

DOI:<http://doi.org/10.36073/0130-7061>

ISSN 0130-7061

Index 76127

# მაცნეობება და ტექნოლოგიები

სამაცნეოარო რევიურირებადი ჟურნალი

**SCIENCE AND TECHNOLOGIES**  
SCIENTIFIC REVIEWED MAGAZINE

**Nº3(743)**



SCAN ME

თბილისი – TBILISI  
2023

დამუშავებლები:

საქართველოს მეცნიერებათა ეროვნული ოკადემია  
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი  
საქართველოს საინჟინრო ოკადემია  
საქართველოს სოფლის მეურნეობის  
მეცნიერებათა ოკადემია  
მეცნიერების ისტორიის საქართველოს  
საზოგადოება

CONSTITUENTS:

Georgian National Academy of Sciences  
Georgian Technical University  
Georgian Engineering Academy  
Georgian Academy of Agricultural Sciences  
Georgian Society for the History of Science

სარედაქციო კოლეგია:

თანათავმჯდომარეები:

რ. მეტრეველი (საქართველოს მეცნიერებათა ეროვნული ოკადემია), დ. გურგენიძე (საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი), ა. ფრანგიშვილი (საქართველოს საინჟინრო ოკადემია), გ. ალექსიძე (საქართველოს სოფლის მეურნეობის მეცნიერებათა ოკადემია).  
დ. გორგიძე (სწავლული მდივანი).

გ. აბდუშელიშვილი, ა. აბშილავა, პ. ალბერტი (გერმანია), რ. არველაძე, ნ. ბადათურია, გ. ბიბილეიშვილი, პ. ბიელიკი (უკრაინა), ვ. ბურგავი (რუსეთი), მ. ბურჯანაძე, გ. გავარდაშვილი, ზ. გასიტაშვილი, რ. გელაშვილი, ბ. გუსტავი (რუსეთი), ლ. დზიგნი (პოლონეთი), მ. ზუროვსკი (უკრაინა), პ. ზენკელი (ავსტრია), დ. თავაქალიძე, ა. თოფშიშვილი, ზ. კაპულია, დ. კაპანაძე, ვ. კვარაცხელია, ლ. კლიმიძეშვილი, გ. კოახიძე, კ. კოპალიანი, მ. კოსიორ-კაზბერუკი (პოლონეთი), მ. კუხალევიშვილი, თ. ლომინაძე, ზ. ლომსხაძე, დეკანოზი ლ. მათეშვილი, ვ. მატვეევი (რუსეთი), ნ. მახვილაძე, გ. მემარიაშვილი, მ. მემარიაშვილი, ნ. მითაგვარია, თ. ქვანია, გ. სალუქვაძე, თ. სულაბერიძე, ვ. უნგერი (ავსტრია), ა. ფაშაევი (აზერბაიჯანი), ნ. ყავლაშვილი, თ. ცინცაძე, თ. წერეთელი, ხ. წერაძე, თ. წიგნიძე, ა. ხელიძე, რ. ხუროძე, გ. ჯერენაშვილი.

EDITORIAL BOARD:

Co-chairmans:

R. Metreveli (Georgian National Academy of Sciences), D. Gurgenidze (Georgian Technical University), A. Prangishvili (Georgian Engineering Academy), G. Aleksidze (Georgian Academy of Agricultural Sciences).  
D. Gorgidze (Scientific Secretary).

G. Abdushelishvili, A. Abshilava, H. Albrecht (Germany), R. Arveladze, N. Bagaturia, G. Bibileishvili, P. Bielik (Slovakia), V. Burkov (Russia), M. Burjanadze, L. Dziens (Poland), G. Gavardashvili, Z. Gasitashvili, O. Gelashvili, B. Gusev (Russia), G. Jerenashvili, Z. Kakulia, D. Kapanadze, A. Khvedelidze, N. Kavlashvili, V. Kvaratskhelia, L. Klimiashvili, G. Kobakhidze, K. Kopaliani, M. Kosior-Kazberuk (Poland), M. Kukhaleishvili, R. Khurodze, T. Lominadze, Z. Lomsadze, N. Makhviladze, Archbishop L. Mateshvili, V. Matveev (Russia), E. Medzmarishvili, M. Medzmarishvili, N. Mitagvaria, A. Pashaev (Azerbaijan), G. Salukvadze, T. Sulaberidze, D. Tavkhelidze, A. Topchishvili, T. Tsereteli, T. Tsingadze, T. Tsintsadze, Z. Tsveraidze, P. Unger (Austria), M. Zgurovski (Ukraine), T. Zhvania, H. Zunkel (Austria).



საგამომცემლო სახლი „ტექნიკური უნივერსიტეტი“, 2023

Publishing House “Technical University”, 2023

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



# გირაფსი

## ზოზიპა

გ. დარსაველიძე, ქ. შამათავა, ა. სიჭინავა, ი. ყურაშვილი, მ. ქადარია, რ. აბრამიშვილი.	
ვაზური ბარდაქმნების თავისებურებანი Si+2ატ.%Ge შენადნობის ინდენცირების პროცესებში .....	7
გ. დარსაველიძე, ქ. შამათავა, ა. სიჭინავა, ი. ყურაშვილი, მ. ქადარია, რ. აბრამიშვილი.	
მოწოდებისტალური Si+2ატ.%Ge შენადნობის ინდენცირებით ინდუცირებული ვაზური ბარდაქმნების ზოზიპურ-მექანიკური მახასიათებლები.....	15

## ეპოლოგია

მ. ჩალაძე, ო. ტყემალაძე, თ. ჩხატარაშვილი, თ. ჩალაძე. ცოტა რამ ეპოლოგიის სწავლების შესახებ .....	21
ც. ბასილაშვილი. უსაფრთხოების პროცესები ფალმოგარდნების საშოშროების მატების პირობებში .....	26

## პლიმატოლოგია

ლ. ქართველიშვილი, ბ. ფანქვიძე, გ. ქოთოლაშვილი, მ. ხეცურიანი. ტემპერატურა- ტენიანობის კომპლექსის ბათვალისტიცება სამშენებლო პლიმატოლოგიაში პლიმატის ცვლილების ვონხე.....	32
--	----

## ეპონომიკა

ლ. ჭელიძე, დ. ჭელიძე. საქართველოს ეპონომიკური (მათ) გორის სასტრატო) უსაფრთხოების ზრდის ერთ-ერთი მიმართულება.....	37
---	----

## მცენბეფიკა

ე. მაჭავარიანი, მ. ჯიხვაძე, ნ. ქსოვრელი, ლ. რობაქიძე. თბილის სამი მექანიზმის სწავლების ახლებური მეთოდიკა .....	48
---	----

## ახალი ტექნოლოგიები

ა. გვაზავა, რ. კლდიაშვილი, ნ. ფოფორაძე. ქადალდსაფუძვლიანი ხელნაღერების პლევა რენტგენფლუორესცენციური ანალიზატორით (სირიული და ებრაული ხელნაღერების მაგალიზე [Sir-3; Herb-45]) .....	53
--	----

გ. ანდრიაძე. საქართველოში გავრცელებული კამიდვრის (SOLANUM LYCOPERSICUM) ნედლეულისაბან ინიციაციური ტექნოლოგიური გზით გირლობიურად სრულდებანი და ეპოლოგიურასდ სუვთა ტომატ-კასტის მიღება.....	66
---	----

