}^2}{\sqrt{k} \cdot \sqrt{4 - \frac{R_{\text{გ}}^2}{h^2}}} \cdot \frac{\arccos \sqrt{k}}{90^{\circ}} \ln \frac{\sqrt{\frac{k}{1+k} + 4} + \sqrt{4 - \frac{R_{\text{გ}}^2}{h^2}}}{\sqrt{\frac{k}{1+k} + 4} - \sqrt{4 - \frac{R_{\text{გ}}^2}{h^2}}} \tag{9}$$

გამოსახულების (9) ანალიზი აჩვენებს, რომ (8) გამოსახულებით გაანგარიშებული გამოსხივებით, ელექტროდზე გადაცემული  $Q_{\text{გ}}^{\text{ბ}}$  სითბო წიდის აბაზანასთან კონტაქტის ზედაპირიდან  $0,5d_{\text{გ}}$  დაშორებით, შეადგენს ელექტროდში დენის გავლით გამოყოფილი ჯოულის სითბოს ჯამური მნიშვნელობის 5%-ს, ხოლო  $d_{\text{გ}}$  დაშორებით 1%-ს.

ცხადია, ელექტროდის მთელ სიგრძეზე გაანგარიშებული ჯამური  $Q_e$  სითბოს შემთხვევაში, გამოსხივების გავლენა იქნება იმდენად უმნიშვნელო, რომ იგი შეიძლება უგულებელვყოთ.

ამრიგად, შეიძლება დავასკვნათ, რომ დნობადი ელექტროდის თბური დატვირთვა შეადგენს ელექტროდში დენის გავლით გამოყოფილი სითბოსა  $Q_e^{\infty}$  და წილის აბაზანასთან კონტაქტით გადაცემულ სითბოსა  $Q_e^{\nu}$  ჯამს:

$$Q_e = Q_e^{\infty} + Q_e^{\nu} \quad (10)$$

$Q_e^{\infty}$  და  $Q_e^{\nu}$  სიდიდეების გათვალისწინებით მივიღებთ:

$$Q_e = I_e^2 R_{\text{გ}} k' (\pi d_e'^2 / 4) x_e' c_{\text{გ}}' \gamma_{\text{გ}}' T_{\text{დნ}}' / 30 \quad (11)$$

ჩატარებული გამოკვლევების ანალიზის საფუძველზე შეიძლება დავასკვნათ:

ელექტროწიღური გადადნობისას, დნობადი ელექტროდის გახურების პროცესზე გავლენას ახდენს წილის აბაზანასთან შეხებაში მყოფი ელექტროდის მიერ ართმეული და ელექტროდში დენის გავლით გამოყოფილი სითბო. მასზე შედარებით უმნიშვნელო გავლენას ახდენს აბაზანის ზედაპირიდან გამოსხივებით მიღებული სითბო.

ელექტროწიღური გადადნობისას დნობად ელექტროდზე წილის აბაზანასთან კონტაქტში მყოფი ზედაპირიდან გადაცემული სითბო, შემუშავებული საანგარიშო სქემის მიხედვით, ინგარიშება გადასადნობი ელექტროდის საწყისი სიგრძის, დიამეტრის, საელექტროდე მასალის სითბოტევადობის, სიმკვრივისა და წილის აბაზანის ტემპერატურის მიხედვით.

#### ლიტერატურა

1. Б.И.Медовар, В.Л.Шевцов, Г.С.Маринский, В.Ф.Демченко, В.И.Махненко. Тепловые процессы при электрошлаковом переплаве. – Киев, Наукова думка, 1978, 302 с.
2. Б.Д.Орлов, А.А.чакалев и др. Технология и оборудование контактной сварки. - М., Машиностроение, 1986, 347 с.
3. Патон Б.Э. и др. Электрооборудование для контактной сварки.
4. Кутателадзе С.С. Боршанский В.М. Справочник по теплопередаче. М., Госэнергоиздат, 1959, 413 с.

#### SUMMARY

#### DETERMINATION OF HEAT SPENT ON ELECTRODE HEATING DURING ELECTROSLAG REMELTING OF METALS

Silagadze S.R., Zivivadze L.B. and Shalamberidze M.Sh.

An image of the heating of a fusible electrode during electro-slag melting has been designed, taking into account the effect of electric current leakage on the magnitude of electrode resistance. A heat calculation scheme and mathematical image of the heat withdrawn by contact of the electrode to be fused with the slag bath have been developed. A mathematical image for calculating the heating of the electrode under the action of external and internal sources has also been obtained.

**Keywords:** slag, electroslag remelting, melting electrode, slag bath, metal bath, cast, crystallizer.

ადგილობრივი ნედლეულის გამოყენება ელექტროდების დანაწარმონ  
რუსი და ჭედადი თუჯის შეღებვა-დაღებვისათვის

ხუციშვილი მ.გ., დადიანიძე გ.ა., გონჯილაშვილი ნ.დ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი  
ფ. თავაძის სახელობის მეტალურგიისა და მასალათმცოდნეობის ინსტიტუტი

დაფარიანი ელექტროდების წარმოებისას ღირებულებების შესამცირებლად მნიშვნელოვანია ადგილობრივი ნედლეულის გამოყენება.

მრეწველობაში ფართო გამოყენებას პოულობს თუჯი, რაც განპირობებულია მისი დაბალი ღირებულებით დამზადებისას. ხასიათდება მაღალი სამსხმელო თვისებებით.

მრეწველობაში ფართო გამოყენებას პოულობს რუსი თუჯი ნახშირბადის შემცველობით 2,4–3,8 % და ჭედადი თუჯი, რომელიც შეიცავს ნახშირბადს შეზღუდული შემცველობით 2,4–2,8 %. ნახშირბადის დაბალი შემცველობის გამო მიიღება მცირე რაოდენობის გრაფიტული წარმონაქმნები და უმჯობესდება თუჯის ხარისხი [1].

თუჯის შენადული კონსტრუქციები იშვიათობას წარმოადგენს [2]. შედუღება-დაღებვას იყენებენ ძირითადად დეფექტების აღმოსაფხვრელად თუჯის ჩამოსხმისას, აგრეთვე ხდება ბზარების ამოვსება.

თუჯის ცუდი შედუღება განისაზღვრება მისი მიდრეკილებით ბზარებისადმი, ხასიათდება დაბალი სიმტკიცით, როგორც ნაკერებში აგრეთვე ნაკერმიმდებარე ზონაში და იწვევს გათეთრებას [3].

თუჯის ხელით ელექტრორკალური შედუღებისას ანსხვავებენ სამ სახეობას:

1. ცივი შედუღება (შესადუღებელი ნაწიბურების წინასწარი შეთბობის გარეშე);

2. ნახევრად ცხელი შედუღება (შესადუღებელი ნაწიბურების მცირე შეთბობით არა უმეტეს 300-400 °C);

3. ცხელი შედუღება (შესადუღებელი ნაკეთობის შეთბობა 600–700 °C, შედუღების შემდეგ ღუმელში გაცივება).

რუსი და ჭედადი თუჯის შედუღება წინასწარი შეთბობის გარეშე შესაძლებელია ელექტროდებით, რომელშიც ღეროდ გამოყენებულია მავთული M1, MT სახ.სტ. 2112-79 მონელლითონი სახ.სტ.492-2006 და ელექტროდები ИЧ-4, 03Ч-2, 03Ч-3, 03Ч-4, 03Ч-6, MHЧ-2 და 03ЖН-1 სახ.სტ. 9466-75.

შედუღების შემდეგ შენადულ ნაკერს აცივებენ 50–100 °C /წთ [4].

სტანდარტული დაფარვის მქონე ელექტროდებში შესაძლებელია ზოგიერთი კომპონენტის შეცვლა ადგილობრივი ნედლეულით, რაც გამოიწვევს თვითღირებულების შემცირებას და საწარმოო ნაკლებად იქნება დამოკიდებული სხვა საწარმოებზე.

რუსი თუჯის ცივად შედუღებისას გამოიყენება ელექტროდი 03Ч-6, რომელსაც აქვს ფუძე ტიპის დაფარვა. აღნიშნულ დაფარვაში შევცვალეთ შემდეგი კომპონენტები: სტანდარტული მარმარილო – თელავის მარმარილოთი; კვარცის სტანდარტული ქვიშა – საჩხერის ქვიშით; სტანდარტული ფერომანგანუმი – ჭიათურის ფერომანგანუმით. ელექტროდის ღეროთ გამოვიყენეთ მავთული დიამეტრით  $\phi 4$  მმ, რომლის მასალა არის M1 სახ.სტ. 2112-79 [5].

რუსი და ჭედადი თუჯის შესადუღებელ დასადუღებელ ელექტროდის დაფარვა შესრულდა სამ ვარიანტად, რომელიც მოცემულია ცხრ. 1-ში.

ცხრილი 1. ელექტროდის დანაფარი რუხი და ჭედადი თუჯის შესადულებლად %-ში

№	კომპონენტი	ვარიანტი			სახ.სტ. ან ტექნ. პირობები
		I	II	III	
1	თელაუის მარმარილო	20	20	16	
2	გრაფიტი	10	14	16	5279-74
3	სახხერის ქვიშა	5	5	5	
4	მდნობის შპატი $\text{D}\Phi\text{C95}$ , $\Phi\text{C-97A}$	20	10	6	4421-73
5	ხესტაფონის ფერომანგანუმი	5	5	5	4755-91
6	ფეროსილიციუმი $\Phi\text{C-45}$	2	2	2	1415-93
7	სილიციუმის კარბიდი (სახხერის ქვიშა)	17	13	10	
8	ფეროტიტანი $\Phi\text{T}$ და 30A, $\Phi\text{T}$ და 25 ან $\Phi\text{T}$ ან 25ბ	1	2	3	4761-91
9	ალუმინის ფხენილი	5	4	6	6058-73
10	ნატრიუმის ფტორიდი	5	10	13	2871-75
11	სპილენძის ჟანგი	5	10	13	16539 -79
12	ნიკელის ფხენილი $\text{NH}\text{-1}$	5	5	5	9722-97

ამ სამი ვარიანტიდან საუკეთესო აღმოჩნდა მეორე ვარიანტი.

საცდელი ელექტროდები დამზადებული მეორე ვარიანტის მიხედვით დადულდა შემდეგი რეჟიმების მიხედვით ცხრ. 2.

ცხრილი 2. დადულების რეჟიმები

ელექტროდის დიამეტრი, მმ	დენის ძალა, ა	
	ნაკერის მდებარეობა	
	ქვედა	ვერტიკალი
4	140–180	130–150

დადულებული ლითონის ქიმიური შედგენილობა მოცემულია ცხრ. 3-ში.

ცხრილი 3. დადულებული ელექტროდის ქიმიური შედგენილობა, %

ელემენტები, %						
C	Si	Mn	Ni	Cr	Fe	Cu
0,06	0,008	1,25	1,2	0,3	11,5	დანარჩენი

მექანიკური თვისებები დადულებული ლითონის მოცემულია ცხრ. 4-ში

ცხრილი 4. დადულებული ლითონის მექანიკური თვისებები

დროებითი წინაღობა, $\sigma_B$ , MPa	დენადობის ზღვარი, $\sigma_T$ , MPa
320	200

შედულება-დადულებისას შესაძლოა ბზარების წარმოქმნა.

ექსპერიმენტული ელექტროდების მიდრეკილების შესწავლა ცივი ბზარებისადმი განისაზღვრა  $\text{LTH2-5}$  და  $\text{LTH2-3}$  დანადგარებზე, რომელიც მდგომარეობს შედულებული ნიმუშების დატვირთვით ბზარების წარმოქმნამდე, როგორც მრგვალი ნიმუშების შედულებული დიაგონალზე, აგრეთვე ბრტყელი ნიმუშების კუთხური ნაკერების გამოცდის მეთოდი სტანდარტულია და აკმაყოფილებს სახ.სტ. 26388-84-ის მოთხოვნებს [5].

ტესტები ნიმუშების გამოცდა ხდებოდა ფურცლის ზომით 100x100x10 მმ მასად გამოყენებული იქნა რუხი თუჯი, სადებად იგივე მასალა ზომით 150x100x10 მმ. შედულება მოხდა ექსპერიმენტული ელექტროდებით დიამეტრით  $\Phi 4$  მმ.

შედულების წინ მოხდა ექსპერიმენტული ელექტროდების გამოწვა 450 °C 3 სთ-ის დაყოვნებით.

ექსპერიმენტული ელექტროდების გამოცდის შედეგები მოცემულია ცხრ. 5-ში.

**ცხრილი 5. საცდელი ელექტროდების გამოცდის შედეგები ტესტერ ნიმუშებზე**

მისართი მასალა	შესადულებელი მასალა	ტექნოლოგიური სიმტკიცე, MPa გამოუმწვარი ელექტროდებით	ტექნოლოგიური სიმტკიცე, MPa გამომწვარი ელექტროდებით 450 °C
გამომწვარი ელექტროდებით	რუხი თუჯი	340,4	400,3

როგორც ცხრ. 5-ის მონაცემებიდან ჩანს გამომწვარი და გამოუმწვარი ელექტროდებით შედულებისას სიმტკიცის ზღვარის განსხვავება შეადგენს 40 MPa.

საცდელი ელექტროდების მიდრეკილების შესასწავლად ბზარებისადმი შესწავლილი იქნა თერმული ციკლი შედულებისას. ამისათვის გამოყენებული იქნა მრგვალი ფურცლები დიამეტრით  $\Phi 150$  მმ სისქით 3 მმ. შედულების თერმული ციკლი ხასიათდებოდა შენადული ნაკერის გაცივებით სხვადასხვა სიჩქარით 15, 25, 40, 60, 120, 180 გრად/წმ.

საცდელ ელექტროდებს რუხი და ჭედადი თუჯის შესადულებლად და დეფექტების გამოსასწორებლად არ აქვთ მიდრეკილება ცივი ბზარებისადმი მაღალი თერმული ციკლის შემთხვევაში [6–8].

ამრიგად, გამოკვლევის შედეგად დადგინდა, რომ ცივი შედულებისას რუხი და ჭედადი თუჯის შესადულებლად შეიძლება ადგილობრივი ნედლეულის გამოყენება კონკრეტულად თელავის მარმარილო, საჩხერის ქვიშა, ზესტაფონის ფერომანგანუმი, რომლებიც არ აუარესებენ შედულება-დადულების პროცესს; შემუშავდა საცდელი ვარიანტი ელექტროდების დაფარვაში რუხი და ჭედადი თუჯის ცივად შედულებისათვის; ლაბორატორიის პირობებში დამზადდა საცდელი ელექტროდები რუხი და ჭედადი თუჯის ცივად შესადულებლად და დასადულებლად; შესწავლილი იქნა საცდელი ელექტროდების მიდრეკილება ცივი ბზარებისადმი.

**ლიტერატურა**

1. Гуляев А.П. *Металловедение*. - М.: *Металлургия*, 2020, 542 с.
2. ხუციშვილი მ. *შენადული კონსტრუქციები და დიაგნოსტიკა*. –თბილისი, საგამომცემლო სახლი ტექნიკური უნივერსიტეტი, 2009, 153 გვ.
3. Патон Б.Е. *Технология электрической сварки металлов и сплавов плавлением*. -М.: *Машиностроение*, 1974, с.499-512.
4. Степанова В.В. *Справочник сварщика*.- М.: *Машиностроение*, 1983, сс.506-516.
5. Сидлин З.А. *Электроды специального назначения для сварки и наплавки*. -М.: *МЧМ СССР*, 1984, сс.73-78.
6. Акулов А.Н. *Сварка в машиностроении*. –М., *Машиностроение*, 1978, с.365-381.
7. *Сварка и свариваемые материалы: В 3-х т. Т. I. Свариваемость материалов*, Справ. Изд. /Под ред. Э. Л. Макарова - М.: *Металлургия*, 1991, с. 528.
8. Makarov S.V., Sapozhkov S.B. Use of Complex Nanopowder (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Si, Ni, Ti, W) in Production of Electrodes for Manual Arc Welding. *World Applied Sciences Journal* 22 (Special Issue on Techniques and Technologies); 87-90, 2013.

**SUMMARY****USE OF LOCAL RAW MATERIALS IN ELECTRODE COATING FOR WELDING AND BRAZING OF GRAY AND MALLEABLE CAST IRON**

**Khutsishvili M.G., Dadianidze G.A. and Gonjilashvili N.D.**

**Georgian Technical University**

**F.Tavadze Metallurgy and Materials Science Institute**

In order to reduce costs in the production of coated electrodes, it is important to use local raw materials. As a result of research, it was determined that local raw materials can be used for welding gray and malleable cast iron during cold welding. Specifically, Telavi marble, Sachkheri sand, Zestafoni ferromanganese, which do not worsen the welding and brazing process. A trial option was developed in electrode coating for cold welding of gray and malleable cast iron. In laboratory conditions, test electrodes were made for cold welding and brazing of gray and malleable cast iron.

**Keywords:** electrode, ferromanganese, welding.



სამრეწველო მოცულობის მიკროფილტრაციული დანადგარებისათვის  
ლამინარული და ჰიბრიდული ნაკადების პირობებში ბარომემბრანული  
პროცესების კვლევა

ბიბილეიშვილი გ.ვ., კეჟერაშვილი მ.გ., ყუფარაძე ლ.პ., ჯავაშვილი ზ.დ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის მემბრანული ტექნოლოგიების საინჟინრო  
ინსტიტუტი

ბუნებრივი წყლების საექსპორტო მანქანებლების და კონკურენტუნარიანობის გაზრდის ძირითადი წინაპირობა ხარისხის მაღალი სტანდარტია, რისთვისაც აუცილებელია ბუნებრივი წყლების მემბრანული ტექნოლოგიებით დამუშავება, რომლებიც ავლენენ მაღალ ენერგოეფექტურობას, დაბალ საექსპლოატაციო ხარჯებს და არ გააჩნიათ გარემოზე მავნე ზემოქმედების უნარი [1,2].

მიკროფილტრაციული მემბრანული გაყოფის პროცესების რაციონალური განხორციელებისათვის სხვადასხვა ტექნიკური შესრულების აპარატურიდან და შესაბამისი ტექნოლოგიებიდან შეირჩა მემბრანული აპარატურის ტიპი და ტექნოლოგიური სქემის პრინციპი. სამრეწველო მოცულობის საფილტრაციო ნაკადებისათვის ჩატარებულია ჩიხური და ტანგენციალური ბარომემბრანული პროცესების თეორიული და ექსპერიმენტული კვლევა. ჩიხურ მიკროფილტრაციულ პროცესში მემბრანაზე პერპენდიკულარულად მიწოდებულ სითხის ნაკადს მემბრანის ზედაპირის პარალელური მიმართულებით ნულის ტოლი სიჩქარე გააჩნია, რაც ფილტრაციის მანქანებელს რამდენჯერმე ამცირებს. ტანგენციალური ფილტრაციის დროს მოდულს გააჩნია საწყისი სითხის შესასვლელი და სითხე მემბრანაზე მიეწოდება ზედაპირის პარალელურად. ტანგენციალურად მოძრავი საწყისი სითხე მოდულის რეტენტანტის გასასვლელიდან კონცენტრატის სახით გამოედინება. ამ პრინციპზე მომუშავე მემბრანულ მოდულს გააჩნიათ ფილტრაციის მაღალი მანქანებელი და გამოიყენება დიდი მოცულობის სითხის ნაკადებისთვის ხანგრძლივი ვადით ექსპლოატაციისათვის [3]. ტანგენციალური მიკროფილტრაციული მემბრანულ დანადგარში ფილტრატის ხვედრითი წარმადობის სტაბილური, მაღალი ასიმპტოტური მანქანებლის უზრუნველსაყოფად შესწავლილია სადაწნეო საკნის გეომეტრიული კონფიგურაცია FTU-0,03 სიმღვრივის წყლისთვის ლამინარული და ჰიბრიდული ნაკადის, ცვალებადი წნევის, სიჩქარის, საცირკულაციო ნაკადის და 0,2მკმ ფორის ზომის მემბრანების პირობებში. ექსპერიმენტები ტარდებოდა მემბრანული ტექნოლოგიების საინჟინრო ინსტიტუტში შექმნილ ლაბორატორიულ დანადგარზე, რომლის სადაწნეო საკანის ზომებია: სიგანე – 12მმ, სიგრძე – 30მმ, სიმაღლე – 0,2მმ; 0,4მმ. კვლევის შედეგები ასახულია ცხრ. 1-ში.

ცხრილი 1. FTU-0,03 სიმღვრივის წყლის მიკროფილტრაციის ხვედრითი წარმადობა 0,2მკმ, 0,45მკმ, 0,65მკმ, 0,8მკმ ფორის ზომის მემბრანით

მემბრანის ფორის ზომა, მკმ	ხვ. წარმადობა, ლ/მ <sup>2</sup> სთ	
	ლამინარული ნაკადი	ჰიბრიდული ნაკადი
0,2	80	150
0,45	100	180
0,65	140	240
0,8	250	500

0,2 მკმ, 0,45მკმ, 0,56 მკმ და 0,8 მკმ ფორის ზომის მემბრანებით ფილტაცის დროს ხვედრითი წარმადობა ამაკმაყოფილებს მიკროფილტრაციული მემბრანული დანადგარების საწარმოო მოთხოვნებს, მაგრამ ყოველგვარი მიკროორგანიზმებისაგან და ბაქტერიებისაგან გაწმენდილი სტერილური სითხეების მისაღებად რეკომენდირებულია 0,2 მკმ და 0,45 მკმ ფორის ზომის მემბრანა [4].

მიკროფილტრაციული გაყოფის პროცესის ოპტიმალური რეჟიმული პარამეტრების განსაზღვრისათვის, შესწავლილი იქნა სადაწნო საკანის გეომეტრიული კონფიგურაცია სითხის ნაკადის ლამინარული და ჰიბრიდული ნაკადის პირობებში.

სადაწნო საკანში სითხის მოძრაობის დასახასიათებლად გამოყენებული იქნა რეინოლდსის რიცხვი, რომელიც განისაზღვრება სადაწნო საკანის სხვადასხვა გეომეტრიული ზომისა და სიჩქარით მოძრავი სითხისათვის, რომლის შედეგები მოცემულია ცხრ. 2-ში.

**ცხრილი 2. 0,5ბარი; 1ბარი წნევის პირობებში, 12მმ სიგანის, 0,2მმ; 0,4 მმ სიმაღლის სადაწნო საკანში 0,5მ/წმ; 1მ/წმ სიჩქარით მოძრავი წყლის შესაბამისი რეინოლდსის რიცხვის მნიშვნელობები**

	საკანის სიგანე, მმ	საკანის სიმაღლე, მმ	ნაკადის სიჩქარე, მ/წმ	
			0,5	1
Re	12	0,2	195	392
		0,4	385	771

როგორც ცხრ. 2-ის მონაცემებიდან ჩანს, 12 მმ სიგანის, 0,2 მმ; 0,4 მმ სიმაღლის გეომეტრიული ზომების მქონე სადაწნო საკანში, 0,5 მ/წმ; 1 მ/წმ სიჩქარით მოძრავ სითხის ნაკადს რეინოლდსის რიცხვის 2000-ზე ნაკლები მნიშვნელობა შეესაბამება, რაც სადაწნო საკანში ლამინარული და ჰიბრიდული რეჟიმის განხორციელებაზე მიუთითებს.

ლამინარული და ჰიბრიდული რეჟიმებისათვის ექსპერიმენტის საფუძველზე განისაზღვრა FTU-0,03 სიმღვრივის წყლის 0,2 მკმ ფორის ზომის მემბრანით მიკროფილტრაციული პროცესის ხვედრითი წარმადობის ასიმპტოტური მნიშვნელობები 0,5 ბარი; 1 ბარი წნევის, 12 მმ სიგანის და 0,2 მმ; 0,4 მმ სიმაღლის სადაწნო საკანში 0,5 მ/წმ; 1 მ/წმ სიჩქარით მოძრავი სითხის პირობებში. კვლევის შედეგები მოცემულია ცხრ. 3-ში.

**ცხრილი 3. 0,2 მკმ ფორის ზომის მემბრანით FTU-0,03 სიმღვრივის წყლის მიკროფილტრაციის ხვედრითი წარმადობის ასიმპტოტური მნიშვნელობები ლამინარულ და ჰიბრიდული ნაკადისათვის**

საკანის სიმაღლე, მმ	საკანის სიგანე, მმ	წნევა, ბარი	სითხის სიჩქარე საკანში, მ/წმ	ხვ. წარმადობა, ლ/მ <sup>2</sup> სთ	
				ლამინარული ნაკადი	ჰიბრიდული ნაკადი
0,2	12	0,5	0,5	90	120
			1	120	160
		1	0,5	170	220
			1	210	280
0,4		0,5	0,5	80	100
			1	110	150
		1	0,5	150	190
			1	180	240

როგორც ცხრ. 3-ის მონაცემებიდან ჩანს, ხვედრითი წარმადობის მაქსიმალური ასიმპტოტური მნიშვნელობა 280 ლ/მ<sup>2</sup>სთ გამოვლინდა სითხის ნაკადის ჰიბრიდული

მოძრაობის დროს სადაწნო საკნის 12 მმ სიგანის, 0,2 მმ სიმაღლის, 1 ბარი წნევის, სითხის 1 მ/წმ სიჩქარით დინების პირობებში.

კვლევის შედეგების საფუძველზე შეგვიძლია დავასკვნათ, რომ სამრეწველო მოცულობის მიკროფილტრაციული დანადგარებში აპარატის სადაწნო საკნის გეომეტრიის, წნევის, სიჩქარის და საცირკულაციო ნაკადის რეგულირებით შესაძლებელია განხორციელდეს სითხის ნაკადის ლამინარული მოძრაობა შემცირებული ენერგოდანხარჯების პირობებში და ინტენსიური ტურბულენტური რეჟიმული პარამეტრების მქონე ჰიბრიდული ნაკადი, რომლებიც განაპირობებენ ხვედრითი წარმადობის სტაბილურ, ასიმპტოტურ მანევრებლებს.

#### ლიტერატურა

1. J.R. Werber, C.O. Osuji, M. Elimelech, Materials for next-generation desalination and water purification membranes. *Nat. Rev. Mater.* 1, 2016.
2. Y. Xu, Z. Li, K. Su, T. Fan, L. Cao, Mussel-inspired modification of PPS membrane to separate and remove the dyes from the wastewater. //*Chem. Eng. J.* 2018, 341, pp.371–3825.
3. M. Chen, C. Xiao, C. Wang, H. Liu, N. Huang, Preparation and characterization of a novel thermally stable thin film composite nanofiltration membrane with poly(m-phenyleneisophthalamide) (PMIA) substrate. //*J. Membr. Sci.* 2018, 550, pp.36–44.
4. G. Bibileishvili, M. Kezherashvili, N. Gogesashvili, L. Kuparadze, L. Ebanoidze, M. Mamulashvili. Effect of the Temperature of the Non-Solvent on the Morphology of the Polymeric Membrane. //*European Journal of Scientific Research (EJSR)*, 2022, vol.161,1, pp.5-15.

#### SUMMARY

#### STUDY OF BAROMEMBRANE PROCESSES UNDER CONDITIONS OF LAMINAR AND HYBRID FLOWS FOR INDUSTRIAL VOLUME MICROFILTRATION DEVICE

**Bibileishvili G.V., Kezherashvili M.G., Kuparadze L.P. and Javashvili Z.D.**

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

The optimal operating parameters of the FTU-0.03 turbidity water microfiltration separation process under conditions of changing pressure, velocity, and circulation flow have been studied. To characterize the movement of fluid in the pressure, a Reynolds number of less than 2000 was used, which indicates the implementation of laminar and hybrid regimes in the pressure cells. The maximum asymptotic value of specific productivity - 280 L/m<sup>2</sup>h - was revealed in a hybrid fluid flow under conditions of a 12 mm wide, 0.2 mm high, 1 bar pressure and 1 m/c fluid flow rate. Laminar and hybrid fluid flow is accomplished by adjusting the geometry, pressure, velocity and circulation flow rate of the industrial volume pressure chamber in industrial volume microfiltration units, which leads to stable, asymptotic specific productivity values.

**Keywords:** water, membrane, microfiltration, productivity, device.

პოლიმერულ კომპოზიციებში ნანონაწილაკების ზომებისა და სიბლანტის კვლევა

ბიბილეიშვილი გ.გ., ებანოიძე ლ.ო., კეყერაშვილი მ.გ., გოგესაშვილი ნ.ნ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის მემბრანული ტექნოლოგიების საინჟინრო ინსტიტუტი

პოლიმერულ კომპოზიციებში ნანონაწილაკების კონფორმაციული მდგომარეობით განპირობებული ზომები დიდწილად განსაზღვრავენ დასასხმელი ხსნარის სიბლანტეს [1,2]. პოლიმერული კომპოზიცია, როგორც მოლეკულურ-დისპერსიულ სისტემა ხასიათდება ჭეშმარიტი ხსნარების თვისებებით და სიბლანტის კონცენტრაციული და ტემპერატურული ცვალებადობით, რაც განპირობებულია თხევად ფაზაში გახსნილი ნივთიერებების და პოლიმერული ნაწილაკების ზომებით, თვისობრივი მახასიათებლებით და მიღების რეჟიმული პარამეტრებით [3].

სამუშაოში განხილულია განსხვავებული შედგენილობის პოლიმერული კომპოზიციების ნაწილაკების ზომების და სიბლანტის ურთიერთდამოკიდებულების საკითხები. პოლიმერული კომპოზიციები მზადდებოდა პოლიმერის, გამსხნელის, ორგანული და არაორგანული დანამატის ბაზაზე, რამაც უზრუნველყო პოლიმერის ხსნარის ერთგვაროვნება, შესაბამისი სიბლანტე და საჭირო კონცენტრაცია.

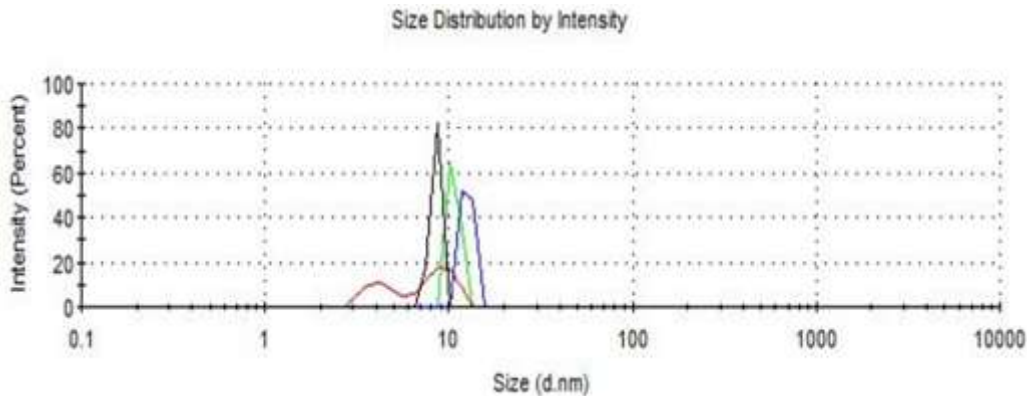
განსხვავებული შედგენილობის დასასხმელი ხსნარის მომზადებისას ჩატარებულია ნივთიერებების გახსნის პროცესის მონტორინგი პოლარულ-ინტერფერენციული ოპტიკური მიკროსკოპის Biolar საშუალებით [4]. სინათლის გაბნევის დინამიკური მეთოდით შესწავლილია პოლიმერულ თხევად მასაში არსებული ნანონაწილაკების ზომების პროცენტული შედგენილობა ნანონაწილაკების მზომ ანალიზატორზე Zetasizer Nano ZN90 [5-6]. განსაზღვრულია განსხვავებული შედგენილობის ხსნარის სიბლანტე როტაციული ვისკოზიმეტრით DI-Dj-8S. ფაზური ინვერსიის მეთოდით მიღებული მემბრანული ფირების ხვედრითი წარმადობები დადგენილია მემბრანული ლაბორატორიული დანადგარის MTSI- JM-5 გამოყენებით. ექსპერიმენტით მიღებული შედეგები მოცემულია ცხრილში.

განსხვავებული შედგენილობის პოლიმერული კომპოზიციის ნანონაწილაკების ზომები, პოლიდისპერსიულობის ინდექსი, ხსნარის სიბლანტე და წარმადობა

N	პოლიმერული კომპოზიციის ქიმიური შედგენილობა	პიკი 1, ნმ	%	პიკი 2, ნმ	%	პიკი 3, ნმ	%	PDI	სიბლანტე, η <sub>s</sub> სანტი პუაზი	წარმადობა, J, ლ/მ <sup>2</sup> სთ
1	12% ხსნარი	8,782	62,4	4,221	37,6	0	0	0,440	1882	3150
2	12% ხსნარი+მჟაუნმჟავა	8,506	100	0	0	0	0	0,505	213	4990
3	12% ხსნარი+MgCl <sub>2</sub>	10,66	100	0	0	0	0	0,478	162	6470
4	12% ხსნარი+MgCl <sub>2</sub> +მჟაუნმჟავა	12,59	100	0	0	0	0	0,492	306	8040

სურათზე გამოსახულია განსხვავებული ქიმიური შედგენილობის მქონე 12% პოლიმერული ხსნარის ნაწილაკების ინტენსივობის მრუდები, ხოლო ცხრილში მოყვანილი პიკების მაჩვენებლები აღნიშნავენ ახლომდებარე ნაწილაკების საშუალო ზომებს.

12%-იან პოლიმერულ ხსნარში 62,4%-ით დომინირებს 8,782 ნმ ზომის ნაწილაკები. ხსნარს ახასიათებს მაღალი სიბლანტე – 1882 სპ და მემბრანის დაბალი ხვ. წარმადობა – 3150 ლ/მ<sup>2</sup>სთ.



### განსხვავებული ქიმიური შედგენილობის მქონე 12%-იანი პოლიმერული ხსნარის ნაწილაკების ინტენსივობის მრუდები

მჭაუნმჭაუვის შემცველ იგივე კონცენტრაციის პოლიმერულ ხსნარში პიკი მაჩვენებლის მიხედვით 100% 8,506 ნმ ზომის ნაწილაკებია. 12%-იან პოლიმერულ ხსნართან შედარებით, მისი სიბლანტე 213 სპ-მდე არის შემცირებული, ხოლო ხვედრითი წარმადობა შეადგენს 4990 ლ/მ<sup>2</sup>სთ.

მაგნიუმის ქლორიდის შემცველობის 12%-იან პოლიმერულ ხსნარში დაფიქსირებულია 10,66 ნმ ზომის ნაწილაკების ერთი პიკი. სიბლანტის მაჩვენებელმა დაიკლო 162 სპ-მდე, ხოლო ხვ. წარმადობამ მოიმატა 6470 ლ/მ<sup>2</sup>სთ-მდე.

ცხრილის მონაცემებიდან გამომდინარე, ორივე დანამატით კომბინირებულ 12%-იან პოლიმერულ ხსნარში ნაწილაკების საშუალო ზომამ მიაღწია 12,59 ნმ-ს. გაზრდილი ხსნარის სიბლანტე 306 სპ-მდე და მემბრანის ხვედრითი წარმადობა 8040 ლ/მ<sup>2</sup>სთ-მდე.

კვლევის შედეგად დადგინდა, რომ ორგანული და არაორგანული დანამატების შემცველი პოლიმერული კომპოზიციის ნაწილაკების კონფორმაციული ზომების ცვლილებით შესაძლებელია ხსნარის სიბლანტის ისეთი რეგულირება, რომელიც განაპირობებს მაღალი წარმადობის მემბრანის მიღებას.

### ლიტერატურა

1. Abdelrasoul A., Doan H., Lohi A., Cheng, Ch. Morphology control of polysulfone membrane sinfiltration processes: A critical review. *Chembioeng Rev.* 2015, 2, pp.22–43.
2. Lalia B.S., Kochkodan V., Hashaikeh R., Hilal N. A review on membrane fabrication: Structure, properties and performance relationship. *Desalination* 2013, 326, pp.77–95.
3. ბიბილეიშვილი გ.ვ., კეჟერაშვილი მ.გ., გოგეშაშვილი ნ.ნ., მამულაშვილი მ.ა. პოლიმერული კომპოზიციის სიბლანტის გავლენა პოლიეთერსულფონური მემბრანის მორფოლოგიაზე. //საქართველოს საინჟინრო სიახლენი, ტ.93, 2, 2021, გვ.104-107.
4. G.Bibileishvili., L.Ebanoidze. Study of the effect of lithium chloride on polymer solubility by optical microscopy and photon-correlative spectroscopy. //International Journal of Progressive Sciences and Technologies, Vol.23, No.2, 2020, pp.402-412.
5. ბიბილეიშვილი გ.ვ., ებანოიძე ლ.ო. არაორგანული მარილის გავლენის შესწავლა პოლიმერის ხსნადობაზე სინათლის დინამიური გაბნევის მეთოდით. //საქართველოს საინჟინრო სიახლენი, ტ.91, 2, 2020, გვ.156-157.
6. ბიბილეიშვილი გ.ვ., ებანოიძე ლ.ო., კეჟერაშვილი მ.გ., გოგეშაშვილი ნ.ნ. ზოგიერთი ფაქტორის გავლენის შესწავლა ფაზური ინვერსიის მეთოდით მიკრო- და ულტრაფილტრაციული მემბრანის ფორმირების პროცესზე. //საქართველოს საინჟინრო სიახლენი, ტ.93, 2, 2021. გვ.97-101.

### SUMMARY

#### STUDY OF THE SIZE OF NANOPARTICLES AND VISCOSITY IN POLYMER COMPOSITIONS

Bibileishvili G.V., Ebanoidze L.O., Kezherashvili M.G. and Gogeshashvili N.N.

Engineering Institute of Membrane technology of Georgian Technical University

The work discusses the interrelationship of particle sizes and viscosity of polymer compositions of different compositions. As a result of the research, it was determined that by changing the conformational dimensions of the particles of the polymer composition replacing organic and inorganic additives, it is possible to adjust the viscosity of the solution, which leads to obtaining a high-performance membrane.

**Keywords:** viscosity, polymer composition, nanoparticles, performance, membrane films.

პოლიმერული ხსნარების და მათი ნარევიების სიბლანტის  
ექსპერიმენტული კვლევა

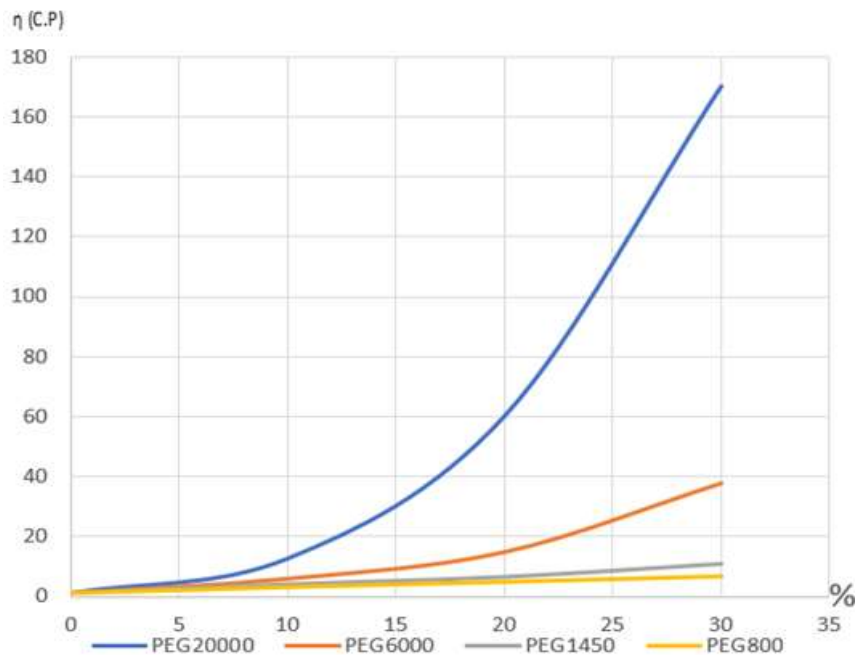
ბიბილეიშვილი გ.გ., ყუფარაძე ლ.პ., ებანოძე ლ.ო., კაკაბაძე ე.გ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის მემბრანული ტექნოლოგიების საინჟინრო  
ინსტიტუტი

პოლიმერული მასალებისა და კომპოზიციების კვლევა ერთ-ერთი ძირითადი საკითხია მემბრანების შექმნის პროცესისათვის, სადაც ფორმარმომქმნელად გამოიყენება პოლიეთილენგლიკოლი. ამიტომ ჩვენს მიერ ექსპერიმენტულად შესწავლილია პოლიეთილენგლიკოლის (PEG) 10–30%-იანი წყალხსნარების სიბლანტეები, რომლებიც განისაზღვრა როტაციულ ვისკოზიმეტრზე DI-Dj-8S. შედეგები მოყვანილია ცხრ. 1-ში და გრაფიკი წარმოდგენილია ნახ. 1-ზე.