გ. გოლეთიანი, ზ. ლაზარაშვილი, თ. ისაკაძე, გ. გუგულაშვილი. შურმნის დურდოს საჭირო პერიოდის შესახებ.....	72
<b>პვების მრეველობა</b>	
ნ. ბადათურია, მ. ლოლაძე, გ. ბადათურია. შურმნის პლერტისა და სადუღარი ჰურჭლის ბავლენა და განვითარების სამინისტრო.....	78
მ. ლოლაძე, ნ. ბადათურია. შურმნის ბადამუშავების ხერხის ბავლენა და განვითარების დისტილაციის სამინისტრო.....	84
<b>რენიბზის ტრანსპორტი</b>	
ჩ. ჩალაძე, თ. ტაბიძე, ლ. ლომისაძე, მ. გრიგორაშვილი, გ. ჩალაძე. სიბრძეების, ცენტრალური სამინისტროს, გლობალური სა (სცბ) და კავშირბაბმულობის მოწყობილობების ბანკითარების ეფაკების ბანხილვა.....	88
<b>ვერილობითი მემკვიდრეობის დაცვა</b>	
ა. გვაზავა, რ. კლდიაშვილი. ვერილობითი მემკვიდრეობის კონსერვაცია-რესტავრაციის საპიროებები.....	94
<b>აპტორთა საზურადლებოდ</b>	105

# CONTENTS

## PHYSICS

<b>G. Darsavelidze, K. Shamatava, A. Sichinava, I. Kurashvili, M. Kadaria, R. Abramishvili.</b>	
PECULIARITIES OF PHASE TRANSITIONS IN THE INDENTATION PROCESSES OF SI+2AT.%GE OF ALLOY .....	7
<b>G. Darsavelidze, K. Shamatava, A. Sichinava, I. Kurashvili, M. Kadaria, R. Abramishvili.</b> PHYSICAL- MECHANICAL CHARACTERISTICS OF INDENTATION INDUCED-PHASE TRANSITIONS IN MONOCRYSTALLINE SI+2AT.%GE ALLOY .....	15

## ECOLOGY

<b>M. Chaladze, O. Tkemaladze, T. Chkhatarashvili, T. Chaladze.</b> A LITTLE ABOUT TEACHING ECOLOGY .....	21
<b>Ts. Basilashvili.</b> SAFETY ISSUES IN THE FACE OF INCREASED RISK OF FLOODS.....	26

## CLIMATOLOGY

<b>L. Kartvelishvili, B. Panchvidze, G. Kotolashvili, M. Khetsuriani.</b> CONSIDERATION OF THE TEMPERATURE-HUMIDITY COMPLEX IN CONSTRUCTION CLIMATOLOGY AGAINST THE BACKGROUND OF CLIMATE CHANGE .....	32
--	----

## ECONOMICS

<b>L. Chelidze, D. Chelidze.</b> ONE OF THE DIRECTIONS OF ECONOMIC (INCLUDING FOOD) SECURITY GROWTH OF GEORGIA .....	37
---	----

## ENERGETICS

<b>E. Machavariani, M. Jikhvadze, N. Ksovreli, L. Robakidze.</b> A NEW METHOD OF TEACHING THE THREE MECHANISMS OF HEAT EXCHANGE .....	48
--	----

## NEW TECHNOLOGIES

<b>A. Gvazava, R. Kldiashvili, N. Phophoradze.</b> RESEARCH OF PAPER-BASED MANUSCRIPTS WITH THE HELP OF X-RAY FLUORESCENCE ANALISER (SYRIAN AND JEWISH MANUSKRPTS AS AN EXAMPLE [SIR-3; HERB-45]) .....	53
<b>G. Andriadze.</b> PROCESSING OF BIOLOGICALLY PERFECT AND ECOLOGICALLY PURE TOMATO PASTE FROM THE RAW MATERIALS OF TOMATOES ( <i>SOLANUM LYCOPERSICUM</i> ) WIDESPREAD IN GEORGIA USING INNOVATIVE TECHNOLOGICAL METHOD.....	66

**G. Goletiani, Z. Lazarashvili, T. Isakadze, G. Gugulashvili.** GRAPE MUST PNEUMATIC PRESS.....72

**FOOD INDUSTRY**

**N. Bagaturia, M. Loladze, G. Bagaturia.** THE EFFECT OF GRAPE RACHIS AND FERMENTATION TANKS ON WINE QUALITY .....78

**M. Loladze, N. Bagaturia.** THE INFLUENCE OF THE METHOD OF PROCESSING GRAPES ON THE COMPOSITION AND QUALITY OF WINE DISTILLATE .....84

**RAILWAY TRANSPORT**

**M. Chaladze, T. Tabidze, L. Lomsadze, M. Grigorashvili, G. Chaladze.** DISCUSSION OF THE STAGES OF SIGNALIZATION CENTRALIZATION BLOCKING (SCB) AND COMMUNICATION DEVICES .....88

**PROTECTION OF WRITTEN HERITAGE**

**A. Gvazava, R. Kldiashvili.** ISSUES OF CONSERVATION-RESTORATION OF WRITTEN HERITAGE .....94

**TO THE AUTHORS ATTENTION** ..... 105

## ჭაზური გარდაქმნების თავისებურებანი Si+2ატ.%Ge შენაღნობის ინდენტირების პროცესები

გიორგი დარსაველიძე, კახაბერ შამათავა, ავთანდილ სიჭინავა, ია ყურაშვილი,  
მარინა ქადარია, რომან აბრამიშვილი

(სოხუმის ი. ვეკუას ფიზიკა-ტექნიკის ინსტიტუტი, სოხუმის სახელმწიფო უნივერსიტეტი)

**რეზიუმე:** შესწავლით ჩოხრალსკის მეთოდით მიღებული მონოკრისტალური Si+2ატ.%Ge შენადნობის (111) კრისტალოგრაფიული ორიენტაციის ორმხრივ პოლირებული ფირფიტის ელექტროფიზიკური, დინამიკური და მექანიკური თვისებები ჰალის ეფექტის რეგისტრაციისა და ვიკერსის ინდენტორით ულტრამიკროინდენტირების მეთოდების გამოყენებით. ნიმუშები ხასიათდება  $1.104\text{--}5.10^4 \text{ სმ}^2$  დისლოკაციების სიმკვრივით. ნაჩვენებია, რომ საცდელი ნიმუშების პოლირებულ (111) სიბრტყეებზე დენგამტარი ხვრელების ძვრადობა 20–25 %-ით ნაკლებია ანალოგიური შედგენილობის სრულყოფილი მონოკრისტალური p-Si-ის ძვრადობასთან შედარებით. ვიკერსის ინდენტორზე მოღებული მაქსიმალური დატვირთვის გაზრდით 25 მნ-დან 100 მნ-დამ დატვირთვა-წანაცვლების გრაფიკების განტვირთვის შტოებზე გამოვლენილია სილიციუმის მყარი β-Sn ფაზის გარდაქმნა ამორფულ და მეტასტაბილურ Si-III/Si-XII მოდიფიკაციებში. ინდენტორის შეღწევის სილრმის დროზე დამოკიდებულებათა განტვირთვის შტოებზე ფიქსირებული დახრილობების ანალიზით დადგინდა, რომ  $\text{Si-II}\rightarrow\text{Si-III/Si-XII}$  და  $\text{Si-II}\rightarrow\text{a-Si}$  ფაზური გარდაქმნები ხორციელდება, შესაბამისად, 2 და 3 წმ-ის განმავლობაში, რაც სრულ თანხვედრაშია ლიტერატურიდან ცნობილ Si-ში ინდენტირებული ინდუცირებული ფაზური გარდაქმნების ხანგრძლივობასთან.

**საკვანძო სიტყვები:** დაყოვნების დრო; დისლოკაციური სტრუქტურა; ვიკერსის ინდენტორი; Si-Ge შენადნობი; ხვრელების ძვრადობა; ფაზური გარდაქმნა.

## შესავალი

ბოლო ათწლეულებში, ოფიციალური კომერციული და აკადემიური არხებით ინფორმაციის გამოქვეყნებისა და გაგრცელების პარალელურად გაიზარდა მოთხოვნილება იმ მასალებზე, დოკუმენტებსა და ლიტერატურაზე, რომლებიც გროვდება სხვადასხვა ორგანიზაციასა და სტრუქტურაში, სამეცნიერო-კვლევით ცენტრებში, უმაღლეს სასწავლებლებში, მმართველორგანოებში და ა.შ., მაგრამ არ ვრცელდება ტრადიციული არხებით მიუხედავად იმისა, რომ ხშირად შეიცავს სასარგებლო, საჭირო ინფორმაციას. ასეთ მასალებსა და ინფორმაციის წყაროებს „რუხი ლიტერატურა“ და „რუხი დოკუმენტები“ (Grey Literature, Grey Documents) ეწოდება. რუხი ლიტერატურა წარმოადგენს ინფორმაციის ძნელად მისაგნებ და ნაკლებად ხელმისაწვდომ რესურსს. ბევრი ბიბლიოთეკა როგორც ჩვენთან, ისე საზღვარგარეთ მათი გამოვლენისა და შეძენის სირთულის გამო თავს არიდებდა რუხი ლიტერატურით თავისი ფონ-დების შევსებას. დღეს სულ უფრო მწვავედ დგება საკითხი რუხი ლიტერატურის შერჩევა-შეგროვების, დაკომპლექტების, აღრიცხვის, ბიბლიოთეკებსა და საინფორმაციო ცენტრებში განაწილების, შენახვისა და შემდეგ დაინტერესებულ პირთათვის მიწოდების შესახებ.

## ძირითადი ნაწილი

ბოლო ორი ათეული წლის განმავლობაში მნიშვნელოვნად გაიზარდა ინტერესი Si-Ge სისტემის შენადნობების მოცულობითი კრისტალებისადმი, რომელთა გამოყენება შესაძლებელია დაძაბული ეპიტაქსიური ფენების, მზის ელემენტებისა და ფოტოდეტექტორების ფუძეშრეცებად. აღნიშნულ კრისტალებში მესრის პარამეტრისა და აკრძალული ზონის სიგანის უწყვეტი მდოვრე ცვლილება შეიძლება განხორციელდეს Si და Ge კომპონენტების კონცენტრაციის ცვლილებით. Si-ის ფუძეზე Si-Ge შენადნობების კრისტალურ მესერში ჩანაცვლებული დიდი ატომური რადიუსის Ge-ის ატომებთან ფორმირდება ძაბვები, რომლებიც ქმნის ენერგეტიკულ ბარიერებს დისლოკაციების მოძრაობისადმი. მათ შეუძლიათ გამოიწვიონ დინამიკური განმტკიცება. ამ დროს იცვლება მინარევი-ვაკანსიისა და სხვა დეფექტების ძვრადობა, დისლოკაციების დამაგრების პირობები. ყოველივე ეს მნიშვნელოვანი გავლენას ახდენს Si-Ge შენადნობების მექანიკურ და ნახევარგამტბარულ თვისებებზე. Si-Ge შენადნობებში Ge-ის  $10^{18}$ - $10^{19}$  სმ<sup>-3</sup> კონცენტრაციული შემცველობა სუსტ ზემოქმედებას ახდენს სტრუქტურულად მგრძნობიარე ფიზიკურ თვისებებზე [1]. Ge-ის მაღალი კონცენტრაციების ( $1\cdot10^{20}$  სმ<sup>-3</sup>) შემთხვევაშიც მოსალოდნელია მოცულობითი კრისტალის სტრუქტურაში განსხვავებული შემცველობის არების ფორმირება, რომლითაც გამყოფ საზღვრებზე წარმოიქმნება ძაბვები, რომლებიც ქმნის ბარიერებს დისლოკაციების მოძრაობისადმი და შესაძლებელია შეიქმნას სტრუქტურის განმტკიცების პირობები [2]. აღნიშნული ხასიათის სტრუქტურული ცვლილებებისა და სტრუქტურულად მგრძნობიარე ფიზიკური თვისებების ურთიერთკორელაციური კავშირები შეიძლება ეფექტურად იქნეს შესწავლილი ინდენტირების მეთოდებით დატვირთვის სიდიდისა და ცვლილების სიჩქარის ფართო დიაპაზონში.

დღეისათვის არსებული ლიტერატურული წყაროების უმრავლესობაში Si-Ge შენადნობების მოცულობითი კრისტალების მექანიკური თვისებები შესწავლილია მიკროსისალის მეთოდით მაღალი დატვირთვების პირობებში [3, 4]. ნაჩვენებია, რომ Ge-ის მცირე კონცენტრაციების შენადნობებში მიკროსისალე მცირდება, რაც დაკავშირებულია დისლოკაციების მოძრაობისადმი კრიტიკული ძაბვის შემცირებასთან, ეს უკანასკნელი განპირობებულია Ge-ის ატომებთან ფორმირებული კუმშვის დეფორმაციით. Si-Ge სისტემის შენადნობების სისალისა და დრეკადობის მოდულის განსაზღვრის მიზნით შესრულებულია მონოკრისტალური  $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$  ეპიტაქსიური ფენებისა ( $0 \leq X \leq 1$ ) და უტიგელო დნობის მეთოდით მიღებული მოცულობითი მონოკრისტალების ( $X \leq 0.1$ ) ექსპერიმენტული კვლევა ნანოინდენტირების მეთოდით [5]. გაზრდვებში გამოყენებული Si-Ge ეპიტაქსიური ფენები APCVD მეთოდით შექმნილია მონოკრისტალური Si-ის (100) ორიენტაციის სიბრტყეებზე, ხოლო მოცულობითი კრისტალები გაზრდილია (111) მიმართულებით და ინდენტირება შესრულებულია (111) ორიენტაციის სიბრტყეზე. ნაშრომში პირველადაა დაფიქსირებული  $\text{Si}-\text{I} \rightarrow \beta-\text{Sn}$  ტიპის Si-ის გარდაქმნა დატვირთვის ზემოქმედებით და  $\beta-\text{Sn}$  ტიპის Si-ის გარდაქმნა სილიციუმის ამორფულ ფაზურ მდგრებლად ინდენტორის განტვირთვის პროცესში. დადგენილია Si-Ge შენადნობების კომპოზიციაზე დამოკიდებული მყარი ხსნარის განმტკიცება და წარმოდგენილია განმტკიცების ახალი მექანიზმი, რომელიც დაკავშირებულია მაღალი სისალის  $\beta-\text{Sn}$  მოდიფიკაციის Si-ის ფაზის ფორმირებასთან.

შესწავლილია Si-Ge-ის განზავებული მყარი ხსნარის ( $\text{Ge} \sim 10^{18}$  სმ<sup>-3</sup>) მექანიკური თვისებები ბერკოვიჩის ინდენტორით ნანოინდენტირებისა და ულტრაბეგრითი იმპულს-ექოს გადაფარვის (pulse-echo overlap) მეთოდის ერთობლივი გამოყენებით [6]. ამ მეთოდებით ექსპერიმენტულად დადგინდა დრეკადობის მოდულის ამაღლება ინდენტირებით გამოწვეული Si-

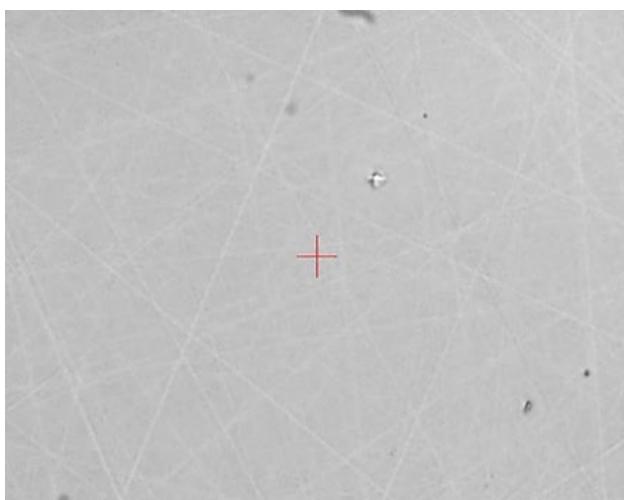
ის  $\beta$ -Sn ფაზის წარმოქმნით და მოდულის უმნიშვნელო შემცირება. ბოლო შემთხვევაში სტრუქტურული გარდაქმნები არ არის მოსალოდნელი.