ცხრილი 1. PEG20000, PEG6000, PEG1450 და PEG800 კონცენტრაცია და პოლიმერული ხსნარის სიბლანტე

წყალხსნარების დინამიკური სიბლანტე, η (C.P.)	(PEG20000 %)			(PEG6000 %)			(PEG1450 %)			(PEG800 %)		
	(H <sub>2</sub> O%)			(H <sub>2</sub> O%)			(H <sub>2</sub> O%)			(H <sub>2</sub> O%)		
	10 90	20 80	30 70	10 90	20 80	30 70	10 90	20 80	30 70	10 90	20 80	30 70
	12	50	170	6	14,45	38	4	6,5	11	3	5	7



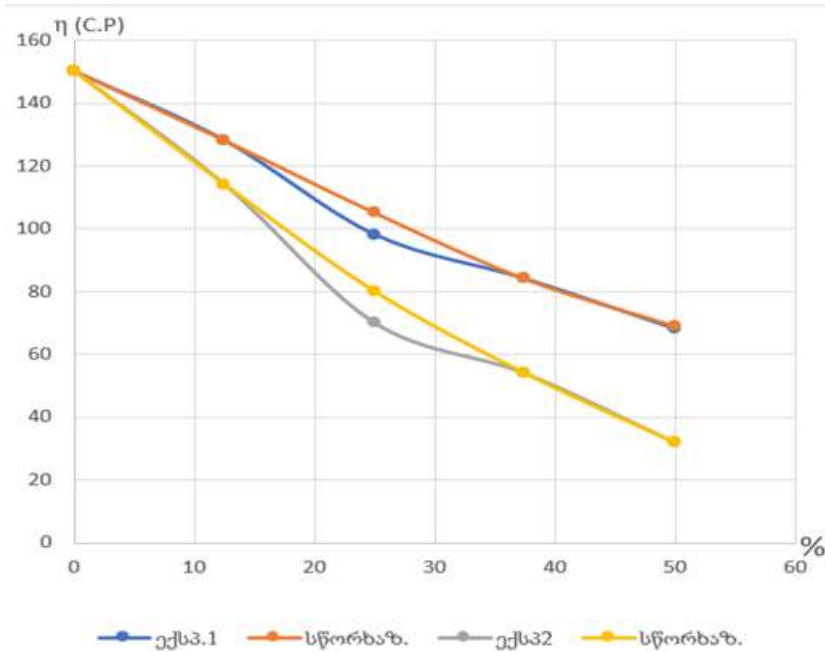
ნახ. 1. PEG20000, PEG6000, PEG1450 და PEG800 10%–30%-იანი პოლიმერული ხსნარის  
სიბლანტის დამოკიდებულების გრაფიკი

პოლიეთილენგლიკოლის (PEG) წყალხსნარების სიბლანტესა და პროცენტული განაწილებას შორის დამოკიდებულება აშკარად მრუდწირულია და რაც მეტია მოლეკულური მასა, მით უფრო მეტია სიბლანტის სიდიდე [1,2].

მიღებულია 30%-იანი PEG20000, PEG6000 და PEG1450 პოლიმერების წყალხსნარების ფარდობითი ნაზავების სიბლანტეთა მახვენებლები  $t=25^{\circ}\text{C}$ -ზე, რომელიც მოყვანილია ცხრ. 2-ში და ასახულია ნახ. 2.

ცხრილი 2. PEG20000, PEG6000 და PEG1450 ნაზავების კონცენტრაცია და სიბლანტე

30% PEG 20000, % შერევა	30% PEG 6000, % შერევა	η (C.P)				30% PEG 20000, % შერევა	30% PEG 1450, % შერევა	η (C.P)			
		30% PEG 20000	30% PEG 60000	ცაღების შედეგი	წრფივი დამოკ.			30% PEG 20000	30% PEG 1450	ცაღების შედეგი	წრფივი დამოკ.
		150	25	150	150	0	0	150	10	150	150
87,5	12,5			128	128	87,5	12,5			114	114
75	25			98	105	75	25			70	80
62,5	37,5			84	84	62,5	37,5			54	54
50	50			68	69	50	50			32	32



ნახ. 2. 30%-იანი PEG20000, PEG6000 და PEG1450 ნაზავების სიბლანტის მრუდები

ნარეგების სიბლანტის დამოკიდებულება პროცენტული განაწილების მიმართ მრუდწირულია. მაგრამ გრაფიკზე 3. წარმოდგენილი ექსპერიმენტული შედეგები იძლევა საშუალებას სიბლანტის პროცენტული განაწილების მიმართ დამოკიდებულების პირველ მიახლოებად შეიძლება ჩაითვალოს არა მრუდწირი, არამედ წრფივი ფუნქცია 10 C.P-დან 150 C.P -ის დიაპაზონში [3,4].

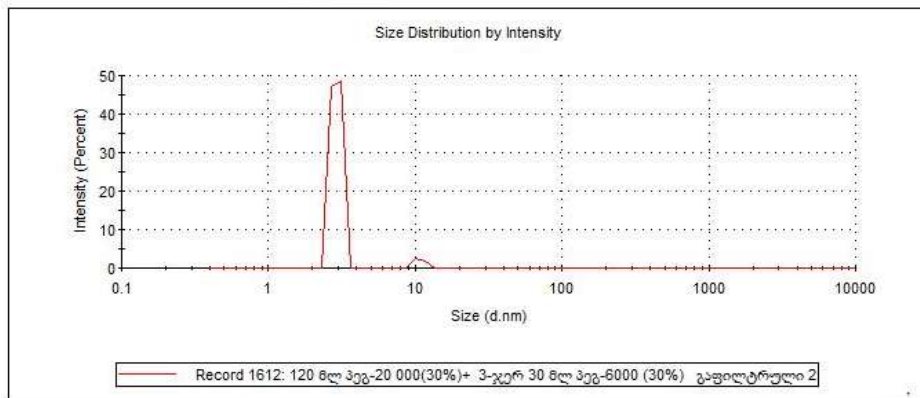
ექსპერიმენტულად შესწავლილია 30%-იანი PEG20000, PEG6000 პოლიმერების ფარდობითი ნაზავებში არსებული ნაწილაკების ზომები მალვერნზე, რომელიც მოყვანილია ცხრ. 3-ში.

ცხრილი 3. 30%-იანი PEG20000, PEG6000 წყალხსნარების ნაზავებში არსებული ნაწილაკების ზომები

ნივთიერების დასახელება	პიკი 1, nm	%	პიკი 2, nm	%	პიკი 3, nm	%	Polydispersity index, PDI	Z-Average, nm
PEG2000030% H <sub>2</sub> O 70%	3.164	98.1	234.8	1.9	-	-	1.00	1147
PEG600030% H <sub>2</sub> O 70%	2.011		50,75				1.00	1142
PEG2000030% + PEG600030% H <sub>2</sub> O 70% + H <sub>2</sub> O 70% (გაფილტრული) 120+30	2.359	93.9	410.9	6.1	-	-	1.00	1467
PEG2000030% + PEG600030% H <sub>2</sub> O 70% + H <sub>2</sub> O 70% (გაფილტრული) 90+60	2.153	100	-	-	-	-	1.00	2728
PEG2000030% + PEG600030% H <sub>2</sub> O 70% + H <sub>2</sub> O 70% (გაფილტრული) 30+120	2.086	100	-	-	-	-	1.00	1882

როგორც ცხრილის მონაცემებიდან ჩანს, რაც უფრო მეტი რაოდენობით ემატება დაბალი მოლეკულური მასის მქონე პოლიეთილენგლიკოლის წყალხსნარი განზავებულ სითხეში არსებული ნაწილაკების ზომები თანდათანობით კლებულობს.

Z-Average (d.nm): 219.7      Peak 1: 2.912      % Intensity: 95.7      St Dev (d.nm): 0.2130  
 Pdi: 0.505      Peak 2: 10.76      % Intensity: 4.3      St Dev (d.nm): 0.7859  
 Intercept: 0.761      Peak 3: 0.000      % Intensity: 0.0      St Dev (d.nm): 0.000  
 Result quality : Refer to quality report



ნახ.3.  $\left( \frac{30\% \text{ PEG20000}}{\text{H}_2\text{O 70\%}} + \frac{30\% \text{ PEG6000}}{\text{H}_2\text{O 70\%}} \right)$  60+90 განზავების ნაწილაკების ინტენსივობის მრუდი

$\left( \frac{30\% \text{ PEG20000}}{\text{H}_2\text{O 70\%}} + \frac{30\% \text{ PEG6000}}{\text{H}_2\text{O 70\%}} \right)$  60+90 განზავების შემთხვევაში ნაწილაკების განაწილებას გააჩნია ორი პიკი. არსებულ სითხეში ყველაზე დიდი ნაწილაკებია 10,76 nm,



რომელიც მთელი რაოდენობის 4,3 %-ს შეადგენს, ხოლო დანარჩენი ნაწილაკების კი-2,912 nm, რომელიც მთელი რაოდენობის 95,7%-ია.

$\frac{30\% \text{PEG20000}}{\text{H}_2\text{O 70\%}}$  წყალხსნარში ყველაზე დიდი ნაწილაკი არის 410 nm, რომე-

ლიც მთელი ნარევის მხოლოდ 1,9%-ია და პირველი პიკის ნაწილაკის ზომა 3,164 nm, რომელიც მთელი ნარევის მხოლოდ 98,1%-ია თუ ამ შედეგს შევადარებთ  $\left( \frac{30\% \text{PEG20000}}{\text{H}_2\text{O 70\%}} + \frac{30\% \text{PEG6000}}{\text{H}_2\text{O 70\%}} \right)$  30+120 განზავებისას ნაწილაკების ზომას, რომელიც

არ აღემატება 2,089 nm ეს გვიჩვენებს, რომ 30%-იანი მაღალმოლეკულური პოლიეთილენგლიკოლის წყალხსნარის გადაზავებისას მეტი რაოდენობის დაბალმოლეკულური პოლიეთილენგლიკოლის წყალხსნარით, ნაზავში მიღებული ნაწილაკის ზომა კლებულობს.

#### ლიტერატურა

1. Viscosity of mixtures and solutions A Dependence of the viscosity of mixtures on the mixing ratio. <http://www.tehnoinf.ru/plastichnostnefteproduktov/21.html>.
2. Viscosity of fluid mixtures. <https://chem21.info/page;>
3. ბიბილეიშვილი გ.ვ., კუპარაძე ლ.პ., გოგესაშვილი ნ.ნ., მამულაშვილი მ.ა. პოლიმერული კომპოზიციის სიბლანტის კვლევა პოლიეთერსულფონური მემბრანის მორფოლოგიაზე. //საქართველოს საინჟინრო სიახლენი, 2021, №2, ტ.93, გვ.104-106.
4. I.V. Shulak., E.I. Grushova., A.M. Semechenko. Rheological properties of aqueous solutions of polyethylene glycols of different molecular weights. //Journals of Physical Chemistry, 2011, Vol. 85, No. 3, pp. 485-488.

#### SUMMARY

#### EXPERIMENTAL STUDY OF THE VISCOSITY OF POLYMER SOLUTIONS AND THEIR MIXTURES

**Bibileishvili G.V., Kuparadze L.P., Ebanoidze L.O. and Kakabadze E.G.**

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

According to the experimental results, the issue of viscosity of two-component polymer aqueous solutions and mixtures of these compositions has been studied and analyzed. For mixtures of 30% concentrations, the first approximation of the dependence can be considered as a linear function in the range of 10 C.P. to 150 C.P.

**Keywords:** polymer, viscosity, solution, mixture, peg.

**ბუნებრივი წყლის დამუშავების ბარომემბრანული პროცესების კვლევის  
ზოგიერთი საკითხის ადგილობრივი და საერთაშორისო მღვობარეობის  
ანალიზი**

ბიბილეიშვილი გ.გ., თანანაშვილი ლ.ა., ჯავაშვილი ზ.დ., კაკაბაძე ე.გ.

**საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის მემბრანული ტექნოლოგიების საინჟინრო  
ინსტიტუტი**

ნაშრომში განხილული მემბრანების და ბარომემბრანული პროცესების კვლევის ზოგიერთი საკითხი შეეხება ხსნარების გაწმენდას, გაკრიალებას, ფრაქციონირებას, სტერილიზაციას და კონცენტრირებას მიკრო-, ულტრა- და ნანოფილტრაციის მეთოდების გამოყენებით. ასევე, ბუნებრივი წყლის დამუშავების მემბრანული დანადგარებისა და საფილტრაციო პოლიმერული მემბრანების შექმნისა და გამოყენების პროცესებს.

ქვემოთ მოყვანილია მემბრანების შექმნისა და ბარომემბრანული პროცესების კვლევის ზოგიერთი მეთოდი. აღნიშნული გამოცდილების ანალიზი ხელს უწყობს თანამედროვე ტიპის მემბრანების შექმნას და ბარომემბრანული გაყოფის პროცესების კვლევის ოპტიმიზაციას.

პატენტებში განხილულია ულტრაფილტრაციული მემბრანის მომზადების მეთოდის პოლიმერული მასალის, ფორების წარმოქმნელი აგენტისა და გამხსნელის შერევა, პოლიმერული კომპოზიციის განაწილება ფოროვანი პოლიოლეფინური მემბრანის ზედაპირზე. მიღებულ მემბრანულ აფსკს გააჩნია მდგრადობა მუავეებისა და ტუტეების მიმართ, მაღალი ხვედრითი წარმადობა, ჩაჭერის მაღალი ხარისხი და დაბალი ღირებულება [1,2]. განხილულ მასალებში და ინსტიტუტში მიმდინარე ექსპერიმენტულ კვლევებში გამოკვეთილია მემბრანის მისაღებ კომპოზიციებში მარილებისა და მუავა-ტუტოვანი კომპონენტების გავლენა.

Spiral microfiltration and ultrafiltration continuous separation method and system CN111957209A – პატენტი [3] ეხება ბუნებრივი კომპონენტების გამოყოფის სისტემას, სპირალური მიკროფილტრაციისა და ულტრაფილტრაციის უწყვეტი დაყოფის მეთოდებსა და სისტემებს. წინა წლების ტექნოლოგიებთან შედარებით, წარმოდგენილ პატენტში მიკროფილტრაციისა და ულტრაფილტრაციის მემბრანის მიღებას აქვთ სპირალური ფორმა, რამაც მემბრანის მიღის სიგრძე და მემბრანის დაყოფის არე მნიშვნელოვნად გაზარდა, რის გამოც მცირე ზომის მოლეკულები შეიძლება სწრაფად გამოიდევნოს სპირალურ მარყუჟში გამოსაყოფი სითხის ნაკადის მიერ წარმოქმნილი ცენტრიდანული ძალის გამოყენებით, რითაც ხორციელდება დაყოფის მაღალი ეფექტურობა [4,5,10].

პოლიეთერსულფონური საფილტრაციო მემბრანა მომზადებული შესაბამისი მეთოდით, უზრუნველყოფს ხსნარის მიღებას პოლიმერიდან და შედგება პოლიეთერსულფონისგან (PES), პოლისულფონისგან და მათი ნებისმიერი კომბინაციისგან და დოპანტისგან, სადაც დოპანტი არის ნატრიუმის ჰექსამეტაფოსფატი (SHMP) და მიიღება დასასხმელი ხსნარი ფირის ან მემბრანის ფორმირებისათვის [6,7]. აღნიშნული შედარებულ იქნა მემბრანის მისაღებ იმ კომპოზიციასთან, სადაც დანამატის სახით დამატებული იყო ნატრიუმის ჰიდროფოსფატი.

პატენტი – ბუნებრივი წყლის ნაკადის პოლიმერული მემბრანები ეხება პოლიმერული მემბრანის კომპოზიციას, რომელსაც აქვს გაუმჯობესებული წყლის გამტარიანობის უნარი და ფორის სტაბილური ზომა. წყლის ნაკადის შეღწევადობა გაუმჯობესებულია მემბრანის ჰიდროფილურობის გაზრდით შერეული მატრიცის მქონე პოლიმერის დახმარებით, რომელიც შეიცავს კონტროლირებადი არქიტექტურის ამფიფილურ ბლოკ – თანაპოლიმერებს, რომელთა დამატება განსაკუთრებით სასარგებლოა მიკროფილტრაციისა და ულტრაფილტრაციის მემბრანებისთვის ბუნებრივი წყლის ფილტრაციის დროს [6,8,9].

დამუშავებულია ბუნებრივი წყლის გამწმენდი და მემბრანული ფილტრაციის მოწყობილობები, წყლის დამუშავების მეთოდი. გამოგონება ეხება ბუნებრივ წყალში შეწონილი ნაწილაკებისა და მინარეგების მოცილებას, მიკროფილტრაციული მემბრანების გამოყენებით [10–14].

ამრიგად, ადგილობრივი და საერთაშორისო პატენტები ასახავს ბუნებრივი წყლების დამუშავების დარგობრივი სპეციფიკის არსებულ მდგომარეობას მსოფლიოში და განაპირობებს ინსტიტუტში მიმდინარე სამეცნიერო კვლევებისათვის სათანადო პრიორიტეტების გამოკვეთას.

#### ლიტერატურა

1. Novel ultrafiltration water treatment system CN216106354U/2022
2. Ultrafiltration membrane and preparation method thereof CN 112957931A/ 2021.
3. Spiral microfiltration and ultrafiltration continuous separation method and system CN 111957209A/ 2020.
4. Treatment process and treatment system for desulfurization wastewaterCN 111170519A/ 2020.
5. Filtration membrane ES 2704645T3/ 2019
6. Water flux polymer membranes AU KR101908907B1/2018
7. Polyethersulfone filtration membrane US 9844756B2/2017.
8. Method for treating water CN 104854038B/2017.
9. Method and System for Treating Wastewater US20160368783A1/ 2016.
10. გ. ბიბილეიშვილი. მილოვან მემბრანულ ელემენტებიანი ფილტრაციის მოწყობილობა. საქპატენტი, ბიულეტენი 13 07.10.2001წ., პატენტი P2551
11. გ. ბიბილეიშვილი. წყლის გამწმენდი მოწყობილობა. საქპატენტი, გამოგონება №850/01,2012.
12. გ. ბიბილეიშვილი. მემბრანული დანადგარი. ჩეხეთის რესპუბლიკა, პატენტი № 280986,2007.
13. გ. ბიბილეიშვილი. მემბრანების გაწმენდის მეთოდი. საქპატენტი, ბიულეტენი 1, 01.05.2001, პატენტი P2018
14. გ. ბიბილეიშვილი. წყლის მემბრანული საფილტრაციო მოწყობილობა. საქპატენტი, ბიულეტენი 6, პატენტი 2379, 2001
15. გ. ბიბილეიშვილი. მფილტრავი მოწყობილობა წველებისა და ღვინომასალებისათვის. საქპატენტი, სასარგებლო მოდელი № 336,1993.

#### SUMMARY

#### OVERVIEW OF LOCAL AND INTERNATIONAL SITUATION OF RESEARCH ON SOME ISSUES OF MEMBRANES AND BAROMEMBRANE PROCESSES

**Bibileishvili G.V., Tananashvili L.A., Javashvili Z.D. and Kakabadze E.G.**

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

The paper discusses local and international publications on baromembrane processes, creation of polymeric nanomaterials, processing of nanotechnologies, modern conditions and development prospects of membrane machines, equipment and Nanosystems construction. The analysis of the investigated materials determines the consideration of technologies and techniques created by local and international researchers for the Institute's scientific-research works, basic technical level and prototypes.

**Keywords:** Baromembrane processes, nanosystems, nanomaterials, polymers, membranes, filtration.

**ფაზური ინვერსიის პროცესზე პოლიმერული კომპოზიციის აბაზანაში ჩაშვების კუთხის გავლენის ანალიზი**

ბიბილეიშვილი გ.გ., გოგესაშვილი ნ.ნ., კეჟერაშვილი მ.გ., მამულაშვილი მ.ა.,  
ეხანოიძე ლ.ო.

**საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის მემბრანული ტექნოლოგიების  
საინჟინრო ინსტიტუტი**

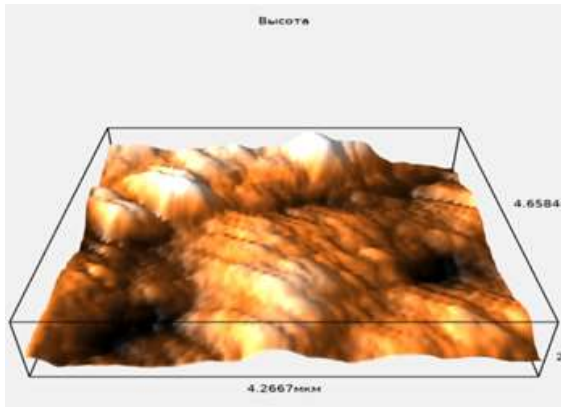
ფაზური ინვერსიის პროცესის დროს ერთდროულად წარმოებს აორთქლებაც და დიფუზიაც. საკოაგულაციო აბაზანაში მთლიანად ხდება გამხსნელის და ფორ-წარმომქმნელი დანამატის გამოდევნა და არაგამხსნელით გაჯირჯეული მემბრანის წარმოქმნა. პროცესის მიმდინარეობაზე გავლენას ახდენს ისეთი პარამეტრები, როგორცაა აბაზანის ტემპერატურა და ფუქემრის აბაზანაში ჩაშვების კუთხე.

ნაშრომში შესწავლილია აცეტატცელულოზური 10%-იანი პოლიმერული კომპოზიციებიდან მემბრანების გამოლექვის ფაზური ინვერსიის პროცესი განსხვავებულ პირობებში. აცეტატცელულოზას კომპოზიციაში გამხსნელად შერჩეული იყო პოლარული გამხსნელი დიმეთილაცეტამიდი(დმმა), კომპლექსში ლიოფილურ მარილთან. გახსნის პროცესები გრძელდებოდა 5საათს მუდმივი მორევით (50–55°C). საკვლევი ნიმუშები მომზადებულ იქნა ლაბორატორიულ ფილერზე. ყველა ნიმუშის სისქე იყო 0,15 მმ. გამოლექვის პროცესი ჩატარებულ იქნა წყლიან აბაზანაში. გამოლექვა წარმოებდა ლაბორატორიული ავტომოტორიზებულ დანადგარზე, რომელიც წარმატებით შეიძლება გამოყენებულ იქნას ფაზური ინვერსიის პროცესში ფილერის აბაზანაში ჩაშვების კუთხის და ტემპერატურის გავლენის შესასწავლად. ცხრილში მოცემულია ფაზური ინვერსიის ჩატარების პირობები და მიღებული მემბრანების ხვედრითი წარმადობები.

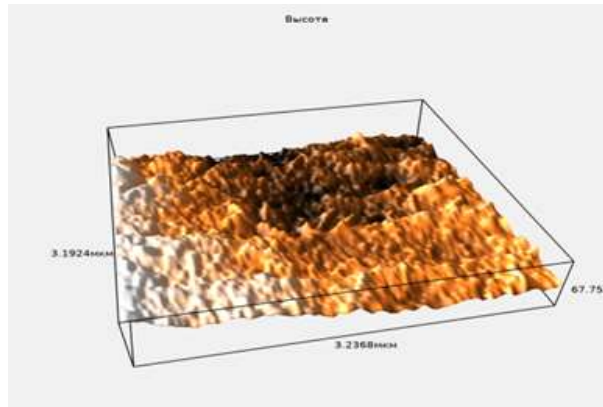
**ფაზური ინვერსიის ჩატარების პირობები და მიღებული მემბრანების ხვედრითი წარმადობები**

N	აცეტატცელულოზას კონცენტრაცია, %	აბაზანაში ჩაშვების კუთხე, °	აბაზანის ტემპერატურა, °C	ხვედრითი წარმადობა ლ/მ <sup>2</sup> სთ
1	10	45	20	1540
2	10	45	35	1621
3	10	80	20	1325
4	10	80	35	1231

ჩატარებულმა ექსპერიმენტებმა გვიჩვენა, რომ აბაზანაში პოლიმერული კომპოზიციის გამოლექვისას, ფილერის განსხვავებული კუთხით ჩაშვებისას, იცვლება გამხსნელისა და კოაგულანტის მოლეკულების ურთიერთქმედების ტრაექტორია და სიჩქარე, რაც მოქმედებს ფაზური ინვერსიის პროცესზე და წარმოქმნილი მემბრანების სტრუქტურაზე. მიღებული მემბრანული ნიმუშების მორფოლოგია შესწავლილია მასკანირებელი ზონდური მიკროსკოპით. ნიმუშების ფუქემრის 80°-იანი კუთხით ჩაშვებისას კოაგულანტის როგორც 20°C ისე 35°C ტემპერატურაზე ადგეზია ხდება სწრაფად, რის გამოც მიღებული აპკები შეიცავენ დეფექტს (სურ. 1). სწრაფი ადგეზიის გამო ამ პირობებში გელი ვერ ასწრებს ტრანსფორმაციას და ფორების წარმოქმნას. ფილერის 45°-იანი კუთხით ჩაშვებისას კოაგულანტის 35°C ტემპერატურაზე ადგეზია ხდება შედარებით ნელა, რის გამოც წარმოიქმნება ერთგვაროვანი სტრუქტურის მემბრანა (სურ. 2).



სურათი 1. პოლიმერის 10%-იანი ხსნარიდან ფუქემრის აბაზანაში 80°-იანი კუთხით ჩაშვებისას (35 °C) მიღებული მემბრანის მიკრო სურათი



სურათი 2. პოლიმერის 10%-იანი ხსნარიდან ფუქემრის აბაზანაში 45°-იანი კუთხით ჩაშვებისას (35°C) მიღებული მემბრანის მიკროსურათი

ემპირიული კვლევების შედეგად შესწავლილია 10%-იანი აცეტატცელულოზური პოლიმერული კომპოზიციებიდან მემბრანების გამოლექვის ფაზური ინვერსიის პროცესი განსხვავებულ პირობებში. დადგინდა, რომ ფაზური ინვერსიის ჩატარებისას ფუქემრის აბაზანაში 45°-იანი კუთხით ჩაშვებისას და საკოაგულაციო აბაზანის 35°C-ის პირობებში მიიღება ერთგვაროვანი სტრუქტურის და უფრო მაღალი წარმადობის მემბრანა.

#### ლიტერატურა

1. 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.
2. Kesting R E, Synthetic polymeric membranes – A structural perspective, by Synthetic Polymeric Membranes (Wiley, New York) 1985. J Appl Polym Sci, 50 (1993) 13.
3. 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.
4. ბიბილეიშვილი გ.ვ., გოგეშაშვილი ნ.ნ., კაკაბაძე ე.გ. პოლიმერის კონცენტრაციის და ორგანული დანამატების გავლენის კვლევა მიღებული მემბრანების ფორიანობასა და წარმადობაზე. //საქართველოს საინჟინრო სიახლენი, №2, გ.91, 2020, 156–157.

#### SUMMARY

##### ANALYSIS OF THE INFLUENCE OF THE IMMERSION ANGLE OF THE POLYMER COMPOSITION IN THE BATH ON THE PHASE INVERSION PROCESS

**Bibileishvili G.V., Gogeshashvili N.N., Kezherashvili M.G., Mamulashvili M.A. and Ebanoidze L.O.**  
**Engineering Institute of Membrane technology of Georgian Technical University**

The phase inversion process of the deposition of membranes from 10% cellulose acetate polymer compositions under different conditions has been studied. It has been established that performing phase inversion at an angle of 45° in the sample bath and 35°C in the coagulation bath results in visually better, higher performance, and more homogeneously structured membranes. The morphology of the obtained membranes was studied with a scanning probe microscope.

**Keywords:** phase inversion, base, incidence angle, membrane, composition.

მშავერის ბავლენის კვლევა პოლიმერული კომპოზიციებიდან მემბრანების წარმოქმნის ფაზური ინვერსიის პროცესზე

ბიბილეიშვილი გ.გ., გოგესაშვილი ნ.ნ., კეყერაშვილი მ.გ., მამულაშვილი მ.ა.

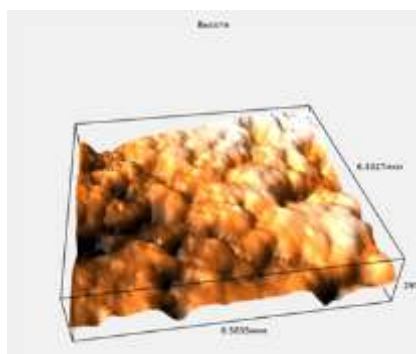
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის მემბრანული ტექნოლოგიების საინჟინრო ინსტიტუტი

ფაზური ინვერსიის მეთოდით მიღებული მემბრანების თვისებები, ძირითადად განისაზღვრება მათი სტრუქტურით, რომელიც ყალიბდება უშუალოდ ფაზური დაყოფის პროცესში. აღნიშნული მეთოდით პოლიმერული მემბრანების ფორმირებას უკავია დომინირებული მდგომარეობა [1-5]. ფაზური ინვერსიის მიმდინარეობის პროცესზე მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს როგორც პოლიმერის კონცენტრაცია, ასევე დასასხმელი ხსნარის შედგენილობა და ინვერსიის ჩატარების პირობები. ნაშრომში შესწავლილია პოლიმერულ კომპოზიციებში ორგანული მუავების დანამატად გამოყენების გავლენა ფაზური ინვერსიის პროცესების მიმდინარეობაზე და წარმოქმნილი მემბრანების ფიზიკურ-ქიმიურ მახასიათებლებზე და სტრუქტურაზე. ამ მიზნით პოლისულფონის (15%) კონცენტრაციის პოლიმერულ კომპოზიციებში დანამატად შეტანილი იყო ერთნაირი რაოდენობის მუაუნმუავა (P2) და სტეარინმუავა (P3), რომლებიც გახსნილი იყო დიმეთილაცეტამიდში (დმმა). დანამატების შეტანა პოლისულფონის კომპოზიციაში ხდებოდა პოლიმერის სრული გახსნის შემდეგ, 1 სთ-ის მორევის პირობებში. გამოლექვა ჩატარდა გამოსხივებული წყლის საკოაგულაციო აბაზანაში 60 °C-ზე. ცხრილში მოცემულია კომპოზიციის შედგენილობები და მიღებული მემბრანების ხვ.წარმადობები და ფორის ზომები. მემბრანების ფორის ზომა და ხვედრითი წარმადობა განსაზღვრულ იქნა ინსტიტუტში დამზადებულ ლაბორატორიულ დანადგარებზე MTSI-BP-3 და TSI-JM-5.

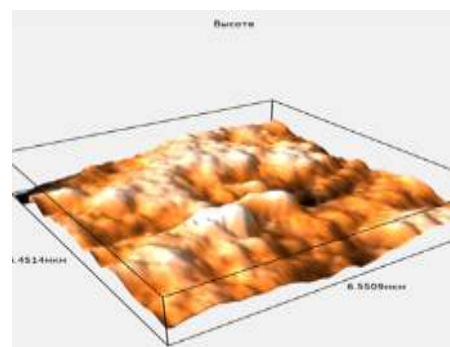
ცხრილის მონაცემებიდან ჩანს, რომ მუაუნმუავას შეტანა პოლიმერულ კომპოზიციაში აუმჯობესებს როგორც უდანამატო (P1) პოლისულფონური ხსნარებიდან გამოლექილი მემბრანის თვისებებს, ასევე აჩვენებს უფრო მაღალ წარმადობას, ვიდრე სტეარინის მუავას შემცველი კომპოზიციიდან გამოლექილი მემბრანა (P3).

მოცემული კომპოზიციის შედგენილობები და მიღებული მემბრანების ხვ.წარმადობები და ფორის ზომები

მემბრანა	პოლიმერული კომპოზიციის შედგენილობა	ხვ.წარმადობა ლ/მ <sup>2</sup> სთ	ფორის ზომა, მკმ
P1	15%-იანი პოლისულფონი/ დმმა	4500	0,7
P2	15%-იანი პოლისულფონი/ დმმა+0,1მუაუნმუავა+ 3გდმმა	6723	0,8
P3	15%-იანი პოლისულფონი/ დმმა+ 0,1 სტეარინმუავა+ 3გ დმმა	3423	1



სურათი 1. მემბრანა P2-ის მიკროსურათი



სურათი 2. მემბრანა P3-ის მიკროსურათი

სურ. 1 და 2 მოცემულია მჟაუნმჟავას (P2) და სტეარინმჟავას (P3) შემცველი პოლიმერული კომპოზიციებიდან გამოლექილი მემბრანული ნიმუშების მიკროსურათები.

მემბრანების ზედაპირის ტოპოგრაფიის შესწავლამ აჩვენა, რომ სტეარინმჟავიანი კომპოზიციიდან მიღებული მემბრანის (P3) ზედაპირის რელიეფი არაერთგვაროვანი ფოროვანი სტრუქტურისაა, დეფექტებით და მიკროდრუებით, მცირე ფორიანობით და ამაღლებებით. მჟაუნმჟავას შემცველი კომპოზიციიდან გამოლექილ მემბრანას აქვს ერთგვაროვანი ფოროვანი სტრუქტურა, არ გააჩნია ამაღლებები და დეფექტები.

ამრიგად, მიღებული მემბრანების მახასიათებლების და სტრუქტურას შორის სხვაობამ პოლიმერულ კომპოზიციებში დანამატად მჟაუნმჟავას და სტეარინმჟავას გამოყენების შემთხვევაში დაადასტურა, რომ განსხვავებული მჟავეების ჩამატებამ დასასხმელ კომპოზიციებში გამოიწვია ხსნარის თერმოდინამიკური და კინეტიკური პარამეტრების ცვლილება, ფაზური დაყოფის და მასაგადატანის პროცესების ისეთი ურთიერთქმედება, რომ მიიღებულ იქნა განსხვავებული სტრუქტურის და ფიზიკურ-ქიმიურ მახასიათებლების მქონე მემბრანული ნიმუშები.

კვლევებით დადგინდა, რომ აღნიშნულ სისტემებში მჟაუნმჟავას გამოყენება ორგანულ დანამატად სტეარინმჟავასგან განსხვავებით აუმჯობესებს საწყისი მემბრანის სტრუქტურას და ხვედრით წარმადობას. რაც მიუთითებს იმაზე, რომ განსხვავებული აღნაგობისა და მოლეკულური მასის ორგანული დანამატები გავლენას ახდენენ ფაზური ინვერსიის პროცესის მიმდინარეობაზე და წარმოქმნილი მემბრანის თვისებებზე.

#### ლიტერატურა

1. J.M. Peng, Y.L. Su, W.G. Chen, Q. Shi, Z.Y. Jiang, Effects of coagulation bath temperature on the separation performance and antifouling property of poly(ether sulfone) ultrafiltration membranes, Ind. Eng. Chem. Res. 49 (2010)4858–4864.
2. Monica Beatriz Thurmer,\*,Patricia Poletto,Marcos Marcolin I; JoceleDuarteI;MaraZeni ; Effect of mJaunmJava danon-solvents used in the coagulation bath on morphology of PVDF membranes, Mat. Res. vol.15 no.6 São Carlos Nov./Dec. 2012 Epub Sep 13, 2012.
3. Lin DJ, Chang CL, Huang FM and Cheng LP. Effect of salt additive on the formation of microporous poly(vinylidene fluoride) membranes by phase inversion from LiClO<sub>4</sub>/water/DMF/PVDF system. Polymer. 2003;44:413-422.
4. ბიბილეიშვილი გ.ვ., გოგეშაშვილი ნ.ნ., კაკაბაძე ე.ვ. პოლიმერის კონცენტრაციის და ორგანული დანამატების გავლენის კვლევა მიღებული მემბრანების ფორიანობისა და წარმადობაზე. //საქართველოს საინჟინრო სიახლენი, №2, ტ.91, 2020, გვ. 156-157.
5. ბიბილეიშვილი გ.ვ., გოგეშაშვილი ნ.ნ., ებანოიძე ლ.ო., კეყერაშვილი მ.გ. ორგანული დანამატების გავლენის კვლევა პოლისულფონური მემბრანების სტრუქტურაზე. //საქართველოს საინჟინრო სიახლენი, №2, ტ.93, 2021, გვ. 110-112.

#### SUMMARY

#### STUDY OF THE INFLUENCE OF ACIDS ON THE PHASE INVERSION PROCESS OF THE FORMATION OF MEMBRANES FROM POLYMER COMPOSITIONS

Bibileishvili G.V., Gogeshashvili N.N., Kezherashvili M.G. and Mamulashvili M.A.

Engineering Institute of Membrane technology of Georgian Technical University

The paper examines the effect of using organic acids as an additive in polymer compositions on the course of phase inversion processes, on the physico-chemical characteristics and structure of the formed membranes. It has been established that the use of oxalic acid as an additive in these systems improves the membrane structure and productivity.

**Keywords:** membrane, polysulfone, phase inversion, oxalic and, stearic acid.



წყლის, თეთრი და წითელი ღვინის მიკროფილტრაციის პროცესის კვლევა ლამინარული და ჰიბრიდული ნაკადის პირობებში

ბიბილეიშვილი გ.გ., ყუფარაძე ლ.პ., ებანოიძე ლ. თ., კეჟერაშვილი მ.გ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის მემბრანული ტექნოლოგიების საინჟინრო ინსტიტუტი

ჰიბრიდული ნაკადის განხორციელების გზით ნაშრომში შესწავლილია თეთრი და წითელი ღვინისათვის მიკროფილტრაციული გაყოფის პროცესის თეორიული და ექსპერიმენტული კვლევები ლაბორატორიულ მემბრანულ დანადგარზე ლამინარული რეჟიმებისათვის ცვალებადი წნევის, სიჩქარის და საცირკულაციო ნაკადის (რეტენტატი) პირობებში სხვადასხვა ფორის ზომის 0,2მკმ, 0,45მკმ, 0,8მკმ მემბრანებით.

მემბრანული დანადგარის სადაწნეო საკანისთვის თეორიულად დახასიათებულია მიკროფილტრაციული პროცესი რეინოლდსის რიცხვის გამოყენებით ბლანტ უკუმში სითხის - ღვინის მოძრაობის დროს.

$$Re = \frac{vd}{\nu} \tag{1}$$

სადაც  $\nu$  სადაწნეო საკანში სითხის საშუალო სიჩქარეა,  $d$  –ჰიდრაული დიამეტრი,  $\nu$ -ღვინის კინემატიკური სიბლანტე. ფორმულა (1)-დან გამომდინარე, რეინოლდსის რიცხვი განისაზღვრება სადაწნეო საკანის გეომეტრიით, საშუალო სიჩქარით და სითხის კინემატიკური სიბლანტით [1-3].

ლაბორატორიული სადაწნეო საკანის გეომეტრიული ზომებია: სიგრძე  $l=9$  მმ, სიგანე  $B=30$  მმ, სიმაღლე  $h=0,6$  მმ; (განივკეთის ფართი  $F=B \times h=30 \times 0,6=18$  მმ<sup>2</sup>; სველი პერიმეტრი  $\chi=2B+2h=61,2$ ; ჰიდრაული რადიუსი  $R = \frac{F}{\chi} = \frac{18}{61,2} \approx 0,29$ მმ) არა წრიული

განივკეთის არხებისათვის  $d = \frac{4F}{\chi} = \frac{4 \times 18}{61,2} = 1,17$ მმ  $= 1,1710^{-3}$  მ. ფორმულა (1)-ის მიხედ-

ვით  $Re$  რიცხვი მოყვანილია სადაწნეო საკანში სითხის 0,5 მ/წმ, 1,0 მ/წმ, 1,5მ/წმ, 2მ/წმ, 2,5 მ/წმ, 3 მ/წმ, 4,0მ/წმ სიჩქარეების და 20 °C-ზე ღვინის კინემატიკური სიბლანტის  $\nu=1,5$  მმ<sup>2</sup>/წმ  $= 1,5 \times 10^{-6}$  მ<sup>2</sup>/წმ მანვენებლებით.

ცხრილი 1. სადაწნეო საკანში სხვადასხვა სიჩქარეები და შესაბამისი  $Re$  რიცხვები

$\nu$	0,5 მ/წმ	1 მ/წმ	1,5 მ/წმ	2 მ/წმ	2,5 მ/წმ	3 მ/წმ	4 მ/წმ
$vd$	$0,5882 \times 10^{-3}$	$1,176 \times 10^{-3}$	$1,764 \times 10^{-3}$	$2,35 \times 10^{-3}$	$2,94 \times 10^{-3}$	$3,5283 \times 10^{-3}$	$4,704 \times 10^{-3}$
$Re$	392	784	1176	1566	1960	2352	3136

როგორც ცხრ. 1-ის მონაცემებიდან ჩანს სადაწნეო საკანში  $V \leq 2,5$  მ/წმ სიჩქარის შემთხვევაში  $Re < 2000$ , ამიტომ რეჟიმი არის ლამინარული. ხოლო  $V > 2,5$  მ/წმ სიჩქარის შემთხვევაში საკანში  $2000 < Re < 4000$  უკვე ტურბულენტური მოძრაობაა, მაგრამ სადაწნეო საკანის კედლებთან სითხის დინება ჯერ კიდევ ლამინარულია. ყველა ექსპერიმენტი ჩატარებულია ლამინარული რეჟიმში  $V \leq 2,5$  მ/წმ სიჩქარის შემთხვევაში.

თეთრი და წითელი ღვინის ფილტრაციის ექსპერიმენტების შედეგები სადაწნეო საკანის სიმაღლე  $h=0,6$  მმ, 1 ატმ. წნევის, 0,5 მ/წმ სიჩქარის და  $t=20$  °C ტემპერატურის დროს 0,2მკმ, 0,45მკმ, 0,8მკმ ფორის ზომის მემბრანებით მოყვანილია ცხრ. 2-ში.



**ცხრილი 2. თეთრი და წითელი ღვინის ფილტრაციის ხვედრითი წარმადობა**

მემბრანის ფორის ზომა, მკმ	ხვ. წარმადობა, ლ/მ <sup>2</sup> სთ		ხვ. წარმადობა, ლ/მ <sup>2</sup> სთ	
	1 ატმ. წნევა, 0,5 მ/წმ სიჩქარე		0,5 ატმ. წნევა, 1 მ/წმ სიჩქარე	
	თეთრი ღვინო	წითელი ღვინო	თეთრი ღვინო	წითელი ღვინო
0,2	160	80	255	–
0,45	200	105	300	140
0,8	280	160	370	190

თეთრი ღვინის 0,2მკმ, 0,45მკმ და 0,8მკმ ფორის ზომის მემბრანებით ფილტრაციის დროს ხვ. წარმადობა აკმაყოფილებს მემბრანული დანადგარების საწარმოო მოთხოვნებს. 0,2მკმ, 0,45მკმ ფორის ზომის მემბრანები უზრუნველყოფენ ღვინის ფინიშურ სტერილურ ფილტრაციის მოთხოვნებს. თეთრი ღვინის შემთხვევაში 0,2მკმ ფორის ზომის მემბრანით აღჭურვილი საწარმოო დანადგარი აკმაყოფილებს საერთაშორისო სტანდარტების მოთხოვნებს [4–6].

წითელი ღვინისათვის 0,2მკმ, 0,45მკმ და 0,8მკმ ფორის ზომის მემბრანების გამოყენებით ხვ. წარმადობა აკმაყოფილებს მემბრანული დანადგარების საწარმოო მოთხოვნებს. 0,2მკმ, 0,45მკმ ფორის ზომის მემბრანები უზრუნველყოფენ ღვინის ფინიშურ სტერილურ ფილტრაციის ხარისხობრივ მაჩვენებლებს. წითელი ღვინის შემთხვევაში 0,2მკმ ფორის ზომის მემბრანით აღჭურვილი დანადგარი წითელი ღვინის ფილტრაციისას შესაძლოა შეეხოს ღვინის სხეულს და შეცვალოს მისი ხარისხობრივი მაჩვენებლები. წითელი ღვინის შემთხვევაში რეკომენდირებულია 0,45–0,5მკმ ფორის ზომის მემბრანების გამოყენება.

ცხრ. 2-ში მოყვანილია 0,5 ატმ წნევის, 1 მ/წმ სიჩქარის,  $t=20^{\circ}\text{C}$  დროს 0,2მკმ, 0,45მკმ, 0,8მკმ ფორის ზომის მემბრანებით და საკნის სიმაღლით  $h=0,4$  მმ თეთრი და წითელი ღვინის ექსპერიმენტის შედეგები.

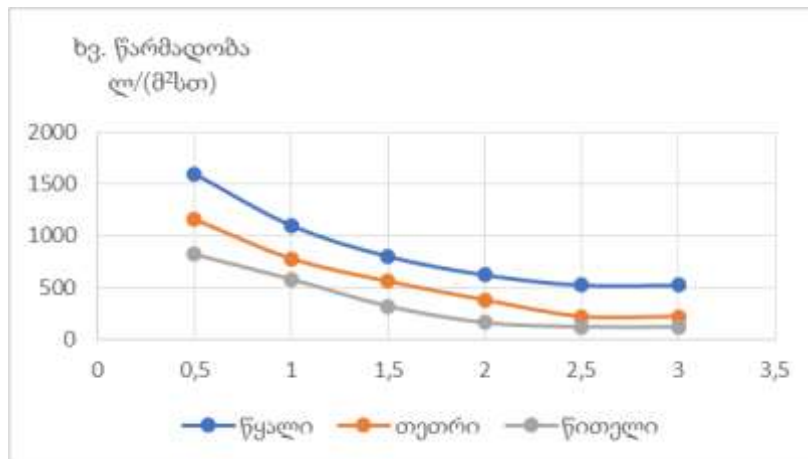
0,45მკმ და 0,2მკმ ფორის ზომის მემბრანები უზრუნველყოფენ თეთრი ღვინის ფინიშურ სტერილურ ფილტრაციის სათანადო ხარისხს, ხოლო წითელი ღვინის შემთხვევაში კი 0,45მკმ.

ცხრ. 3-ში მოყვანილია FTU 10 სიმღვრივის წყლის, თეთრი და წითელი ღვინის სამ საათიანი ფილტრაციის ხვ. წარმადობის ექსპერიმენტული მონაცემები აღებული 0,5 სთ-იანი დროის ინტერვალით.

**ცხრილი 3. FTU 10 სიმღვრივის წყლის, თეთრი და წითელი ღვინის ფილტრაციის ხვ. წარმადობის ექსპერიმენტული მონაცემები**

საკვლევი სითხე	წნევა (ატმ.)	სითხის სიჩქარე საკანში (მ/წმ)	სითხის ტემპერატურა $t^{\circ}\text{C}$	ხვ. წარმადობა 0,5სთ ინტერვალით ლ/(მ <sup>2</sup> სთ)					
				0,5 (სთ)	1 (სთ)	1,5 (სთ)	2 (სთ)	2,5 (სთ)	3 (სთ)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
წყალი	1	0,5	20	1600	1100	800	620	520	520
თეთრი ღვინო				1160	780	560	380	220	220
წითელი ღვინო				820	600	320	160	120	120

სურათზე მოცემულია ხვ. წარმადობების დამოკიდებულების მრუდები დროის მიხედვით Ser1-წყალის, Ser2-თეთრი და Ser3-წითელი ღვინისათვის



ხვ. წარმადობების დამოკიდებულების მრუდები დროის მიხედვით

თეორიული და ექსპერიმენტული შედეგების საფუძველზე FTU-10 სიძვრივის თეთრი და წითელი ღვინისათვის შემუშავებულია სადაწნო საკანის გეომეტრიის პირველადი კონფიგურაცია, რომლის დროსაც ნაკადის სიჩქარეა 0,5 მ/წმ, სადაწნო საკანში წნევა 1 ატმ., ხოლო სადაწნო საკანის სიმაღლე შეადგენს  $h=0,6$ მმ, რაც განსაზღვრავს დანადგარის კონსტრუქციული ელემენტების ზღვრულ პარამეტრებს და მემბრანების ერთეულ მოცულობაში განთავსების პირობებს. თეორიული და ექსპერიმენტული კვლევის შედეგებით განისაზღვრა თეთრი და წითელი ღვინის მიკროფილტრაციული პროცესის ხვ. წარმადობის ასიმტოტური მნიშვნელობები, რაც უზრუნველყოფს მემბრანული სისტემის როგორც ნახევრად ავტომატურ, ასევე სრული ავტომატიზაციის საკითხების გადაწყვეტას.

#### ლიტერატურა

1. Гидравлический расчет на потери напора или как ...infobos.ru/str/556.html;
2. Мотков М.А.» Гидравлика».Москва,1958, Гос.Трансп.Железнодорожное изд.;
3. გ.ვ. ბიბილეიშვილი, ლ.პ. ყუფარაძე, ე.გ.კაკაბაძე, თ.ი.ომსარაშვილი. ჰააგენ-პუაზილის დინება სადაწნო მილში და მიკროფილტრაციული პროცესები. //საქართველოს საინჟინრო სიახლენი №2, ტ.93, 2021. გვ.94-96, ISSN 1512-02874.
4. Co je kvalitní filtrace vína? - Bilek Filtry filtrace.com/clanky-a-odborne-texty...Pojem „kvalita filtrace vína“ je velmi široký ve svém obsahu jednotlivých konkrétních Компания Bilek Filtry движется в направлении повышения ...filtrace.com/ru/stati-specialistov/...Чешская фирма Bilek Filtry, s.r.o; Фильтрация вина. amazure.com.ua/blog/filtratsiya-vin...Фильтрация, техника для сепарации, используемая для исключения твёрдых частиц из сусле...;
5. Микрофильтрация для осветления вина aqtrading.ru/use/filtering-drinks/ Фильтрация напитков.

#### SUMMARY

#### STUDY OF THE MICROFILTRATION PROCESS OF WATER, WHITE AND RED WINE UNDER LAMINAR AND HYBRID FLOW CONDITIONS.

Bibileishvili G.V., Kuparadze L.P., Ebanoidze L.O. and Kezherashvili M.G.

Engineering Institute of Membrane Technologies, Georgian Technical University

By way of realization of hybrid stream theoretically and experimentally investigated process of microfiltration separation of white and red wine on a laboratory membrane device for laminar modes under conditions of change of pressure, speed and circulating stream (retentate) with various sizes of membrane pores 0,2 microns, 0,45 microns, 0,8 microns.

**Keywords:** Hybrid flow, specific capacity, microfiltration.

სასმელი და ჩამდინარე წყლების ბარომემბრანული პროცესებით  
დაგეგმვის ზოგიერთი საკითხი

ბიბილეიშვილი გ.გ., მამულაშვილი მ.ა., ჯაგაშვილი ზ.დ., კაკაბაძე ე.გ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის მემბრანული ტექნოლოგიების საინჟინრო  
ინსტიტუტი

ნაშრომში შესწავლილი იქნა სასმელი, ჩამდინარე წყლის სიმღვრივის და მიკრობიოლოგიური მაჩვენებლები. საანალიზო სინჯები აღებული იყო ქალაქის წყალმომარაგების და მდინარე მტკვრის წყლის ორ უბანზე.

სასმელი წყლის და მდინარე მტკვრის ნიმუშებზე ჩატარებულია მიკრობიოლოგიური ანალიზები, ტოტალური კოლიფორმების, *E.coli*-ის და ფეკალური სტრეპტოკოკების შემცველობაზე. კვლევის შედეგები მოცემულია ცხრ. 1-ში.

ცხრილი 1. სასმელი წყლის და მდინარე მტკვრის სიმღვრივის, მიკრობიოლოგიური ანალიზის შედეგები ფილტრაციამდე

ინდიკატორი	სასმელი წყალი		მდ. მტკვარი	
	ბანი I	უბანი II	ბანი I	უბანი II
სიმღვრივე FTU	0,60	0,75	14	25
<i>E.coll</i> 1ლ-ში	არ აღმოჩნდა	არ აღმოჩნდა	1200	10000
ტოტალური კოლიფორმები (TC) 1ლ-ში	არ აღმოჩნდა	არ აღმოჩნდა	2000	15400
ფეკალური სტრეპტოკოკები ( <i>S. faecalis</i> ) 1ლ-ში	არ აღმოჩნდა	არ აღმოჩნდა	1200	1300

სასმელ წყალში ორივე უბანზე მიკრობიოლოგიური დაბინძურება და სიმღვრივის მაჩვენებელი აკმაყოფილებს დადგენილ სტანდარტს. მდინარის წყლებში პათოგენური ბაქტერიების რაოდენობას განაპირობებს დინების სიდიდე, სეზონი, წყლის დინების და მისი შენაკადების ევტროფიკაციის ხარისხი [1-4]. მიკრობიოლოგიური და სიმღვრივის ანალიზის მაჩვენებლები გაზრდილია ქალაქის ცენტრალურ უბნებში. ოთხივე უბანზე აღებულ სინჯების ფილტრაცია ჩატარდა ინსტიტუტის ულტრაფილტრაციულ დანადგარზე. მიღებული შედეგები მოცემულია ცხრ. 2-ში.

ცხრილი 2. სასმელი წყლის და მდინარე მტკვრის სიმღვრივის, მიკრობიოლოგიური ანალიზის შედეგები ულტრაფილტრაციის შემდეგ

ინდიკატორი	სასმელი წყალი		მდ.მტკვარი	
	ბანი I	უბანი II	ბანი I	უბანი II
სიმღვრივე FTU	0,03	0,04	0,07	0,08
<i>E.coll</i> კწყ/ლ-ში	არ აღმოჩნდა	არ აღმოჩნდა	არ აღმოჩნდა	არ აღმოჩნდა
ტოტალური კოლიფორმები (TC) კწყ/ლ-ში	არ აღმოჩნდა	არ აღმოჩნდა	არ აღმოჩნდა	არ აღმოჩნდა
ფეკალური სტრეპტოკოკები ( <i>S. faecalis</i> ) კწყ/ლ-ში	არ აღმოჩნდა	არ აღმოჩნდა	არ აღმოჩნდა	არ აღმოჩნდა

სასმელი და მდინარე მტკვრის წყლების ულტრაფილტრაციით დამუშავების შედეგად სიმღვრივის მაჩვენებელზე მცირედი გავლენა იქონია შეწონილი ნაწილაკების კონცენტრაციამ, რაც აისახა მიღებულ შედეგებში. ფილტრაციის შედეგად მიკრობიოლოგიურმა ანალიზმა არ გამოავლინა ბაქტერიების არსებობა.

ამრიგად, მიღებულმა შედეგებმა აჩვენა, რომ სასმელი და ჩამდინარე წყლების დამუშავებისას, ბარომემბრანული პროცესების გამოყენებით ფილტრაციის საფეხურეობრივი სისტემის ორგანიზება უზრუნველყოფს სსნარებში არსებული ორგანიზული და არაორგანიზული კომპონენტების ზღვრულად დასაშვებ კონცენტრაციებამდე დაყვანას.

#### ლიტერატურა

1. Łukasz Augustyn<sup>1,2</sup>, Anna Babula<sup>2</sup>, Jolanta Joniec<sup>3</sup>, Jadwiga Stanek-Tarkowska<sup>1</sup>, Edmund Hajduk<sup>1</sup>, Janina Kaniuczak<sup>1</sup> Microbiological Indicators of the Quality of River Water, Used for Drinking Water Supply Polish Journal of Environmental Studies 2016;25(2): 511–519 DOI: <https://doi.org/10.15244/pjoes/60899>
2. TASNIA AHMED<sup>1</sup>, MRITYUNJOY ACHARJEE<sup>1</sup>, MD. SHOHANUR RAHMAN<sup>1</sup>, MONIRUNNESSA MEGHLA<sup>1</sup>, JANIFAR JAMAL<sup>1</sup>, SAURAB KISHORE MUNSHI<sup>1</sup> AND RASHED NOOR<sup>1</sup> Microbiological study of drinking water: Qualitative and quantitative approach Article in Asian Journal of Microbiology, Biotechnology and Environmental Sciences • January 2013. Vol. 15, No. (4) : 23-458
3. Geldreich, E.E. 1990. Microbiological quality of source waters for water supply p. 3-31 In: G. A. McFeters, edited. Drinking Water Microbiology. Springer- Verlag, New York.
4. McFeters, G. A., Kippin, J. S. and LeChevallier, M. W. 1986. Injured coliforms in drinking water. Appl. Environ. Microbiol. 51 : 1–5

#### SUMMARY

#### SOME ISSUES OF DRINKING AND WASTEWATER TREATMENT BY BAROMEMBRANE PROCESSES

**Bibileishvili G.V., Mamulashvili M.A., Javashvili Z.D. and Kakabadze E.G.**

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

The possibility of regulating microbiological indicators and turbidity indicators of drinking water and Mtkvari river water using baromembrane processes is discussed in the research. Step-by-step filtration based on membrane nanotechnology ensures the reduction of organic and inorganic components in solutions to the maximum allowable concentration.

**Keywords:** turbidity, microbiology, sampling, drinking water, wastewater, ultrafiltration.

ლანჩხუთის რაიონის ზოგიერთი ჭაბურღილის წყლის ფიზიკურ-ქიმიური ანალიზი

ჟღენტი დ.ზ., ებანოიძე ლ.ო., ბიბილეიშვილი დ.გ, ორმოცაძე ნ.შ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი  
აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი, ქუთაისი

წყალი უმნიშვნელოვანესი ქიმიური ნაერთია, იგი სიცოცხლის ერთ-ერთი აუცილებელი პირობაა. დედამიწაზე გვხვდება ოკეანეების, ზღვების, ტბების, მდინარეების, მიწისქვეშა წყლების და ა.შ. სახით. განსხვავება მათ შორის სხვადასხვა თვისებების მქონე და სხვადასხვა რაოდენობის გახსნილი ნივთიერებებია. არსად მსოფლიოში არ არსებობს ერთნაირი მინერალური შემცველობის მქონე წყალი. მინერალური წყალი შეიცავს სხვადასხვა სახის მარილებს, აირებს, ორგანულ ნივთიერებებს, რომლებიც მას განსაკუთრებულს ხდის. მინერალური წყლის სარგებელი ისაზღვრება მასში შემავალი იონების თვისობრივი და რაოდენობრივი მახასიათებლებით. გასათვალისწინებელია, რომ ადამიანი მისთვის აუცილებელ „სიცოცხლის მეტალებს“ იღებს საკვებიდან. მათი მიღების კიდევ ერთ წყაროს მინერალური წყალი წარმოადგენს. მინერალური წყლის ერთ-ერთი სასარგებლო თვისება მის გამაჯანსაღებელ და ორგანიზმის სასიცოცხლო პროცესებში ჩართულობაზე გადის. ის გვეხმარება იმუნიტეტის გაძლიერებაში და დიდ როლს თამაშობს სხვადასხვა ინფექციებისა და ვირუსული დაავადებების დამარცხებაში.

როგორც ცნობილია, საქართველო წყლის ბუნებრივი რესურსებით მდიდარი რეგიონია. ამ მხრივ გამონაკლისს არ წარმოადგენს ქ. ლანჩხუთის რაიონი.

ჩვენი კვლევის ობიექტს წარმოადგენდა ქ. ლანჩხუთის რაიონის ტერიტორიაზე არსებული ზოგიერთი ჭაბურღილის წყალი. სინჯების აღება ხდებოდა 1. ქალაქ ლანჩხუთის №1; 2. სოფელ შუხუთის №2; 3. სოფელ ქვიანის №3 ტერიტორიებზე არსებული ჭაბურღილებიდან.

საკვლევი ნიმუშების და გარემოს ტემპერატურები სინჯის აღების დროს მოცემულია ცხრ. 1-ში.

ცხრილი 1. გარემოს ტემპერატურები

ნიმუშის ნომერი	საკვლევი ნიმუშის ტემპერატურა °C	გარემოს ტემპერატურა °C
1	15-16	16
2	17-18	14.5
3	15	14

ნიმუშების შესწავლისას გამოყენებულია შემდეგი ფიზიკურ-ქიმიური კვლევის მეთოდები:

- კუთრი წონის განსაზღვრა პიკნომეტრის საშუალებით;
- მშრალი ნაშთის განსაზღვრა – წონითი (გრავიმეტრული) მეთოდით;
- pH – ის დადგენა pH-მეტრით;
- ელექტროგამტარობის დადგენა კონდუქტომეტრული მეთოდით;
- სიმღვრივის განსაზღვრა ნეფელომეტრით;
- $Mg^{2+}$ ;  $Ca^{2+}$ ;  $Ba^{2+}$ ;  $Cl^-$ ;  $F^-$  იონთა ანალიზი – იონომეტრული ტიტვრით

საკვლევი ნიმუშების სიმკვრივე განისაზღვრა ოთახის ტემპერატურაზე (21,9°C) პიკნომეტრის საშუალებით. ექსპერიმენტის შედეგები მოტანილია ცხრ. 2-ში.

**ცხრილი 2. საკვლევი ნიმუშების სიმკვრივე**

ნიმუშის ნომერი	ცარიელი პიკნომეტრის მასა, გ	წყლიანიპიკნომეტრის მასა, გ	პიკნომეტრის მოცულობა, გ	პიკნომეტრის მასა ნიმუშით, გ	ნიმუშის მასა, გ	ნიმუშის კუთრი წონა გ/სმ <sup>3</sup>
	4.7275	7.7793	3,0518			
1				7.7790	3.0515	<b>0.9999</b>
2				7.7799	3.0524	<b>1.00019</b>
3				7.7798	3.0523	<b>1.00016</b>

მშრალი ნაშთის რაოდენობა განისაზღვრა გოსტ 18164-72-ის შესაბამისად, გრავიმეტრული მეთოდით. შედეგები მოტანილია ცხრ. 3-ში.

**ცხრილი 3. მშრალი ნაშთის რაოდენობა**

ნიმუშის ნომერი	ცარიელი ფაიფურის ჯამის წონა, გ	ფაიფურის ჯამის წონა მშრალი ნაშთით, გ	მშრალი ნაშთის მასა, გ	ნიმუშის მასა, გ	მშრალი ნაშთის შემცველობა %
1	25,2430	25.3110	0.0689	149.985	<b>0.0453</b>
2	25,2550	25.2791	0.0241	100.019	<b>0.024</b>
3	25,8737	25.9154	0.0417	150.024	<b>0.0278</b>

ხსნარის pH გაზომილი იქნა DpH-2 მარკის pH მეტრით. შედეგები მოტანილია ცხრ. 4-ში.

**ცხრილი 4. სიმღვრივის მაჩვენებლები**

ნიმუშის ნომერი	pH	ელგამტარობა $\chi$ , მილისიმ.მ <sup>-1</sup>	სიმღვრივრე ფორმაზინის ერთეული FTU
1	<b>7.6</b>	<b>0,326</b>	<b>0,49 – 0,50</b>
2	<b>8,7</b>	<b>0,322</b>	<b>0,24 – 0,25</b>
3	<b>8,7</b>	<b>0,314</b>	<b>0,08 – 0,12</b>

ხსნარის ელექტროგამტარობის დადგენა და მისი შეფასება წარმოდგენას გვიქმნის ხსნარში არსებული იონების კონცენტრაციაზე. ნიმუშების ელექტროგამტარობა განსაზღვრული იქნა კონდუქტომეტრ KL9-1M-ის საშუალებით (სურათი 1), მისი გაზომვის დიაპაზონია  $10^{-7}$ -დან  $10^{10}$ -მდე სიმ.მ<sup>-1</sup> დანაწევრებული 8 ქვედიაპაზონად. საკვლევი ნიმუშების კუთრი ელექტროგამტარობის მნიშვნელობები მოტანილია ცხრ. 4-ში.

ნიმუშების სიმღვრივე შესწავლილი იქნა ნეფელომეტრით Turb 555 (სურათი 2). ნეფელომეტრი შედეგება ვარვარების ნათურისაგან, სინათლის ფოკუსირებისათვის საჭირო ლინზებისაგან, სინათლის პირდაპირი გაფანტვის და დაცემული სხივის დეტექტორებისაგან. მიკროპროცესორით ფიქსირდება თითოეული დეტექტორიდან მიღებული სიგნალი, მათი თანაფარდობით ხდება სიმღვრის რიცხვითი მნიშვნელობის განსაზღვრა.



სურათი 1. კონდუქტომეტრი KL3-1M



სურათი 2. ნეფელომეტრი Turb 555

გამოყენებული ხელსაწყო დაკალიბრებულია ფორმაზინის ხსნარზე, ამიტომ სიმღვრივე გაიზომება ფორმაზინის ერთეულებში (FTU). ნიმუშების სიმღვრივის მაჩვენებლები მოტანილია ცხრილში 4.

საკვლევი წყლის შემადგენლობაში არსებული იონების და მათი რაოდენობის დასადგენად მივმართეთ იონომეტრიას. გამოვიყენეთ ლაბორატორიული ხელსაწყო იონომეტრი HI160, მარკით IMP, იონური სელექციური ელექტროდებით (ISE), რომელიც ინდიკატორულ ელექტროდს წარმოადგენს (სურათი 3). იონური სელექციური ელექტროდები ელექტროქიმიური ნახევარგამტარებია, რომლებიც საშუალებას იძლევა განისაზღვროს კალციუმის, ნატრიუმის, კალიუმის, მაგნიუმის, ბარიუმის, ფთორის, ქლორის, ნიტრატის, სულფიდის და სხვა იონები. მზადდება 2 ტიპის საანალიზო ხსნარი – სტანდარტული და ბუფერული. უნდა შეირჩეს ის ელექტროდი, რომელიც ახდენს ჩვენთვის საინტერესო იონის დეტექტირებას. საკვლევ ნიმუშებში განსაზღვრული იქნა იონომეტრული მეთოდით კალციუმის, მაგნიუმის, ბარიუმის, ქლორისა და ფთორის იონების კონცენტრაციები. შედეგები მოტანილია ცხრ. 5-ში.

ცხრილი 5. კალციუმის, მაგნიუმის, ბარიუმის, ქლორისა და ფთორის იონების კონცენტრაციები

	Ca <sup>2+</sup>		Mg <sup>2+</sup>		Ba <sup>2+</sup>		Cl <sup>-</sup>		F <sup>-</sup>	
	ზღვრული დასაშვები კონც. (ზღკ), მგ/ლ		ზღვრული დასაშვები კონც. (ზღკ), მგ/ლ		ზღვრული დასაშვები კონც. (ზღკ), მგ/ლ		ზღვრული დასაშვები კონც. (ზღკ), მგ/ლ		ზღვრული დასაშვები კონც. (ზღკ), მგ/ლ	
1	35–130	44,70	<85,0	25,30	<0.1	0,08	<310	4,53	<0.05	0,16
2		41,30		18,70		0,06		10,20		0,11
3		37,90		12,10		0,09		6,49		0,16



სურათი 3. იონმეტრი – И160.1MII

ანალიზის შედეგებიდან გამომდინარე ცალსახაა, რომ მოცემული წყლები მინერალურ წყლებს განეკუთვნება. ვასკენით, რომ სამივე ჭაბურღილის წყალში იონების შემცველობა  $Mg^{2+}$ ;  $Ca^{2+}$ ;  $Ba^{2+}$ ;  $Cl^-$ ;  $F^-$  არ აღემატება ზღვრულ დასაშვებ კონცენტრაციებს (ზდკ), რაც სხვა ფიზიკურ-ქიმიურ თვისებებთან ერთად მათ ვარგისიანობაზე მიუთითებს.

#### ლიტერატურა

1. დენიტა ბიბილეიშვილი, ლიანა ებანოიძე. ექსპერიმენტული ფიზიკური ქიმია. –თბილისი, ტექნიკური უნივერსიტეტი, 2018, 105 გვ.
2. “მინერალური წყლების შემადგენლობა და გამოყენება, მინერალური წყლის სარგებელი და ზიანი” <https://kam-min.ru/ka/perec/sostav-i-primenenie-mineralnyh-vod-mineralnaya-voda-polza-i-vred/>
3. დერისთავი. საქართველოს მინერალური წყლები. –თბილისი, საბჭოთა საქართველო, 1966, 226 გვ.
4. რკლიაშვილი, დობილეიშვილი. წყალი და მისი ხასიათი. –თბილისი, ტექნიკური უნივერსიტეტი, 2011, 115გვ
5. წყლის ხარისხი <https://www.gwp.ge/ka/wylis-xarisxi/1317-2-aprilis-monatsemebi-tskhlis-khariskhis-shesakheb>
6. Методика определения сухого остатка в воде <https://www.korolevpharm.ru/proizvodstvo/kachestvo/metodiki-i-testy/metodika-opredeleniya-sukhogo-ostatka-v-vode.html>
7. წყლის ანალიზი <https://www.eurolab.com.tr/ka/testler/su-analizleri>

#### SUMMARY

#### PHYSICAL-CHEMICAL ANALYSIS OF SOME BERE WATER OF THE LANCHKHUTI REGION

Zhgenti D.Z., Ebanoidze L.O., Bibileishvili D.V. and Ormotsadze N.Sh.

Georgian Technical University

Akaki Tsereteli State University, Kytaisi

The object of investigation is the existent of three bore water in the region of Lanchkhuti. The results of the analysis indicate that the given waters represent mineral waters. The conclusion is that the water of those three of bores contain ions:  $Mg^{2+}$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Ba^{2+}$ ,  $Cl^-$ ,  $F^-$  and they not surpass the limit landing concentration, indicating their fitness together with ather physical-chemical properties.

**Keywords:** water, physical-chemical analysis, Lanchkhuti region.



## NEW PETROLEUM SORBENTS TO REDUCE ENVIRONMENTAL STRESS

Molodinashvili Z.F., Kopaleishvili M.N., Gabunia T.I. and Shatakishvili T.N.

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

**Abstract:** For obtaining of porous materials natural sorbents – diatomite, zeolite and perlite were chosen. Thermal and chemical modification, and then hydrophobization of the sorbents was carried out. The optimal conditions are determined; amidoaldehyde oligomers were synthesized with the aim of their usage as a matrix in composition of porous materials characterized with high sorption activity and ability to float on the surface of water together with the absorbed compounds. Their removal from the water surface is possible mechanically. Hybrid porous polymers are characterized by selectivity, fire resistance, wide range variability of properties depending on the structure and ratio of initial substances.

**Keywords:** natural sorbents, oil products, porous material, synthesis, modification, hydrophobization

The important task of the present day is protection of the environment and mainly of water basins (rivers, lakes, water basins, seas, etc.) from pollution with petroleum and petroleum products and other toxic organic compounds [1-3].

Production and processing of oil, as well as production of several organic compounds, in the world is growing annually thus promoting occurrence of complex ecological problems. These problems often are caused by accidents on oil pipelines, during transportation by ground or by sea, as well as by violation of technological regimen during oil production, by incomplete cleaning of drains, etc. Therefore, activities aimed at elaboration of effective methods for absorption of oil products and toxic organic compounds from the surface of the contaminated water are the main task for protection of the environment.

It is well known that 1L of petroleum restricts the access of air to 40.000L of water and 1 ton of petroleum pollutes water surface to the extent of 12 km. Today for purification of water surface an adsorption method is widely used. For utilization of spilled petroleum and petroleum products more than 200 different types of sorbents are produced and used.

Quality of sorbent is characterized by volume of absorbed petroleum and its products, and by its ability of regeneration, utilization and floatation. The most commonly used sorbents are inorganic compounds – different types of clays, zeolites, diatomites. The quality of these sorbents is insufficient from the point of view of ecology. They have relatively low absorption ability in respect of petroleum. When removing of petroleum from the water surface the inorganic sorbents are sinking together with the absorbed compounds thus polluting the bottoms of rivers, seas and oceans.

Hence the development of new, highly effective sorbent with high sorption ability in respect of petroleum and petroleum products, not sinking in water together with the absorbed compounds, and available owing to the simplicity of production technology and low cost is one of the urgent tasks of the study.

Porous sorbents are also effectively used as heat and sound insulation materials.

According to literary data in polymeric compositions are used both organic (fibrous synthetic polymers: polyesters and carbocyclic compounds) and mineral (inorganic) raw materials – talc, calcites, basalt fiber, etc. We think it prospective to use zeolites, diatomite and perlite in polymeric compositions.

As polymeric matrix in compositions are used phenol-aldehyde oligomeres, polyurethanes, polyethylene, polystyrene, polypropylene, polyamides, polyarylates and other class polymers.

We consider amido-aldehyde oligomers as polymers to be used for the intended purpose because of their availability and low cost [4-7].

Studies for selection of natural mineral zeolites were conducted. Natural sorbents have an advantage in comparison with synthetic sorbents: cheapness, availability. However by effectiveness, purity, homogeneity natural sorbents drop behind synthetic sorbents. From this point of view mineral sorbents – silicium series sorbents (diatomites), bentonite clays and natural resistant to acids zeolites (clinoptilolite, perlite, etc.) – are of great interest. When choosing natural sorbents their pore sizes for complete sorption of substance, as well as their thermal stability (so that the deformation of the pores

does not take place) are to be taken into account. Three main objects were distinguished: natural zeolite, diatomite and perlite [8–10].

On the initial stage natural sorbent – zeolite was chosen which was resistant to aggressive media (acids) and was thermo stable as well, a significant factor from the point of view of exploitation parameters. The optimal conditions for thermal modification of the natural sorbent were determined – heating at 240–700°C during 6 hours.

Researches to determine optimal conditions of chemical modification of the natural zeolite were carried out. Works for obtaining of H-form of the natural zeolite (clinoptilolite) were carried out. The natural zeolite was treated with different concentrations of hydrochloric acid (0,05N; 0,1N; 0,2N; 0,3N) at 25°C.

Chemical modification was carried out to increase the size and activity of the zeolite pores. Optimal conditions (temperature, time, concentration of solutions and ratio of the components) for chemical modification of the zeolite were determined. Several ways of chemical modification were determined, in particular with the help of acids, ammonium chloride ( $\text{NH}_4\text{Cl}$ ) potassium chloride (KCl) and other compounds.

Experiments in thermal modification of the diatomite were carried out. Thermal modification of diatomite can be carried out by:

1. Heating at 900–1000°C.
2. Treatment with NaCl and heating at 1000°C.
3. Treatment with  $\text{SiF}_4$  and heating at 1000°C.

To determine the optimal temperature of thermal modification the diatomite was heated during 3 hours at 250, 300, 400, 450, 500, 550, 600, 700, 900 and 1000°C.

During heating up to 250°C mainly the absorbed water release takes place. Increasing of the temperature leads to destruction of organic components and widening of pores. At 700°C the size of pores reaches the maximum and capacity of the modified diatomite pores increases.

It was determined that introduction of thermally (heating at 700°C) and chemically (by siliciumorganic compounds) modified perlite into the polymeric composition sharply improves properties of the porous polymere – its density, ability to float, sorption properties, etc.

Natural sorbents – zeolite, diatomite and perlite can be used as remedies for cleaning of water, polluted with petroleum. As they are hydrophilous and sink in water it is necessary to carry out their hydrophobization.

Processes of hydrophobization of diatomite, perlite and zeolite were studied.

In particular, hydrophobization both of natural not modified and thermally modified (at 400°C) diatomite was carried out at 250°C during 6 hours in the silicon medium.

The experiment showed, that thermally modified diatomite after hydrophobization:

1. Does not get wet in water and does not sink.
2. Effectively absorbs oil from the surface of polluted water.

Diatomite is more prospective sorbent for purification of water-oil emulsions. Heated at 450–700°C diatomite acts more effectively in case of low concentrations of oil ( $1,0 \cdot 10^3$  mg/L –  $6 \cdot 10^3$  mg/L). If the concentration of oil is high the heated at 1000–1200°C diatomite is used.

To obtain polymeric compositions the complex carbamide-formaldehyde, melamine-formaldehyde and carbamide-melamine-formaldehyde oligomers were synthesized, that are prospective material for usage as matrix in compositions. Synthesis of oligomers was carried out mainly in water solutions, based on amide component and formaldehyde:

The method provides for interaction of amide component (carbamide, melamine) and formaldehyde in water solution in defined reaction media (pH=5-7,5) and temperature (30–100°C) conditions. Correction of the reaction media is carried out by 10% NaOH solution and formic acid. Ratio of resulted components (amide component: formaldehyde) is 1:1,7, respectively. Water solution of formaldehyde was used [11-14].

Amide oligomers were obtained by polycondensation in alloy with ratio of the obtained components (carbamide:aldehyde) 1:1.1, respectively, at 100°C, duration of the reaction 1 hour.

The composites were prepared from diatomite (both natural and modified) and amido-aldehyde oligomer (with different percentage) according to the developed by us technology: foaming agent, resorcin and water mixture were placed into the utensil. After their good mixing 2,5 ml of

mixture were foamed by air stream to obtain stable foam. A certain amount of amido-aldehyde oligomer was added to the foam with preliminarily introduced certain amount of natural sorbent. Foaming was continued by air stream until full effervescence and obtaining of stable foam.

It was determined, that properties of the obtained porous hybrid polymer were affected by the ratio of amide oligomer to diatomite, and the reaction media. The results give us possibility to make a conclusion: the optimal mass ratio of diatomite and amido-aldehyde oligomer to obtain effective material is 0,3: 0,7, respectively. Increasing of the diatomite amount up to 50% (in relation to the oligomer) the heat stability, density, fire resistance is increased, physical and mechanical properties are improved. But further increase of the ratio results in worsening of the material properties.

The effect of pH on the formation of a hybrid polymer was studied. Its correction makes it possible to obtain materials with the desired properties. The rapid hardening and the final formation of the exploitation properties of the material depend on the pH. It should be noted that the materials obtained on the basis of amido-aldehyde oligomer and diatomite are equal in efficiency to the expensive materials obtained on the basis of polyurethane. At the same time, they are 10-12 times cheaper than polyurethane materials.

Together with carbamide-formaldehyde and melamine-formaldehyde homogeneous polymers the complex carbamide-hyaline-formaldehyde polymers were obtained.

At the first stage of polymer formation in aqueous solution, methylol derivatives of melamine were obtained, and then they were converted to oligomers by heat treatment (100 °C) and lowering the pH to 5-6. By interaction of the obtained oligomers and a foaming agent (foaming agent, 60% H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>, resorcin and H<sub>2</sub>O) a foam-polymer was obtained, from which polymers with a porous structure were prepared.

To study the sorption properties of the polymer the water artificially polluted with petroleum product (benzene) was taken. Porous polymers (sorbents) were placed into the resulting emulsion for a defined time (1, 3, 5, 7, 10 days). The sorbents were hybrid materials derived from carbamide-formaldehyde oligomers and modified diatomite. After then, the extraction of porous samples (sorbents) from the aqueous medium was performed. Using the spectral analysis, the concentration of the petroleum product remaining in the aqueous emulsion was determined.

The study showed that porous composites are characterized by much higher sorption properties than natural and modified diatomite. Thermally modified, hydrophobized diatomite almost completely absorbs petroleum product if its concentration does not exceed  $6 \cdot 10^3$  mg/L, and at higher concentration -  $14 \cdot 10^3$  mg/L, the amount of petroleum product absorbed by diatomite decreases. Under these conditions high sorption properties are shown by hybrid composites obtained on the basis of the amido-aldehyde oligomer and containing 30% of natural or modified diatomite. Studies of the properties of sorbents were carried out using the spectral and chromatographic methods.

Samples of porous polymer with different percentages of diatomite - 20, 25, 30 and 40% were obtained. The best option is the 25% content of diatomite. The resulting polymer has a high strength and increased porosity. Obtaining of polymer occurred in a shorter time than in other cases.

The influence of various factors (reaction medium, oligomer concentration, air flow intensity, mixing frequency, amount of natural sorbent, etc.) on the formation of a hybrid porous polymer was studied. It was established that the optimal conditions for polymer formation are the following: pH of the reaction mixture <7, oligomer concentration - 55%, intensive air flow, maximum mixing frequency, temperature  $20 \pm 5^\circ\text{C}$  and content of natural sorbent - 25%.

The obtained samples of mixed polymer containing different percentage of diatomite were tested for sorption capacity, the results of which are shown in the table below. It has been established that for improvement of sorption properties of a polymer, both thermal and chemical modification of diatomite is of great importance.

The study showed that if the concentration of petroleum products in the polluted water is  $6 \cdot 10^3$  mg/L, then a sample of mixed porous polymer containing 25% thermally and chemically modified diatomite completely absorbs petroleum products from the surface of the water in five days. In case of polymer sample containing only thermally (1000 °C) modified diatomite the sorption capacity is well manifested at a low concentration of contamination with petroleum products  $1 \cdot 10^3$  mg/L –  $6 \cdot 10^3$  mg/L.

**The results of sorption by hybrid porous sorbent from the surface of water polluted with benzene (light fraction of petroleum)**

№	Samples of porous hybrid materials <sup>x</sup>	Sample weight, g		Amount of absorbed benzene <sup>2x</sup>	
		Before sorption	After sorption	g	%
1	Carbamide-formaldehyde polymer	3,24	5,42	2,18	67
2	Hybrid porous polymer (carbamide-formaldehyde oligomer – 70%, natural diatomite – 30%)	3,53	6,32	2,79	79
3	Hybrid porous polymer (carbamide-formaldehyde oligomer – 70%, modified diatomite – 30%) <sup>3x</sup>	4,28	7,85	3,57	83
4	Hybrid porous polymer (carbamide-formaldehyde oligomer – 60%, modified diatomite – 40%)	5,15	8,67	3,53	68

<sup>x</sup> – Size of the sample 3x2x1 cm<sup>3</sup>, ρ=0,2-0,7g/cm<sup>3</sup>.

<sup>2x</sup> – Time of sample contact with benzene – 5 hours (in water-benzene emulsion); amount of benzene – 5 ml (d=0.879g/cm<sup>3</sup>, t<sub>boiling</sub>= 80<sup>0</sup>C). Water – 100 ml.

<sup>3x</sup> – Diatomite is thermally modified (900<sup>0</sup>C) and hydrophobized with polymethylphenylsiloxane.

**Conclusions:**

1. Natural sorbents – zeolite, diatomite and perlite, – were chosen.
2. For the purpose of activation of sorbents they were thermally and chemically activated.
3. Optimal conditions of thermal modification of natural sorbents were determined: for diatomite – heating at 1000<sup>0</sup>C for 3 hours; for zeolite – heating at 240–700<sup>0</sup>C for 6 hours; and for perlite – heating at 400–600<sup>0</sup>C for 3 hours.
4. Chemical modification of zeolite was carried out by 0.1N ammonium chloride; of diatomite – by treatment with SiF<sub>4</sub>; of perlite – by silicium organic compounds.
5. Hydrophobization processes of diatomite, perlite and zeolite were studied. In particular, hydrophobization of natural unmodified and thermally (400<sup>0</sup>C) modified diatomite was carried out at 250<sup>0</sup>C for 6 hours in silicon area.
6. Amide oligomers were synthesized (amide component:formaldehyde). Ratio – 1:1.7, respectively. Water solution of formaldehyde was used.
7. Amide oligomers were as well obtained by polycondensation in melt with molar ratio of initial components (carbamide:aldehyde) 1:1.1, respectively, at 100<sup>0</sup>C, duration of the reaction – 1 hour.
8. Optimal mass ratio of diatomite and amido-aldehyde oligomer was determined – 0.3:0.7, respectively.
9. Influence of different factors on the process of hybrid porous polymer formation was studied.
10. The obtained samples of mixed polymer with different percentage of diatomite were examined for sorption ability and the study showed that porous composites are characterized by much higher sorption properties than polymer alone or natural and modified diatomite alone.