ნანოინდენტირების მეთოდით Si-Ge შენადნობებში ფაზური შედგენილობისა და მექანიკური თვისებების ცვლილებათა კანონზომიერებების ექსპერიმენტული კვლევა უაღრესად აქტუალურია და მნიშვნელოვანი Si-Ge შენადნობების საფუძვლზე ახალი ნახევარგამტარული სტრუქტურებისა და ხელსაწყოების შექმნის პროცედურის გადასაჭრელად.

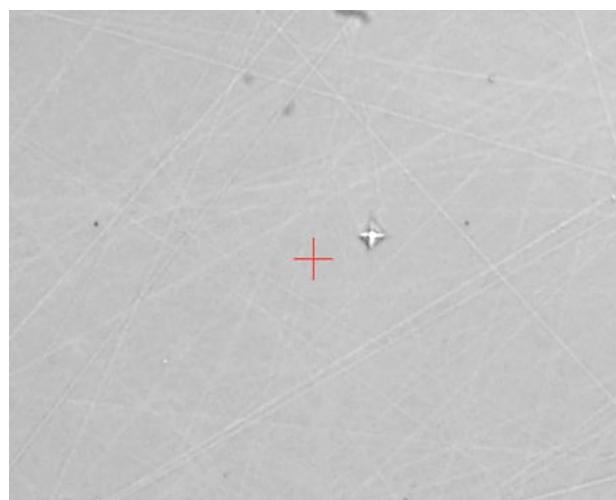
კვლევის ობიექტი და მეთოდოლოგია. კვლევის ობიექტს წარმოადგენდა ჩოხრალსკის მეთოდით მიღებული მონოკრისტალური  $\text{Si}+2\text{Al}\% \text{Ge}$  შენადნობის (111) კრისტალოგრაფიული ორიენტაციის პოლირებული ფუძეშრევები. მეტალოგრაფიული კვლევა შესრულებულია NMM-80RF/TRT სისტემის ოპტიკურ მიკროსკოპზე. ელექტროფიზიკური მახასიათებლების გაზომვები განხორციელდა პოლის ეფექტის რეგისტრაციით 0.5 ტესლა ინდუქციის მუდმივ მაგნიტურ ველში Ecopia HMS-3000 სისტემის დანადგარზე. მიკროსისალის გაზომვები შესრულდა Shimadzu DUH-211S სისტემის დინამიკურ ულტრამიკროტესტერზე დატვირთვა-განტვირთვის რეჟიმში ვიკერსის მეთოდით მაქსიმალური დატვირთვების 10–100 მნ დიაპაზონში. თოთოეულ მაქსიმალურ დატვირთვაზე დაყოვნების დრო იყო 10 წმ, ხოლო ინდენტირების სიჩქარე –13.24 მნ/წმ.

ექსპერიმენტული შედეგები და განსჯა. მეტალოგრაფიულმა კვლევამ აჩვენა, რომ 38–40 მმ დიამეტრის საცდელი ნიმუშის (111) ორიენტაციის ზედაპირებზე დისლოკაციების სიმკვრივე შეადგენდა  $10^4 \text{ სმ}^{-2} \cdot \text{s}$ . ნიმუშების ცენტრალურ არეზი დისლოკაციები თანაბრად იყო განაწილებული. პერიფერიულ უბნებზე ზოგჯერ შეინიშნებოდა ინდივიდუალური დისლოკაციებისა და წყობის დაფექტების შეჯგუფებები, განპირობებული თერმული ძაბვების ზემოქმედებით. ნიმუშებს ახასიათებდა p-ტიპის გამტარობა. (111) პოლირებულ სიბრტყეებზე დენგამტარი ხვრელების კონცენტრაცია და ძვრადობა იყო, შესაბამისად,  $10^{13} \text{ სმ}^{-2}$  და  $1200 \text{ სმ}^2 \text{ წ}^{-1}$ .  $10^{-1}$ . ძვრადობის 20–25 %-ით შემცირება განპირობებული იყო ხვრელების განბნევით Ge-ის არათანაბრად განაწილებულ ატომებსა და დისლოკაციების ატმოსფეროების წერტილოვან დეფექტებზე.

ინდენტორზე მოდებული მაქსიმალური დატვირთვის გაზრდა 10–100 მნ დიაპაზონში და მაქსიმალურ დატვირთვაზე 10 წმ-ით დაყოვნება იწვევს ინდენტირების ანაბეჭდების ფორმისა და ზომების ცვლილებას (ნახ. 1).



ა



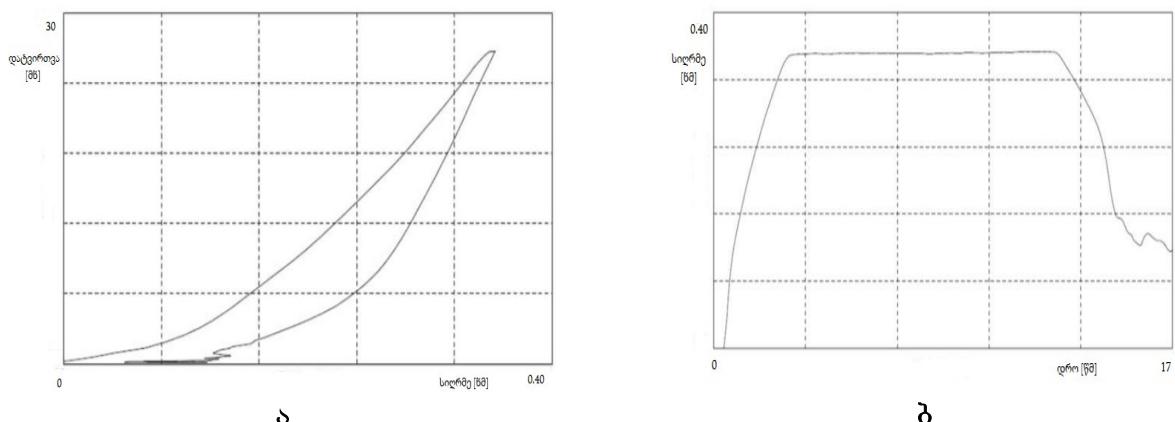
ბ

ნახ. 1. ვიკერსის ინდენტორის ანაბეჭდები  $\times 500$ : ა – მაქსიმალური დატვირთვა – 50 მნ; ბ – მაქსიმალური დატვირთვა – 100 მნ

25 და 50 მნ მაქსიმალური დატვირთვის შემთხვევაში ინდენტირების ნარჩენი ანაბეჭდი მცირე ზომებით ხასიათდება და მასზე არ შეინიშნება ბზარების ნაკვალევი. 100 მნ მაქსიმალური დატვირთვისას კი ინდენტირების ნარჩენი ანაბეჭდის ზომები იზრდება და მასზე შეინიშნება ანაბეჭდის დიაგონალებიდან პარალელურად გამომავალი მიკრობზარების ნაკვალევი. მცირე სიდიდის დატვირთვების დროს მეტად მცირეა დეფორმაციის პლასტიკური მდგენელი და მასალა ინდენტირებაზე რეაგირებს უმთავრესად დრეკადი დეფორმაციით. აღსანიშნავია, რომ ინდენტირების პროცესში შესაძლებელია შეიქმნას ისეთი პირობები, როცა პრაქტიკულად მოხდება პლასტიკური დეფორმაციის მთლიანად ჩახშობა და ინდენტირების ანაბეჭდის სრულად ადდგენა. ექსპერიმენტულად დადგენილია [7], რომ სილიციუმის კრისტალი ამჟღავნებს სრულყოფილ დრეკადობას ბერკოვიჩის ინდენტორზე 100 მკნ-მდე დატვირთვისა და მაქსიმალური დატვირთვის 30 წმ-ით დაყოვნების პირობებში. ეს ფაქტი დადასტურებულია ინდენტირების ანაბეჭდების განივავეთების სტრუქტურის კვლევით გამჭოლ ელექტრონულ მიკროსკოპზე. აღსანიშნავია, რომ სიმეტრიულ სფერულ ინდენტორზე გაცილებით მაღალი მაქსიმალური დატვირთვა (300 მნ) დაყოვნების გარეშე არ ავლენს პლასტიკურ დეფორმაციას მონოკრისტალურ სილიციუმში ინდენტირების ნარჩენი ანაბეჭდების სახით [8]. შესაბამისად, ინდენტირების პროცესებში დატვირთვა-წანაცვლების დამოკიდებულებებზე ფიქსირდება დატვირთვისა და განტვირთვის შტოების სრული დამთხვევა. Si+2ატ.%Ge შენადნობის საცდელი ნიმუშის ინდენტირებისას მაქსიმალური დატვირთვის 25–100 მნ დიაპაზონში გამოვლინდა დატვირთვა-წანაცვლების დამოკიდებულებების დატვირთვისა და განტვირთვის შტოების სხვადასხვა კანონზომიერებით ცვლილება, რამაც განაპირობა ანაბეჭდების ფორმირება განსაზღვრული სიდიდის ნარჩენი სიღრმეებით. ნარჩენი ინდენტირების ანაბეჭდების გამოვლინება Si-Ge შენადნობის საცდელ ნიმუშში მაღალი ალბათობით შესაძლებელია მიეკუთვნოს კუთრი მოცულობის ცვლილებას ინდენტირებით გამოწვეული ფაზური გარდაქმნების პროცესებში.

მე-2, მე-3 და მე-4 ნახ-ებზე წარმოდგენილია ვიკერსის ინდენტორზე მოდებული სხვადასხვა სიდიდის მაქსიმალური დატვირთვის პირობებში დატვირთვა-წანაცვლებისა (ა) და ინდენტორის მასალაში შეღწევის სიღრმე-დროის (ბ) დამოკიდებულებები. მათმა შედარებამ ცხადყო, რომ ინდენტორის მაქსიმალური შეღწევა და შეღწევის ნარჩენი სიღრმე მატულობს ინდენტორზე დატვირთვის გაზრდასთან ერთად. სამივე გრაფიკის დატვირთვის შტო იღენტურია. ეს იმას ნიშნავს, რომ საკვლევი Si-Ge ნიმუშის მზარდი დატვირთვის პროცესში დეფორმაციის მექანიზმი პრაქტიკულად უცვლელია.

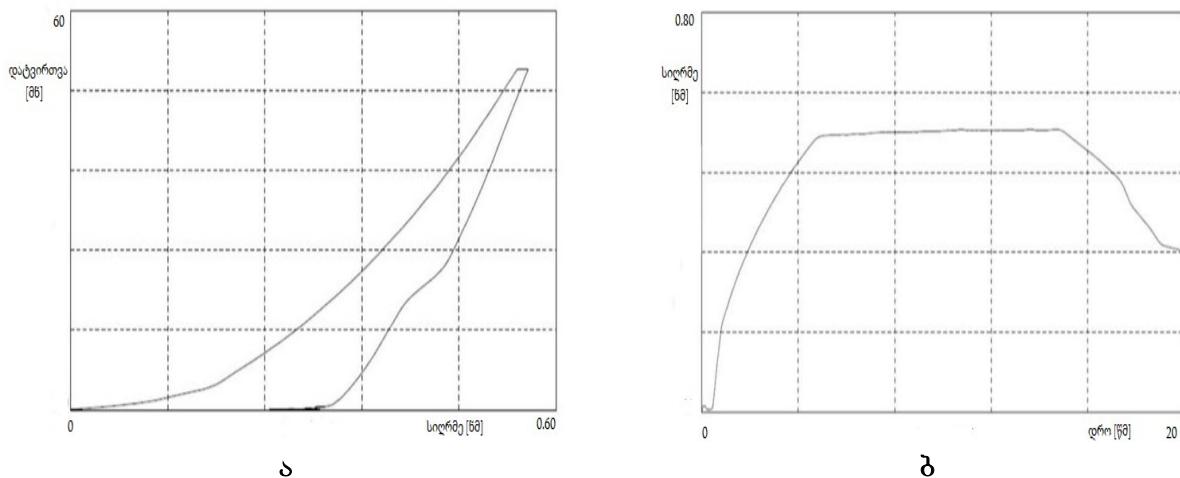
მკაფიოდ განსხვავებული ცვლილებები ფიქსირდება დატვირთვა-წანაცვლების დამოკიდებულებების განტვირთვის შტოებზე. ინდენტორზე მოდებული 25 მნ (ნახ. 2, ა) მაქსიმალური დატვირთვის შემთხვევაში ნარჩენი დატვირთის ფართო დიაპაზონში აღინიშნება დრეკადი მდგომარეობიდან გადახრის უწყვეტი მდოვრე ცვლილება.



ნახ. 2. Si+2ატ.%Ge შენადნობის ნიმუშის 25 მნ მაქსიმალურ დატვირთვაზე დატვირთვა-წანაცვლებისა (ა) და შეღწევის სიღრმე-დროის (ბ) დამოკიდებულებები

რამანის სპექტრების ანალიზის საფუძველზე დადგინდა, რომ სილიციუმის ინდენტი-რების პროცესებში დატვირთვა-წანაცვლების განტვირთვის შტოზე დახრილობის ანალოგიური ცვლილება განპირობებულია სილიციუმის ალმასის ტიპის სტრუქტურაში დატვირთვის პროცესში ფორმირებული Si-II მყარი ფაზის განსაზღვრული ნაწილის გადასვლით ამორფულ მდგომარეობაში [9]. ასეთ გარდაქმნას ახასიათებს მასალის გაფართოება, რადგანაც Si-II-ის მყარი ფაზა დაახლოებით 22 %-ით შეკუმშულია საწყის Si-I-ის ფაზასთან შედარებით, ხოლო ამორფული ფაზური მდგენელის თერმული გაფართოების კოეფიციენტი Si-ის ორივე ფაზას შორის შეალებულია. ინდენტორზე მოდებული 25 მნ მაქსიმალური დატვირთვის პირობებში შედწევის სიღრმე-დროის დამოკიდებულების (ნახ. 2, ბ) განტვირთვის შტოზე 20–40 მნ ინტერვალში ფიქსირებულია დახრილობის ხელი უწყვეტი ცვლილება, რაც ასევე დამახასიათებელია Si-ის მყარი ფაზიდან ამორფული ფაზური მდგენელის წარმქმნისათვის.

ინდენტორზე მოდებული მაქსიმალური დატვირთვის გაზრდით 50 მნ-მდე დატვირთვის ზრდის შტოზე პრაქტიკულად არ შეინიშნება გადახრები დატვირთვა-წანაცვლების მდოვრე აღმასვლიდან (ნახ. 3, ა).