**REFERENCES**

1. Artemov A.V. Modern technologies for cleaning of pollutions with petroleum. "Crude oil and gas. Industry, 4 (9), 2004.
2. Vardesyanyan G.Ts., et al. The choice of local filtering and sorption materials for cleaning wastewaters from petroleum products. The fourth international congress "Water: Ecology and Technology". ECWATECH-2000.
3. Nebel B. Environmental Science. v. 1, "Mir", 1993.
4. Toroptseva A.M., Belogorodskaya K.V., Bondarenko V.M. Laboratory Workshop in Chemistry and Technology of High-Molecular Compounds". Leningrad, "Chimia", 1972, p. 218.
5. Shitskova A.P. et al. Protection of environment in the oil-refining industry. M., "Chimia", 1980.

7. Abbasov V.M. Ecological problems of the Caspian Sea associated with the extraction and processing of oil. Theses of the V Baku International conference, September 3-6, 2002
8. Zosin A.P. et al. The practice of using C-Verde for purification of water and soil. Report of the International scientific-methodological conference "Ecology – education, science and industry". Belgorod, January 23–25, 2002.
9. Patent 2587440 of the Russian Federation. Composition for obtaining of sorbent based on carbamide-formaldehyde resin // Melkozerov V.M., Vasilyev S.I., Lapushova L.A.; publ. 2016. Bull. No. 17.
10. Patent 2593160 of the Russian Federation. Polymer composition for plastic foam // Melkozerov V.M., Vasilyev S.I., Ortman A.S; publ. 2016. Bull. No. 21
11. Lapushova L. A., Vasiliev S. I. Results of the study of the structure of the polymer sorbents “Uni-Polimer-M” for liquidation of anthropogenic spillage of oil and oil products // Protection of the environment in the Oil and Gas Complex. 2015. No. 6. pp. 17-21.
12. Vasilyev S.I., Lapushova L.A., Melkozerov V.M., Matveykina Ya.V., Gorbunova L.N. Results of the study of hydrophilia of polymer sorbents from the “Unipolymer” series // Systems. Methods .Technologies. 2016. № 1 (29), pp. 135-139.
13. Melkozerov V.M., Vasilyev S.I., Velp A.Ya., Krylyshkin R.N., Maryanchik D.I. Operational properties of polymeric sorbents // J. of Sib. Federal Univ. Engineering & Technologies. 2011. No. 4, pp. 369-379.
14. Levchenko A.G., Vitkovsky M.I., Kurkin V.A., Fedotova A.S. Recultivation of agricultural soils using the “Unipolymer-M” sorbent // Protection of the environment in the Oil and Gas Complex. 2013, No. 10, pp. 42-54.
15. Bazunova M. V., Idrisov I. F., Bazunov A. A., Akhmetkhanov R. M. Sorption-active hybrid polymer nanocomposites based on polyethylene and inorganic components // Scientific. almanac, 2017, No. 2-3 (28), pp. 422-426.

#### რეზიუმე

**ახალი ნავთობსორბენტები ეკოლოგიური დაკავშირების შესამცირებლად**

**მოლოდინაშვილი ზ.ფ., კობალეიშვილი მ.ნ., გაბუნია თ.ი., შატაკიშვილი თ.ნ.**

**ივანე ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის პეტრე მელიქიშვილის სახელობის ფიზიკური და ორგანული ქიმიის ინსტიტუტი**

ფოროვანი მასალების მისაღებად შერჩეულია ბუნებრივი სორბენტი – დიატომიტი, ცეოლითი და პერლიტი. ჩატარებულია სორბენტების თერმული, ქიმიური მოდიფიცირება და შემდეგ მათი ჰიდროფობიზაცია. დადგენილია ოპტიმალური პირობები. სინთეზირებულია ამილოალდეჰიდური ოლიგომერები, ფოროვანი მასალების კომპოზიციაში მათი მატრიცად გამოყენების მიზნით, რომლებიც გამოირჩევიან მაღალი სორბციის და სორბირებულ ნივთიერებებთან ერთად წყალზე ტივტივის უნარით. წყლის ზედაპირიდან მათი მოცილება სორბირებულ ნავთობპროდუქტებთან ერთად შესაძლებელია მექანიკური გზით. ჰიბრიდული ფოროვანი პოლიმერები ხასიათდებიან სელექტიურობით, ცეცხლმდეგობით, ფართო ინტერვალში თვისებების ვარიაციის უნარით, საწყისი ნივთიერებების სტრუქტურისა და თანაფარდობისაგან დამოკიდებულებით.

**საკვანძო სიტყვები:** ბუნებრივი სორბენტი, ნავთობპროდუქტები, ფოროვანი მასალა, სინთეზი, მოდიფიცირება, ჰიდროფობიზაცია.

იზონიკოტინამიდთან, პიკოლინამიდთან და კალიუმის ჰემსაციანოფერატთან (II) კობალტის (II) ბიმეტალური კომპლექსური ნაერთების სინთეზი იზონიკოტინამიდთან, პიკოლინამიდთან და კალიუმის ჰემსაციანოფერატთან (II).

გეგეშიძე ნ.გ., კილასონია ნ.ო., ცინცაძე მ.გ., ქურხული მ.ი.

### საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი რ. აგლაძის არაორგანული ქიმიის და ელექტროქიმიის ინსტიტუტი

ჩვენი კვლევის საგანს წარმოადგენს კობალტის (II) ბიმეტალური კომპლექსური ნაერთების სინთეზი იზონიკოტინამიდთან, პიკოლინამიდთან და კალიუმის ჰემსაციანოფერატთან (II).

კობალტის და რკინის ბიოლოგიური თვისებები კარგად არის შესწავლილი. როგორც მიკროელემენტები, კობალტი და რკინა აუცილებელია ორგანიზმის ნორმალური ფუნქციონირებისთვის.

ასევე საინტერესო ნაერთს წარმოადგენს კალიუმის ჰემსაციანოფერატი (II). ის ფართოდ გამოიყენება ანალიზური ქიმიაში სხვადასხვა მეტალის აღმოსაჩენად. მას გააჩნიათ აგრეთვე გარკვეული ბიოლოგიური აქტივობაც და გამოიყენება როგორც საკვები დანამატი.

ჩვენ მიზანს წარმოადგენს ბიოლოგიურად აქტიურ ორგანულ ლიგანდებთან კობალტის (II) ბიმეტალური კომპლექსური ნაერთების სინთეზი და მათი სტრუქტურის დადგენა.

სინთეზირებულია ბიმეტალური კოორდინაციული ნაერთები  $[\text{Co}2\text{L}(\text{H}_2\text{O})_2]_2[\text{Fe}(\text{CN})_6] \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  და  $[\text{Co}2\text{L}'(\text{H}_2\text{O})_2]_2[\text{Fe}(\text{CN})_6] \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , სადაც L-იზონიკოტინამიდი და L'-პიკოლინამიდი. სინთეზისთვის 0,02 მოლი კობალტის (II) ქლორიდს გაცხელებით ვხსნიდით ~10 მლ წყალში. 0,04 მოლი იზონიკოტინამიდს (ან პიკოლინამიდს) გაცხელებით ვხსნიდით ~ 5–10 მლ წყალში და წვეთ-წვეთობით ვამატებდით მარილის წყალხსნარს (ხსნარი 1).

0,01 მოლი კალიუმის ჰემსაციანოფერატს (II) გაცხელებით ვხსნიდით 10–15 მლ წყალში და წვეთ-წვეთობით ვუმატებდით ხსნარ 1-ს. ნარევი გადაგვქონდა წყლის აბაზანაზე და ვადუღებდით 20 წუთის განმავლობაში. რამდენიმე დღე-ღამის დაყოვნების შემდეგ წარმოქმნილ ნალექს ვფილტრავდით, ჩავრეცხდით წყლის და ეთანოლის მცირე ულუფებით. ვაშრობდით ჰაერზე ფილტრის ქაღალდებს შორის.

მიღებულია იზონიკოტინამიდის შემთხვევაში მუქი მწვანე წვრილკრისტალური ნივთიერება, პიკოლინამიდის შემთხვევაში – მუქი ვაერდისფერი ფხვნილისებრი ნივთიერება. განსაზღვრულია სინთეზირებული ნაერთების ლღობის ტემპერატურა, მათი სხნადობა სხვადასხვა გამხსნელში [1–3].

ჩვენს მიერ სინთეზირებული კომპლექსის  $[\text{Co}2\text{L}(\text{H}_2\text{O})_2]_2[\text{Fe}(\text{CN})_6] \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  (L- იზონიკოტინამიდი) სპექტრებში გამოვლენილია შედარებით ინტენსიური ზოლების სისტემა 3300  $\text{სმ}^{-1}$ -ის ზევით, რომელიც შეიძლება მივაკუთვნოთ  $\nu_{\text{as}}(\text{NH})$ -ჯგუფს და ზოლები 3300  $\text{სმ}^{-1}$  ქვევით, რომელიც ასევე შეიძლება მივაკუთვნოთ  $\nu_{\text{a}}(\text{NH})$ -ს.

არაკოორდინირებული ორგანული ლიგანდის (L - იზონიკოტინამიდის) იწ სპექტრებთან შედარებით სინთეზირებული კომპლექსის  $[\text{Co}2\text{L}(\text{H}_2\text{O})_2]_2[\text{Fe}(\text{CN})_6] \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  იწ სპექტრში შეიმჩნევა შესაბამის უბანში  $\nu_{\text{as}}(\text{NH}_2)$  და  $\nu_{\text{s}}(\text{NH}_2)$  ზოლების რიცხვის გაზრდა 3414,2  $\text{სმ}^{-1}$ .

კრისტალური ინმა-ს სპექტრში „ამიდ-I“ ზოლები  $\nu(\text{CO})$  გამოვლენილია 1684,6  $\text{სმ}^{-1}$  უბანში, ჩვენს მიერ სინთეზირებულ კომპლექსში შესაბამისი რხევები გამოვლენილია კი 1674,5  $\text{სმ}^{-1}$  უბანში, ე.ი. შემცირებულია ~ 10  $\text{სმ}^{-1}$  რაც გვაძლევს საშუალებას ვივარაუდოთ, რომ იზონიკოტინამიდის (L) მოლეკულა კოორდინირებულია კობალტის იონთან კარბონილის ჯგუფის ჟანგბადის ატომით.

სინთეზირებული კომპლექსის იწ სპექტრში ~ 1605,6  $\text{სმ}^{-1}$  უბანში გამოვლენილ ზოლებს თუ მივაკუთვნებთ  $\nu_{\text{კეტ}}$ , მაშინ შეიძლება ვივარაუდოთ, რომ იზონიკოტინამიდის მოლეკულა მეტალის ატომს უკავშირდება ჰეტეროციკლის აზოტის ატომის მეშვეობით.

არაკოორდინირებული იზონიკოტინამიდის ბირთვისთვის დამახასიათებელი რხევის სიხშირე ~1003,6–1010,0 სმ<sup>-1</sup> უბანშია გამოვლენილი, ხოლო სინთეზირებული კომპლექსის იწ სპექტრში ~ 1016,6–1063,2 სმ<sup>-1</sup>, ანუ გადანაცვლებულია ~ 13–53,2 სმ<sup>-1</sup> -ით. ეს კიდევ ერთი მტკიცებულებაა, რომ პიკოლინამიდის მოლეკულის კოორდინირება სინთეზირებულ კომპლექსში მეტალთან ხორციელდება ჰეტეროციკლის ატომის საშუალებით.

კომპლექსის იწ სპექტრში 3400–3600 სმ<sup>-1</sup> უბანში გამოვლენილი რხევების სიხშირეები მიეკუთვნება შიგასფერული წყლის მოლეკულებს. დასკვნების საფუძველზე შეიძლება ვივარაუდოთ, რომ კომპლექსური კათიონის [Co<sub>2</sub>L(H<sub>2</sub>O)<sub>2</sub>]<sup>2+</sup> აგებულება ოქტაედრულია, ხოლო იზონიკოტინამიდის მოლეკულა გამოდის ბიდენტატური ლიგანდის როლში.

სინთეზირებულ კომპლექსურ ნაერთებში ჰექსაციანოფერატ (II)-იონისთვის ν(MC) და δ(MCN) რხევითი სიხშირეები გამოვლენილია 400–600 სმ<sup>-1</sup> უბანში. 383,0–390,4 სმ<sup>-1</sup> უბანში რხევითი სიხშირეები შეგვიძლია მივაკუთვნოთ ν(MC) ჯგუფს, ხოლო 463,1 სმ<sup>-1</sup> უბანში - δ(MCN) ჯგუფს. 2080,8 სმ<sup>-1</sup> გამოვლენილი რხევითი სიხშირეები შეგვიძლია მივაკუთვნოთ ν(CN) ჯგუფის რხევის სიხშირეებს.

**იზონიკოტინამიდის (L) და პიკოლინამიდის (L') მოლეკულის და მათ საფუძველზე სინთეზირებული კობალტის (II) კოორდინაციული ნაერთის შთანთქმის იწ სპექტრების ზოგიერთი მახასიათებელი რხევის სიხშირეები**

ნაერთი	ν(NH)	ν <sub>ბირთ</sub>				„ამიდ“		
		ν(C=N)				I	II	III
L	3324.8	1063.2	1225.4	1319.5	1405.2	1684.8	1600.9	1319.5
	3498.1	1464.8	1490.0	1506.8	1555.2			
L'	3425.4	1044.6	1096.8	1144.3	1227.2	1683.8	1603.7	1393.1
		1255.2	1490.9	1507.7	1570.1			
[Co <sub>2</sub> L(H <sub>2</sub> O) <sub>2</sub> ][Fe(CN) <sub>6</sub> ]·2H <sub>2</sub> O	3414.2	1016.6	1063.2	1222.6	1418.3	1674.5	1605.6	1418.3
[Co <sub>2</sub> L'(H <sub>2</sub> O) <sub>2</sub> ][Fe(CN) <sub>6</sub> ]·2H <sub>2</sub> O	3357.4	1019.4	1066.0	1224.4	1394.0	1670.8	1570.1	1394.0
	3469.2	1420.1	1458.3	1465.8	1490.9			
					1555.2			

ამრიგად, მიღებულია კათიონურ-ანიონურ კომპლექსური ნაერთი [Co<sub>2</sub>L(H<sub>2</sub>O)<sub>2</sub>][Fe(CN)<sub>6</sub>]·2H<sub>2</sub>O (L-იზონიკოტინამიდი). კომპლექსური კათიონის აგებულება ოქტაედრულია, ორგანული ლიგანდი კი ბიდენტატური. კომპლექსური ანიონის აგებულებაც არის ოქტაედრული.

ჰმა-თან კობალტის (II) კომპლექსის სპექტრში ~2900–3500 სმ<sup>-1</sup> უბანში გამოვლენილია ზოლები, რომლებიც მიეკუთვნება ν(NH), ν(CO) და δ(H<sub>2</sub>O). არაკოორდინირებული პიკოლინამიდის მოლეკულაში ν(CO) ჯგუფის რხევითი სიხშირეები გამოვლენილია 1683.8 სმ<sup>-1</sup> უბანში, ხოლო სინთეზირებული კომპლექსური ნაერთის იწ სპექტრში იგივე ჯგუფის რხევითი სიხშირეები მდებარეობს სპექტრის 1670.8 სმ<sup>-1</sup> უბანში, არაკოორდინირებულ პიკოლინამიდის მოლეკულასთან შედარებით ν(CO) გადანაცვლებულია დაბალსიხშირიან უბანში ~ 13 სმ<sup>-1</sup>, რაც მიუთითებს მეტალთან ამიდის მოლეკულის კოორდინირებაზე ჟანგბადის ატომით.

სამეცნიერო ლიტერატურის ანალიზიდან გამომდინარე არაკოორდინირებული პიკოლინამიდის მოლეკულას ახასიათებს ინტენსიური შთანთქმის ზოლი 1570.1–1588.0 სმ<sup>-1</sup> უბანში, რომელიც მიეკუთვნება ჰეტეროციკლის აზოტის ატომის სავალენტო ბმის რხევის სიხშირეს. ჩვენს მიერ სინთეზირებულ კოორდინაციული ნაერთში იწ სპექტრში ეს უბანი გადაცვლებულია ~17 სმ<sup>-1</sup> უფრო მაღალსიხშირიან უბანში. ν ბირთვის სიხშირეთა ამგვარი ცვლილება მიუთითებს, რომ პიკოლინამიდის მოლეკულა მეტალ-კომპლექსწარმნომქმნელთან კოორდინირებულია ჰეტეროციკლის აზოტის ატომის N<sub>ჰეტ</sub> საშუალებით. იგივეზე მეტყველებს სინთეზირებული კომპლექსის იწ სპექტრში არსებული ბირთვის δ(CCN)ზოლი 630.9–648.6 სმ<sup>-1</sup> უბანში, რომელიც

გადანაცვლებულია მაღალსიხშირიან უბანში 18–20 სმ<sup>-1</sup>, თავისუფალი პიკოლინამიდის მოლეკულის შესაბამის სიხშირესთან (612.2 სმ<sup>-1</sup>) შედარებით.

სინთეზირებული კომპლექსური ნაერთის იწ სპექტრში იდენტიფიცირებულია ინტენსიური ზოლები 1019.4–1066.0 სმ<sup>-1</sup> უბანში, რომლებიც შეიძლება მივაკუთვნოთ ასევე ბირთვის სიხშირის შთანთქმის ზოლებს. ლიტერატურული მონაცემებით შესაბამისი სიხშირის ზოლი არაკოორდინირებული პიკოლინამიდის მოლეკულაში მდებარებს 1044.6 სმ<sup>-1</sup> უბანში.

სინთეზირებული კომპლექსის იწ სპექტრში არსებული ფართო ზოლი 3062.0–3188.7 სმ<sup>-1</sup> უბანში შეგვიძლია მივაკუთვნოთ NH<sub>2</sub>-ჯგუფის აზოტის ატომის სავალენტო ბმის სიხშირეს. თავისუფალი პიკოლინამიდის მოლეკულის ანალოგიური რხევის სიხშირე დაფიქსირებულია 3185.9 სმ<sup>-1</sup> უბანში.

სინთეზირებულ კომპლექსურ ნაერთებში ჰექსაციანოფერატ (II)-იონისთვის ν(MC) და δ(MCN) რხევითი სიხშირეები გამოვლენილია 400–600 სმ<sup>-1</sup> უბანში. 433.3 სმ<sup>-1</sup> უბანში რხევითი სიხშირეები შეგვიძლია მივაკუთვნოთ ν(MC) ჯგუფს, ხოლო 509.7 სმ<sup>-1</sup> უბანში - δ(MCN) ჯგუფს. 2174.9 სმ<sup>-1</sup> გამოვლენილი რხევითი სიხშირეები შეგვიძლია მივაკუთვნოთ ν(CN) ჯგუფის რხევის სიხშირეებს. ამ მონაცემების საფუძველზე შეგვიძლია ვივარაუდოთ, რომ ჰექსაციანოფერატ-იონი აღნიშნულ შემთხვევაში ასრულებს ხიდურ ფუნქციას [4-7].

#### ლიტერატურა

1. Цинцадзе М., Гегешидзе Н., Киласония Н. Синтез и исследование двойного комплексного соединения никеля (II) с изоникотинамидом и тиоцианатом. //Керамика, Т. 1(45) 2021, сс. 71–79.
2. M. Abesadze, N. Gegeshidze M. Tsintsadze. N. Kilasonia. SYNTHESIS OF MIXED LIGAND COORDINATION COMPOUNDS OF BIOLOGICALLY ACTIVE METALS WITH N-N-DIMETHYLFORMAMIDE. International Online Conference “Compounds and Materials with Specific Properties”, July 10-11, 2020 Tbilisi, Georgia pp.61–62.
3. N. Gegeshidze M. Tsintsadze N. Kilasonia. Preparathion and characterization of some double complex compounds of metals with N,N-dimethylformamide. CHEMICAL AND TECHNOLOGICAL ASPECTS OF BIOPOLYMERS. Book Volume I P. 26-35 Publishing House “UNIVERSAL” 2020 ISBN 978-9941-26-769-7.
4. Gegeshidze N., Kilasonia N., Tsintsadze M. The VIII International Scientific Conference «THE CHEMISTRY OF COORDINATION COMPOUNDS». 22-23 December Baki-2020 pp. 95-98.
5. Tsintsadze M., Gegeshidze N., Kilasonia N. CHEMICAL AND TECHNOLOGICAL ASPECTS OF BIOPOLYMERS. Book Volume IP. 26-35 Publishing House “UNIVERSAL” 2020 .
6. Arabuli L., Gegeshidze N., Kereselidze M., Skhirtladze L. International Online Conference “Compounds and Materials with Specific Properties” July 10-11, 2020 Tbilisi, Georgia P.63.
7. Цинцадзе Г.В., Цинцадзе М.Г., Гиоргадзе Т.З. Цианатные, тиоцианатные и селеноцианатные соединения металлов. –Тбилиси, ГТУ, 2016, с. 128

#### SUMMARY

#### SYNTHESIS AND STUDY OF BIMETALLIC COBALT (II) COMPOUNDS WITH ISONICOTINAMIDE, PICOLINAMIDE AND POTASSIUM HEXACYANOFERRATE (II)

Gegeshidze N.G, Kilasonia N.O, Tsintsadze M.G. and Khurkuli M.I.

Georgian Technical University

Iv. Javakhishvili Tbilisi State University R.Agladze Institute of Inorganic Chemistry and Electrochemistry

The aim of our research is the synthesis and investigation of bimetallic coordination compounds of cobalt (II). Cobalt (II) chloride and potassium (II) hexacyanoferrate were taken as starting products, and isonicotinamide and picolinamide were used as organic ligands. A method for the synthesis of new bimetallic coordination compounds has been developed. Studies of some physicochemical properties of synthesized complexes have been carried out. In order to determine the rules of coordination of water molecules of isonicotinamide, picolinamide and [Fe(CN)<sub>6</sub>]<sup>4-</sup> ion, the IR spectra of synthesized complexes were studied. The method of grinding polycrystalline samples with vaseline was used. KBr plates (400-4000 cm<sup>-1</sup>) were used. The absorption of vaseline oil was maximally compensated. Two new bimetallic compounds of cobalt (II) with isonicotinamide and picolinamide were synthesized. Both compounds are released in a free state, stable in air. Some of their physicochemical properties have been studied. The synthesized coordination compounds were investigated by IR spectroscopy. The rules of coordination of organic ligands and acidoligand are defined. Comparison of the spectral analysis data allows us to judge the correlation of the oscillation frequencies of the complexes.

**Keywords:** cobalt (II), bimetallic coordination compounds, spectroscopy (IR)

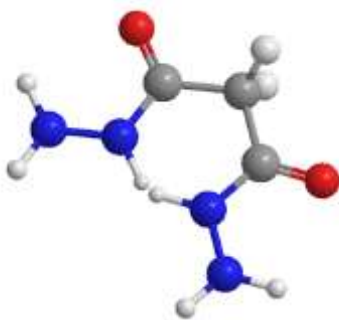


მეტალთა კოორდინაციული ნაერთები კარბონმჟავათა დიჰიდრაზიდებთან

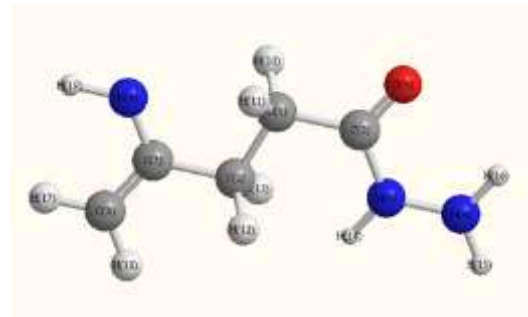
დანელია ნ.გ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

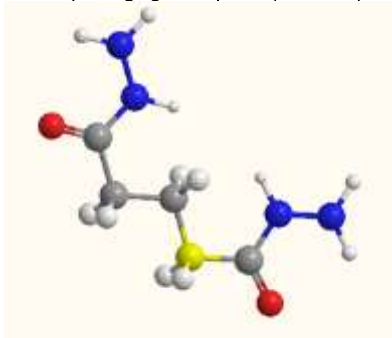
მეტალთა კოორდინაციული ნაერთები ჰიდრაზინის ორგანულ ნაწარმებთან, კერძოდ კი კარბონმჟავათა ჰიდრაზიდებთან, უკანასკნელ წლებში მეცნიერთა განსაკუთრებულ ყურადღებას იქცევს თავისი მრავალფეროვანი და საინტერესო ქიმიური თვისებებით. ამ გარემოებამ განაპირობა მათი ფართო გამოყენება მეცნიერებასა და ტექნიკაში. განსაკუთრებით საინტერესო და მნიშვნელოვანია ალიფატური რიგის ნაჯერი დიკარბონმჟავების დიჰიდრაზიდები, რომლებიც მაღალი ბიოლოგიური აქტივობით ხასიათდებიან.



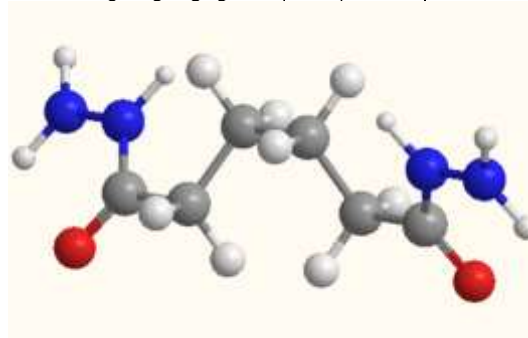
მალონმჟავას დიჰიდრაზიდი



ქარგამჟავას დიჰიდრაზიდი

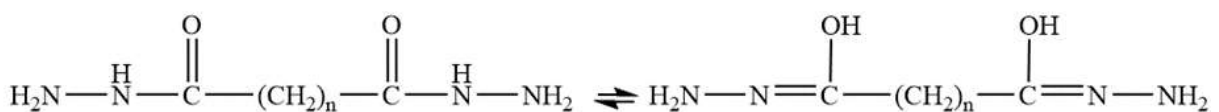


გლუტარმჟავას დიჰიდრაზიდი



ადიპინმჟავას დიჰიდრაზიდი

ორფუძიანი კარბონმჟავების დიჰიდრაზიდები შეიცავენ სიმეტრიულად განლაგებულ ორ ჰიდრაზიდულ ჯგუფს – COONHNH<sub>2</sub>, ჰიდრაზიდული ჯგუფები კი, თავის მხრივ, შეიცავენ რამდენიმე პოტენციურ დონორულ ცენტრს (აზოტის ორი ატომი და ჟანგბადის ერთი ატომი), რომლებსაც შეუძლიათ მეტალ-კომპლექსწარმოქმნელთან კოორდინაციული ბმის წარმოქმნა. გარდა ამისა, დიჰიდრაზიდებს მონოჰიდრაზიდების მსგავსად ტაუტომერული გარდაქმნების უნარი აქვთ, რაც დამოკიდებულია რეაქციის ჩატარების პირობებზე. ეს გარდაქმნები მიმდინარეობს შემდეგი სქემით:



ამიდური ფორმა

იმიდოალკოჰოლური ფორმა

ამ გარემოებიდან გამომდინარე შეგვიძლია ვივარაუდოთ არა მხოლოდ მეტალოციკლების წარმოქმნის შესაძლებლობა ჰიდრაზიდის ამიდურ ფორმასთან, ასევე მეტალოციკლების წარმოქმნა იმიდოალკოჰოლურ დეპროტონირებულ ფორმასთანაც, რაც კიდევ უფრო მრავალფეროვანს ხდის ამ ნაერთებს და აფართოვებს მათი, როგორც პოლიდენტატური ლიგანდების გამოყენების შესაძლებლობებს.

ტუტემიწათა მეტალები კომპლექსური ნაერთების წარმოქმნისადმი შედარებით დაბალ მიდრეკილებას ამჟღავნებენ სხვა კომპლექსწარმოქმნელ მეტალებთან შედარებით. მიუხედავად ამისა, შესწავლილია ტუტემიწათა მეტალების კოორდინაციული ნაერთები, რომელთაგანაც განსაკუთრებით საინტერესოა კალციუმის და სტრონციუმის კომპლექსნაერთები, რაც დაკავშირებულია რადიაქტიური იზოტოპების გამოდევნასთან (განსაკუთრებით ტოქსიკურია  $^{90}\text{Sr}$ ) ადამიანის ორგანიზმიდან.

ცნობილია, რომ რადიაქტიური სტრონციუმი, აგრეთვე რადიაქტიური კალციუმი, ორგანიზმში მოხვედრისას ერთეულ ნივთიერებათა წრებრუნვის ბიოლოგიურ პროცესებში და ძირითადად გროვდება ძვლებში. შიდა გამოსხივების უნარის გამო ისინი ადამიანის ორგანიზმისთვის განსაკუთრებულ საფრთხეს წამოადგენენ. ერთ-ერთი ყველაზე პერსპექტიული და მაღალეფექტური ხერხი ადამიანის ორგანიზმიდან რადიაქტიური იზოტოპების გამოსაყვანად არის კომპლექსწარმოქმნელი ნივთიერებების გამოყენება, ამ გზით ხდება მათი გამოყვანა ორგანიზმიდან და გაუვნებელყოფა. უნდა აღინიშნოს, რომ ამავდროულადმაგნიუმი, კალციუმიდა თუთია წარმოადგენენ მნიშვნელოვან მიკროელემენტებს, რომლებსაც სასიცოცხლო მნიშვნელობა აქვთ ბიოლოგიური პროცესების მიმდინარეობისას. მაგალითად, კალციუმის ნაერთები შედიან სისხლის შედგენილობაში და უმნიშვნელოვანეს როლს ასრულებენ სისხლის შედედების და გულის მუშაობის რეგულირების პროცესში.

თავის მხრივ, კარბონმჟავათა ჰიდრაზიდები წარმოადგენენ გულის და სუნთქვის ორგანოების მუშაობის სტიმულატორებს, ეფექტურ ანტიტუბერკულოზურ, სიმსივნის საწინააღმდეგო, ანტივირუსულ, ფუნგიციდურ საშუალებებს, მცენარეთა ზრდის რეგულატორებს და ა.შ. ცნობილია აგრეთვე, რომ კომპლექსწარმოქმნისას ჰიდრაზიდების ფიზიოლოგიური აქტივობა მნიშვნელოვნად იზრდება.

ახალი კოორდინაციული ნაერთების სინთეზისა და კვლევის მიმართულებით ფართოდ შეისწავლება და გამოიყენება გარდამავალი ტიპის მეტალები, რომლებიც მკვეთრად გამოხატულ კომპლექსწარმოქმნელ უნარს ამჟღავნებენ.

აქედან გამომდინარე, აქტუალურია, საინტერესო და მნიშვნელოვანი ამ მეტალების გამოყენებით როგორც მონომეტალური, ასევე ბიმეტალური კოორდინაციული ნაერთების სინთეზი დიჰიდრაზიდებთან.

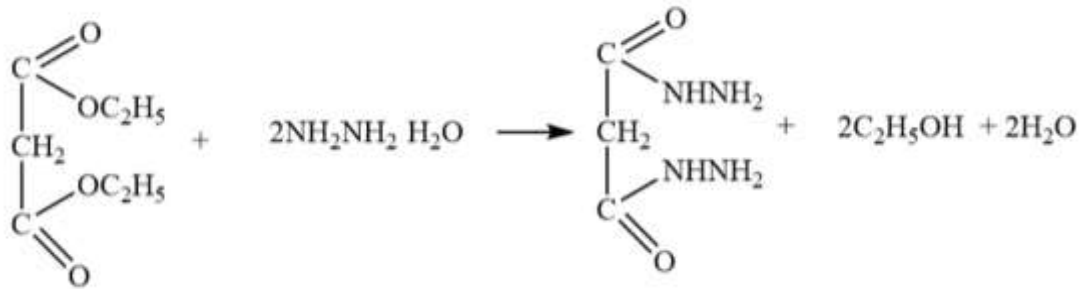
შემუშავებულია მეტალთა – მაგნიუმი, კალციუმი, სტრონციუმი, ბარიუმი და თუთია, კოორდინაციული ნაერთების სინთეზის პირობები მჟაუნმჟავას, მალონმჟავას, ქარვამჟავას, გლუტარმჟავას, ადიპინის მჟავას და ოქსალილჰიდრაზიდის დიჰიდრაზიდებთან. კომპლექსნაერთთა სინთეზი ჩატარებულია წყალხსნარებში, ეთანოლ-წყალხსნარებში და დიმეთილფორმამიდში. შესწავლილია სინთეზირებული კომპლექსნაერთების შედგენილობა, ფიზიკურ-ქიმიური თვისებები, დადგენილია მათი აღნაგობა შთანთქმის ინფრაწითელი სპექტროსკოპიის, რენტგენოგრაფული და თერმოგრაფული მეთოდებით. აღწერილია აგრეთვე თუთიის და კადმიუმის კომპლექსნაერთების სინთეზი ოქსალილდიჰიდრაზიდთან და დადგენილია, რომ გარემოს მჟავიანობის მიხედვით ოქსალილდიჰიდრაზიდი ორი ტიპის ნაერთებს წარმოქმნის: სუსტ ტუტე არეში ორჯერ დეპროტონირებული იმიდოალკოჰოლური ფორმით კოორდინირებს, ხოლო სუსტ მჟავა არეში ნეიტრალური ლიგანდის სახით გვევლინება იმიდური ფორმით.

შესწავლილია მალონმჟავას, ქარვამჟავას, გლუტარმჟავას და ადიპინის მჟავას დიჰიდრაზიდების მოლეკულები კვანტურ-ქიმიური ნახევრადემპირიული 1 მეთოდით და გამოვლენილია მათი გეომეტრიული და სტრუქტურული მახასიათებლები, მეტალთან კოორდინირების წესი. კვლევამ დაადასტურა კარბონმჟავათა დიჰიდრაზიდების მოლეკულებში რამდენიმე დონორული ატომის არსებობა და მოგვცა სურათი, რომლის თანახმადაც დიჰიდრაზიდის მოლეკულისმიერ კოორდინაციული ბმის წარმოქმნა მეტალ-კომპლექსწარმოქმნელთან უფრო მეტად 2 ჯგუფის აზოტის ატომითაა

შესაძლებელი, რადგან, თუ გავითვალისწინებთ ასევე, ჟანგბადის ატომების კოორდინაციის უნარსაც, შესაძლებელია ხუთწევრიანი მეტალოციკლების წარმოქმნა, სადაც კარბონმჟავას დიჰიდრაზიდი კეტონური ან ენოლური ფორმით კოორდინირებს.

გარდა ამისა, შემუშავებულია ბიმეტალური და ჰეტერომეტალური კომპლექსნაერთების სინთეზის მეთოდთა მალონმჟავას დიჰიდრაზიდის ბაზაზე.

საწყის ეტაპზე მალონმჟავას დიჰიდრაზიდის სინთეზი მიმდინარეობდა ცნობილი მეთოდის მიხედვით: ჰიდრაზინჰიდრატის ურთიერთქმედებით მალონმჟავას დიეთილეთერთან. რეაქცია მიმდინარეობს შემდეგი სახით:



მიღებულ დიჰიდრაზიდს ვასუფთავებდით გადაკრისტალებით, ვაშრობდით და ვიყენებდით შემდგომ კოორდინაციული ნაერთების სინთეზისთვის.

ბიმეტალურ კომპლექსნაერთთა სინთეზისთვის მარილების სახით შერჩეული იქნა მაგნიუმის, კალციუმის, სტრონციუმის, კობალტის, ნიკელის, რკინის ქლორიდები, თიოციანატები, ნიტრატები და სულფატები, რომლებსაც წინასწარ ვასუფთავებდით გადაკრისტალებით. მიღებულია ჰაერზე მდგრადი კრისტალები. შესწავლილია მათი ხსნადობა ზოგიერთ გამხსნელებში და განსაზღვრულია ღლობის ტემპერატურა.

**ლიტერატურა**

1. Цинцадзе М., Киласония Н., Мамисеишвили М., Бебия Н. Координационные соединения лантаноидов с орто-, мета- и пара-нитробензоил гидразидами (მონოგრაფია). ტექნიკური უნივერსიტეტი, თბილისი, 2018, 106 გვ.
2. Жоржوليани Н.Б., Вардосანიдзе Т.О., Соболев А.Н. – Синтез и строение некоторых простых и смешанных соединений Mg и Mn(II) с дигидразидом янтарной кислоты. Тезисы докладов 4-го всесоюзного совещания по химии координационных соединений. Тбилиси. 1983, с.66.
3. Гобеджишвили К.М., Нагебашвили С.Ш., Долидзе Ц.Г. Синтез и термографическое исследование смешанных координационных соединений некоторых переходных металлов с дигидразидами и псевдогалогенидогруппами. Научн. Труды Груз. Политехн. Института. 1982, №12, с.20-23.
4. მ.ცინცაძე, ნ.ფრანგიშვილი, ნ.კილასონია, მ.მამისეიშვილი, გ.ცინცაძე. აცეტონის იზონიკოტინილჰიდრაზონის მოლეკულის ელექტრონული სტრუქტურის და კომპლექსწარმოქმნის უნარის კვლევა სხვადასხვა გამხსნელებში. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის შრომები. „ტექნიკური უნივერსიტეტი“, 2019. გვ.73-81.
5. M.Tsintsadze, N.Kilasonia, Z.Gogberashvili, N.Gegeshidze. Synthesis and physico-chemical properties research of mixed ligand coordination compounds with para-dimethylaminbenz aldehyde nicotinoylhydrazone and 2-amino-6-methylpyridine. VIII Inter.Scienc.Conf.“The Chemistry of coord. compounds”dedicated to the 85th anniversary of the Department of Analytical Chemistry. Baku 2020.
6. ნ.დანელია, ნ.კილასონია, ნ.გეგეშიძე, მ.ცინცაძე, დ.ლოჩოშვილი. მალონმჟავას დიჰიდრაზიდის მოლეკულის კვანტურ-ქიმიური კვლევა სხვადასხვა გამხსნელებში. მეცნიერება და ტექნოლოგიები, 2(739), 2022. გვ.
7. N.Danelia, M.Tsintsadze, N.Kilasonia, D. Lochoshvili. Study of the effect of solvents on the complexing ability of Malonic Acid Dihydrazide molecules by semiempirical quantum chemical method AM1. Kyiv Conference on Analytical ChemistryModern Trends. Book of Abstracts. Київ.2022, pp.50-51.

**SUMMARY**

**COORDINATION COMPOUNDS OF METALS WITH DIHYDRAZIDES OF CARBOXYLIC ACIDS**

**Danelia N.V.**

**Georgian Technical University**

Molecules of malonic acid, succinic acid, glutaric acid and adipic acid dihydrazides were studied by the quantum-chemical semiempirical AM1 method and their geometrical and structural characteristics, the mode of coordination with metal, were identified. It should be noted that in this regard, there are no references in the literature about the mentioned compounds. The study confirmed the presence of several donor atoms in the dihydrazide molecules of carboxylic acids and gave us a picture, according to which the formation of a coordination bond by the dihydrazide molecule with the metal-complexing agent is more likely to occur on the nitrogen of the  $\text{NH}_2$  group. Atom is possible because, if we also consider oxygen atoms The coordination ability also allows the formation of five-membered metallocycles, where the carboxylic acid dihydrazide coordinates in the keto or enol form. In addition, a methodology for the synthesis of bimetallic and heterometallic complex compounds based on malonic acid dihydrazide has been developed.

**Keywords:** coordination compounds, Complexformation, physiological activity, alkaline carboxylic acid dihydrazides, quantum chemical calculation, donor atoms, synthesis of coordination compounds.

## USE OF CATALYSTS IN THE ESTERIFICATION OF SOAPSTOCK FATTY ACIDS

Siradze M.G., Dzeladze S. Dj. and Antia G.R.

Georgian Technical University  
Tbilisi State Medical University

**Abstract.** The work is devoted to the issues of esterification of fatty acids. Catalysts for the process of esterification of fatty acids distilled from cotton and soybean soapstocks have been investigated. It has been established that a mixture of zinc with zinc oxide (1:1) gives the best results of the tested catalysts in the process of esterification of fatty acids with glycerol.

**Keywords:** esterification, fatty acids, distilled, zinc oxide, glycerin, catalyst.

Increasing the need for a better and more complete use of the components of crude vegetable oils and the quality of edible fats is a priority for the innovative development of the oil and fat industry. Vegetable fats are widely used in the food industry, as well as in the production of cosmetics, medical preparations, drying oils and other non-food (technical) products.