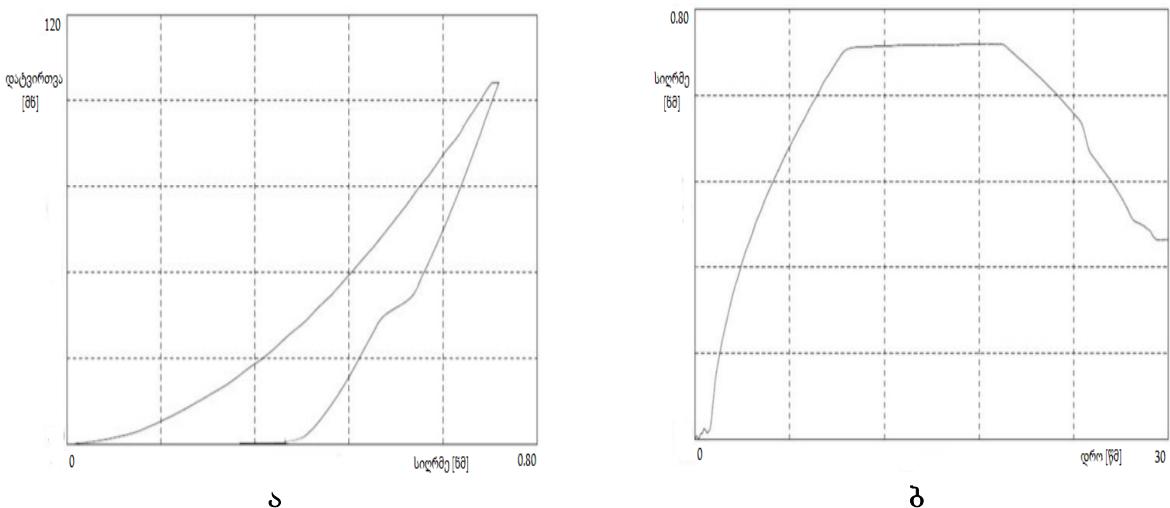


ნახ. 3. Si+2ატ.%Ge შენადნობის ფუძეშრის 50 მნ მაქსიმალური დატვირთვის პირობებში ინდენტი-რებისას დატვირთვა-წანაცვლებისა (ა) და შედწევის სიღრმე-დროის (ბ) დამოკიდებულებები

მაქსიმალური დატვირთვისას 10 წმ დაყოვნებით ფიქსირდება ინდენტორის ~5 ნმ-ით შედწევა ნიმუშის სიღრმეში. ამის შემდეგ თანდათანობით განტვირთვის პროცესში 40 მნ ნარჩენ დატვირთვაზე შედწევის სიღრმე მკვეთრად მცირდება 55-დან 45 წმ-მდე 2.5–3 წმ-ის განმავლობაში. განტვირთვის ბოლო ეტაპზე აღინიშნება განსხვავებული კანონზომიერებით დახრილობის მდოვრე ცვლილება. დატვირთვა-წანაცვლების დამოკიდებულების განტვირთვის ეტაპზე ფიქსირებულია ორი თანმიმდევრული უბანი დახრილი ბაქანი და გრაფიკის დახრილობის უწყვეტი ცვლილება. ცნობილი [10] ექსპრიმენტული და თეორიული შედეგების თანახმად პირველ უბანზე დახრილი ბაქანი შესაძლებელია მიეკუთვნოს არასტაბილური Si-II მყარი ფაზის განსაზღვრული ნაწილის გარდაქმნას შუალედურ არასტაბილურ Si-IV და Si-XII ფაზებად. გრაფიკის მეორე უბანზე დახრილობის მდოვრე უწყვეტი ცვლილება შესაძლებელია განპირობებული იუოს განსაზღვრული რაოდენობის Si-II მყარი ფაზის გარდაქმნით ამორფულ ფაზურ მდგენელად. ორივე ტიპის ფაზური გარდაქმნა მიმდინარეობს ინდენტორის

წვერის მახლობლობაში, სადაც ნიმუშზე მოღებული წნევა მაქსიმალურია. გაზომვების პროცესში რეგისტრირებული შედწევის სიღრმე-დროის დამოკიდებულების განტვირთვის უბანზე გამოვლენილია ორი თანმიმდევრული სხვადასხვა კუთხის დახრილობა (ნახ. 3, ბ) 2 და 3 წმ-ის განმავლობაში. მათი შესაბამისი შედწევის სიღრმეები ემთხვევა განტვირთვის შტოზე დახრილი ბაქნისა და მდოვრე დახრილობის სიღრმეებს. ექსპერიმენტის საფუძველზე დადგინდა, რომ დახრილ ბაქანთან დაკავშირებული ფაზური გარდაქმნა  $\text{Si-II} \rightarrow \text{Si-III/Si-XII}$  ხორციელდება 2 წმ-ის განმავლობაში. გრაფიკის დახრილობის უწყვეტი ცვლილების პროცესში  $\text{Si-II}$  მყარი ფაზის განსაზღვრული ნაწილის ამორფულ მდგომარეობაში გადასვლა სრულდება 3 წმ-ში. ინდენტირების პროცესებში საცდელი  $\text{Si-Ge}$  შენადნობის სტრუქტურაში ფაზური გარდაქმნების ხანგრძლივობის მნიშვნელობები იმავე რიგისაა, რაც დამახასიათებელია  $\text{Si-III}$  ფაზური გარდაქმნებისათვის სხვადასხვა ტიპის ინდენტორების ზემოქმედების პირობებში [11].

ინდენტორზე 100 მნ მაქსიმალური დატვირთვის შემთხვევაში (ნახ. 4, ა) დატვირთვის შტოზე არ ფიქსირდება გადახრები, ხოლო განტვირთვა-წანაცვლების შტოზე 40 მნ დატვირთვისას იწყება გადადგილების სწრაფი შემცირება მცირე დახრილობის ბაქნის ფორმით.



ნახ. 4.  $\text{Si}+2\text{ატ.\%Ge}$  შენადნობის ფუძეშრის 100 მნ მაქსიმალური დატვირთვისას დატვირთვა-წანაცვლებისა (ა) და შედწევის სიღრმე-დროის (ბ) დამოკიდებულებები

დატვირთვის 38 მნ-დე შემცირების შემდეგ იწყება გრაფიკის დახრილობის უწყვეტი, მდოვრე ცვლილება, რომელიც გრძელდება სრულ განტვირთვამდე. განტვირთვის შტოზე არსებული მცირე დახრილობის ბაქანი ვრცელდება შედწევის სიღრმის 58–53 მნ ინტერვალში ~2 წმ-ის განმავლობაში. განტვირთვა-წანაცვლების ასეთივე ხასიათის ცვლილება 50 მნ მაქსიმალური დატვირთვის შემთხვევაში (ნახ. 3, ა), როგორც ზემოთ იყო აღნიშნული, ფიქსირებულია 50–45 მნ შედწევის სიღრმეზე და გრძელდება ~2 წმ-ის განმავლობაში. ორივე მაქსიმალურ დატვირთვაზე დახრილი ბაქანი შესაძლებელია მიეკუთვნოს  $\text{Si-II}$  მყარი ფაზის რაღაც ნაწილის გარდაქმნას არასტაბილურ  $\text{Si-III/Si-XII}$  ფაზებად. ფაზური გარდაქმნა ხორციელდება ინდენტორის წვერის არეში ინდენტორ-მატრიცის გამყოფ საზღვარზე. თერმული ანალიზით და საწნეებ დანადგარზე ექსპერიმენტული კვლევით დადგინდა [10, 11], რომ განტვირთვის პროცესში  $\text{Si-II}$  მყარი ფაზა ეტაპობრივად გარდაიქმნება რომბოედრულ  $\text{Si-XII}$  ფაზურ მდგენელად, ხოლო ამის შემდეგ ნელი არასრული გარდაქმნით წარმოიქმნება მოცულობით ცენტრირებული კუბური  $\text{Si-III}$  ფაზა.

ინდენტორის განტვირთვის მომდევნო ეტაპზე გრაფიკის დახრილობის უწყვეტი მდოვრე ცვლილება შეიძლება გამოწვეული იქნას Si-II მყარი ფაზის გარდაქმნით Si-ის ამორფულ ფაზად. მოცემულ შემთხვევაში განტვირთვის გრაფიკის დახრილობის თანმიმდევრული ცვლილება წარმოადგენს ნიმუშის გაფართოების შედეგს მყარი ფაზიდან ნახევარგამტარულ ამორფულ ფაზაში ნელი გარდაქმნის პროცესში. შეღწევის სიღრმე-დროის დამოკიდებულებიდან ჩანს (ნახ. 4, ბ), რომ ამორფული ფაზური მდგენელის ფორმირება მიმდინარეობს 2-3 წმ-ის განმავლობაში. ცნობილია [10], რომ დატვირთვა-წანაცვლების გრაფიკებზე ბაქნის მდგომარეობა პრაქტიკულად არ არის დამოკიდებული მაქსიმალური დატვირთვის სიღრმეზე, ის მეტად მგრძნობიარეა დატვირთვა-განტვირთვის სიჩქარისადმი. განხორციელებულ ექსპრიმენტზე გაზომვებში დატვირთვა-განტვირთვის სიჩქარე ( $\approx 13.24$  მნ/წმ) შუალედურია დაბალ და მაღალ სიჩქარეთა შორის. სწორედ ეს გარემოება განაპირობებს ბაქნის დაქნებასა და დახრილობის უწყვეტი მდოვრე ცვლილების ურთიერთზედებას, ანუ განტვირთვის პროცესში მატრიცის ინდენტორქეშა ზონაში არასტაბილური მყარი (კრისტალური) და ამორფული ფაზების გარდაქმნების პრაქტიკულად ერთდროულად მიმდინარეობას. ინდენტორზე მოდებული სამი განსხვავებული სიღრიდის მაქსიმალური დატვირთვის დატვირთვა-წანაცვლების დამოკიდებულებების აღმასვლის შტოები ერთმანეთის მსგავსია და არ ავლენს რაიმე თავისებურებებს. განტვირთვის შტოებზე შეინიშნება როგორც ბაქნისა და უწყვეტი მდოვრე დახრილობის, ისე შესაბამისი დატვირთვის ცვლილებები. მაგალითად, 25 მნ მაქსიმალური დატვირთვის შემთხვევაში არ შეინიშნება ბაქანი, ვლინდება მხოლოდ გრაფიკის დახრილობის უწყვეტი მდოვრე ცვლილება. 100 მნ მაქსიმალური დატვირთვის შემთხვევაში კი მკაფიოდ ვლინდება სუსტად დახრილი ბაქანი. შესამჩნევად იზრდება ასევე ინდენტორის შეღწევის სიღრმე, საიდანაც იწყება გრაფიკის დახრილობის უწყვეტი მდოვრე ცვლილება. განტვირთვის შტოებზე ფიქსირებული ცვლილებები განპირობებულია Si-ის ცალკეული შუალედური არამდგრადი მოდიფიკაციის ფორმირებით ინდენტორზე მოდებული სხვადასხვა სიღრიდის მაქსიმალური დატვირთვის პირობებში.

## დასკვნა

ყოველივე ზემოაღნიშნულიდან გამომდინარე, Si-Ge შენადნობების ინდენტირებით ინდუცირებული ფაზური გარდაქმნების დრმა შესწავლისათვის აუცილებელია კვლევების გარძელება მაქსიმალური დატვირთვებისა და Ge-ის კონცენტრაციის ფართო დიაპაზონებში.

## ლიტერატურა – REFERENCES

1. D.Yang, X.Yu, X.Ma, J.Xu, L.Li, D.Que. Germanium effect on void defects in Czochralski silicon// Journal of Crystal Growth, 243, 2002, pp. 371-374.
2. J.Yonenaga, T.Taishi, X.Huang, and K.Hoshikaura. Dynamic characteristics of dislocations in Ge-doped and (Ge+B) codoped silicon. Appl. Phys. 93, 2003, pp. 265-269.
3. V.G.Eremenko and V.J.Nikitenko: Microplastic Deformation of Si. Electron microscope investigation of the microplastic deformation mechanisms of silicon by indentation. Phys. Stat. Sol. (a), 14, 1972, pp. 317-330.
4. D.J.Brinkevich, S.A.Vabishchevich, N.V.Vabishchevich, V.S.Prosolovich, & Yu.N.Yankovkii. Effect of Rare-Earth Doping on the Microhardness of Silicon and Germanium Jnorganic Materials, 39, 2003, pp. 110-1111.

5. B.Roos, H.Richter and J.Wollweber. Composition Dependence of Hardness and Elastic Modulus in Si-Ge Measured by Nanoindentation-Possible Consequences for Elasto-Plastic Relaxation and Diffusion. Solid State Phenomena, vol. 47-48, 1996, pp. 509-516.
6. Z. Zeng, Lin Wang, X.Ma, S.Qu. Y.Chen, Y.Liu and Deren Yang. Improvement in the mechanical performance of Czochralski silicon under indentation by germanium doping Scripta Materialia, vol. 64, 2011, pp. 83-835.
7. L.Chang, L.Zhang. Mechanical behavior characterization of silicon and effect of loading rate on pop-in: A nanoindentation study under ultra-low loads, Materials Science and Engineering, A. 506, 2009, pp. 125-129.
8. S. Wong, B. Haberl. J.S. Williams, and J.S. Bradly. Phase transformation as the single-mode mechanical deformation of silicon Appl. Phys. 118, 2015, pp. 24590-24590-5.
9. Sh. Wang, H. Liu, L. Xu, X. Du, D. Zhao, B. Zhu, M. Yu & H. Zhao. Investigations of Phase Transformation in Monocrystalline Silicon at Low Temperatures via Nanoindentation. Scientific Reports volume 7, Article number: 8682, 2017, pp. 1-7.
10. V. Domnich, Y.Gogotsi. S. Dub. Effect of phase transformations on the shape of the unloading curve in the nanoindentation of silicon. Appl. Phys. Lett., 76, 2000, pp. 221-2216.
11. J. Crain, G.J.Ackland, J.R.Maclean, R O. Piltz, P.D.Hatton and G.S.Pawley. Reversible pressure-induced structural transitions between metastable phases of silicon. Phys. Rev. B50, 1994, pp. 1343-1352.

## PHYSICS

### **PECULIARITIES OF PHASE TRANSITIONS IN THE INDENTATION PROCESSES OF SI+2AT.%GE OF ALLOY**

**G. Darsavelidze, K. Shamatava, A. Sichinava, I. Kurashvili, M. Kadaria, R. Abramishvili**

(I. Vekua Sukhumi Institute of Physics and Technology, Sokhumi State University)

**Resume.** Electrophysical and dynamic mechanical properties of the double-side polished (111) crystallographic orientated plates of CZ grown Si+2at.%Ge alloy have been studied using of hall effect measurements and Vickers ultra-microindentation method. The dislocation density is 1.104-5.104 cm<sup>-2</sup>. It is shown that hole mobility on the polished (111) planes of the test samples is 20-25 % less than the mobility of the perfect monocrystalline p-Si of similar composition. By increasing the maximum load on the Vickers indenter from 25 mN to 100 mN, the transitions of the silicon metallic β-Sn phase into amorphous and metastable Si-III/SiXII modifications have been revealed on the unloading branches of the load-displacement curves. The analysis of slopes (inclinations) revealed on the unloading branches of the tim-penetration depth curves shows, that Si-II→Si-III/Si-XII and Si-II→α-Si phase transitions take place within 2 and 3 s, respectively, which is in complete agreement with duration of indentation induced phase transisions in silicon known from the literature sources.