It is extremely important to release the fats used in the food industry from the technical forms of fats and replace them with various residues of fat production, in particular with soapstocks, with fuses, with waste fats, fats from bleaching clays, etc. For this purpose for perfection of the process the remains are completely saponified and the resulting salts are removed by the addition of mineral acids. Next step is distillation of acids with or without fractionation. And in this form they are sent to the consumer in the soap industry, where the fatty acids are saponified again.

Fatty acids can be used as lubricants in the leather, fur, and shoe industry if they are converted from glycerine back to glycerols by pre-esterification.

There are a large number of published scientific papers in the literature dealing with the esterification of fatty acids. In many works discuss catalysts for the esterification process like: acid and alkaline catalysts, metals, metal oxides, metal salts, etc. [1,2].

We have investigated distilled fatty acids from cottonseed and soy soapstocks so that the glycerols thus obtained can be used in industry. Fatty acids with a degree of neutralization of 204.0 mg KOH / g, iodine number 108.68 % rhodan number 67.58 % , amount of saturated acids 28.38 % , oleic acid's amount 23.09 % , linoleic acid 48.53 % were used as feedstock.

The experiment was carried out in a three-necked flask equipped with a thermometer and a capillary tube through which nitrogen was supplied for mixing. The third neck of the flask was used for the water vapor generated during the reaction. The mixture was heated in an air bath. The amount of glycerol was taken over 40% of the theoretical value. 100 g of molten fatty acid, 15 g of glycerol and an appropriate amount of catalyst were placed in the flask. After that, the mixture was heated while stirring with nitrogen. As catalysts in the esterification process we tried to use concentrated sulfuric acid, anhydrous calcium oxide, anhydrous sodium carbonate and a mixture of zinc and zinc oxide in a ratio of 1:1. We had to abandon the use of sulfuric acid, because with a high content of linoleic acid, the product was converted into a resin. Soaps of sodium, calcium and zinc, formed with other catalysts during the esterification process were decomposed to a small amount of salt containing 10% acids after completion of the process. Esters obtained at different temperatures and with different duration of the process were dissolved in diethyl ether and the product solutions were dried over anhydrous sodium sulfate. Thereafter, the diethyl ether was volatilized. The resulting esters were dried to constant weight in a vacuum drying cabinet and the acid numbers were calculated. The results of the experiment are presented in table 1. Comparing tests 1, 2, 3 with different catalysts we can conclude that the best results (esterification and color completeness) are obtained with a zinc catalyst mixed with zinc oxide. The fatty acid composition of the esterifier corresponds to the composition of the initial acid mixtures.

In experiments 4, 1, 5, in which the same catalyst was used, but different temperature conditions, as the temperature increased (the rest of the experiment parameters are constant), the reaction proceeded more completely, but the product had a darker color. The acidity of the ester obtained at 195 °C is not high, so we considered this temperature to be optimal.

Test series 6, 7, 1, 8 illustrate the effect of process time on the esterification effect. As expected the longer the process the better the esterification, but if the process lasts more than 3 hours the quality of the product deteriorates.

Experiments 1, 9, 10 characterize the effect of catalyst quality on the completeness of the esterification process. Comparing the results of these experiments, it can be seen that an increase in the amount of catalyst from 0.1 to 0.4% fatty acids does not significantly affect the completeness of the esterification reaction. The same can be said if we compare experiments 2, 11, 12, in which calcium oxide was used as a catalyst.

№	Catalyst	Amount of catalyst	Temperature °C	Duration of process hour	Product yield %	Acid Number mg KOH	Iodine number %	Rhodan number %	Amount of acids %			Color Of product
									Satur ated	Oleic	Linoleic	
1	Zn+ZnO	0.1	195	3	80.0	2.67	104.32	64.38	28.84	21.85	49.31	Light yellow
2	CaO	0.1	195	3	79.0	20.72	-	-	28.25	21.78	49.97	Dark brown
3	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	0.1	195	3	80.8	22.79	-	-	-	-	-	Brown
4	Zn+ZnO	0.1	175	3	81.0	24.98	-	-	-	-	-	Light yellow
5	Zn+ZnO	0.1	205	3	79.5	0.65	-	-	-	-	-	Dark yellow
6	Zn+ZnO	0.1	195	3	85.0	24.8	-	-	-	-	-	Light yellow
7	Zn+ZnO	0.1	195	2.5	84.0	7.95	-	-	-	-	-	Light yellow
8	Zn+ZnO	0.1	195	4	79.0	1.30	-	-	-	-	-	Dark yellow
9	Zn+ZnO	0.2	195	3	81.0	1.27	102.68	62.56	31.18	19.55	49.27	Dark yellow
10	Zn+ZnO	0.4	195	3	78.0	1.12	104.80	63.10	29.16	20.58	50.26	Light yellow
11	CaO	0.2	195	3	80.2	17.07	105.07	65.00	28.03	22.49	49.48	Dark yellow
12	CaO	0.4	195	3	80.0	15.97	105.61	64.38	28.88	20.20	50.92	Dark yellow

**REFERENCES**

1. T.G. Filinskaya, O.V. Chervakov, K.O. Gerasimenko. Application of new heterogenous sulfic acid polimer catalysys in the processing of waste fat-processing productions. Ukrainian State University of Chemical Technology, Dnepropetrovsk. 2013. (Russian).
2. Permyakova I.A. Development of scientific foundations for the technology of processing fat-containing wastes with a higt content of free fatty acids. Dissertation for the degree of candidate of technical sciences, Perm. 2019. (Russian).

**რეზიუმე**

კატალიზატორების გამოყენება სოკსტოკური ცხიმოვანი მჟავების ეთერიფიკაციის პროცესში

სირაძე მ.გ., ძნელაძე ს.ჯ., ანთია გ.რ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

თბილისის სახელმწიფო სამედიცინო უნივერსიტეტი

ნაშრომი ეძღვნება ცხიმოვანი მჟავების ეთერიფიკაციის საკითხებს და გამოკვლეულია ბამბისა და სოიოს სოკსტოკების დისტილირებული ცხიმოვანი მჟავების ეთერიფიკაციის პროცესის კატალიზატორები. დადგენილია, რომ ცხიმოვანი მჟავების გლიცერინთან ეთერიფიკაციის პროცესში გამოცდილი კატალიზატორებიდან ყველაზე უფრო კარგ შედეგს იძლევა თუთიის ნარევი თუთიის ჟანგთან (1:1).

საკვანძო სიტყვები: ეთერიფიკაცია, ცხიმოვანი მჟავები, დისტილირებული, თუთიის ჟანგი, გლიცერინი, კატალიზატორი.

ნახევრადემპირიული მეთოდები და მათი გამოყენება რთული ორბანული მოლეკულების შესასწავლად

გოგბერაშვილი ზ.მ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

თანამედროვე თეორიული ქიმიის ახალი მიღწევებისთვის დღეისათვის უდიდესი მნიშვნელობა აქვს მაღალი მწარმოებლური და საიმედო კომპიუტერული პროგრამების გამოყენებას.

კომპლექსნაერთთა ქიმიის, არაორგანული ქიმიის, ფიზიკური ქიმიის, ბიოქიმიის, მოლეკულური ბიოლოგიის და ბიოფიზიკის დარგები დღეს სწრაფი ტემპით ვითარდებიან და პრაქტიკულად ნებისმიერი ექსპერიმენტის ჩატარების ღირებულების მკვეთრი ზრდის საყოველთაო ტენდენცია სულ უფრო დაუინებით წამოსწევს წინა პლანზე კომპიუტერული პროგრამების გამოყენების აუცილებლობას.

დამუშავებული პროგრამები ძირითადად დაფუძნებულია კვანტურ-ქიმიურ ნახევრადემპირიულ და არაემპირიულ მეთოდებზე.

არაემპირიული გათვლები (ab initio) არსებითად უფრო სრულყოფილია, მაგრამ მათთვის საჭირო დროის ღირებულება ძალიან მაღალია. ამიტომ დღეისათვის ასეთი სიზუსტით შეიძლება გათვლილი იქნეს მხოლოდ მცირე მოლეკულური სისტემები.

ნახევრადემპირიულ მეთოდებს უპირატესობა აქვთ არაემპირიულ მეთოდებთან შედარებით, რაც შემდეგში გამოიხატება: ინტეგრაციის დიდი რიცხვის უგულვებელყოფა, არამხოლოდ აჩქარებს გამოთვლის პროცესს, არამედ მნიშვნელოვნად ამცირებს კომპიუტერის ოპერატიული მეხსიერების საჭირო მოცულობას. ამ გარემოების გამო ნახევრადემპირიული მეთოდებისაშუალებას იძლევიან შეისწავლონ ასობით ატომის შემცველი მოლეკულური სისტემები, მათი აღნაგობა, თვისებები. მნიშვნელოვანია, რომ ყველა ჩამოთვლილი პარამეტრი ახლოსაა ექსპერიმენტულ მონაცემებთან მაღალი სიზუსტით.

ამრიგად, თეორიულ ქიმიაში კომპიუტერული პროგრამების გამოყენება, რომელთა შორისაც გამორჩეულია კვანტურ-ქიმიური ნახევრადემპირიული მეთოდები, ძალზედ აქტუალური და მნიშვნელოვანია, რადგან მათი საშუალებით შესაძლებელი გახდა მრავალრიცხოვანი მოლეკულური სისტემების კომპლექსური თეორიული ანალიზის ჩატარების შესაძლებლობა მცირე მატერიალური დანახარჯებით.

MOPAC (მოლეკულური ორბიტალური ACKage) არის კვანტური ქიმიის პროგრამული უზრუნველყოფის მოდული, რომელიც შემუშავებულია მაიკლ ჯ.ს. დევიარის ხელმძღვანელობით ოსტინის უნივერსიტეტში. მისი კომპონენტებია ნახევრადემპირიული კვანტურ-ქიმიური მეთოდები: MINDO/3, MNDO, MNDO-d, AM1, PM3. პროგრამული მოდული MOPAC-ი გამოყენებულია პროგრამაში „Chem3D“, რომელიც განკუთვნილია ნახევრადემპირიული კვანტურ-ქიმიური გათვლებისათვის.

ნახევრადემპირიული მეთოდები MINDO/3, MNDO მოიცავს მოლეკულური ორბიტალების (მო) პროგრამულ სერიას, რომელიც შემუშავებულ იქნა დიუარისა და მისი ჯგუფის მიერ სპეციალურად ორგანული მოლეკულების შესასწავლად. ამ სამუშაოების არსი მდგომარეობა მო-სპექტომეტრის შექმნაში, რომელიც საშუალებას მოგვცემდა შედეგები მიგველო დიდი მოლეკულებისთვის ექსპერიმენტული (ქიმიური) სიზუსტის ზღვრებში ნაკლები დროის დანახარჯით. უფრო ადრეული ნახევრადემპირიული მეთოდები CNDO(Complete Neglect of Differential Overlap, დიფერენციალური გადაფარვის სრული უგულვებელყოფა), INDO (Intermediate Neglect of Differential Overlap, დიფერენციალური გადაფარვის ნაწილობრივი უგულვებელყოფა) და NDDO(Neglect of Diatomic Differential Overlap, ორატომიანი დიფერენციალური გადაფარვის უგულვებელყოფა) ორიენტირებული იყო ისეთი ელექტრონული მახასიათებლების კორექტულ გამოთვლაზე, როგორცაა დიპოლური მომენტი, და არა მაგალითად წარმოქმნის სითბო და მოლეკულის გეომეტრიული პარამეტრები; ამავე დროს ეს ნახევრადემპირიული გათვლები შესაძლებელი იყო მხოლოდ ყველაზე მარტივი მოლეკულებისთვის.

ყველაზე მარტივი მათ შორის იყო CNDO მეთოდი, ელექტრონ-ელექტრონის განზიდვის ინტეგრაციის გათვლის დროს ატომური ორბიტალები განიხილებოდა, როგორც სფერული სიმეტრიის. p-ორბიტალების ორიენტაცია გათვალისწინებულია, მხოლოდ ერთელექტრონიან რეზონანსულ ინტეგრალში, რომლის სიდიდეც ასევე დამოკიდებულია ორბიტალების ზომაზე, ცენტრებს შორის მანძილზე და ბმის ტიპის განმსაზღვრელ კონსტანტის მნიშვნელობაზე. უფრო რთული მიახლოებისას INDO მიმდინარეობს ერთი და იგივე ატომის ატომურ ორბიტალებს შორის ერთცენტრიანი ინტეგრაციის განზიდვის გათვლები. პირველად p-ორბიტალების ორიენტაცია განზიდვის ინტეგრაციები გამოთვლისას გათვალისწინებული იყო სირთულის მიხედვით შემდგომ მიახლოებაში NDDO. ამ მეთოდში მხედველობაში მიიღებოდა სამი- და ოთხცენტრიანი ინტეგრაციები, რომლებიც მიიღბა/პასუხობენ ერთი და იგივე ატომის ატომური ორბიტალების გადაფარვას.

მეთოდი INDO/3 შემუშავებული იქნა დიუარის, ბინგამომის და ლოს მიერ ნახშირწყალბადების პარამეტრიზაციისთვის, ატომთა ბმებისთვის C-H-O-N და C-Y-F-Cl და ზოგიერთი სხვა ტიპის - სილიციუმის, ფოსფორის და გოგირდის შემცველი მოლეკულისთვის. მოლეკულების სტრუქტურის და ენერჯის შესწავლის გარდა MINDO/3 მეთოდით შესაძლებელია მრავალისხვამოცანის ამოხსნა.

დღეისათვის ერთერთ ყველაზე საიმედო და სანდოდ ითვლება ნახევრადემპირული კვანტურ-ქიმიური AM1 (Austin Model1) და PM3 (Parametric method number3) მეთოდები.

ზემოთ ჩამოთვლილ მეთოდებს საფუძვლად უდევს მიახლოებითი NDDO მეთოდი, თუმცა ღერძის განზიდვის ინტეგრაციებისთვის ამ შემთხვევაში გამოიყენება სხვა ფორმულები. ყველა დანარჩენი პარამეტრი კი ისეთივეა, როგორც MNDO მეთოდში.

PM3 მეთოდი AM1 მეთოდისგან იმით განსხვავდება, რომ ეს უკანასკნელი განიხილავს ერთცენტრიან ორელექტრონიან ინტეგრაციებს როგორც პარამეტრებს, რომლებიც არაა აღებული ატომური სპექტროსკოპიის მონაცემებიდან. PM3 მეთოდში კი ყველა სიდიდედ სრული ენერჯის გამოსახულება განიხილება, როგორც წმინდა/სუფთა/ზუსტი პარამეტრები.

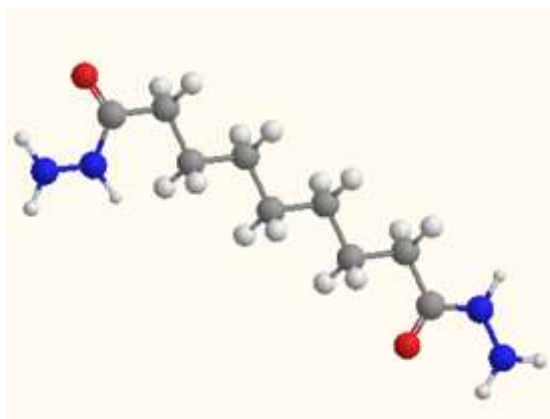
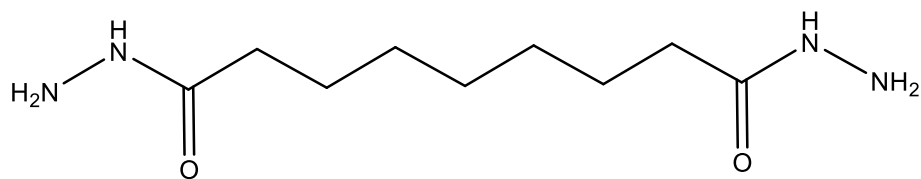
ნახევრადემპირული თეორიების წარმატება მნიშვნელოვნად განისაზღვრება იმ ფაქტორით, რომ ისინი სწორად აღწერენ ენერჯის ერთცენტრიანი კომპონენტის ქცევას ერთცენტრიანი პარამეტრების ისეთი მნიშვნელობების დახმარებით, რომლებიც განისაზღვრება ატომური სპექტრების მიხედვით და გამოსახავენ მოცემული ატომის სპექტროსკოპული ან სავალენტო მდგომარეობის ენერჯიას.

პარამეტრების შერჩევა ორივე ზემოთაღწერილი მეთოდის მიხედვით ხდება ისეთნაირად, რომ მოხდეს შესაბამისობა ექსპერიმენტულ მონაცემებთან.

როგორც ზემოთ იქნა აღნიშნული, დღეისათვის გათვლის კვანტურ-ქიმიური მეთოდები ყველაზე მნიშვნელოვანი და მოხერხებული მეთოდებია ნივთიერების ელექტრონული სტრუქტურის შესწავლისთვის. ასეთი გათვლების შედეგები შესაძლებელს ხდის დადგინდეს რთული აღნაგობის ნაერთების (მრავალატომიანი ორგანული მოლეკულების) სტრუქტურები და ისეთი კონკურირებადი დონორული ცენტრების პროგნოზირების საშუალებას იძლევა, რომლებსაც ქმნიან პოლიფუნქციური ლიგანდები [1-3].

ჩვენი კვლევა ითვალისწინებდა სწორედ პოლიფუნქციური ლიგანდის აღნაგობის, სტრუქტურისა და ელექტრონული მახასიათებლების დადგენას ნახევრადემპირული მეთოდებით, კერძოდ AM1 და MM2 კვანტურ-ქიმიური მეთოდებით. ასევე გამოთვლილია ენერგეტიკული, გეომეტრიული და სტრუქტურული მახასიათებლები როგორც გაზურ ფაზაში, ასევე სხვადასხვა გამხსნელებში (წყალი, ეთანოლი, მეთანოლი, დიმეთილფორმამიდი, აცეტონი, ჰექსანი, დიმეთილსულფოქსიდი).





### ახელანის მჟავას დიჰიდრაზიდი

კერძოდ კი, ორივე მეთოდით გათვლილია პოტენციალური ენერჯის განაწილება სიმკვრივის ფუნქციონალის თეორიასთან შესაბამისად; გათვლილია მოლეკულის წარმოქმნის სითბო, ბმის სიგრძის მნიშვნელობები, ბმის კუთხეები, ეფექტური მუხტები ატომებზე, ელექტრონების განაწილება ატომურ ორბიტალებზე, ელექტრონული სიმკვრივის განაწილება და სხვ.

უნდა აღინიშნოს, რომ კვანტურ-ქიმიური AM1 მეთოდით ახელანის მჟავას დიჰიდრაზიდის მოლეკულა გათვლილი იქნა სხვადასხვა გამსხნელებისთვის, ხოლო MM2 მეთოდით მხოლოდ აირში. საინტერესოა, რომ ორივე მეთოდის გამოყენებამ მოლეკულის კომპლექსწარმოქმნის უნარის თვალსაზრისით თითქმის ერთნაირი შედეგები მოგვცა, თუმცა სხვადასხვა გამსხნელებში გათვლის ჩატარების უპირატესობაა ის გარემოება, რომ კომპლექსნაერთის სინთეზი წინასწარ დაიგეგმება ამა თუ იმ გამსხნელისთვის. გათვლების შედეგად გამოვლენილია ის დონორული ატომები (კარბონილის ჯგუფის ჟანგბადის, ჰიდრაზიდული ჯგუფის აზოტის ატომები) რომლებსაც შეუძლიათ კოორდინაციული ბმის განხორციელება ამა თუ იმ მეტალ-კომპლექსწარმოქმნელთან. გათვლების მიხედვით ახელანის მჟავას დიჰიდრაზიდი ტეტრაედენტური ლიგანდია.

### ლიტერატურა

1. Dewar M.I., Zoebisch E.G., Rcoly E.F., Stewart I.I. AMI: A New Purpose quantum Mechanical Model. A.Amer. chem. Soc., 1985, V. 107, P. 3902
2. Clark K. Computer Chemistry. World. 1990, 88 p
3. M.Orgin, J.Marrel. Loosening orbitals. Mir, 1969, 410 p.
4. Popiołek Ł., Biernasiuk A. New Hydrazides and Hydrazide-Hydrazones of 2,3-Dihalogen Substituted Propionic Acids: Synthesis and in vitro Antimicrobial Activity Evaluation. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28444991/>. 2017.
5. Reichard Ch., Welton Th. Solvents and solvent effects in inorganic chemistry. 2010. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/book/10.1002/9783527632220>
6. Lee C., Yang W., Parr R. G. Development of the Colle-Salvetti correlation-energy formula into a functional of the electron density // Physical review B. – 1988. – T. 37. – №. 2. – C. 785.
7. Prabavathi N, Nilufer A, Krishnakumar V. Quantum mechanical study of the structure and spectroscopic (FT-IR, FT-Raman, 13C, 1H and UV), NBO and HOMO-LUMO analysis of 2-quinoxaline carboxylic acid.

Spectrochimica Acta. Part A, Molecular and Biomolecular Spectroscopy. 2012 Jun;92:325-335. DOI: 10.1016/j.saa.2012.02.105.

8. Ganiyev B., Ostonov F., Kholikova G., Salimov F. Calculations of quantum chemical parameters of the compound of isocyanuric acid with semicarbazide // International Independent Scientific Journal. 2020. Vol.2. №. 16, pp. 3-9.

## SUMMARY

### SEMIEMPIRICAL METHODS AND THEIR APPLICATION TO THE STUDY OF COMPLEX ORGANIC MOLECULES

Gogberashvili Z.M.

Georgian Technical University

The use of highly productive and reliable computer programs is of great importance for new achievements in modern theoretical chemistry. Developed programs are mainly based on quantum-chemical semi-empirical and non-empirical methods. Thus, the use of computer programs in theoretical chemistry, among which quantum-chemical semi-empirical methods stand out, is very relevant and important, because they make it possible to conduct complex theoretical analysis of numerous molecular systems with small material costs. At the same time, these semiempirical calculations were possible only for the simplest molecules. Currently, semi-empirical quantum-chemical AM1 and PM3 methods are considered one of the most reliable and reliable. Our research also considered the determination of the structure, structure and electronic characteristics of the polyfunctional ligand by semi-empirical methods, namely AM1 and MM2 quantum-chemical methods. Energy, geometric and structural characteristics were also calculated both in the gas phase and in different solvents. By the quantum-chemical AM1 method, the Azelaic acid dihydrazide molecule was calculated for various solvents and by the MM2 method only in gas. It is interesting that the use of both methods gave almost the same results in terms of the ability of the molecule to form a complex, although the advantage of performing calculations in different solvents is that the synthesis of the complex compound will be planned in advance for this or other solvent. As a result of the calculations, those donor atoms (oxygen of the carbonyl group, nitrogen atoms of the hydrazide group) that can make a coordination bond with this or other metal-complex generator have been identified. According to calculations, Azelaic Acid Dihydrazide is a tetradentate ligand.

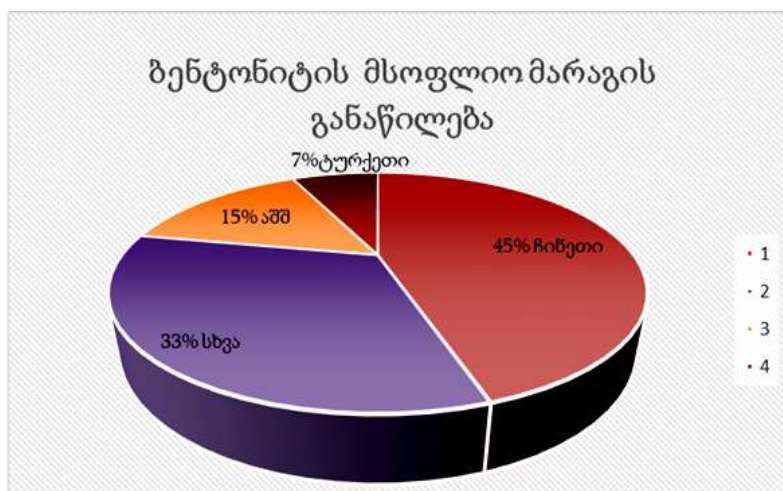
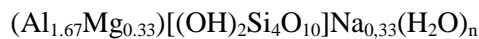
**Keywords:** semiempirical methods, AM1 and PM3 quantum-chemical method, Azelaic acid dihydrazide molecule, donor atoms.

ბენტონიტის გამოყენება მედიცინაში

ჩაფიძე ა.ლ., გაბელაია მ.ა., შაშიაშვილი ნ.გ., ცინცაძე თ.გ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

სამრეწველო ტექნოლოგიების განვითარება იწვევს ბუნებრივი თიხის მინერალების გამოყენების არეალის მუდმივ გაფართოებას. კერძოდ, ეს ეხება სმექტიტების რიგის მინერალებს, უპირველეს ყოვლისა ბენტონიტურ თიხებს, რომელთა მთავარი კომპონენტია მონტმორილონიტი. მისი შედგენილობა გამოიხატება შემდეგი ფორმულით



მონტმორილონიტი მსოფლიოში ერთ-ერთ გავრცელებულ მინერალს წარმოადგენს, გვხვდება ბევრ დანალექ ქანებში, აღმოჩენილია აშშ-ში, კანადაში, საფრანგეთში, დასავლეთ გერმანიაში, იაპონიაში, ჩრდილოეთ და სამხრეთ აფრიკაში, იტალიაში, ჩეხეთში, უნგრეთში, ინდოეთში, ჩინეთში, ტურქეთში, საქართველოში, სომხეთში, აზერბაიჯანში, რუსეთში, უკრაინაში, ყაზახეთში, უზბეკეთში, ტაჯიკეთში [1,2].

სხვადასხვა საბადოების ბენტონიტური თიხები განსხვავდება აღნაგობით და სტრუქტურული მახასიათებლების თავისებურებებით, რაც იწვევს ინტერესს კონკრეტული საბადოების თვისებების შესწავლის მიმართ [3].

საქართველოს ტერიტორიაზე ასკანას საბადოებიდან მოპოვებული ბენტონიტი წარმოდგენილია ტუტე  $Na^+$ -ის (ასკანგელი) და ტუტემიწა  $Ca^{2+}$ -ის (თიხა ასკანა) ფორმით. ციხის-უბანის კარიერში მოპოვებული ასკანგელი თავისი მახასიათებლებით უმაღლესი ხარისხის თიხად ითვლება. ის გამოირჩევა მონტმორილონიტის (87–95 %) მაღალი და ქარსის (1–3%) და კალინიტის (3–8%) დაბალი შემცველობით. პროდუქცია სერტიფიცირებულია ISO-ს სტანდარტებით [4].

ციხის-უბნის კარიერიდან მიღებული ასკანგელის შედგენილობის და თვისებების საბერძნეთის კუნძულ მილოსის  $Ca^{2+}$ -ბენტონიტსა და აშშ-ს შტატი, ვაიომინგის  $Na^+$ -ბენტონიტთან MX-80 შედარება წარმოდგენილია ცხრ. 1 და 2-ში.

ავიცენას ნაშრომებში მოცემულია თიხის მსგავსი ნივთიერების სასარგებლო თვისებების შესახებ, აღწერილი მათი მოქმედება ადამიანის ორგანიზმზე - ხელს უწყობს სხვადასხვა სახის ჭრილობის შეხორცებას, ინტოქსიკაციის შემცირებას ან აღმოფხვრას და ა.შ. [6].

მრავალი ქვეყნის ფარმაკოპეაში (აშშ, ავსტრალია, ბელგია, ჩეხეთი, საფრანგეთი, გერმანია, იტალია, ნიდერლანდები, პორტუგალია, შვეიცარია, ინდოეთი და სხვ.) მითითებულია ბენტონიტური თიხების გამოყენების შესახებ.

ცხრილი 1. სხვადასხვა საბადოებიდან მიღებული ბენტონიტის თიხების მინერალური კომპონენტების და თვისებების შედარება

№	მაჩვენებელი	ბენტონიტების საბადოები		
		Na-ასკანგელი, საქართველო, ციხის-უბანი	Ca-ბენტონიტი, საბერძნეთი, კუნძული მილოსი	Na-ბენტონიტი MX-80, აშშ, შტატი ვაიომინგი
1. მინერალური შემადგენლობა (XRD - რენტგენო-დიფრაქციული ანალიზი), %				
1.1	სმექტიტი	89 – 95	75 – 85	65 – 85
1.2	ილიტი	2 – 6	<4	2 – 4
1.3	კვარცი	<4	<4	5 – 7
1.4	კალციტი	3 -5	8 – 12	6 – 9
1.5	სხვა	<4	<4	5 – 16
2. ფიზიკური თვისებები				
2.1	კატიონური გაცვლითი ტევადობა, მგ.ეკვ/100გ	95 – 105	80 – 90	70 – 80
2.2	გაჯირჯვების ინდექსი, მლ/2გ	22 – 26	6 – 10	28 – 32
2.3	წყლის აღსორბცია (Enslin-Neff), %	480 – 520	110 – 150	650 – 800

ცხრილი 2. სხვადასხვა საბადოებიდან მიღებული ბენტონიტის თიხების ქიმიური შედგენილობის შედარება

№	თიხების კომპონენტების დასახელება	სხვადასხვა საბადოებიდან მიღებული ბენტონიტის თიხების კომპონენტების რაოდენობრივი გამოსახულება, %		
		Na-ასკანგელი, საქართველო, ციხის-უბანი	Ca-ბენტონიტი, საბერძნეთი, კუნძული მილოსი	Na- ბენტონიტი MX-80, აშშ, შტატი ვაიომინგი
1	Na <sub>2</sub> O	2,75	2,83	2,76
2	MgO	1,25	3,19	2,49
3	CaO	2,35	4,39	0,49
4	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	12,6	19,50	20,14
5	SiO <sub>2</sub>	47,8	53,60	55,44
6	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,74	0,12	–
8	SO <sub>3</sub>	0,34	–	–
9	S	0,14	0,18	–
10	K <sub>2</sub> O	5,5	1,12	0,60
11	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	10,4	3,93	3,67
12	FeO	–	0,65	–
13	Fe	–	3,26	–
14	MnO	–	0,09	–
15	TiO <sub>2</sub>	–	0,78	–
14	R <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	23,2	–	–
15	Cl	0,03	–	–

Na-ბენტონიტის MX-80-ის შედგენლობა მიღებულია ეტალონად [5].

სახელმწიფო ფარმაკოპეის X–XI გამოცემებში (გამოცემა 2) ზოგად სტატიაში „მაღამოები“ ნახსენებია ბენტონიტური თიხის მაღამოს ფუძედ გამოყენების შესაძლებლობის შესახებ. საერთაშორისო ფარმაკოპეის III გამოცემა ასევე შეიცავს სტატიას „ბენტონიტუმი-Bentonitum“ [7,8].

ფარმაცევტული ტექნოლოგიის სფეროში ბენტონიტების მაღალი ჰიდროფილურობა, დისპერსიულობა, გამოსატყუი ემულსიფიკატორული, კოლოიდური და სხვა თვისებები ფართო გამოყენების შესაძლებლობას იძლევა [9].

ბენტონიტის გამოყენებულია ორალურ პრეპარატებში, ვინაიდან ბენტონიტი ადვილად გამოიყოფა ორგანიზმიდან ყოველგვარი ტოქსიკური ეფექტის გამოწვევის გარეშე. ბენტონიტის თიხები ხასიათდება როგორც გამაფხვიერებელი, ასევე შემაკვებლის, შემაერთებელი (შეწებების) მაღალი უნარით. ტაბლეტირებული პრეპარატების წარმოებაში, როგორც წესი, გამოიყენება ბენტონიტური თიხების ტუტე და ტუტე-მიწათა ( $Ca^{2+}$  და  $Na^{+}$ ) ბუნებრივი ფორმები, რადგან ისინი სამკურნალო მასას ანიჭებენ ელასტიურობას, პლასტიურობას და დაშლის უნარს, ასევე შესაძლებელია სახამებლისა და სხვა დამხმარე ნივთიერებების ბენტონიტური თიხებით ჩანაცვლება [10,11].

ბენტონიტი ეფექტურია კუჭ-ნაწლავის ტრაქტის დაავადებებისა და ფუნქციური დარღვევების მკურნალობისას, მისი შეყვანა გააქტიურებული ნახშირის შედგენილობაში გრანულებს საჭირო თერაპიულ თვისებებს ანიჭებს [12,13].

თიხას გააჩნია ორგანული მოლეკულების ან ლითონის იონების სორბირების უნარი, აქედან გამომდინარე მრავალი კვლევა მიმდინარეობს ენტეროსორბენტების შესაქმნელად [14,15].

პესტიციდებით მოწამვლისას რეკომენდებულია ბენტონიტის ადსორბენტად გამოყენება, კერძოდ უძლიერესი ჰერბიციდით – პარაკვატით (Paraquat) მოწამვლისას [16].

ბენტონიტი ხელს უწყობს ტოქსიკური მძიმე მეტალების და რადიონუკლიდების ამოღებულ ადამიანის ორგანიზმიდან, ავლენს ეფექტურ მოქმედებას ღვიძლის დაავადებებისა და სხვადასხვა ტოქსიკოზების დროს. გამოიყენება საჭმლის მომწეველი სისტემის, პერიფერიული ნერვული სისტემის, სახსრებისა და გინეკოლოგიური დაავადებების სამკურნალოდ [17].

ბენტონიტი გამოიყენება ნაწლავის ბაქტერიების კულტივირებისას საკვები არეს მოსამზადებლად, რადგან დადასტურებულია ბენტონიტის შემცველი საკვები არეს მაღალი ეფექტურობა ადამიანების, ცხოველების და გარემოს ობიექტების ბიომასა-ლიდან მიღებული ენტერობაქტერიების – Shigella, Salmonella, ერსინია დიფერენცირებისა და იდენტიფიკაციისას. მგრძობიარე, სწრაფი და ეკონომიური მეთოდი საშუალებას იძლევა გაიზარდოს იდენტიფიცირებული ბაქტერიების რიცხვი 50%-ით Salmonella-სთვის და 30,6%-ით Yersinia-სთვის, ჩვეულებრივი გამოყენებულ საკვებ საშუალებებთან შედარებით (მაგნიუმი და ფლუოროგენული – სელექციური ბულიონი (FSB)) [18,19].

დეფიციტური რეაქტივების ნაცვლად ბენტონიტური თიხების გამოყენებით ვირუსების კონცენტრაცია, გაწმენდა და იზოლაციის პროცესი არის მარტივი და ხელმისაწვდომი მეთოდი, რომელიც ეფექტურად გამოიყენება რიგი თეორიული და პრაქტიკული პრობლემების გადასაჭრელად, რომლებიც დაკავშირებულია როტავირუსების, A ჰეპატიტის ვირუსის კონცენტრირებული და გასუფთავებული იზოლატების და ასევე წყლიდან ენტეროვირუსების მიღებასთან [20].

ბენტონიტის თიხა ფართოდ გამოიყენება ფარმაცევტულ მრეწველობაში გარეგანი გამოყენების ემულსიების, მალამოების, ლინიმენტების, პუდრების, მოსაყრელების წარმოებაში, რომლებიც გამოიყენება ჭრილობების, წყლულების, სოკოვანი ინფექციების, დამწვრობის, კანის ანთების, აკნეს, ატოპიური დერმატიტის სამკურნალოდ და როგორც სამკურნალო სუსპენზიების სტაბილიზატორი.

ბენტონიტი გამოიყენება კოსმეტიკაში სტრუქტურწარმოქმნისათვის, პროდუქტის გასქელებისათვის, ემულსიის სტაბილიზაციისთვის. ბენტონიტის კოლოიდური ხსნარები გამოიყენება სხვადასხვა კოსმეტიკური საშუალებების – ემულსიური კრემების, ლოსიონების, გამწმენდი, მაკიაჟის მოსაშორებელი, სახის და თმის ნიღბების წარმოებაში. დეკორატიულ კოსმეტიკაში ბენტონიტი გამოიყენება პასტების, ტუნსაცხების, მრავალი თხევადი დეკორატიული პროდუქტის – თვალის ლაინერის, ტონალური კრემების, თხევადი თვალის ჩრდილების წარმოებაში. მჟავით გააქტიურებული ბენტონიტი გამოიყენება არომატული ნივთიერებების წარმოებაში, როგორც კატალიზატორი და სორბენტი [21, 22].

ბენტონიტის შემცველი კოსმეტიკა, აგრეგატული მდგომარეობის, დოზირების, აქტივაციის მდგომარეობიდან გამომდინარე, შეიძლება გამოყენებულ იქნას სხვადასხვა ტიპის – ცხიმოვანი, მშრალი, კომბინირებული, ნორმალური, დაბერებული, პრობლემური კანის, ყველა ტიპის თმის, ფრჩხილების, კბილების და პირის ღრუს მოვლის პროფილაქტიკისა და მკურნალობისთვის [23].

ლიტერატურა

1. Куковский Е.Г. Особенности строения и физико-химические свойства глинистых минералов. - К.: Наукова думка, 2011, 128 с.
2. Васильянова Л.С. Природные минералы на службе экологии. - Алматы: НЦ НТИ, 2015, 90 с.
3. Н.Д. Ванюкова, А.А. Давидюк, Д.А. Ковалев. Исследование физико-химических, реологических и технологических характеристик бентонитовых глин различных месторождений. // *Металлургическая и горнорудная промышленность*, 2014, № 3, сс. 13-16.
4. Bentonite clay from Georgia. <http://askangel.ge/en/main/> უკანასკნელად იქნა გადამოწმებული 18.11.22.
5. B. Sabirov, S. Namazov, K. Pulatov, S. Tairov. Comprehensive resherah of bentonite clay of prospective deposits of Uzbekistan. *j.Universum: Технические науки*. 2020, Vol.8(77) <https://7universum.com/ru/techukanasknelad iqna gadamowmebuli> 18.11.22
6. И. С. Чекман, А.О. Сыровая, В.А. Макаров и др. Глина: экологический, медико-биологический и культурный аспекты. Мон. Киев, Харьков, 2017, 173с.
7. საქართველოს სახელმწიფო ფარმაკოპეა გამ. მე-XI. გამოშვება მე-2. ანალიზის საერთო მეთოდები. 1990, 385 გვ.
8. Международная фармакопея. Третье издание. Том 3. Спецификации для контроля качества фармацевтических препаратов. Всемирная организация здравоохранения - Женева, 1990, 435 с.
9. Durrant C.B. et al. Cesium sorption reversibility and kinetics on illite , montmorillonite , and kaolinite // *Sci. Total Environ.* Elsevier B.V., 2018, Vol. 610–611, pp. 511–520.22.
10. В.И.Ищенко. Промышленная технология лекарственных средств. 2-е изд. Витебск. 2012. 568с.
11. Э.Н.Капсалямова, Г.К.Ерекешова. З.Б.Сакипова. Возможности бентонитов в разработке лекарственных форм. *Ж.Вестник Каз.НМУ. Алматы.* 2014, №5, сс.60-62.
12. Activated charcoal in capsules. <http://www.blk.euro-plus.ua/> უკანასკნელად იქნა გადამოწმებული 18.11.22
13. Орипова Л.Н., Хайитов Р.Р. Получение активированного угля из древесного и косточкового сырья // *Universum: технические науки*: <https://7universum.com/ru/tech/archive/item/1225> უკანასკნელად იქნა გადამოწმებული 18.11.22
14. Bradbury M.H., Baeyens B. Sorption of Eu on Na- and Ca-montmorillonites: Experimental investigations and modelling with cation exchange and surface complexation // *Geochim. Cosmochim. Acta.* 2002, Vol. 66, № 13, pp. 2325–2334.
15. В.Г.Николаев, С.В.Михаловский, Н.М.Гурина Современные энтеросорбенты и механизмы их действия. *Ж. Эфферентная терапия.* 2005, т.11, №5, сс. 3-18.
16. Назарова Ф.Ш., Маткаримова Г.М., Назарова Г.Х.Лечебные свойства бентонита. // *Достижения науки и образования*, 2020, сс.93-97.
17. Velde B., Meunier A. The origin of clay minerals in soils and weathered rocks. Springer Berlin Heidelberg, 2008, 406 p.
18. Бузолева Л.С., Сомов Г.П. Описание изобретения к патенту RU 2 139 344 С1с.5.
19. Бузалева Л.С. Применение бентонитовых глин в качестве сред накопления для энтеробактерий. // *Лабораторная диагностика.*, 2001, №6, сс.47-50.
20. А.В. Мокиенко, А.И. Гоженко, Н.Ф. Петренко, А.Н. Пономаренко. Вода и водно-обусловленные инфекции. Т.2 Одесса, ООО «РА «АРТ-В», 2008, 285с.
21. Julianada Silva Favero, Veninados Santos et al. Evaluation and characterization of Melo Bentonite clay for cosmetic applications. *Applied Clay Science Volume 175*, July 2019, Pages 40-46.
22. A.López-Galindo, C.Viserasb.Cerezob Compositional, technical and safety specifications of clays to be used as pharmaceutical and cosmetic product. *Applied Clay Science.V. 36*, Issues 1–3, April 2007, pp. 51-63.
23. Viseras, C., Sánchez-Espejo, R., Palumbo, R. et al. Clays in cosmetics and personal-care products. *Clays Clay Miner.* 69, 2021, pp.561–575.

SUMMARY

THE USE SE OF BENTONITE IN MEDICINE

Chaphidze A.L., Gabelaia M.A., Shashiashvili N.V. and Tsintsadze T.G.

Georgian Technical University

The article provides a complete description of the chemical and mineral composition of Na montmorillothite form of bentonite - "askangel", which is produced in the Askan deposit, Georgia. The article also gives a comparison of the composition and physical properties of Ascangel with Ca-bentonite (Greece, Milos) and Na-bentonite MX-80 (Wyoming, USA. It is considered to be the reference composition of bentonite). Askangel is one of the best bentonite clays for medical, pharmaceutical and cosmetic applications. The article also provides a brief review of data on the use of bentonite as an excipient in medicines, as part of enterosorbents and nutrient area for the detection and isolation of enteroviruses, as a food additive, in the matrix of a preparation for wound dressings, cosmetics, etc.

**Keywords:** bentonite, montmorillonite, "Askangel", hydrophilicity, dispersibility, sorbent, enterosorbent, colloidal solution, structure-forming substance.

საფერავის ღვინომასალის სტირული მიკროფილტრაცია და მიკრობიოლოგიური ანალიზი

ბიბილეიშვილი გ.გ., მამულაშვილი მ.ა., კეჭერაშვილი მ.გ., ბიბილეიშვილი ი.გ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის მემბრანული ტექნოლოგიების საინჟინრო ინსტიტუტი

ღვინო არის პროდუქტი, რომელიც მიღებულია მხოლოდ ყურძნის ტკბილის ან ტკბილისა და ღურდოს სრული ან ნაწილობრივი ალკოჰოლური დუდილის შედეგად. სამუშაოს მიზანს წარმოადგენს საფერავის ღვინომასალის მიკრობიოლოგიური კვლევა მიკროფილტრაციული დამუშავების შემდეგ. უმნიშვნელოვანესი, ფაქტიურად განმსაზღვრელი როლი უკავია ფილტრაციას ღვინის მრეწველობაში. ღვინის ფინიშურმა ფილტრაციამ უნდა უზრუნველყოს მისი კრისტალური გამჭვირვალობა, 100%-ით გაუსწებობენობა, სტაბილურობა და შენახვისადმი მდგრადობა [1]. აღნიშნული განაპირობებს ეკოლოგიურად სუფთა, კრისტალურად გამჭვირვალე, შენახვისადმი გახანგრძლივებული ვადების მქონე, მაღალი ხარისხის ღვინის მიღებას. ღვინო რთული შემადგენლობის ბიოლოგიურ სითხეს წარმოადგენს, რომელიც ყურძნის წვენი, ფიზიკური, ქიმიური, ფიზიკურ-ქიმიური გარდამქმნების შედეგად წარმოიქმნება. ენოლოგები ღვინოს ცოცხალ არსებას ადარებენ, რომელიც იბადება, ვითარდება და გარკვეული პერიოდის შემდგომ იძენს ბიოლოგიურ მდგრადობას [1].

მიკროორგანიზმები ღვინის წარმოებისას ხვდება ყურძნის, ხილისა და კენკრის ზედაპირიდან. ღვინო ინფიცირდება სოკოების გვარის *Rhizopus*, *Mucor*, *Penicillium*, *Aspergillus*, *Pullularia*, *Botrytis* და საფუარების გვარის *Zygosaccharomyces*, *Hansenula*, *Pichia*, *Schizosaccharomyces*, *Asatanomyces*, *Saccharomycodes*, *Candida*, *Toruloptersis* მიკროორგანიზმებით. ღვინის მიკროორგანიზმებს მიეკუთვნება ველური საფუარი და ობის სოკოს ბაქტერიები. ბაქტერია-დამაბინძურებლებია: ძმარმუჟავას ბაქტერიები (*Acetobacter*), რქმუჟავა ბაცილები (*Lactobacillus*) და მიკროკოკები [3,4].

საფერავის ღვინომასალაში გამოვლინდა acetobacteriis (A) -*Acetobacter*, ლაქტობაცილუსის (L) - *Lactobacillus*, საფუარის და ობის (Y/M) უჯრედები. ღვინის მიკროფილტრაცია ჩატარებული იყო მემბრანული ტექნოლოგიების საინჟინრო ინსტიტუტში შექმნილ მიკროფილტრაციულ დანადგარზე, 0,2–0,45 მკმ ფორის ზომის მემბრანის გამოყენებით [1,2]. სინჯები განისაზღვრა 20 °C ტემპერატურაზე. მიკრობიოლოგიურ კვლევებს ვაწარმოებდით საქართველოში მოქმედი სტანდარტების შესაბამისად. თეფშების განზავების მეთოდი გამოყენებული იყო 1 მლ ღვინოში მიკროორგანიზმების შესაბამისი ჯგუფების CFU -კოლონიის ფორმირების ერთეულების რაოდენობის დასადგენად. ქულატივის მკვებავი სუბსტრატის პეტრის ტურტელი ინოკულირებული იყო 1 მლ ღვინის ნიმუშებით (A, L და Y/M). ღვინის ნიმუში წინასწარ მომზადდა თანმიმდევრული, ათობითი განზავების სისტემის გამოყენების საფუძველზე [5,6]. მონაცემები მოცემულია ცხრ. 1-ში.

ცხრილი 1. საფერავის ღვინომასალის მიკრობიოლოგიური ანალიზი

ბაქტერიის დასახელება	საფერავის ღვინომასალის მიკრობიოლოგიური ანალიზი		
	ფილტრაციამდე	ფილტრაციის შემდეგ 0,45 მკმ	ფილტრაციის შემდეგ 0,2 მკმ
აცეტობაქტერია ( <i>Acetobacter</i> )	5	0	0
ლაქტობაცილუსი ( <i>Lactobacillus</i> )	9	6	0
საფუარის და ობის (Y/M)	25	0	0

კვლევის შედეგად დადგინდა, რომ 0,45 მკმ მიკროფილტრაციული მემბრანით დამუშავებულ ღვინომასალაში სხვა მიკროორგანიზმებისგან განსხვავებით ნაწილობრივ შენარჩუნდა ლაქტობაცილუსის ბაქტერია, ხოლო 0,2 მკმ ფორის ზომის

მემბრანის პირობებში განსორციელდა საფერავის ღვინომასალის სრული სტერილიზაცია აცეტობაქტერიის (*Acetobacter*) A, ლაქტობაცილუსის (*Lactobacillus*) L, საფურის და ობის (Y/M) ბაქტერიების მანვენებლების ნულამდე დაყვანით. ფილტრაციის შედეგად ღვინომასალის გამჭვირვალობის მანვენებელმა ფორმაზინის ერთეულით შეადგინა FTU 0,32, რაც ნიშნავს კრისტალურად, სრულიად გამჭვირვალე, მოელვარე და ბზინვარე პროდუქტის მიღებას, ბიოლოგიური ამღვრვის, განმეორებითი ფერმენტაციის, შებურვის და ლექის წარმოქმნის გარეშე.

#### ლიტერატურა

1. საინჟინრო მემბრანული ტექნოლოგიების ინსტიტუტის ანგარიში -2015 წ.
2. Thomas D. Brock ... Membrane Filtration: A User's Guide and Reference Manual ... Book reviews, interviews, editors' picks, and more. 1983 pp381
3. Attila Kántor\*, Jana Petrová, Miroslava Kačániová Chemical and Microbiological Analysis of Red Wines during Storage at Different Temperatures. Kántor A. et al./Scientific Papers: Animal Science and Biotechnologies, 2014, 47 (2)
4. Fleet G. H., Wine, Food Microbiology Fundamentals and Frontiers (2 edition), ASM Press, Washington DC, USA, 2001, pp. 747-772.
5. Fleet G. H., Yeasts interactions and wine flavour. International Journal of Food Microbiology, 2003, 86, pp.11–22.
6. International Methods of Analysis of Wines and Musts, 2012, Home page address: <http://www.oiv.int>.

#### SUMMARY

#### STERILE MICROFILTRATION AND MICROBIOLOGICAL ANALYSIS OF SAFERAVI WINE MATERIAL

**Bibileishvili G.V., Mamulashvili M.A., Kezherashvili M. G. and Bibileishvili I.V.**

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

The paper presents sterile microfiltration and microbiological analysis of Saperavi wine material. The total number of *Acetobacter* (A) - *Acetobacter*, *Lactobacillus* (L) - *Lactobacillus*, yeast and mold (Y/M) cells was determined in the Saferavi wine material. It was found that under the conditions of 0.2 μm pore size, the complete sterilization of the wine material of Saperavi took place and the indicators of bacteria were reduced to zero. After microfiltration, we got a crystal clear, bright and shiny product.

**Keywords:** wine material, microfiltration, microbiology, bacteria, sterilization.



ვაშლის წვენი და საფერავის ღვინომასალის ქიმიური შედგენილობის კვლევა

ბიბილეიშვილი გ.გ., მამულაშვილი მ.ა., ბუთხუზი თ.გ., ჯავაშვილი ზ.დ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის მემბრანული ტექნოლოგიების საინჟინრო ინსტიტუტი

ნატურალური წვენი ეს არის დასალევი პროდუქტი, რომელიც მზადდება ხილი-საგან. წვენის დასამზადებლად გამოყენებული ნედლეული უნდა პასუხობდეს სტანდარტით გათვალისწინებულ მოთხოვნებს: იყოს ახალი, სალი, მავნე დაავადებების, დაზიანებისა და სიდამპლის გარეშე. წვენის დასამზადებლად გამოყენებული უნდა იქნეს ისეთი მეთოდები, რომელთა საშუალებითაც შენარჩუნებული იქნება ძირითადი ქიმიური, ორგანოლექტიკური და კვებითი მახასიათებლები. ნატურალური წვენები მზადდება ერთი რომელიმე სახის ნედლეულიდან შაქრის ან შაქრის სიროფის, მჟავების, მღებავი, არომატული და დამაკონსერვებელი ნივთიერებების დამატების გარეშე [1-3].

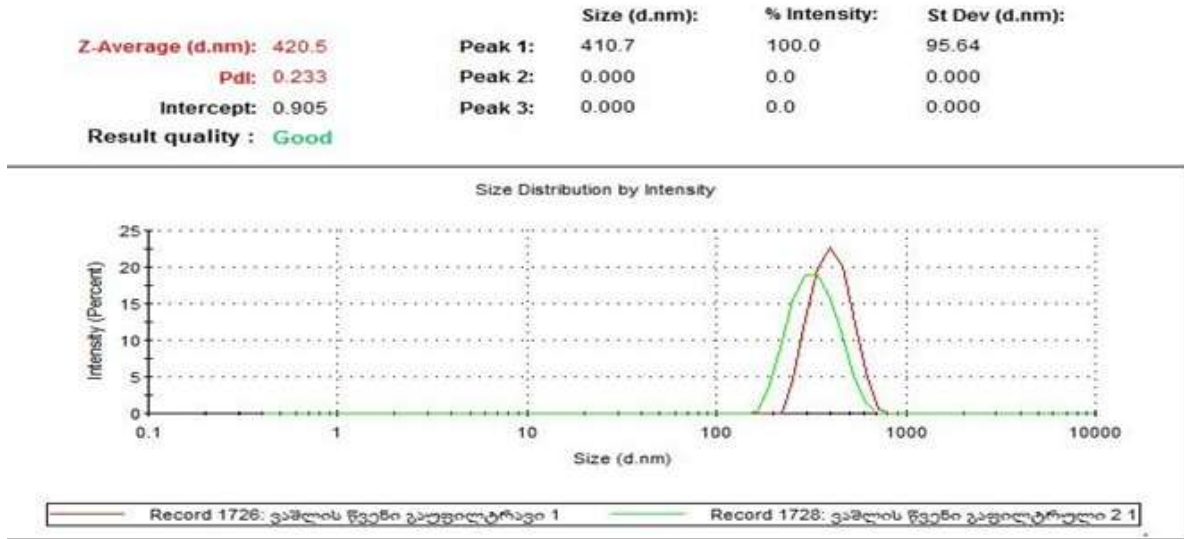
საფერავი ფართოდ გავრცელებული ვაზის ჯიშია, იგი ერთ-ერთი საუკეთესო წარმომადგენელია ვაზის წითელ ჯიშებს შორის. საფერავი საუკეთესო საღვინე მასალას იძლევა თითქმის ყველა ტიპის ღვინისათვის. წითელი ღვინო მუქი ფერის ყურძნის დაწურვისა და მისი ფერმენტაციის შედეგად მიიღება.

შესწავლილი იქნა ვაშლის წვენის და საფერავის ღვინომასალის ფიზიკურ-ქიმიური შედგენილობა, სიმღვრივე, სიბლანტე და Z პოტენციალი საწყის წვენში. ვაშლის წვენის და საფერავის ღვინომასალის კრისტალური გამჭვირვალობის მისაღწევად, 0,2 მკმ ფორის ზომის მემბრანის გამოყენებით ჩატარებული იქნა ფილტრაცია მემბრანული ტექნოლოგიების საინჟინრო ინსტიტუტში შექმნილ მიკროფილტრაციულ დანადგარზე [4,5]. ფილტრაციის შემდეგ კვლავ განისაზღვრა გაფილტრული პროდუქტების ქიმიური შედგენილობა, სიმღვრივე, სიბლანტე და Z პოტენციალი. აღნიშნული ანალიზების ჩასატარებლად გამოყენებული იყო იონომეტრული, ფოტოკოლორიმეტრიული, ტიტრაციის მეთოდები და ხელსაწყოები – სიმღვრივის მზომი Turb 555 IR, იონომერი HI160.1MPI, ფოტოკოლორიმეტრი KF 77, როტაციული ვისკოზიმეტრი, ანალიზატორი Zetasizer Nano ZEN 3690. ვაშლის წვენის ანალიზის შედეგები მოცემულია ცხრ. 1.

ცხრილი. ვაშლის წვენის ქიმიური შედგენილობა

წვენში განსაზღვრავი კომპონენტი	ვაშლის წვენი	
	ფილტრაციამდე	ფილტრაციის შემდეგ
ფარდობითი სიმკვრივე 20°C/20°C	0,04	0,032
D – გლუკოზა, გ/ლ	70	56
D – ფრუქტოზა, გ/ლ	0,4	0, 36
საქაროზა, გ/ლ	80	64
ლიმონმჟავა, მგ/ლ	1100	900
L ვაშლმჟავა, მგ/ლ	65	54
მჟავიანობა, pH	3,4	3,4
ნაცარი, %	2,7	2,16
სიმღვრივე, FTU	5,12	0,46
Z პოტენციალი, ნმ	410,7	335,6
სიბლანტე, η	3,01	2,93
შაქრის მასური წილი, %	10,8	8,64
ნატრიუმი, მგ/ლ	5	4
კალიუმი, მგ/ლ	110	88
მაგნიუმი, მგ/ლ	3,4	2,72
კალციუმი, მგ/ლ	217	209
ფოსფორი, მგ/ლ	5,8	4,64
საერთო აზოტი, მგ/ლ	0,6	0,48
რკინა, მგ/ლ	1,2	0,96

სურათზე 1 მოცემულია ანალიზატორზე Zetasizer Nano ZEN 3690 განსაზღვრული ვაშლის წვენი ნაწილაკის ზომები გაფილტვრამდე და გაფილტვრის შემდეგ. ვაშლის წვენი არსებული ნაწილაკების მაქსიმალური ზომა 410,7ნმ-დან გაფილტვრის შემდეგ შემცირდა 335,6 ნმ-მდე.



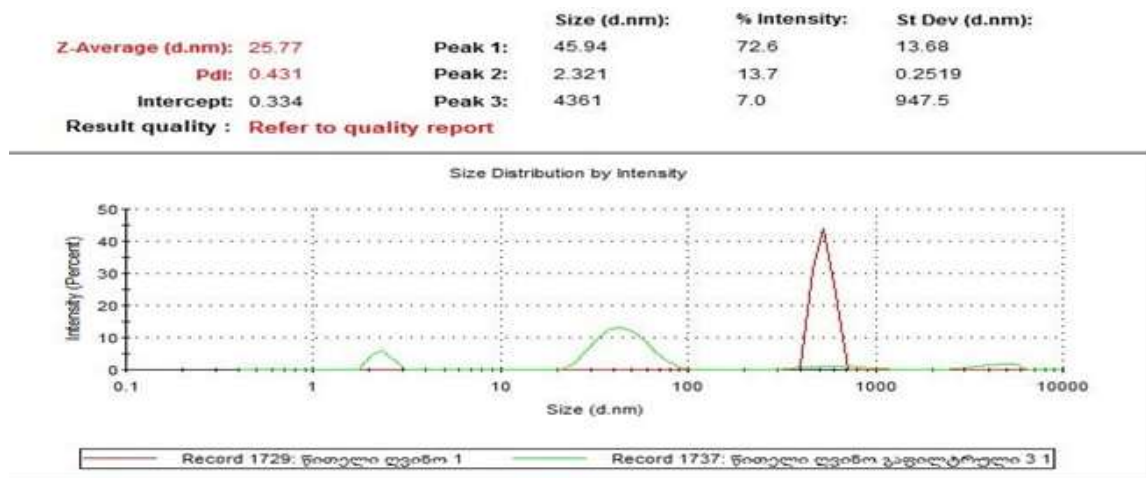
სურათი 1. ვაშლის წვენი ნაწილაკის ზომები გაფილტვრამდე და გაფილტვრის შემდეგ

საფერავის ღვინომასალის ანალიზის შედეგები – ქიმიური შედგენილობა, სიმღვრივე, სიბლანტე და Z პოტენციალი ფილტვრამდე და ფილტვრის შემდეგ. მოცემულია ცხრ. 2-ში.

ცხრილი 2. საფერავის ღვინომასალის ქიმიური შედგენილობა

მახასიათებელი სიდიდეები	ღვინომასალის კონცენტრაცია ფილტვრამდე	ღვინომასალის კონცენტრაცია ფილტვრის შემდეგ
ეთილის სპირტი %	12,6	12,24
შაქრის მასური კონცენტრაცია, %	12,7	10,16
ტიტრული მუავიანობა, გ/ლ	8,17	8,076
აქროლადი მუავიანობა, გ/ლ	0,22	0,219
ღვინის მუავა, გ/ლ	3,22	3,117
pH	3,4	3,2
SO <sub>2</sub> საერთო, მგ/ლ	60	48
SO <sub>2</sub> თავისუფალი, მგ/ლ	4,52	3,61
ექსტრაქტი, გ/ლ	29,7	29,386
ტანინი გ/ლ	0,94	0,919
სიმკვრივე მგ/სმ <sup>3</sup>	990	790
სიმღვრივე FTU	29,35	1,05
Z პოტენციალი ნმ	526,4	45,94
სიბლანტე η	2,97	2,93
ტყვია. მგ/ლ	0,021	0,016
ღარიშხანი, მგ/ლ	<0,1	<0,08
კალიუმი, მგ/100გ	381,3	305
ნატრიუმი, მგ/100გ	110,7	88
კალციუმი, მგ/100გ	217	209
მაგნიუმი, მგ/100გ	150,2	120
რკინა, მგ/100გ	11,3	8,4

სურათზე 2 მოცემულია საფერავის ჯიშის ღვინომასალის ნაწილაკის ზომები. გაფილტვრამდე ღვინომასალაში არსებული ნაწილაკების მაქსიმალური ზომა 526,4 ნმ-დან გაფილტვრის შემდეგ შემცირდა 45,94 ნმ-მდე.



სურათი 2. საფერავის ღვინომასალის ნაწილაკის ზომები გაფილტვრამდე და გაფილტვრის შემდეგ

საწყისი ღვინომასალის და ფილტრატის ანალიზმა საშუალება მოგვცა დაგვედგინა, რომ ღვინის მჟავის რაოდენობა მცირდება – 3,2%-ით, მქლორაჟი მჟავის – 5,4 %-ით, ალკოჰოლის – 2,9%-ით, ტიტრული მჟავის – 1,15%-ით, ექსტრაქტის – 1,3%-ით, ტანინის – 2,3 %-ით და რკინის – 1,35%-ით. ექსპერიმენტის შედეგად მივიღეთ, რომ ვაშლის წვენიში, გახსნილი ნივთიერებებიდან ყველაზე მეტი რაოდენობით აღმოჩნდა კალციუმი, კალიუმი და ფოსფორი, ხოლო საფერავის ღვინომასალაში კალიუმი, კალციუმი, მაგნიუმი. ფილტრაციის შედეგად ორივე შემთხვევაში მოხდა დიდი ნაწილაკების ზომის შემცირება და მიღებული იქნა კრისტალურად გამჭვირვალე წვენი და ღვინომასალა, რომლებიც შესახედავობით, კოსისტენციით და გემური თვისებებით აკმაყოფილებენ სასმელების მიმართ წაყენებულ მოთხოვნებს.

**ლიტერატურა**

1. TREETOP, Apple juice Concentrate – TYPE I, TYPE II, TYPE III. Ingredient Division. Product Data Sheet TDS -116. Selah WA: (1999); [http:// www. Treetop.com/ingredient/Products/ products/concentrates/ ingpds](http://www.Treetop.com/ingredient/Products/products/concentrates/ingpds) Apple Concentrate. Pdf.pp.1-3.
2. Bathal Vijaya Kumar<sup>1</sup>, Mannepula Sreedharamurthy<sup>2</sup>, Obulam Vijaya Sarathi Reddy<sup>2</sup> PHYSICO-CHEMICAL ANALYSIS OF FRESH AND PROBIOTICATED FRUIT JUICES WITH LACTOBACILLUS CASEI International Journal of Applied Sciences and Biotechnology ISSN:2091-2609 Vol 1(3) : 127-131 (2013) DOI:10.3126/ijasbt.v1i3.8301
3. საინჟინრო მემბრანული ტექნოლოგიების ინსტიტუტის ანგარიში, 2015.
4. მევენახე - მეღვინე სსპი -განათლების ხარისხის განვითარების ეროვნული ცენტრი, 2016.
5. M. V. Filippi, D. B. Genovese, J. E. Lozano Zeta-Potential as a Way to Determine Optimal Conditions During Fruit Juice Clarification Food Engineering: Integrated Approaches pp. 391–397.
6. Red Wine Composition. Available online: <https://waterhouse.ucdavis.edu/whats-in-wine/red-wine-composition> (accessed on 22 November 2021).

**SUMMARY**

**STUDY OF THE CHEMICAL COMPOSITION OF APPLE JUICE AND SAPERAVI WINE MATERIAL**

**Bibileishvili G.V., Mamulashvili M.A., Butchuzi T.G. and Javashvili Z.D.**

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

Chemical composition, darkness, viscosity, particle size - Z potential of apple juice and Saperavi wine material before and after filtration are studied in the paper. Microfiltration was performed using a 0.2 μm pore size membrane. It was determined that after filtration the chemical composition decreased by 20%, the particle size in apple juice was reduced to 359.3 nm, and in wine material to 45.94 nm. We obtained crystal clear juice and wine material that meet the requirements of non-alcoholic beverages.

**Keywords:** Apple juice, wine material microfiltration, chemical composition, particle size.

პურის ცხობის ტექნოლოგიაში გამოყენებული ცხიმების თერმული თვისებები

მაჩალაძე თ.ე., სამხარაძე მ.გ., კახიძე ნ.ა.

ივ. ჯავახიშვილის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი, რაფიელ აგლაძის სახ. არაორგანული ქიმიისა და ელექტროქიმიის ინსტიტუტი  
აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

მცენარეული და ცხოველური წარმოშობის საკვები პროდუქტები, რომლებიც მნიშვნელოვანი და საჭირო ნივთიერებების შემცველია, ჩვეულებრივ გადის სპეციალურ მომზადებას მოხმარებამდე. თერმული ანალიზი საშუალებას გვაძლევს შევისწავლოთ ფიზიკური და ქიმიური ეფექტები, რომლებიც წარმოიქმნება საკვების გადამუშავების ნორმალური ციკლის დროს და დაკავშირებულია ტემპერატურის ცვლილებასთან, როგორცაა – დუღილი, გაყინვა და გაშრობა. ამ პროცესების დროს გააზრებას დიდი მნიშვნელობა აქვს კვების მრეწველობისათვის.

თავდაპირველად, თერმული ანალიზი გამოიყენებოდა, როგორც სტანდარტული მეთოდი პოლიმერების შესასწავლად. თუმცა პრაქტიკამ აჩვენა, რომ ის შესანიშნავია საკვების პროდუქტებისა და მათი ინგრედიენტების შესამოწმებლად. ბოლო წლებში შემუშავდა ეფექტური მეთოდები და ტექნოლოგიები საკვები პროდუქტების შესამოწმებლად, მათ შორის ცილების, ნახშირწყლების, ცხიმების, ზეთებისა და შესაფუთი მასალების ჩათვლით.

ცხიმები, ცილებთან და ნახშირწყლებთან ერთად, საკვების ერთ-ერთი მთავარი კომპონენტია, კვებითი ღირებულებით და ორგანიზმის ფიზიოლოგიურ პროცესებში მათ მიერ შესრულებული როლით. მათი შემცველობა მნიშვნელოვანი პარამეტრია საკვების გადამუშავებაში და მზა პროდუქტის შეფასებაში. დიფერენციალური სკანირების კალორიმეტრია (DSC) და თერმოგრავიმეტრული ანალიზი (TGA) განიხილება ძირითად მეთოდებად, რომლებიც გამოიყენება შესრულებისა და პროცესის პირობების გასაუმჯობესებლად. ტემპერატურა და დრო არის კვების მრეწველობის ორი ძირითადი პარამეტრი. დიფერენციალური სკანირების კალორიმეტრია (DSC) გვეხმარება ამ პარამეტრების შესწავლაში მომზადების და გაყინვის პროცესებში. აქედან გამომდინარე, მისი გამოყენება შესაძლებელია საკვებისა და მისი ინგრედიენტების სხვადასხვა თვისებების დასადგენად.

პურის წარმოებაში ფართოდ იყენებენ ისეთ ცხიმებს, როგორცაა: კარაქი, მზესუმზირის ზეთი, ცხვრის, ღორის, საქონლის ქონი, ერბო და სხვა. ცხიმები ერთმანეთში ნებისმიერი თანაფარდობით ერევა. აქედან გამომდინარე შედარებით ადვილია ახალი ცხიმოვანი კომპოზიციების შექმნა. რთული ცხიმების შემცველი პროდუქტების შექმნისადმი ინტერესი აიხსნება სურვილით შევამციროთ ცხიმის ენერგეტიკული ღირებულება, შევამციროთ ქოლესტერინის შემცველობა, გავამდიდროთ პროდუქტი უჯერი ცხიმოვანი მუავებით, გავზარდოთ მისი ბიოლოგიური და საკვები ღირებულება. ამ მომენტისათვის არ არსებობს მარტივი და საიმედო მეთოდები ან ხელსაწყო-დანადგარები, რათა განვსაზღვროთ რაოდენობრივი და თვისობრივი შედგენილობა რთული ცხიმოვანი ფაზის შემცველი პროდუქტისა. ეს გარემოება ართულებს ცხიმების კონტროლს. ერთ-ერთი ასეთი მეთოდი, რომელიც შეიძლება გამოვიყენოთ ცხიმების კონტროლისათვის, დიფერენციალური თერმული ანალიზია. ანალიზის თერმული მეთოდის დანერგვის პერსპექტივა კვების მრეწველობაში დაკავშირებულია შედარებით იაფ დანადგარებთან, ანალიზის სიმარტივესთან და საიმედოობასთან. ნივთიერების სისუფთავის დადგენა ერთ-ერთი ძირითადი სფეროა DTA-ს გამოყენებისა [1].

დნობის ტემპერატურა ერთ-ერთი ძირითადი მაჩვენებელია, რომელიც ახასიათებს სხვადასხვა ნაერთის სისუფთავეს და ინდივიდუალურობას. ცხოველური ცხიმების დნობის თავისებურება იმაში მდგომარეობს, რომ გლიცერიდების შერეული კრისტალები დნებიან ცალ-ცალკე და აქვთ ინტენსიური დნობის თავიანთი ზონები, მხოლოდ მათთვის დამახასიათებელი დნობის მაქსიმალური ტემპერატურით. მცენარეული ცხიმების ქიმიური შედგენილობის და თვისებების ცვლილება თავის მხრივ

განაპირობებს ფიზიკურ-ქიმიური თვისებების ცვლილებას, რაც შეიძლება გამოიყენოთ კარაქის ცხიმოვანი ფაზის ნატურალური შემადგენლობის დასადგენად. კარაქის საკვები ბიოლოგიური ფასეულობის გასაზრდელად იყენებენ მცენარეული წარმოშობის ცხიმებს, რომლებშიც შეიძლება გამოიყენოთ ჩანაცვლებისათვის ისეთი მყარი ცხიმები, როგორცაა ქოქოსის, პალმიტინის და სხვა.

შევისწავლეთ: ქოქოსის ზეთი, პალმიტინის ზეთი, სტეარინი, კაკაოს ზეთი, რადგან ისინი შირად გამოიყენება, როგორც იაფი კომპონენტი კომბინირებად ცხიმებში და კარაქში.



სურ.1 პალმის ცხიმი

ბოლო დროს საკვებ ცხიმებში განსაკუთრებით გამოიყენება პალმის ზეთი (სურ.1). იგი შეიცავს, როგორც ნაჯერ ცხიმოვან მჟავებს (პირველ რიგში პალმიტინის მჟავას), ასევე უჯერ ცხიმოვან მჟავებსაც. უჯერი და ნაჯერი ცხიმების შეფარდება ორჯერ უფრო მაღალია კარაქთან შედარებით. უჯერი ცხიმების შემადგენლობით კი იგი ძალიან ემსგავსება ზეთუნის ზეთს და, შესაბამისად, ადამიანის ორგანიზმზე მსგავსი დადებითი ზემოქმედებით ხასიათდება. ბიოშელწევადობა მაღალია. ქოლესტეროლის შემცველობა მინიმალურია. ისევე, როგორც სხვა მცენარეული ზეთები, პალმის ზეთი არ შეიცავს ტრანსცხიმებს (უჯერი ცხიმის ნაირსახეობაა, რომელიც ე.წ. ტრანს-კონფიგურაციაშია). ცნობილია, რომ ბუნებრივად ტრანსცხიმები ძუძუმწოვარა ცხოველების კუჭში ბაქტერიების ზემოქმედების შედეგად წარმოიქმნება, ხორცისა და რძის პროდუქტებში 5–8%-ის ოდენობით გვხვდება. დიდი რაოდენობით ტრანსცხიმები გულ-სისხლძარღვთა და ონკოლოგიური დაავადებების რისკს ზრდის.

მცენარეულ პროდუქტში ტრანსცხიმების მოხვედრა მხოლოდ იმ შემთხვევაშია შესაძლებელი, როდესაც ხდება თხევადი ცხიმის (ზეთის) ჰიდროგენიზაცია, ანუ მყარ მდგომარეობაში გადაყვანა (რაც ხშირად აუცილებელია კვებით მრეწველობაში).

პალმის ზეთს დნობის მაღალი ტემპერატურა აქვს, თავიდანვე ნახევრად მყარი კონსისტენცია გააჩნია. ეს მასში პალმიტინის მჟავის შემცველობითაა განპირობებული, რომლის არსებობაც დამახასიათებელია ცხოველური ცხიმების შემადგენლობისთვის. სწორედ ეს ცხიმოვანი მჟავაა „დამნაშავე“ იმაში, რომ ცხიმი არ იღვრება. ამ თვისების გამო პალმის ზეთს არ სჭირდება ხელოვნური გამყარება, როგორც მაგალითად, მხესუმზირის ზეთს, შესაბამისად, იგი არ შეიცავს ტრანსცხიმებს. რასაც უდიდესი მნიშვნელობა აქვს კვების ტექნოლოგიაში. ჩვეულებრივი ზეთი რომ გამოიყენონ მზა საკვების შესაქმნელად, მის ჰიდროგენიზაციას ახორციელებენ, რითაც მის გამაგრებას აღწევენ, მაგრამ ამ პროცესში ზემოთ აღნიშნული ტრანსცხიმები იქმნება, რაც ფრიად არასასურველია. ისიცაა საყურადღებო, რომ პალმის ზეთის გამოყენებისას საკონდიტრო პროდუქტის შენახვის ვადა მატულობს. ქოქოსის ცხიმს იღებენ ახლადმოზადებული კოპრიდან, სასიამოვნო გემოსია, რაფინირების შემდეგ თეთრ ფერს იღებს და იყენებენ საკვებად, ამზადებენ მარგარინს, ან საკონდიტრო ცხიმს. ცალკეული მცენარეული ცხიმები შეიცავენ აგრეთვე ალკალიდებს,



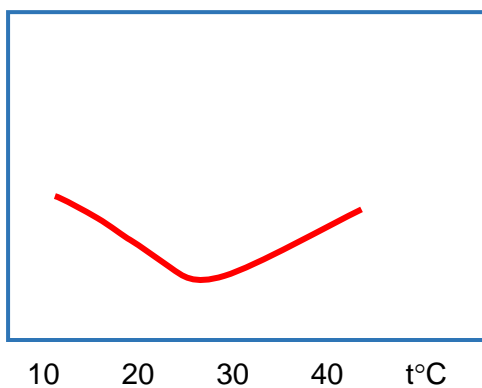
ეთერზეთებს, და სხვას, რაც განაპირობებს მათ ტოქსიკურ ან სამკურნალო თვისებებს.

მცენარეული ცხიმების დნობის პროცესი მიდის ფართო ტემპერატურულ დიაპაზონში (35–38 °C). თავიდან დნება მყარი ფაზის შედარებით ადვილადდნობადი კომპონენტები. შემდეგ უფრო მაღალ ტემპერატურაზე დნობის პროცესი შედგება უკვე გამდნარ ცხიმოვან ფაზაში შერეული კრისტალების თანმიმდევრულ გახსნაში, რომლებსაც უფრო მაღალი დნობის ტემპერატურა აქვს.

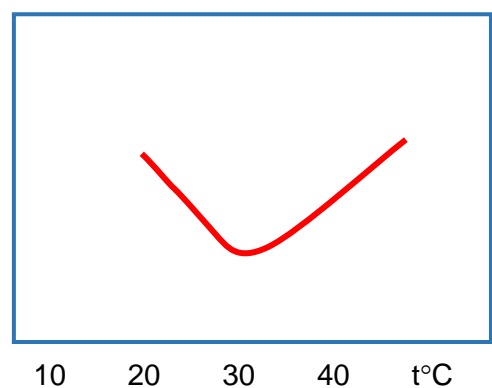
ცხიმოვანი ფაზის დნობის ხასიათი, რომელიც გამოყოფილია კომბინირებული ცხიმებიდან, ძალიან განსხვავდება როგორც ნატურალური ცხიმებიდან, ისე მცენარეული წარმოშობის ცხიმებიდან, რაც გვაძლევს საშუალებას დავახასიათოთ რძის ცხიმის თერმოგრამა, როგორც ინდივიდუალური მახასიათებელი, რომლის გამოყენებით შეგვიძლია გავაკეთოთ დასკვნები ცხიმის ნატურალურობის შესახებ. ნახ. 1 და 2-ზე მოყვანილია ზოგიერთი მცენარეული ცხიმის DTA მრუდები. თერმული ეფექტები რძის ცხიმისა და პალმის ცხიმისა ამოვარდნილია იდენტიფიკაციის ზონიდან, როდესაც უკანასკნელის მასური წილი 10%-ზე მეტია ე.ი. ასეთი კონცენტრაციის შემთხვევაში შესაძლებელია აღმოვაჩინოთ დანამატი პალმის ზეთისა სხვა ნებისმიერ რძის ცხიმზე. DTA მეთოდი გამოსადეგია კომბინირებული ცხიმების ხარისხის კონტროლისათვის.

თერმული კვლევისას, გარდაქმნების და ქიმიური რეაქციების სრული სურათის მისაღებად საჭიროა T და DTA მრუდებთან ერთად მივიღოთ მასის ცვლილების მრუდი TG. ამ მიზნით შექმნილია მრავალი სახის თერმოგრაფი მეტი. უკანასკნელ წლებში ფართოდ გამოიყენება დანადგარები, რომელთა საშუალებითაც ხორციელდება თერმულ და გრაფიმეტრულ კონტროლთან ერთად ელექტროგამტარობის, მოცულობის ცვლილების, აირის გამოყოფის და სხვა პროცესების აღმწერი მრუდების ერთდროული ჩაწერა, რაც ზრდის ინფორმაციას საკვლევ სისტემაში მიმდინარე მოვლენების შესახებ [2,3].

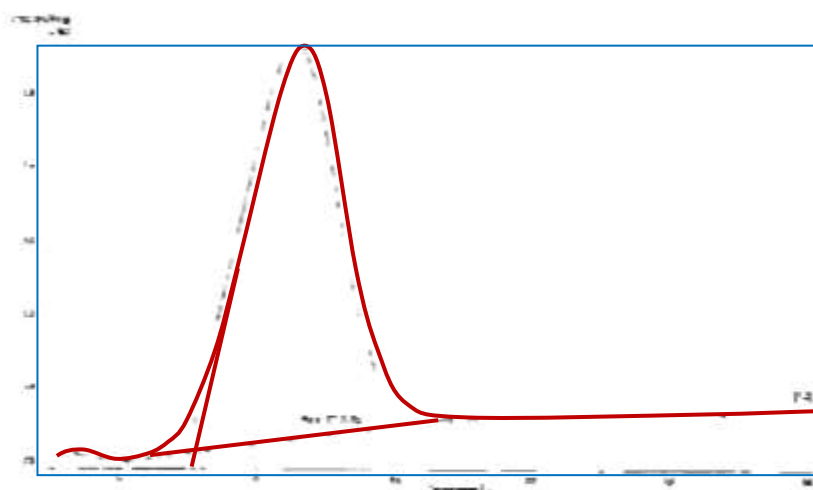
თერმული და კალორიმეტრული კვლევებით შესწავლილია ქოქოსის, სპერმაცევტის, სტეარინის, კაკაოს და პალმის ცხიმის დნობის პროცესი. ნახ. 1 და 2-ზე მოყვანილია – ქოქოსის, სპერმაცევტის დნობის DTA მრუდები, ხოლო ნახ. 3 და 4-ზე ასახულია – ქოქოსის. სპერმაცევტის DSC მრუდები.



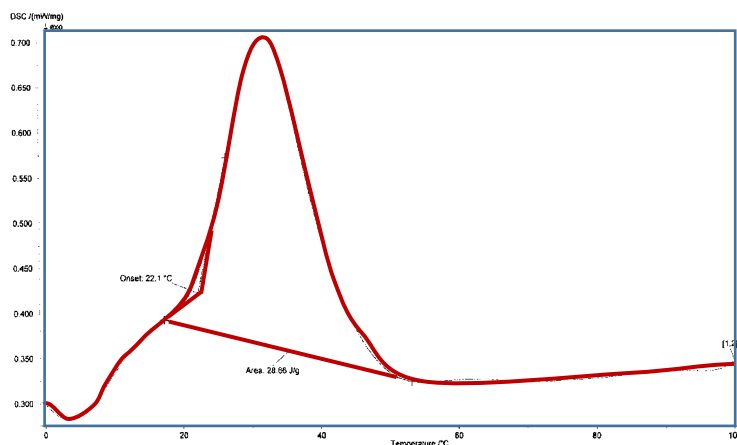
ნახ. 1. ქოქოსის ცხიმის დნობის DTA მრუდი



ნახ. 2. სპერმაცევტის დნობის DTA მრუდი



ნახ. 3. ქოქოსის ცხიმის DSC მრუდი



ნახ. 4. სპერმაცევის DSC მრუდი

ამდენად, დერივატოგრაფზე და კალორიმეტრზე ჩატარებული ცდების შედეგად დადგინდა, რომ სტეარინი დნება  $60^{\circ}\text{C}$ , დნობის სხედრითი სითბო ტოლია  $194,4$  ჯ/გ. სპერმაცევი –  $30^{\circ}\text{C}$ , დნობის სხედრითი სითბო ტოლია  $28,67$  ჯ/გ, კაკაოს ზეთი –  $70^{\circ}\text{C}$ , დნობის სხედრითი სითბო ტოლია  $193,4$  ჯ/გ. ქოქოსის ზეთი  $25^{\circ}\text{C}$ . დნობის სხედრითი სითბო ტოლია  $107,9$  ჯ/გ. პალმის ცხიმი  $37^{\circ}\text{C}$ , დნობის სხედრითი სითბო ტოლია  $140,5$  ჯ/გ.

#### ლიტერატურა

1. თ. მაჩალაძე, თერმული ანალიზი. –თბილისი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი., 2006.
2. Уендлант У. Термические методы анализа. Пер. с англ. – М., Мир, 1978, 526 с.
3. Дериვაграф системы Паулик – Паулик – Эрдей. Теоритические основы. – Будапешт Венгерский оптический завод, 1974

#### SUMMARY

#### THERMAL ANALYSIS OF FATS USED IN BREAD BAKING TECHNOLOGY

Machaladze T.E., Samkharadze M.G., Kakhidze N.A.

Iv.Javakhishvili Tbilisi State University, R.Agladze Institute of Inorganik Chemistry and Electrochemistry Akaki Tsereteli State University

We learned fats, which are used in bread baking technology with thermal analysis. With DTA and DSC curves it was determined the specific heat and temperature of melting.

**Keywords:** thermal analysis, vegetable fats, thermal effect.

**აბზინდასა და მრავალძარღვას ბაგოყენების პერსპექტივა  
შეპოლილი კმხვის წარმოებაში**

**ტყეშელაშვილი ა.რ., ტყემალაძე გ.შ.**

**საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი**

ხორცპროდუქტების მოსამზადებლად, როგორც საგემოვნო დანამატი, გამოიყენება მცენარეები და მათ შორის უმრავლესობას აქვს სამკურნალო თვისებები, აბზინდასა (*Artemisia absinthium*) და მრავალძარღვას (*Plantago major*) მათი სიმწარისა და არასასიამოვნო გემოს გამო თავს არიდებდნენ. მხოლოდ მწირი ინფორმაცია იმის შესახებ ინტერნეტში, ამ მცენარეთა დამატებით სურსათის მომზადების ცდის ან რაიმე კვლევის შესახებ. თუმცა მათი თვისებებიდან გამომდინარე გადავწყვიტეთ გამოგვეცადა მათი მოქმედება ხორცპროდუქტების ტექნოლოგიაში.

პირველ ეტაპზე შევისწავლეთ სამკურნალო მცენარე აბზინდას (*Artemisia absinthium*), თვისებების აღწერა, რომელიც მრავალწლიანი, ბალახოვანი მცენარეა რთულყვავილოვანთა ოჯახიდან. გაგრძელებულია თითქმის მთელ საქართველოში. აბზინდას ნედლეული შეიცავს 2%-მდე ეთერზეთს, რომლის შემადგენლობაში შედის ტუილი, ტუიონი, პინენი, კადინენი, ფელანდრენი და სხვა. გარდა აღნიშნულისა, აბზინდას ბალახი შეიცავს ფლავონოიდებს, მთრიმლავ ნივთიერებებს, კაროტინს, ორგანულ მჟავებს, ასკორბინის მჟავას, ლაქტონებს. მწარე ნივთიერებები ანაბზინტინი და აბზინთინი განაპირობებენ მის ფარმაკოლოგიურ მოქმედებას. ბალახის ბიოლოგიურ აქტივობას განაპირობებს ძირითადი ნივთიერებები: ეთერზეთები, მწარე სესკვიტერპენოიდური ლაქტონები, ფლავონოიდები, სხვა სიმწარის გამომწვევი ნაერთები, აზულენები, ფენოლის მჟავები, ტანინები და ლიგნანები. აბზინდას ახასიათებს ანტიპროტოზოული, ანტიბაქტერიული, სოკოს საწინააღმდეგო, წყლულის საწინააღმდეგო, ჰეპატოპროტექტორული, ანთების საწინააღმდეგო, იმუნომოდულატორული, ციტოტოქსიური, ტკივილგამაყუჩებელი, ნეიროპროტექტორული, ანტიდეპრესანტული, პროკოგნიტური, ნეიროტროფული და უჯრედის მემბრანის სტაბილიზატორის და ანტიოქსიდანტური აქტივობა [1].

მრავალძარღვა (*Plantago major*) მრავალწლიანი ბალახოვანი მცენარეა მრავალძარღვასებრთა ოჯახიდან. მრავალძარღვას ფოთლები შეიცავს გლიკოზიდ აეკუბინს. ნაპოვნი მათში ალკალოიდის ნიშნები, მთრიმლავი ნივთიერებები მცირე რაოდენობით, ვიტამინი K, პროვიტამინი A, ასკორბინის მჟავა, ფლავონოიდები, ლიმონის მჟავა. თესლი შეიცავს სტეროიდულ საპონინებს, პროტეინს, ამინომჟავებს. მცენარის ფოთლებში არსებული ფიტონციდები განაპირობებენ მის ანტიმიკრობულ მოქმედებას. მრავალძარღვას ნაყენი და ფოთლების წვენი ხელს უწყობს ჭრილობების სწრაფ შეხორცებას. კარგად გარეცხილი ფოთოლი გამოიყენება ჩირქოვან ჭრილობებზე დასაფენად კომპრესის სახით [2].

პირველ რიგში აბზინდასა და მრავალძარღვას აფთიაქში შექმნილი (შესაბამისად შპს „იმედის“ და შპს „ფარკონის“ მიერ დამზადებული) პრეპარატებისგან, მწარმოებლის მიერ მოცემული სპეციფიკის მიხედვით, მოვამზადეთ ორი სახის ნაყენი - წყლზე და 70%-იან სპირტზე. შემდგომ ექსტრაგირებულ ხსნარში გახსნილი ექსტრაქტის რაოდენობა განვსაზღვრეთ, კონცენტრაციის დადგენის მეთოდით, პროცენტებში, რითაც დავადგინეთ, რომ აბზინდასა და მრავალძარღვას ფოთლების ნაყენი წყალზე არის 1%-იანი, ხოლო 70%-იან სპირტზე 2–2,2%-იანი. მიღებული მონაცემების მიხედვით შევიმუშავეთ დოზირების ნორმები 1 კგ. ხორცის მასაზე (ცხრ.1).



ცხრილი 1. დოზირების ნორმები 1 კვ. ხორცის მასაზე

№	დასახელება	წონა, (გ)	ექსტრაქტის შემცველობა, (გ)
1	აბზინდას 1 %-იანი ნაყენი	200	2
2	აბზინდას 1 %-იანი ნაყენი	150	1,5
3	აბზინდას 2 %-იანი ნაყენი	100	2
4	მრავალძარღვას 1 %-იანი ნაყენი	150	1,5
5	მრავალძარღვას 1 %-იანი ნაყენი	200	2
6	მრავალძარღვას 2,2 %-იანი ნაყენი	100	2,2
7	მრავალძარღვას 2,2 %-იანი ნაყენი	150	3,3

ნაყენის დოზირების შემუშავებისას გავითვალისწინეთ ნაყენთა სპეციფიური გემო და არომატი [3].

ხორცის ნედლეულად გამოყენებულ იქნა 25% საქონლის უმაღლესი ხარისხის მომწიფებული (1% მარილით) და 75% ქათმის ფილეს გაციებული ხორცი [4].

შესადარებლად მოვამზადეთ მოცემულ ხორცის ნედლეულზე, მხოლოდ წყლისა და მარილის დამატება. მომზადებული ფარშის ფორმირება მოვახდინეთ მცირე ზომის ბატონებად. თერმული დამუშავების შემდგომ, მაცივარში მოთავსებული ექსპერიმენტული და შესადარებელი მასალები მოთავსდა თანაბარ პირობებში და განისაზღვრა შრობის კოეფიციენტი. აღსანიშნავია, რომ აბზინდასა და მრავალძარღვას ფოთლების ნაყენით მომზადებულ მზა პროდუქტში დაფიქსირდა, საკონტროლო (წყლით და მარილით მოზადებული) ნიმუშისგან განსხვავებული გამოსავლიანობის მაღალი დონე. შრობის კოეფიციენტები და გამოსავლიანობა მოცემულია ცხრ. 2-ში.

ცხრილი 2. შრობის კოეფიციენტები და გამოსავლიანობა

	ნიმუშის დასახელება	შრობის საშუალო მჩვენებელი (%)	გამოსავლიანობა (%)
1	აბზინდის 2 %-იანი ნაყენი №3	25,64%	74,36%
2	1. მრავალძარღვას 1 %-იანი ნაყენი №1, 1-150	25,80%	74,20%
3	2. მრავალძარღვას 1 %-იანი ნაყენი №1 1-200	25,92%	74,08%
4	4. მრავალძარღვას 2 %-იანი ნაყენი №2 2-150	26,01%	73,99%
5	3. მრავალძარღვას 2 %-იანი ნაყენი №2 2-100	26,01%	73,99%
6	აბზინდის 1 %-იანი ნაყენი №1	27,45%	72,55%
7	აბზინდის 1 %-იანი ნაყენი №2	28,61%	71,39%
8	საკონტროლო ნიმუში - 001	30,47%	69,53%

მოხარული-შებოლილი ხორცპროდუქტის მთავარი დადებითი თვისება, გამოშრობის გზით მიღებული პროდუქტის ყუათიანობისა და მაღალკალორიულობის სპეციფიურობა, გამოვიყენეთ ახალი პროდუქტის შექმნის იდეის გამართლებისთვის, რომელიც გარკვეულ წილად დააკმაყოფილებს კვების დიეტურ და სპორტულ მიმართულებას. საჭმლის მომწიფებელ სისტემაზე დადებითად მოქმედი სამკურნალო მცენარით მომზადებული ხორცპროდუქტის (რის მიხედვითაც შევარჩიეთ სამკურნალო მცენარე, როგორც ინგრედიენტი) მომზადების მიზანშეწონილობა ორგანიზმზე მოქმედების იმ უარყოფითმა თვისებებმა განაპირობა, როგორცაა ხორცპროდუქტის რთულად შეთვისება-გადამუშავება, მიღების შემდგომ დისკომფორტისა და სიმძიმის შეგრძნება [5].

მომზადებული პროდუქტის სრულყოფის მიზნით, შემდგომი კვლევისა და ექსპერიმენტის მიზანია, ხორცპროდუქტის სრულყოფა საგემოვნო დანამატების გამოყენებით, აგრეთვე სურსათისთვის აუცილებელი, ლაბორატორიულად დადასტურებული უსაფრთხოების აღიარება და დეკლარირება [6].

კვლევის შედეგი, რომელმაც აჩვენა რომ აღნიშნულ სამკურნალო მცენარეებს, შეუძლიათ, მთრთიმლავი, ანტიოქსიდანტური და სხვა დადებითი მოქმედების წყალობით, პროდუქტს მიაწოდონ ტექნოლოგიურად აუცილებელი თვისებები, მიკრობიოლოგიური და ფიზიკურ-ქიმიური პარამეტრების სრულყოფით, გვაძლევს იმედს, რომ საბოლოოდ მივიღებთ სპორტული მიმართულების კვებისათვის საინტერესო და დამაკმაყოფილებელ პროდუქტს.

#### ლიტერატურა

1. ს. ჩაგელიშვილი, მ. გოგორიშვილი <https://agrokavkaz.ge/samkurnalo-mcenareebi/abzinda-simtchlis-balakhi-samkurnalo-mtsenare-retseptebi.html> და <https://agrokavkaz.ge/samkurnalo-mcenareebi/mravaldzar-guva-udzvelesi-samkurnalo-mtsenare-retseptebi.html>. (ნანახია: 20.06.2022)
2. ნიეტო, გ. როსი, გ. ჰიდროქსიტროსოლის ჯანმრთელობის სარგებელი და გამოყენება, როგორც ფუნქციური ინგრედიენტი ხორცში. //მედიკამენტები 2018, 5, 13.
3. Hussain, M.; Raja, N.I.; Akram, A.; Iftikhar, A.; Ashfaq, D.; Yasmeen, F.; Mazhar, R.; Imran, M.; Iqbal, M.A. Status review on the pharmacological implications of *Artemisia absinthium*: A critically endangered plant. *Asian Pac. J. Trop. Dis.* 2017, 7, 185–192.
4. Б. Ф. Бессарабов, Э. И. Бондарев, Т. А. Столяр. Птицеводство и технология производства яиц мяса птиц. - СПб.: Лань, 2005, сс. 345-365.
5. Bora K.S., Sharma A. Phytochemical and pharmacological potential of *Artemisia absinthium* Linn. and *Artemisia asiatica* Nakai: A Review. //J. Pharm. Res. 2010, 3, 325–328.
6. Генрих Кайм. Технология переработка мяса (немецкая практика). -Санкт-Петербург, 2006, сс.129-205, 210-220, 225-255; ISBN: 5-93913-088-7.

#### SUMMARY

#### PROSPECTS FOR THE USE OF *ARTEMIZIA ABZINTHIUM* AND *PLANTAGO MAJOR* IN THE PRODUCTION OF SMOKED SAUSAGES

Tkeshelashvili A.R. and Tkemaladze G.Sh.

Georgian Technical University

Vegetable ingredients of meat products are mainly used in recipes as a flavor additive, although they also have a kind of functional effect, affecting color, consistency, shelf life. Medicinal plants wormwood (*Artemisia absinthium*) and multi-veined plant (*Plantago major*) were selected due to their probable, possible, positive effects for the preparation of sausages. Confirming with research that it will be possible to obtain a product useful for the nutrition of athletes is the main direction of the work topic. The main properties of the ingredients were distinguished and they were grouped according to the purpose, tinctures of different concentrations were prepared and their approximate dosage regimen was developed. The main ingredient of the sausage (Chicken and Beef Meat) was selected considering its nutritional value. The yield of the intermediate finished product and the functional activity level of the tincture were determined. The obtained result is a prerequisite for creating the final product.

**Keywords:** meat product, medicinal plant, tincture, dosage, coefficient of drying, research.

## ნუშის ნაჭუჭიდან ექსტრაქტის მიღება, შემწავლა და გამოყენება

მამარდაშვილი ნ.გ., ჩეფინაშვილი ს.ა.

## საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

სასოფლო-სამეურნეო წარმოება და აგრო-ინდუსტრიული გადამამუშავება დიდი როლდენობით საკვებ ნარჩენებს წარმოქმნის. შესაბამისად სულ უფრო პოპულარული და გამართლებული ხდება მეორადი საკვები პროდუქტების გადამამუშავება, რამაც შეიძლება ეკონომიკური სარგებელი მოუტანოს მსოფლიო ინდუსტრიას.

ზემოთ აღნიშნულის საფუძველზე, ნუშის ნარჩენის – ნაჭუჭის გამოყენება და შესაბამისად პროდუქტის სრულად ათვისება, ეხმიანება მსოფლიოში არსებულ თანამედროვე გამოწვევებს, რომ სრულად იქნას ათვისებული აგროპროდუქტები, რომელიც დადებით ზეგავლენას ახდენს, როგორც მსოფლიო ეკონომიკაზე, ასევე კლიმატურ ცვლილებებზე [1,2].

ჩვენი კვლევის მიზანს წარმოადგენდა ბიოლოგიურად აქტიური ნივთიერებების მქონე ნუშის ნაჭუჭიდან ექსტრაქტის მიღება, მისი შესწავლა და შემდგომში მიღებული ექსტრაქტის საფუძველზე სადესერტო ლიქიორის დამზადება.

ნუშის ნაჭუჭიდან (მსხვილად და წვრილად დაფქული) ექსტრაქტის მომზადება, მისი ფიზიკურ-ქიმიური თვისებების განსაზღვრა და შემდეგში მიღებული ნახევარფაბრიკატიდან სადესერტო ლიქიორის მიღება დადებითი დინამიკის მანევრებელია ალკოჰოლური სასმელების წარმოებაში, არა მარტო მისი სასარგებლო თვისებების გამო, არამედ, როგორც ეკონომიკური თვალსაზრისითაც, რადგან პროდუქტების უნარჩენოდ გადამამუშავება XXI საუკუნის გამოწვევაა.

მიღებული პროდუქტის კვლევისთვის გამოვიყენეთ სხვადასხვა საერთაშორისოდ აღიარებული მეთოდები და ISO სტანდარტი.

ნუში – ნუშის სახელი ასოცირდება ფინიკიელი ქალღმერთის ამიგდალინას სახელთან, ქალური და ოჯახური ბედნიერების მფარველთან. ირანელები ნუშს სამოთხის ხეს უწოდებენ, ფრიგიელები – გაზაფხულის წინამძღვარს. ასევე ბიბლიაში არის ცნობები ამ მცენარის შესახებ, სადაც ის არის ღვთისმშობლის ღვთაებრივი კეთილგანწყობისა და სიწმინდის განსახიერება [3,4].

ნუშის ნაჭუჭის ბიომასა შეადგენს მოსავლის დიდი როლდენობას, რომლის უმეტესი ნაწილი იწვება. ეს კი იწვევს გარემოს დაბინძურებას და ასევე იხარჯება უამრავი რესურსი. ამის თავიდან ასაცილებლად, უამრავმა მეცნიერმა ჩაატარა კვლევა ნაჭუჭის პოტენციური გამოყენების თაობაზე. ნუშის ნაჭუჭში აღმოჩენილია შემდეგი ელემენტები: C (72,27 %), O (22,88 %), N (3,87 % ) და Si (0,87 %). ცელულოზა (38,48 %), ჰემიციტელულოზა (28,82 %) და ლიგნინი (29,54 %) [1,5,6].

საკვლევ ობიექტად აღებული გვქონდა საქართველოში ფართოდ გავრცელებული ნუშის „შაქარა“ ჯიში. ნუში მოკრეფილი იქნა ტექნიკური სიმწიფის პირობებში, აღებული ნუში გავასუფთავეთ კანისგან, გავაცალკევეთ გული და ნაჭუჭი, ნაჭუჭი გამოვაშრეთ და მოვახდინეთ მისი დაქუცმაცება.

ლიქიორის დამზადების ტექნოლოგიაში პირველი ეტაპი ნახევარფაბრიკატის მომზადებაა. ნახევარფაბრიკატი წარმოადგენს ხილ-კენკროვანებისგან, მათი ნარჩენებისგან ეთილის სპირტის ექსტრაქციის შედეგად მიღებულ პროდუქტს, რომელიც ძირითადად გამოიყენება ლიქიორ-არყისა და ნატურალური უალკოჰოლო სასმელების წარმოებაში. ამ პროდუქტებში შენარჩუნებულია ხილ-კენკროვანების არომატი, დამახასიათებელი გემო და სასარგებლო ნივთიერებები: ვიტამინები, ორგანული მჟავები, ფენოლური ნაერთები, მიკრო და მაკრო ელემენტები, საღებავი ნივთიერებები და მთელი რიგი ბიოლოგიურად აქტიური ნაერთები.

ნახევარფაბრიკატის ექსტრაქტულობა განისაზღვრება ექსტრაქტული ნივთიერებების შემცველობით, მისი ტენიანობით, დაქუცმაცების ხარისხით, გამსნელების ხარჯით.

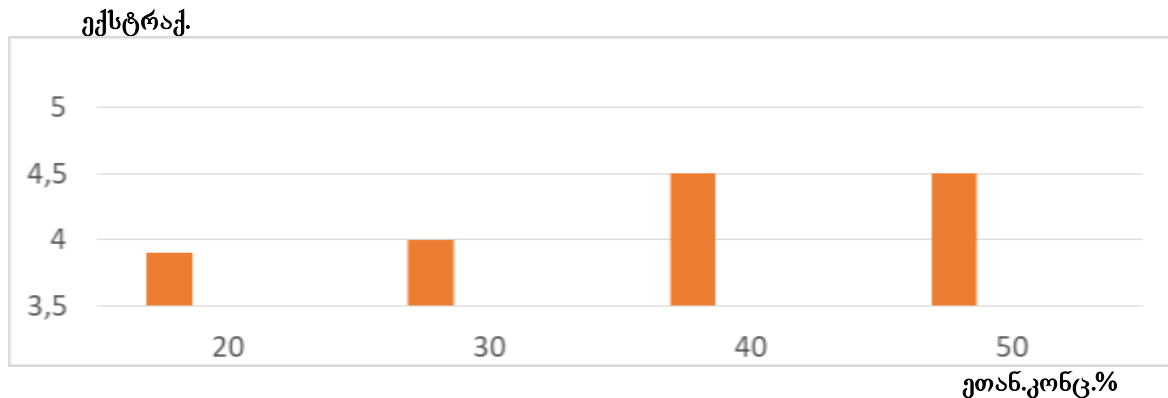
საკვლევი ობიექტი ნაწილი დავაქუცმაცეთ წვრილად, ნაწილი კი – შედარებით მსხვილად. ორივე სახის ობიექტი მოვათავსეთ სხვადასხვა ჭურჭელში, დავასხით

40 % (მოც) სპირტი თანაფარდობით 1:1 და გავაჩერეთ ოთახის ტემპერატურაზე 15 დღის განმავლობაში. ყოველდღე პერიოდულად ვურევდით. შემდეგ I დასახმა მოვსენით და დავასხით II დასახმა წყალ-სპირტიანი ნარევი. 15 დღის შემდეგ კვლავ მოვსენით და I და II ნახევარფაბრიკატები შევეურიეთ ერთმანეთს.

საკვლევ ობიექტებში შევისწავლეთ: საერთო ექსტრაქტი, სპირტი (მოც%), ცხიმები, ამიგდალინი, შაქრები.

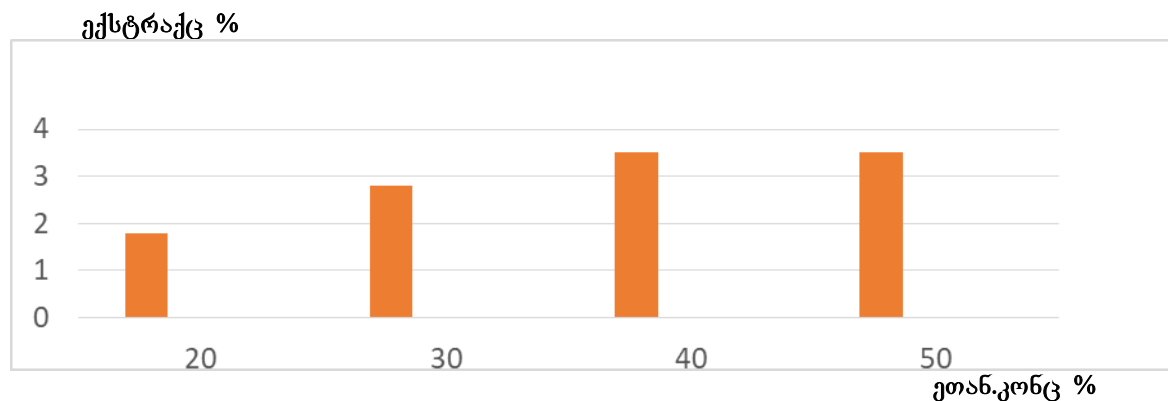
მრავალჯერადი ცდების საფუძველზე შევიმუშავეთ ნუშის ნაჭუჭიდან ნახევარფაბრიკატის მიღების ოპტიმალური რეჟიმები: ეთანოლის კონცენტრაცია, ექსტრაქციის მოდული, დაქუცმაცების ხარისხი, დაყოვნების კინეტიკა და ტემპერატურა. ჩვენ, ექსპერიმენტის ჩასატარებლად ავიღეთ 200 გრამი ტკბილი ნუშის ნაჭუჭი (ნაწილი წვრილად, ნაწილი კი მსხვილად დაქუცმაცებული), მოვათავსეთ 500 მლ კოლბებში და თითოეულს დავასხით 500 მლ სხვადასხვა კონცენტრაციის სპირტი (20%; 30%; 40% და 50% (მოც)) ოთახის ტემპერატურაზე. ექსტრაქციის დროდ აღებული ინტერვალი იყო 5; 10; 15 და 20 დღე. პერიოდულად ვაწარმოებდით მორევას. ჩატარებული ექსპერიმენტის შედეგად, 40% და 50%-იან ეთანოლის კონცენტრაციას შორის ექსტრაქციის გამოსავალი თითქმის ერთნაირი იყო, ჩვენ არჩევანი გავაკეთეთ 40% (მოც) -ზე.

ექსტრაქტული ნივთიერებების გამოსავლიანობის შედეგები მოცემულია დიაგრამა 1 და 2-ზე.



დიაგრამა 1. ეთანოლის ოპტიმალური კონცენტრაციის დადგენა, ექსტრაქტული ნივთიერებების გამოსავლიანობის მაჩვენებლის მიხედვით წვრილად დაფქულ ნუშის ნაჭუჭში

როგორც დიაგრამა 1-დან ჩანს, ეთანოლის ოპტიმალური კონცენტრაცია წვრილად დაფხვნილ ობიექტის ექსტრაქციისთვის არის 4,5%.



დიაგრამა 2. ეთანოლის ოპტიმალური კონცენტრაციის დადგენა, ექსტრაქტული ნივთიერებების გამოსავლიანობის მაჩვენებლის მიხედვით მსხვილად დაფხვნილ ნუშის ნაჭუჭში

როგორც დიაგრამა 2-დან ჩანს, ეთანოლის ოპტიმალური კონცენტრაცია მსხვილად დაფუძულ ობიექტის შემთხვევაში არის 3,5%.

ექსტრაქტული მოდულისთვის ჩვენ აღებული გეკონდა სხვადასხვა ვარიანტი: 1:1; 1:2,5; 1:5; ეთანოლის ოპტიმალურ მოდულად კი დავადგინეთ 1:1 შეფარდება.

ჩატარებული კვლევის შედეგად დადგინდა, რომ მოდული გავლენას ახდენს ექსტრაქტული ნივთიერებების გამოსავალზე.

შედეგები მოცემულია ცხრილში.

**ეთანოლის კონცენტრაციისა და ექსტრაქციის მოდულის გათვალისწინებით ექსტრაქტული ნივთიერებების რაოდენობრივი მაჩვენებლები**

ობიექტის დასახელება	მოდული	I დასხმა		II დასხმა	
		ეთანოლის კონცენტრაცია მოც%	ექსტრაქტულობა	ეთანოლის კონცენტრაცია მოც%	ექსტრაქტულობა
ნუშის ნაჭუჭი (წვრილად დაფხ.)	1:1	40	4,5	30	1,5
ნუშის ნაჭუჭი (მსხვილად დაფხ.)	1:1	40	3,5	30	1

დაყოვნების ოპტიმალური დროის შესარჩევად, საკვლევ ნიმუშებს ვამატებდით 30% (მოც) ეთილის ეთერს. მოდული 1:1 და ოთახის ტემპერატურის პირობებში დავაყოვნეთ სხვადასხვა დროის ხანგრძლივობით: 5; 10; 15 და 20 დღე, პერიოდული დარევით.

ექსტრაქტული ნივთიერებების მაქსიმალური გამოსავლიანობით, დავადგინეთ ექსტრაქციის ოპტიმალური დრო – 15 დღე, რადგან საკვლევ ნიმუშში შემდგომი დაყოვნებით ექსტრაქტული ნივთიერებების გადასვლას ადგილი აღარ ჰქონდა.

ჩატარებული ცდების საფუძველზე დავადგინეთ, მაქსიმალური გამოსავლიანობის ექსტრაქტების მიღებისთვის საჭირო ოპტიმალური პარამეტრები: ეთანოლის კონცენტრაცია – I დასხმა 40% (მოც); II დასხმა 30% (მოც); ექსტრაქციის მოდული – 1:1; მაქსიმალური გამოსავლიანობით შევარჩიეთ ექსტრაქციის დრო – 15 დღე; ტემპერატურა კი 20°C (ოთახის ტემპერატურა).

მივიღეთ ჩალისფერი ექსტრაქტი, დამახასითებელი სასიამოვნო სუნით და გემოვნური თვისებებით. მიღებული ექსტრაქტისგან მომსადებული იქნა ნუშის ნაჭუჭის სადესერტო ლიქორი ყველა სტანდარტის გათვალისწინებით.

ჩატარებული ექსპერიმენტის საფუძველზე შეწავლილი ნუშის ნაჭუჭიდან მივიღეთ ექსტრაქტი, გამოვიკვლიეთ მასში არსებული ექსტრაქტულობა, ამიგდალინი, ლიპიდების საერთო ჯამი, ალკოჰოლის სიმაგრე. ლიპიდების საერთო ჯამმა შეადგინა 0,07%, ამიგდალინი მასში არ აღმოჩნდა, ალკოჰოლის სიმაგრე იყო 40%(მოც), ხოლო ექსტრაქტულობა იყო წვრილად დაფხვნილ ობიექტში შეადგინა 4,5%. დავადგინეთ ექსტრაქტის მიღების ოპტიმალური რეჟიმები: დაფხვნის ხარისხი, ეთანოლის კონცენტრაცია, ექსტრაქციის ტემპერატურა, მოდული და დაყოვნების დრო. სადესერტო ლიქორისთვის მოვამზადეთ ინვერსიული შაქრის სიროფი. მიღებული ექსტრაქტიდან დავამზადეთ სადესერტო ლიქორი. ლიქორში განვსაზღვრეთ შაქრების რაოდენობა და ალკოჰოლის სიმაგრე. შაქრებმა შეადგინა 34% ხოლო ალკოჰოლის სიმაგრემ შეადგინა 28 % (მოც).

### ლიტერატურა

1. ნუშის ზოგადი დახასიათება და საქართველოში გავრცელებული ნუშის ზოგიერთი ჯიშის აგროკავკაზი. 05.11.2022.
2. „ Valorization Challenges to Almond Residues: Phytochemical Composition and Functional Application” <http://mdpi.com/> გამოქვეყნებულია 20.10.20.
3. <http://frontiersin.org.com/> “Food Waste and Byproducts: An Opportunity to Minimize Malnutrition and Hunger in Developing Countries” - უკანასკნელად იქნა გადამოწმებული 04.09.2022.
4. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/> “Study of Almond Shell Characteristics” გამოქვეყნებულია 19.09.2021.
5. <https://www.sciencedirect.com/> “Intergrated Processing Technologies for Food Agricultural By-Products” გამოქვეყნებულია 2019.
6. ფერაძე გ., ბასილაძე ნ. ლიქიორ არყის წარმოების ტექნოლოგია. - თბილისი, განათლება, 1986.

### SUMMARY

#### **OBTAINING, STUDYING AND USING THE EXTRACT FROM ALMOND SHELL**

**Mamardashvili N.G. and Chelichashvili S.A.**

**Georgian Technical University**

Based on the conducted experiment, an extract was obtained from the almond shell, we will investigate the extractability, amygdalin, the total amount of lipids, alcohol strength. The total amount of lipids was 0.07%, amygdalin was not found in it, the alcohol strength was 40% (vol), and the extractability was 4.5% in finely powdered object. The optimal modes of taking the extract were also studied: Grinding degree, ethanol concentration, extraction temperature, modulus and lag time. An inverted sugar syrup was prepared for dessert liquorice. We made a dessert liqueur from the obtained extract, taking into account all the standards. The amount of sugars and alcohol strength were determined in the finished liquor. Sugars made up 34% and alcohol strength made up 28% (vol).

**Keywords:** almond shell, liquor, biologically active substance

ბობრის თესლის ბიოლოგიურად აპტიურ ნივთიერებათა ფუნქციური თვისებები

ცაგარეიშვილი ს.ბ., ჯინჯოლია შ.რ., ქარჩავა მ.ს.

### აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

ხალხური მედიცინის მრავალსუკუნოვანი გამოცდილებით დადასტურებულია, რომ გოგრის თესლი ხასიათდება მკვეთრად გამოსატყუი ანტიჰელმინთური, ანტიბაქტერიული, ანტივირუსული, ფუნგიციდური, ანტიოქსიდანტური, ანტიდებრესანტური, ანტიკანცეროგენული, ციტოპროტექტორული, ქიმიოპროტექტორული, კარდიოპროტექტორული, ჰეპატოპროტექტორული და ადამიანის ორგანიზმის დამცავი სხვა მნიშვნელოვანი აქტივობებით. [1] გოგრის თესლის ეს უნიკალური თვისებები განპირობებულია იმით, რომ იგი შეიცავს იშვიათ ბიოაქიურ ნივთიერებათა თითქმის მთელ უნიკალურ კომპლექსს – ვიტამინებს, ტოკოფროლებს, კაროტინოიდებს, პროვიტამინებს, მინერალური ნივთიერებების ოპტიმალურ ნაკრებს (თუთიას, სელენს რკინას, მაგნიუმს, კალციუმს, მანგანუმს, სპილენძს, კალიუმს – მეტს ვიდრე ნატრიუმს და სხვა), შეუცვლელ ამინომჟავებს, უჯერ ცხიმოვან მჟავებს, პიგენტებს, ფიტოსტეროლებს, ტრიტერპენოიდებს, სკვალენს, პირაზინს, ფენოლურ ნაერთებს და მათ წარმოებულებს, ფლავონოიდებს, კუმარინებს და ა.შ. [2-4].

გოგრის თესლის საყოველთაოდ აღიარებული, ორგანიზმის დამცავი ფუნქცია მაინც მისი ანტიჰელმინთური და ანტიმიკრობული (ანტიბაქტერიული, ანტივირუსული და ფუნგიციდური) მოქმედებაა [5,6].

სტატისტიკურად დადასტურებულია, რომ ანტიმიკრობული პრეპარატებისადმი რეზისტენტულობა მსოფლიოში სიკვდილიანობის ზრდის ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი ფაქტორია. პრობლემა ანტიბიოტიკების არასწორი გამოყენების შედეგად პრეპარატებისადმი მდგრადი შტამების წარმოქმნა და ახალ შტამებზე ეფექტურად მოქმედი ანტიბიოტიკების არ არსებობაა, ან უფრო მაღალი თაობის ანტიბიოტიკების შექმნა-გამოყენება და მათი გამოყენებით გამოწვეული თანმდევი გართულებებია. პრობლემის გადაჭრის ერთ-ერთი აუცილებელი პირობაა ახალი, მაღალი ბიოლოგიური აქტივობის მქონე, ბუნებრივად არსებული უსაფრთხო ნაერთების მოძიება და გამოყენება არა მხოლოდ პრობლემის გადაჭრის, არამედ, რაც კიდევ უფრო მნიშვნელოვანია, პრობლემის პრევენციის მიზნით.

ცნობილია ასევე ის ფაქტიც, რომ მსოფლიოს თითქმის მესამედი ინფიცირებულია პარაზიტებით, რის გამოც ამ პრობლემამ „ჰელმინთური პანდემიის“ სახელი მიიღო. ჰელმინთები როგორც ადამიანებში, ისე ცხოველებშიც იწვევენ ხანგრძლივ ქრონიკულ ინფექციებს, რასაც თან სდევს იმუნური სისტემის დათრგუნვა და შესაბამისი თანმხლები გართულებები. ჰელმინთებთან ბრძოლის ძირითადი პრობლემაა არსებული ანტიჰელმინთური პრეპარატების დაბალი ეფექტურობა და მათდამი რეზისტენტობაა, რაც ჰელმინთების პერსისტენციის (ორგანიზმში ხანგრძლივი დროით დარჩენის უნარის) ხელშემწყობი დამატებითი ფაქტორია. ამ შემთხვევაშიც პრობლემის გადაჭრის ერთ-ერთ აუცილებელ პირობად ახალი, მაღალი ბიოლოგიური აქტივობის მქონე, ბუნებრივი უსაფრთხო ნაერთების მოძიება და გამოყენებაა აღიარებული.

დადასტურებულია გოგრის თესლის ანტიჰელმინთური ლეიტალური ზემოქმედება *Heligmosoides bakeri*-ით ინფიცირებულ თაგვების 80%-ში, *Ascaridia galli*-ით ინფიცირებული ქათმების 65%-ზე მეტში, ხოლო *Heterakis gallinarum*-ით და *Raillietina spp*-ით ინფიცირებულ 80%-ში და 88%-ში შესაბამისად ზრდასრული *Hymenolepis nana* მდედრობითი სქესის თაგვებში. გოგრის თესლის ექსტრაქტს მნიშვნელოვანი დამთრგუნველი ზემოქმედება აქვს *H. nana* ჭიების გამრავლებასა და მათ კვერცხების რაოდენობაზე.

მრავალრიცხოვანი კვლევებით დადასტურებულია გოგრის თესლის ექსტრაქტის ანტიმიკრობული მოქმედება მიკროორგანიზმების სხვადასხვა შტამებზე: *Staphylococcus aureus*, *Bacillus subtilis*, *Staphylococcus wernerii*, *Pseudomonas putida*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Proteus mirabilis*, *Klebsiella pneumonia* და *Escherichia coli*-ს წინააღმდეგ. გოგრის

თესლის პროტეინის იზოლატი აფერხებს მიცელიუმის ზრდას სოკოებში: *Botrytis cinerea*, *Fusarium oxysporum*, *Mycosphaerella arachidicola* და *Mycosphaerella oxysporum*. არსებობს ცნობები იმის შესახებ რომ გოგრის ცილა ეფექტურია გრამდადებითი ბაქტერიების მიმართ, ხოლო გრამუარყოფითი ბაქტერიები ავლენენ მდგრადობას გოგრის ცილის იზოლატის მიმართ მათი უჯრედის კედლის ლიპოპოლისაქარიდების გამო, რაც ხელს უშლის ამ ნაერთებს ბაქტერიების ციტოპლაზმამდე მიღწევაში.

გოგრის თესლის ბიოლოგიურად აქტიური ნივთიერებები განაპირობებენ ასევე მის ანტიკარცენოგენულ ეფექტს, ამ დროს პრობლემაა პათოგენური უჯრედების უკონტროლო ზრდა, დაყოფა და გამრავლება და ნორმალური უჯრედების განადგურება. ანტისიმსივნური მკურნალობა მოიცავს ქიმიოთერაპიას, ქირურგიულ ჩარევას და რადიოთერაპიას. ამ შემთხვევაში პრობლემაა ქიმიური წამლების ტოქსიკურობა, გვერდითი ეფექტები და სიმსივნური უჯრედების მიმართ სპეციფიურობის ნაკლებობა. ამიტომ დიდია ინტერესი ნატურალური ანტიკარცენოგენული ბიოლოგიური აქტივობის მქონე ნივთიერებებით მდიდარი ნატურალური ნედლეულის, როგორც პრევენციული საშუალებების მიმართ.

დადგენილია რომ გოგრის თესლის ეთანოლური ექსტრაქტი კონცენტრაციით (200მგ/კგ), *wister*-ის გვარის ვირთაგვებში 1,2-დიმეთილჰიდრაზინით გამოწვეული მსხვილი ნაწლავის კიბოს უჯრედების აპოპტოზს იწვევს. ასევე დადგენილია რომ გოგრის თესლის სპირტიან ექსტრაქტებს შეუძლიათ ადამიანის ჰეპატოკარცენომის (Hep G2) და მსხვილი ნაწლავის კარცენომის (CT26) სიმსივნური უჯრედების განადგურება. დადასტურებულია ასევე გოგრის თესლის იზოლატის დადებითი გავლენა პროსტატის კიბოს უჯრედების აპოპტოზის პროცესზე.

დადასტურებულია გოგრის თესლის ანტიდეპრესანტული უნარიც. დეპრესია დამთრგუნველი ფსიქოსოციალური ნდგომარეობაა, რომელიც მნიშვნელოვნად ამცირებს ცხოვრების თავისუფლების ხარისხს; იგი დაავადებებს შორის მე-3-ე ადგილზეა გავრცელების მიხედვით და თვლიან რომ 2030 წლისთვის პირველ ადგილს დაიჭერს. გოგრის თესლი ხასიათდება ანტიდეპრესანტული მოქმედების მაქსიმალური პოტენციის 47%-ით. გოგრის თესლის ანტიდეპრესანტული მოქმედების მექანიზმი ბოლომდე გარკვეული არ არის, მაგრამ ჯერჯერობით მას უკავშირებენ ტრიფტოფანის შუალედურ მეტაბოლიტს (5-ჰიდროქსიტრიპტოფანს) ნეიროტრანსმიტერ სეროტონინის ფორმირებაში.

მსუბუქი და მძიმე დიაბეტით დაავადებული *wister*-ის ვირთაგვებზე ცდებით დადასტურებულია რომ გოგრის თესლის ჰიპოგლიკემიური აქტივობა ამცირებს ვირთაგვის სისხლში გლუკოზის დონეს 38%-დან 39%-მდე (ეფექტური დოზა 200 მგ/კგ სხეულის მასაზე). ვარაუდობენ, რომ გოგრის თესლის ჰიპოგლიკემიური ეფექტი განპირობებულია მისი მაღალი ანტიოქსიდანტური აქტივობით, რაც უზრუნველყოფს პანკრეასის B უჯრედების დაცვას [7].

გოგრის თესლის ბიოლოგიურად აქტიურ ნივთიერებებს აქვთ ციტოპროტექტორული უნარი, ანუ უნარი დაიცვან უჯრედები ტოქსიკური მოლეკულებით გამოწვეული მომაკვდინებელი მეტაბოლური შეტევებისგან. დადგენილია რომ გოგრის თესლის ექსტრაქტი თრგუნავს ემამექტინის მიერ გამოწვეულ ლეტალურ ეფექტებს, როგორცაა დნმ-ის დაშლა, ოქსიდაციური სტრესი და სხვა. იგი აუმჯობესებს ციკლოფოსფამიდით გამოწვეულ რეპროდუქციულ ტოქსიკურობას მამრ ვირთაგვებში, ავლენს ჰეპატოპროტექტორულ აქტივობას ვირთაგვებში აცეტლამინოფენით გამოწვეული ღვიძლის დაზიანების წინააღმდეგ. გოგრის თესლის ექსტრაქტი ახდენს ძლიერ ტოქსიკური ნივთიერების – 1,2-დიმეთილჰიდრაზინის ინჰიბირებას, რაც მის ეფექტურ ქიმიოპროტექტორულ თვისებებზე მიუთითებს.

დადგენილია გოგრის თესლის დამთრგუნველი ეფექტი ჰეპატოანთეპაზე, ლიპოტოქსიკურობაზე და მორეცედივე აფთოზურ სტომატიტზე. მოქმედების მექანიზმის საფუძვლად მიიჩნევა მისი ანტიოქსიდანტური აქტივობა.

ასეთი უნიკალური და მრავალმხრივი ბიოლოგიური ზემოქმედების გამო ადამიანის ორგანიზმზე. მიზანშეწონილად მიგვაჩნია შესაბამისი ბიოლოგიური (წინაკვლინიკური) და კლინიკური კვლევების შემდეგ, გოგრის თესლი ფართოდ დაინერგოს



სასურსათო ტექნოლოგიებში, როგორც მრავალმხრივი პროფილაქტიკური დანიშნულების ფუნქციური ინგრედიენტი.

#### ლიტერატურა

1. Joachim M.Dottoac , James S.Chachab .The potential of pumpkin seeds as a functional food ingredient: A reviewScientific African, Volume 10, November 2020, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2468227620303136#abs0001>
1. N Manda Devi . RV Prasad . Gaibimei Palmei .N Manda Devi . Physico-chemical characterisation of pumpkin seeds. //International Journal of Chemical Studies 2018; 6(5): 828-831 [https://www.researchgate.net/publication/327751786\\_Physico-chemical\\_characterisation\\_of\\_pumpkin\\_seeds](https://www.researchgate.net/publication/327751786_Physico-chemical_characterisation_of_pumpkin_seeds)
2. Mi Young Kim1 , Eun Jin Kim1 , Young-Nam Kim2 , Changsun Choi1 and Bog-Hieu Lee. Comparison of the chemical compositions and nutritive values of various pumpkin (Cucurbitaceae) species and parts. Nutrition Research and Practice (Nutr Res Pract) 2012;6(1):21-27 <http://dx.doi.org/10.4162/nrp.2012.6.1>
3. Arunima Singh, Vivek Kumar. Nutritional, phytochemical, and antimicrobial attributes of seeds and kernels of different pumpkin cultivars. RESEARCH ARTICLE 2021, 19 .10
4. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/fft.2.117>
5. Bishnu Joshi,1,2 Sujogya Kumar Panda,3 Ramin Saleh Jouneghani,1 Maoxuan Liu,1 Niranjan Parajuli,4 Pieter Leyssen,5 Johan Neyts,5 and Walter Luyten3. Antibacterial, Antifungal, Antiviral, and Anthelmintic Activities of Medicinal Plants of Nepal Selected Based on Ethnobotanical Evidence Volume 2020 |Article ID 1043471 <https://www.hindawi.com/journals/ecam/2020/1043471/>
6. Sujogya K. Panda,1,2,\* Laxmipriya Padhi,1 Pieter Leyssen,3 Maoxuan Liu,2 Johan Neyts,3 and Walter Luyten2. Antimicrobial, Anthelmintic, and Antiviral Activity of Plants Traditionally Used for Treating Infectious Disease in the Similipal Biosphere Reserve, Odisha, IndiaFront Pharmacol. 2017; 8: 658. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5660100/>
7. Ashiq Hussain1\* Dr. Tusneem Kausar1 Dr Ahmad Din2 Dr Anjum Murtaza1 Muhammad Abdullah Jamil1 Saima Noreen1 Muhammad Azhar Iqbal1. Antioxidant and Antimicrobial Properties of Pumpkin (Cucurbita maxima) Peel, Flesh and Seeds Powders. Journal of biology, agricultural and healseare, vol11 #6, 2021<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2468227620303136#abs0001>

#### SUMMARY

#### FUNCTIONAL PROPERTIES OF BIOLOGICALLY ACTIVE SUBSTANCES OF PUMPKIN SEEDS

Tsagareishvili Kh.B., Jinjolia Sh.R. and Karchava M.C.

Akaki Tsereteli State University

Pumpkin seeds are rich in biologically active substances - they contain vitamins, tocopherols, carotenoids, provitamins, an optimal set of mineral substances (zinc, iron, calcium, copper, potassium - more than sodium), essential amino acids, unsaturated fatty acids, pigments, phytosterols, triterpenoids, squalene, pyrazine, phenolic compounds and their derivatives, flavonoids, coumarins. Pumpkin seeds are characterized by strong anthelmintic, antimicrobial, antifungal, antiviral, antioxidant, antidepressant, hypoglycemic, cytoprotective and other important hepatoprotective effects. Due to such unique and versatile biological effects on the human body, pumpkin seeds, after relevant biological (preclinical) and clinical studies, can be widely introduced in food technology as a functional ingredient for versatile preventive purposes.

**Keywords:** pumpkin seed, anthelmintic, antimicrobial, biologically active substances, functional properties.

**ავთიაქებისა და ფარმაცეპტების ბანაჟილების მაჩვენებლები საქართველოსა და ევროპის ქვეყნებში**

ცინცაძე თ.გ., შაშიაშვილი ნ.გ., ჩიქავა მ.ლ., გველესიანი ი.ო.,  
მიშელაშვილი ხ.თ.

**საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი**

ავთიაქების არსებობა საუკუნეებს ითვლის, სამკურნალო საშუალებების მომზადებისა და გამოყენების ისტორია უძველესი დროით თარიღდება. მისი საზოგადოებრივი დანიშნულება ყოველთვის იყო წამლის ხელმისაწვდომობის უზრუნველყოფა. მიუხედავად იმისა, რომ ავთიაქის ეს ძირითადი ფუნქცია უცვლელი რჩება, პროფესიის დანიშნულება გაფართოვდა ახალი სამედიცინო და ფარმაცევტული ცოდნით და ტექნოლოგიური წინსვლით. გაფართოვდა სამკურნალო საშუალებების განაწილების ტრადიციული როლი, რომელიც მოიცავს წამლების განაწილების სისტემის შემუშავებასა და მართვას, რაც უზრუნველყოფს ფარმაცევტული პროდუქტის უსაფრთხოებასა და იურიდიულ და პროფესიულ სტანდარტებთან შესაბამისობას. ეს სტანდარტები ავადმჯობელებს ფარმაცევტებს შეინარჩუნონ მონაცემთა შენახვის, განაწილების, ინვენტარიზაციის კონტროლის მაღალი ხარისხი. ფარმაცევტი თავის მხრივ, პაციენტზე ორიენტირებული პროფესიონალია, რომელიც ვალდებულია თავისი როლი შეასრულოს პაციენტის ჯანმრთელობის დაცვაში. ბოლო წლების განმავლობაში ფარმაცევტთა როლი მეტად განვითარდა და ისინი გვევლინებიან როგორც სამედიცინო მრჩეველები – კონსულტანტები. ავთიაქების და ფარმაცევტების რაოდენობა მოსახლეობის რაოდენობასთან შეფარდებით განსხვავებულია ქვეყნების მიხედვით, თუმცა, ყველა ქვეყნის ჯანდაცვის სისტემის ძირითადი ამოცანაა უზრუნველყოს სამკურნალო საშუალებებზე ხელმისაწვდომობა.

საქართველოში პირველი სახაზინო (საჯარო) ავთიაქი გაიხსნა თბილისში, 1806 წელს. 1990 წლამდე, საქართველოში არსებული ყველა საავთიაქო დაწესებულება სახელმწიფოს კუთვნილებაში იყო, მათი მომარაგება ხდებოდა ცენტრალიზებული წესით, ფიქსირებული იყო ასორტიმენტი და სარეალიზაციო ფასიც, მათზე ზედამხედველობას და კონტროლს ახორციელებდა სახელმწიფო „მთავარი საავთიაქო სამმართველოს“ სახით. ავთიაქების პრივატიზაციის პროცესი გასული საუკუნის 90-იან წლებში დაიწყო, რასაც მოჰყვა კერძო ავთიაქების დაარსებაც. დღეის მდგომარეობით ქვეყანაში არცერთი სახელმწიფო ავთიაქი არ ფუნქციონირებს.

ფარმაცევტული პროდუქტით საბითუმო და საცალო რეალიზატორების რაოდენობა 2000 წლიდან 2021 წლამდე ცვალებადი ტენდენციით ხასიათდებოდა, ავთიაქების რაოდენობამ მაქსიმუმს მიაღწია 2010 წელს, რაც გამოწვეული იყო „წამლისა და ფარმაცევტული საქმიანობის შესახებ“ საქართველოს კანონში 2009 წელს შეტანილი ცვლილებით [1]. ცვლილება უკავშირდებოდა ავთიაქის ფუნქციონირების დაწყების პროცედურის გამარტივებას. ავთიაქების უმეტესობას აღარ ჭირდებოდა ნებართვა საქმიანობისთვის და ისინი ფარმაცევტული პროდუქტის რეალიზაციას იწყებდნენ შეტყობინების მარტივი ფორმის წარმოდგენის შემდეგ. როგორც რეესტრულად ფიქსირებული დაწესებულებების გადამოწმებამ აჩვენა, მათი უმეტესობა ფლობდა საქმიანობის უფლებას, თუმცა ფაქტობრივად არ საქმიანობდნენ. საკანონმდებლო ცვლილების შედეგად, ავთიაქების რეესტრიდან ამოღებული იქნა ავთიაქები, რომლებიც საქმიანობას აღარ ახორციელებდნენ, რაც აისახა კიდევ 2018 წელს, დაწესებულებების რაოდენობის კლებაზე.

ქვეყანაში ავთიაქების საერთო (ჯამური) რაოდენობა და რაოდენობის ცვალებადობის ტენდენცია 2001 წლიდან 2021 წლის ჩათვლით გამოსახულია სურათი 1-ზე.



სურ.1. აფთიაქების საერთო (ჯამური) რაოდენობა 2001-2021 წწ.

ფარმაცევტული ბიზნესი ქვეყანაში ერთ-ერთი მსხვილი კერძო დამსაქმებელია. დღეის მდგომარეობით, აფთიაქებში ფარმაცევტულ საქმიანობაზე პასუხისმგებელ პირად დასაქმებულია უმაღლესი ფარმაცევტული განათლების მქონე 3255 ფარმაცევტი, თუმცა რეალურად, დაწესებულებებში, სხვადასხვა პოზიციაზე მუშაობს გაცილებით მეტი ფარმაცევტული განათლების მქონე პირი, თუმცა მათი აღრიცხვა მარეგულირებელი ორგანოს მიერ არ ხორციელდება.

ფარმაციის ბაკალავრი შესაძლებელია დასაქმებული იყოს – ავტორიზებულ აფთიაქში – იმ თანამდებობაზე, რომელიც დაკავშირებულია ფარმაცევტული პროდუქტის რეალიზაციასთან (გარდა სპეცკონტროლს დაქვემდებარებული სამკურნალოწამლო ფორმებისა), ასევე, აფთიაქსა (სპეციალიზებული სავაჭრო ობიექტი) და საცალო რეალიზაციის სავაჭრო ობიექტში – ყველა თანამდებობაზე.

ფარმაციის მაგისტრის დასაქმება კანონმდებლობით განსაზღვრულია ავტორიზებულ აფთიაქში, აფთიაქსა (სპეციალიზებული სავაჭრო ობიექტი) და საცალო რეალიზაციის სავაჭრო ობიექტში – ყველა თანამდებობაზე.

საქართველოს მოქმედი კანონმდებლობით არ არის განსაზღვრული ფარმაცევტების დიპლომის შემდგომი ლიცენზირება, ასევე, მათი სავალდებულო მონაწილეობა სხვადასხვა ტიპის საგანმანათლებლო პროგრამებში, სემინარებსა და ტრენინგებში. აღნიშნული ტიპის სწავლება ხორციელდება მხოლოდ ფარმაცევტის პირადი ან დამსაქმებელი კომპანიის გადაწყვეტილებით.

საქართველოში მოქმედი კანონმდებლობა არ აწესებს აფთიაქების ზღვრულ რაოდენობას დემოგრაფიული ან გეოგრაფიული პრინციპის გათვალისწინებით. დღეის მდგომარეობით, საქართველოში 1 აფთიაქი საშუალოდ, 1225 მოსახლეს ემსახურება. ამ მონაცემიდან მაქსიმალური გადახრა ფიქსირდება ქალაქ თბილისში და შიდა ქართლის რეგიონში, კერძოდ, საქართველოს დედაქალაქში – თბილისში, რომელიც სხვა ქალაქებთან და ტერიტორიულ ერთეულებთან შედარებით, მოსახლეობის მაქსიმალური სიმჭიდროვით ხასიათდება, 833 მოსახლეზე 1 აფთიაქი ფიქსირდება, ხოლო შიდა ქართლის რეგიონში 5882 მოსახლეს 1 აფთიაქი ემსახურება.

ცხრ. 1-ში წარმოდგენილია მონაცემები საქართველოს ტერიტორიული ერთეულების მიხედვით მოსახლეობისა და აფთიაქების რიცხოვნობასთან დაკავშირებით.

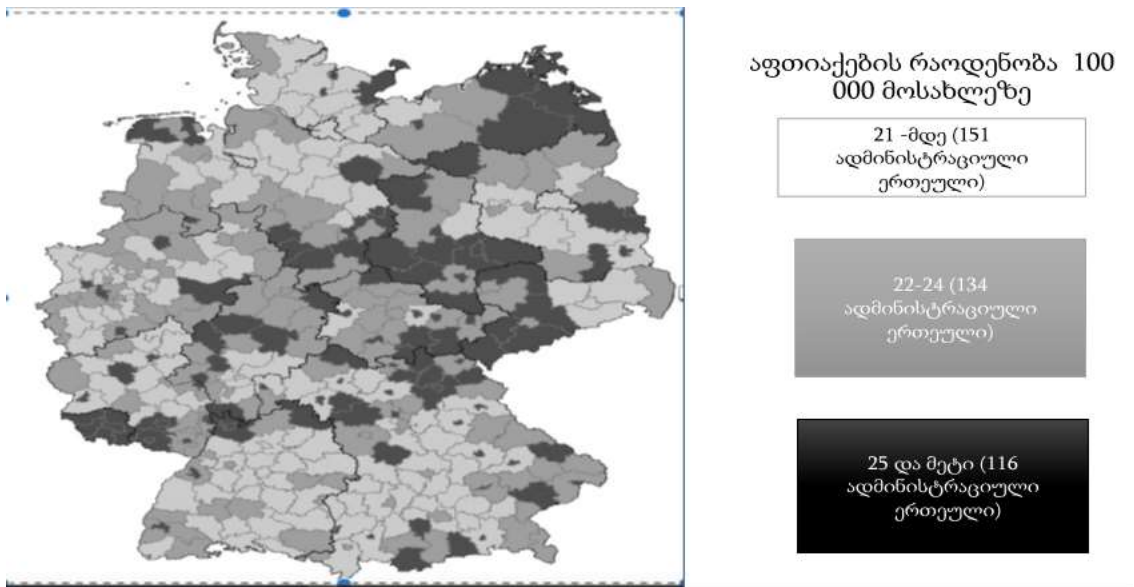
ევროპის ქვეყნებიდან, 80 მილიონზე მეტი მცხოვრებით, გერმანიაში დაახლოებით 2 000 აფთიაქია, რაც იმას ნიშნავს, რომ 22 აფთიაქი ემსახურება 100 000 მოსახლეს. ბოლო წლების განმავლობაში, აქ აფთიაქების საერთო რაოდენობა ოდნავ შემცირდა. არსებული მონაცემებით გერმანია შუალედურ ადგილს იჭერს ევროპული ქვეყნების მიხედვით აფთიაქების სიმჭიდროვის სტატისტიკის ნაწილში, ზოგი ქვეყანა აფთიაქების უფრო მაღალი სიმჭიდროვით ხასიათდება, ზოგი კი-პირიქით, რაც შესაძლოა დამოკიდებული იყოს გეოგრაფიულ, ისტორიულ, ეკონომიკურ და მარეგულირებელ ფაქტორებზე.

ცხრილი 1. საქართველოს ტერიტორიული ერთეულების მიხედვით მოსახლეობისა და ავთიაქების რაოდენობა

რეგიონი	მოსახლეობის რიცხოვნობა რეგიონების მიხედვით	ლიცენზია/ნებართვა/შეტყობინება რეგიონების მიხედვით
თბილისი	1108000	1330
აჭარა	346300	331
გურია	110500	69
კახეთი	314700	266
იმერეთი	497400	368
მცხეთა-მთიანეთი	93900	50
სამეგრელო	310000	214
რაჭა-ლეჩხუმი	30200	29
ქვემო ქართლი	432300	235
მესტია	9500	5
სამცხე-ჯავახეთი	155900	79
შიდა ქართლი	300000	51
საერთო	3708700	3288

ზოგჯერ სრულიად ბუნებრივად არსებობს კითხვა რატომ არის გერმანიაში ავთიაქების სიმრავლე ევროპის სხვა ქვეყნებთან შედარებით. უპირველესად, უნდა აღინიშნოს, რომ მასზე გავლენა მოახდინა 1958 წელს გერმანიის საკონსტიტუციო სასამართლოს გადაწყვეტილებამ, რომლის თანახმად, ფარმაცევტებს შეუძლიათ გახსნან ავთიაქი გერმანიაში ნებისმიერ ტერიტორიაზე თუ ის აკმაყოფილებს საკანონმდებლო მოთხოვნებს.

რიოგორც ზემოთ აღნიშნეთ, გერმანიაში 100 000 მოსახლეზე საშუალოდ 22 ავთიაქია, მაგრამ მათი რიცხვი, საქართველოს მსგავსად, მერყეობს რეგიონებს შორის. ავთიაქების სიმჭირდოვეზე გავლენას ახდენს მოსახლეობა, ურბანული სიმჭირდოვე, ქალაქებისა და ადმინისტრაციული ერთეულების სტრუქტურა [3]. მონაცემები მოყვანილია სურათი 2-ზე.



სურ 2. ავთიაქების რაოდენობა გერმანიაში 100 000 მოსახლეზე

გერმანია ამაყობს, რომ სთავაზობს სამკურნალო საშუალებების მიწოდების საიმედო და უსაფრთხო სისტემას თავის მოქალაქეებს ნებისმიერ დროს და ქვეყნის თითოეულ კუთხეში. აქედან გამომდინარე, არცერთი პაციენტი, რომელიც საჭიროებს ფარმაცევტულ დახმარებას, არ ფიქრობს რომ ქვეყანაში ნორმაზე მეტი ავთიაქია.

რთულია სხვადასხვა ქვეყნის ჯანდაცვის სისტემების ერთმანეთთან შედარება, რადგან თითოეული საზოგადოება განსაზღვრავს საკუთარ სტანდარტს ჯანდაცვის ეროვნული სისტემისთვის, რომლის განუყოფელი ნაწილიცაა ავთიაქები. სხვადასხვა ქვეყანას განსხვავებული რეგულაციები გააჩნია ავთიაქების დემოგრაფიული და გეოგრაფიული პრინციპით განაწილების საკითხებზე, ევროკავშირის წევრ 27 ქვეყანაში საშუალოდ 32 ავთიაქია 100 000 მოსახლეზე [4,5-6]. მონაცემები მოყვანილია ცხრ. 2-ში.

ცხრილი 2. ავთიაქების რაოდენობა ევროკავშირის ქვეყნებში ავთიაქების რაოდენობა

100 000 მოსახლეზე	სათემო ავთიაქების რაოდენობა	
საბერძნეთი	97	10346
კვიპროსი	63	563
ლიეტუვა	47	1317
ესპანეთი	47	22137
მალტა	46	210
ბულგარეთი	45	3143
ლატვია	43	829
ბელგია	41	4747
რუმინეთი	40	7697
ირლანდია	38	1911
ესტონეთი	36	475
პოლონეთი	35	13395
იტალია	33	19669
ევროკავშირი	32	142000
საფრანგეთი	32	20534
სლოვაკეთი	31	1706
პორტუგალია	28	2920
ხორვატია	27	1096
უნგრეთი	24	2297
ჩეხეთი	22	2369
გერმანია	22	18461
სლოვენია	16	347
ავსტრია	16	1404
ლუქსემბურგი	16	98
ფინეთი	15	819
შვედეთი	14	1411
ნიდერლანდები	11	1996
დანია	9	512

პრაქტიკოსი ფარმაცევტები მოსახლეობას სასიცოცხლოდ აუცილებელ მომსახურებას უწევენ. ეს განსაკუთრებით გამოკვეთილი გახდა COVID-ის პანდემიის დროს. მიუხედავად იმისა, რომ ბევრი ყოველდღიური სერვისი იყო შეზღუდული, ფარმაცევტები ბევრად რთულ პირობებში, შეუჩერებლად განაგრძობდნენ პაციენტების მომსახურებას – საჭირო მედიკამენტების შერჩევას, გაცემას, რჩევების მიწოდებას წამლის სწორი გამოყენებისა და შესაძლო გვერდითი ეფექტების შესახებ [7-9]. ევროკავშირის (EU) მასშტაბით, ფარმაცევტების რაოდენობა მოსახლეობის რიცხვთან თანაფარდობით მნიშვნელოვნად განსხვავდება. ევროკავშირის წევრი ქვეყნებიდან

ყველაზე მეტი რაოდენობით ფარმაცევტები ფიქსირდება მაღტაში (100 000 მოსახლეზე 129 პრაქტიკოსი ფარმაცევტი), ბელგიაში (125), ესპანეთსა და იტალიაში (119 ორივეში). წვერი სახელმწიფოების უმრავლესობაში 50–110 ფარმაცევტია 100 000 მოსახლეზე, ფარმაცევტების რაოდენობა მნიშვნელოვნად დაბალია ნიდერლანდებში (21 ფარმაცევტი 100 000 მოსახლეზე) [10]. მონაცემები ქვეყნების მიხედვით მოყვანილია სურათი 3-ზე.

ფარმაცევტების რაოდენობა 100 000 მოსახლეზე ევროპის ქვეყნებში



სურ. 3. ფარმაცევტების რაოდენობა ევროპის ქვეყნებში

თითოეული საზოგადოება განსაზღვრავს საკუთარ სტანდარტს ჯანდაცვის ეროვნული სისტემისთვის, რომლის განუყოფელი ნაწილიცაა აფთიაქები. აფთიაქების სიმჭირდოვეზე გავლენას ახდენს მოსახლეობა, ურბანული სიმჭიდროვე, ქალაქებისა და ადმინისტრაციული ერთეულების სტრუქტურა.

პრაქტიკოსი ფარმაცევტები მოსახლეობას სასიცოცხლოდ აუცილებელ მომსახურებას უწევენ. ეს განსაკუთრებით გამოკვეთილი გახდა COVID-ის პანდემიის დროს. მიუხედავად იმისა, რომ ბევრი ყოველდღიური სერვისი იყო შეზღუდული, ფარმაცევტები ბევრად რთულ პირობებში, შეუჩერებლად განაგრძობდნენ პაციენტების მომსახურებას – საჭირო მედიკამენტების შერჩევას, გაცემას, რჩევების მიწოდებას წამლის სწორი გამოყენებისა და შესაძლო გვერდითი ეფექტების შესახებ. ევროკავშირის (EU) მასშტაბით, ფარმაცევტების რაოდენობა მოსახლეობის რიცხვთან თანაფარდობით მნიშვნელოვნად განსხვავდება, რაც დამოკიდებულია ფარმაცევტული სექტორის მარეგლამენტირებელ მოთხოვნებზე.

**ლიტერატურა**

1. <https://pharmacy.moh.gov.ge/Default.aspx>
2. Population, total – Georgia. In: World Bank [online database]. Washington (DC): World Bank; 2021 (<https://data.worldbank.org/indicator/SP.POP.TOTL?locations=GE>).
3. <https://www.abda.de/en/pharmacies-in-europe/density-of-pharmacies-in-the-eu>
4. [https://www.pgeu.eu/wp-content/uploads/2019/03/Pharmacy-2030\\_-A-Vision-for-Community-Pharmacy-in-Europe.pdf](https://www.pgeu.eu/wp-content/uploads/2019/03/Pharmacy-2030_-A-Vision-for-Community-Pharmacy-in-Europe.pdf)
5. Health Organization W. The legal and regulatory framework for community pharmacies in the WHO European Region [Internet]. 2019 [cited 2020 Nov 12]. Available from: <http://apps.who.int/bookorders>.
6. OECD. Realising the Potential of Primary Health Care [Internet]. Paris; 2020 [cited 2020 Nov 12]. Available from: <https://doi.org/10.1787/a92adee4-en>.
7. Mossialos E, Naci H, Courtin E. Expanding the role of community pharmacists: Policymaking in the absence of policy-relevant evidence? Health Policy (New York) [Internet]. 2013;111(2):135–48. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.healthpol.2013.04.003>
8. Cadogan CA, Hughes CM. On the frontline against COVID-19: Community pharmacists’ contribution during a public health crisis. Res Soc Adm Pharm [Internet]. 2020;(January).

9. Hayden JC, Parkin R. The challenges of COVID-19 for community pharmacists and opportunities for the future. *Ir J Psychol Med.* 2020;37(3):198–203.

10. OECD. Pharmacists and pharmacies. In: *Health at a Glance 2019: OECD Indicators.* Paris; 2019.

## SUMMARY

### INDICATORS OF DISTRIBUTION OF PHARMACIES AND PHARMACIES IN GEORGIA AND EUROPEAN COUNTRIES

**Tsintsadze T.G., Shashiashvili N.V., Chiqava M.L., Gvelesiani I.O. and Mishelashvili Kh.T.**

**Georgian Technical University**

Georgia's first state-owned (public) pharmacy opened in Tbilisi in 1806. Until 1990, all pharmacies in Georgia were state-owned, with a centralized supply, a defined assortment of medicines and a fixed selling price. They were regulated and managed by the state through the Main Pharmacy Division. The privatization of pharmacies began in the 1990s, followed by the development of private pharmacies. The number of pharmaceutical wholesale and retail distributors between 2000 and 2021 varied. The number of pharmacies peaked in 2010 as a result of a 2009 amendment to the Law of Georgia on Medicines and Pharmaceutical Activities. The modification simplified the procedure for starting a pharmacy. It meant most pharmacies no longer needed a license to operate and could begin selling pharmaceutical products after completing and filing a simple application form. As a consequence of the legislative change, pharmacies that were no longer in business were removed from the register of pharmacies, resulting in a decrease in the number of establishments by 2018. Pharmacists are defined as those who have a bachelor's degree in pharmacy. They can be employed in an authorized pharmacy in a position related to the sale of pharmaceutical products (except for medications subject to special control) and in any position in a pharmacy (specialized trade unit) and retail trade unit. People with a master's degree in pharmacy can by law be employed in all positions in an authorized pharmacy, pharmacy (specialized trade unit) and retail trade unit. Current legislation in Georgia does not require pharmacists to procure a postgraduate license, nor does it mandate their participation in a range of educational programmes, seminars and training. Training is taken only through a pharmacist's personal decision or at the behest of the employer. Some companies provide training for employed pharmacists on use of medicines, how to prescribe them and how to communicate in general in terms with customers. The training content, however, is not approved by the regulatory/controlling authorities and is not specified in legislation. Currently, 3255 pharmacists with higher pharmaceutical education are engaged in working in pharmaceutical activities in pharmacies in Georgia. Pharmacists provide an essential service to the population. This is in particular evident now during the COVID pandemic. Even while many everyday services were locked down or restricted, they continued providing services to patients. They continued compounding, dispensing and selling medicinal products that patients need and provided advice on their proper use and possible adverse effects. Across the European Union (EU), the number of pharmacists, as a pharmacies per inhabitant varies widely. It is difficult to compare different health systems with each other as each society defines its own standard for the national health system, of which pharmacies are an integral and indispensable part. The pharmacy density can vary based on the population, urban density and structure of cities and administrative districts.

**Keywords:** pharmacy, medication.



**ბიზი სიბაშვილი – ნახევარი საუკუნე ტექნიკური უნივერსიტეტის სამსახურში**



არსებობის ასი წლის მანძილზე საქართველოს ტექნიკურ უნივერსიტეტს მრავალი სახელოვანი პროფესორ-მასწავლებელი ჰყავდა. ბევრმა მათგანმა მნიშვნელოვანი კვალი დატოვა არა მარტო ტექნიკური უნივერსიტეტის, არამედ ქვეყნის საინჟინრო განათლების ისტორიაში.

მათ შორის განსაკუთრებული ადგილი ეკუთვნის უნივერსიტეტის საპატენტო-სალიცენზიო საქმიანობის ერთ ერთ ფუძემდებელს, ღირსების ორდენოსანს, პროფესორ ბატონ გივი სიბაშვილს.

ბატონი გივი უკვე 50 წელია დიდი სიყვარულით და თავდადებით ემსახურება ჩვენი უნი-

ვერსიტეტის მეცნიერთა ინოვაციური, ტექნიკური იდეების გამოვლენის და ინტელექტუალური დაცვის საქმეს.

როდესაც საქართველოს პოლიტექნიკური ინსტიტუტის რექტორატმა მას ახალგაზრდა მეცნიერ-მუშაკს, მეცნიერებათა კანდიდატს შესთავაზა სათავეში ჩადგომოდა ახალ შექმნილ საპატენტო სამსახურს, ბატონმა გივიმ გადაწყვიტა საფუძვლიანად დაუფლებოდა მისთვის ახალ მიმართულებას და საპატენტო-სალიცენზიო საქმის შესწავლა გადაწყვიტა მაშინ ფაქტიურად ერთადერთ სპეციალურ სასწავლებელში. იგი ჩაირიცხა ქმოსკოვის კვალიფიკაციის ასამაღლებელ უმაღლეს კურსებზე. რამდენიმე თვიანი მივლინების შემდეგ გ.სიბაშვილი პატენტმცოდნის დიპლომით დაბრუნდა პოლიტექნიკურ ინსტიტუტში. 1972 წლის შემდეგ მან თავისი ცხოვრება დაუკავშირა ჩვენი ქვეყნის საინჟინრო განათლების ფლაგმანს და როგორც თვითონ ხშირად ამბობს „გეპეი მისი მეორე სახლია“. ამავე დროს იგი წლების განმავლობაში ეწეოდა პედაგოგიურ საქმიანობას ინსტიტუტის გეოლოგიურ ფაკულტეტზე.

ორმოცდაათი წელია ბატონი გივი დიდი წარმატებით უძღვება უნივერსიტეტის საპატენტო-სალიცენზიო სამსახურს.

ბატონი გივის საქმიანობის დასახასიათებლად მოვიტანთ მხოლოდ რამდენიმე ფაქტს:

- ყოველწლიურად პოლიტექნიკური ინსტიტუტის თანამშრომლებზე გაიცემოდა 200-ზე მეტი საავტორო მოწმობა გამოგონებაზე;
- პოლიტექნიკური ინსტიტუტის გამოგონებები დაპატენტებული იქნა დიდ ბრიტანეთში, იაპონიაში, გერმანიაში, საფრანგეთში, აშშ-ში, საფრანგეთში და შვეიცარიაში;
- საზღვარგარეთ გაყიდული იყო მილიონ დოლარზე მეტი ღირებულების შვიდი ლიცენზია;
- 1974 წელს პოლიტექნიკურ ინსტიტუტის ყველა ფაკულტეტზე შემოღებული იქნა პატენტმცოდნეობის სასწავლო კურსი;

მეტად სასიხარულოა, რომ ბატონი გივი დღემდე ჩვეული ენერჯით და შემართებით ემსახურება ჩვენი უნივერსიტეტის მეტად საჭირო და აუცილებელ მიმართულებას.

გულითადად ვულოცავთ დეაწლმოსილ პედაგოგს, პროფესორ ბატონ გივი სიბაშვილს უნივერსიტეტში შრომითი საქმიანობის ნახევარსაუკუნოვან იუბილეს!

ვუსურვებთ ჯანმრთელობასა და წარმატებებს!

*საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი  
ავტომატიზაციის სამეცნიერო-ტექნიკური ცენტრი  
ეურნალი „საქართველოს საინჟინრო სიახლენის“ რედაქცია*



თენგიზ წიგწივაძის ბახსენება



თენგიზ წიგწივაძე დაიბადა 1940 წლის 10 მაისს თერჯოლის რაიონის სოფელი კვახჭირში

დაამთავრა საქართველოს პოლიტექნიკური ინსტიტუტის ქიმიური და კვების ტექნოლოგიის ფაკულტეტი კერამიკისა და ცეცხლგამძლე მასალების ქიმიური ტექნოლოგიის სპეციალობით 1969 წელს.

1969–1970 წწ. იყო საქართველოს პოლიტექნიკური ინსტიტუტის ზოგადი და არაორგანული ქიმიის კათედრის ასისტენტი; 1970-1975 წწ. ამავე ინსტიტუტის ასპირანტი; 1975–1980 წწ. ინსტიტუტის ზოგადი და არაორგანული ქიმიის კათედრის ასისტენტი, 1981–1992 წწ. ამავე კათედრის დოცენტი, 1992 წლიდან პროფესორი; პარალელურად, 1992–1993 წწ. იყო საქართველოს დავით აღმაშენებლის

სახელობის უნივერსიტეტის რექტორი; 2005 წლიდან ხელმძღვანელობდა ბიოლოგიურად აქტიურ ნივთიერებათა კვლევის ცენტრს; კითხულობდა ზოგადი და არაორგანული ქიმიის ლექციათა კურსს ქიმიური და აგროტექნოლოგიური სპეციალობის ბაკალავრიატის სტუდენტების, მაგისტრანტებისა და დოქტორანტებისთვის. გამოქვეყნებული აქვს 250-ზე მეტი სამეცნიერო ნაშრომი, მათ შორის, 5 მონოგრაფია და 12 სახელმძღვანელო, მიღებული აქვს 4 პატენტი. ბატონი თენგიზის კვლევის სფეროს წარმოადგენდა ბუნებრივი და სინთეზური ბიოლოგიურად აქტიური ნივთიერებების მიღება, ფიზიკურ-ქიმიური და ბიოლოგიური თვისებების შესწავლა და მიღებული შედეგების პრაქტიკული გამოყენება.

ბატონი თენგიზი იყო ნიუ-იორკის (აშშ) მეცნიერებათა აკადემიის წევრი, საქართველოს საინჟინრო მეცნიერებათა აკადემიის აკადემიკოსი. დაჯილდოვებული იყო ღირსების ორდენითა და მედლით.

თენგიზ წიგწივაძე ახალგაზრდა თაობის შესანიშნავი აღმზრდელი და გულისხმიერი პედაგოგი იყო, მისი ხსოვნა სამუდამოდ დარჩება მეგობრების, კოლეგებისა და აღზრდილების გულში.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი  
საქართველოს საინჟინრო აკადემია  
ჟურნალ „საქართველოს საინჟინრო სიახლენის“ რედაქცია

## OUR AUTHORS (2022)

## A

Abesadze R.K. – 2022, 2.  
 Akhobadze S.R. – 2022, 1.  
 Aleksidze G.N. – 2022, 1(2)  
 Antia G.R. – 2022, 2.  
 Aphakidze A.R. – 2022, 1.

## B

Bagration-Davitashvili A.N. – 2022, 1.  
 Bejashvili E.W. – 2021, 2.  
 Berdenishvili I.G. – 2022, 1.  
 Beridze M.G. – 2022, 1;2.  
 Bibileishvili D.V. 2022, 2.  
 Bibileishvili G.V. – 2022, 1(5);2(10).  
 Bibileishvili I.V. – 2022, 2.  
 Bitsadze E.I. – 2022, 1;2(2).  
 Buishvili G.T. – 2022, 1.  
 Butchuzi T.G. – 2022, 1;2.  
 Bzhinava E.O. – 2022, 2.

## C

Chachkhiani-Anasashvili N.R. – 2022, 1.  
 Chaphidze A.L. – 2022, 2.  
 Chefichashvili S.A. – 2022, 2.  
 Chiqava M.L. – 2022, 2.  
 Chumbadze M.T. – 2022, 2.

## D

Dadianidze G.A. – 2022, 2  
 Danelia N.V. – 2022, 2  
 Devdariani N.G. – 2022, 1  
 Dochviri B.M. – 2022, 1  
 Dzneladze S.Dj. – 2022, 2

## E

Ebanoidze L.O. – 2022, 1; 2(5).  
 Eristavi D.V. – 2022, 1.  
 Eterashvili T.V. – 2022, 1.  
 Fifia L.I. – 2022, 2.

## G

Gabelaia M.A. – 2022, 2.  
 Gabunia T.I. – 2022, 2.  
 Gasitashvili Z.A. – 2022, 1.  
 Gavasheli A.L. – 2022, 1.  
 Gavasheli L.Sh. – 2022, 1.  
 Gavashelishvili G.A. – 2022, 2.  
 Gegeshidze N.G. – 2022, 2.  
 Geliashvili Z.E. – 2022, 1.  
 Giorgadze I.S. – 2022, 1.  
 Gogesashvili N.N. – 2022, 1(3); 2(3).

Gogiashvili J.G. – 2022, 1.  
 Gogberashvili Z.M. – 2022, 2.  
 Gomidze M.Z. – 2022, 1(2).  
 Gonjilashvili N.D. – 2022, 2.  
 Gorgidze D.A. – 2022, 1.  
 Gugeshidze M.K. – 2022, 2.  
 Gvelesiani I.O. – 2022, 2.  
 Gverdtsiteli L.V. – 2022, 1(2).

## J

Janadze L.G. – 2022, 2(2).  
 Javashvili Z.D. – 2022, 1(2); 2(4).  
 Javshanashvili N.B. – 2022, 2.  
 Jinjolia Sh.R. – 2022, 2.  
 Jokhadze P.D. – 2022, 1(2).  
 Jologua M.A. – 2022, 1.  
 Juluxidze A.G. – 2022, 2.

## K

Kakabadze E.G. – 2022, 1(3); 2(3).  
 Kakhidze N.A. – 2022, 2.  
 Kalandia A. – 2022, 1.  
 Kanchaveli Sh.S. – 2022, 1(2).  
 Karchava M.C. – 2022, 2.  
 Kargareli G.T. – 2022, 1.  
 Kenzhebayeva Zh.E. – 2022, 2.  
 Kevkhashvili M.G. – 2022, 1.  
 Kevkhashvili N.A. – 2022, 2.  
 Kezherashvili M.G. – 2022, 1(3); 2(6).  
 Khartishvili M.P. – 2022, 1.  
 Khechinashvili Z.J. – 2022, 1.  
 Khocholava D.Z. – 2022, 1; 2.  
 Khositashvili M.L. – 2022, 1.  
 Khuchua T.M. – 2022, 1.  
 Khurkuli M.I. – 2022, 2.  
 Khutsishvili M.G. – 2022, 2.  
 Khutsishvili S.A. – 2022, 1.  
 Kiladze M.T. – 2022, 1.  
 Kilasonia N.O. – 2022, 2.  
 Kopaleishvili M.N. – 2022, 2.  
 Kotrikadze K.O. – 2022, 1.  
 Kuparadze L.P. – 2022, 1.  
 Kuparadze L.P. – 2022, 2(3).  
 Kvartskhava G.R. – 2022, 1.

## L

Legashvili I.T. – 2022, 1.  
 Lomidze I.J. – 2022, 1.  
 Lomsadze S.I. – 2022, 2.

## M

Machaladze T.E. – 2022, 2.  
 Maglakelidze A.V. – 2022, 1.  
 Maisuradze I.B. – 2022, 2.  
 Makhashvili K.A. – 2022, 1.  
 Mamardashvili N.G. – 2022, 2.  
 Mamulashvili M.A. – 2022, 1; 2(5).  
 Margvelashvili A.G. – 2022, 1.  
 Mchedlishvili G.S. – 2022, 2.  
 Menabde T.R. – 2022, 1.  
 Merabishvili M.G. – 2022, 1.  
 Mishelashvili Kh.T. – 2022, 2.  
 Molodinashvili Z.F. – 2022, 2.  
 Mskhiladze N.G. – 2022, 2.

## N

Namchevadze Ts.V. – 2022, 1; 2(2).  
 Namicheishvili O.M. – 2022, 1.  
 Nikuradze T.R. – 2022, 1(2).

## O

Omiadze Kh. – 2022, 1.  
 Ormotsadze M.L. – 2022, 1.  
 Ormotsadze N.Sh. – 2022, 2.  
 Otkhozoria N.K. – 2022, 1.

## P

Pamazashvili M.T. – 2022, 1.  
 Panchvidze-Tsignadze Ts. Sh. – 2022, 1.  
 Pavliashvili K.M. – 2022, 1(2).

## S

Samkharadze M.G. – 2022, 2.  
 Shalamberidze M.Sh. – 2022, 2.  
 Shalitauri G.A. – 2022, 2.  
 Shamanadze O.K. – 2022, 2.  
 Shashiashvili N.V. – 2022, 2(2).  
 Shatakishvili T.N. – 2022, 2.  
 Shatirishvili I.S. – 2022, 1.  
 Shatirishvili Sh.I. – 2022, 1.  
 Shengelia M.A. – 2022, 1; 2.  
 Shogiradze M.Kh. – 2022, 2.  
 Sigua L.R. – 2022, 2.  
 Silagadze S.R. – 2022, 2.  
 Siradze M.G. – 2022, 1; 2.  
 Soselia M.T. – 2022, 1(2).  
 Surmava A.A. – 2022, 1(2).

## T

Tabatadze P.S. – 2022, 1(2).  
 Tananashvili L.A. – 2022, 2.  
 Tandilashvili G.L. – 2022, 1.  
 Teteloshvili M.G. – 2022, 2.  
 Tkemaladze G.Sh. – 2022, 1; 2.  
 Tkeshelashvili A.R. – 2022, 2.  
 Tkeshelashvili O.M. – 2022, 1.  
 Tsagareishvili Kh.B. – 2022, 2.

Tsereteli T.M. – 2022, 1.

Tsintsadze M.G. – 2022, 2.

Tsintsadze T.G. – 2022, 2(2).

## Z

Zhgenti D.Z. – 2022, 2.

Zivzivadze L.B. – 2022, 2.