**Keywords:** dislocation structure; holding time; hole mobility; phase transition; Si-Ge alloy; Vickers indenter.

**მონოკრისტალური Si+2ატ.%Ge შენაღების ინდუნცირებით ინდუნცირებული ფაზური გარდაქმნების ვიზუალური მახასიათებლები**

გიორგი დარსაველიძე, კახაპერ შამათავა, ავთანდილ სიჭინავა, ია ყურაშვილი, მარინა ქადარია, რომან აბრამიშვილი

(სოხუმის ი. ვეგუას ფიზიკა-ტექნიკის ინსტიტუტი, სოხუმის სახელმწიფო უნივერსიტეტი)

**რეზიუმე:** ულტრამიკროინდენტირების მეთოდით შესწავლილია ვიკერსის ინდენტორზე მოდებული მაქსიმალური დატვირთვების გავლენა მონოკრისტალური Si+2ატ.%Ge შენადნობის (111) ორიენტაციის ორმხრივპოლირებული 0.5 მმ სისქის ბრტყელ პარალელურ ფირფიტებში ფაზური გარდაქმნების მახასიათებელ საშუალო საკონტაქტო წნევასა და დრუკადობის მოდულზე. ინდენტორის კონტაქტზე დრეკადი აღდგენის მექანიკის საფუძველზე დამუშავებული ცნობილი მეთოდის გამოყენებით შეიქმნა სპეციალური პროგრამა რიცხვითი გამოვლების თანმიმდევრული ოპერაციების შესასრულებლად და განისაზღვრა საშუალო საკონტაქტო წნევის სიდიდეები, როგორც წანაცვლების ფუნქცია ინდენტორის დატვირთვა-განტვირთვის სრულ ციკლში. შეფასებულია განტვირთვის პროცესებში ინდენტირებით ინდუცირებულ ფაზურ გარდაქმნებთან დაკავშირებული საშუალო საკონტაქტო წნევის კრიტიკული მნიშვნელობები და არასტაბილური ფაზების ფორმირების ხანგრძლივობა. გაანალიზებულია Si+2ატ.%Ge შენადნობის კრისტალურ მესერში Si-Ge ბმების წვლილი დონამიკურ დრეკადობის მოდულსა და ფაზური გარდაქმნების მახასიათებლებში.

**საკვანძო სიტყვები:** დრეკადობის მოდული; ვიკერსის ინდენტორი; საკონტაქტო წნევა; Si-Ge შენადნობი; ფაზური გარდაქმნა.

## შესავალი

მონოკრისტალური სილიციუმისა და სილიციუმ-გერმანიუმის შენადნობებისადმი დიდი ინტერესია გამოხატვული მეცნიერულ კვლევებსა და სამრეწველო გამოყენების სფეროში. ამჟამად ინტენსიურად მიმდინარეობს მათ საფუძველზე მიკროელექტრომექანიკური სისტემების (MEMS), პრეციზიული ოპტიკური ელემენტებისა და მცირე კრიტიკული ზომების ელექტრონული პროდუქციის (ნამზადების) შექმნის სამუშაოები. ახალმა ტექნოლოგიურმა დამუშავებებმა განაპირობა მექანიკური თვისებების სისტემური კვლევის ინტენსიურობის გაზრდა. უკანასკნელ პერიოდში ინდენტირების მეთოდების სრულყოფის შედეგად შესაძლებელი გახდა სისალის, დრეკადობის მოდულის, სისისტისა და მათთან დაკავშირებული მექანიკური თვისებების მაღალი სიზუსტით რეგისტრაცია და კვლევა [1, 2].

სხვადასხვა კონფიგურაციის ინდენტორით ინდენტირება წარმოადგენს წნევით ინდუნცირებული ფაზური გარდაქმნების კვლევის ეფექტურ საშუალებას (მეთოდს). მაღალ წნევებზე ფაზური გარდაქმნების კვლევა ტექნოლოგიურად ძალზე მნიშვნელოვანია ზუსტი მიკრომექანიკური დამუშავების პროცესის ეტაპებში გამოვლენილი პლასტიკურობის კონტროლისათვის [3].

სილიციუმის კრისტალურ მესერში ფაზური გარდაქმნები მეტად მგრძნობიარეა წნევისადმი. ნანოინდენტირების გაზომვებში ძაბვების მდგომარეობა ინდენტორის წვერთან ხისტად არის დაკავშირებული დროსა და ლოკალიზაციაზე. ორივე ფაქტორი განაპირობებს მაღალ წნევებზე ფორმირებული ფაზების როლს განაწილებას, რომლის დასადგენად საკმაოდ უფასესო საშუალებაა მაღალ წნევაზე დეფორმაციისა და ფაზური გარდაქმნების ელემენტური მოდელირებისა [4] და გამჭოლი ელექტრონული მიკროსკოპის [5] მეთოდები. საკონტაქტო მექანიკის დრეკადობის თეორიის საფუძველზე დამუშავებულია ინდენტორის დატვირთვა-განტვირთვის სრულ დიაპაზონში საშუალო საკონტაქტო წნევის ინდენტირების სიღრმეზე დამოკიდებულების განსაზღვრის მეთოდი [6, 7]. აღნიშნული მეთოდი ფართოდ გამოიყენება ინდენტირებით ინდუცირებულ სილიციუმში ფაზური გარდაქმნების კვლევისას. საშუალო საკონტაქტო წნევა-წანაცვლების ფუნქციონალური დამოკიდებულებების განტვირთვის შტოებზე ფიქსირებული მასალის დრეკადობის მახასიათებელი მაჩვენებლიანი ფუნქციიდან გადახრები (ბიფურკაცია) ზოგადად განიხილება, როგორც Si-II მყარი ფაზის არასტაბილურ ფაზებად გარდაქმნის დასაწყისი [8].

ნანომეტრული მასშტაბის კონტაქტზე დატვირთვების პირობებში ნანოინდენტირების მეთოდი ინტენსიურად გამოიყენება მასალების მექანიკური რეაგირების კვლევებში [2, 9]. აღნიშნული მიმართულებით პრაქტიკულად შეუსწავლელია ნახევარგამტარული Si-Ge სისტემის შენადნობები. ნანოინდენტირების პროცესებში სილიციუმ-გერმანიუმის სისტემის შენადნობებში გამოვლენილია ძლიერ Si-Ge ბმებთან დაკავშირებული განმტკიცების „შენადნობის ეფექტი“ [10]. Si-Ge განზავებულ მყარ ხსნარში ( $Ge \sim 1 \cdot 10^{-19} \text{ Sm}^{-3}$ ) ნანოინდენტირების ექსპერიმენტებით დადგენილია დრეკადობის მოდულისა და სისალის ამაღლება [11]. აგრორთა მოსაზრებით, Ge-ით დოპირება განაპირობებს მეტი რაოდენობით მტკიცე  $\beta$ -Sn მოდიფიკაციის Si-ის ფორმირებას ინდენტირების პროცესში. ინდენტორის წვერის მახლობლობაში მიღებული შედეგები დადასტურებულია რამანის სპექტროსკოპიული გაზომვებით.

## ძირითადი ნაწილი

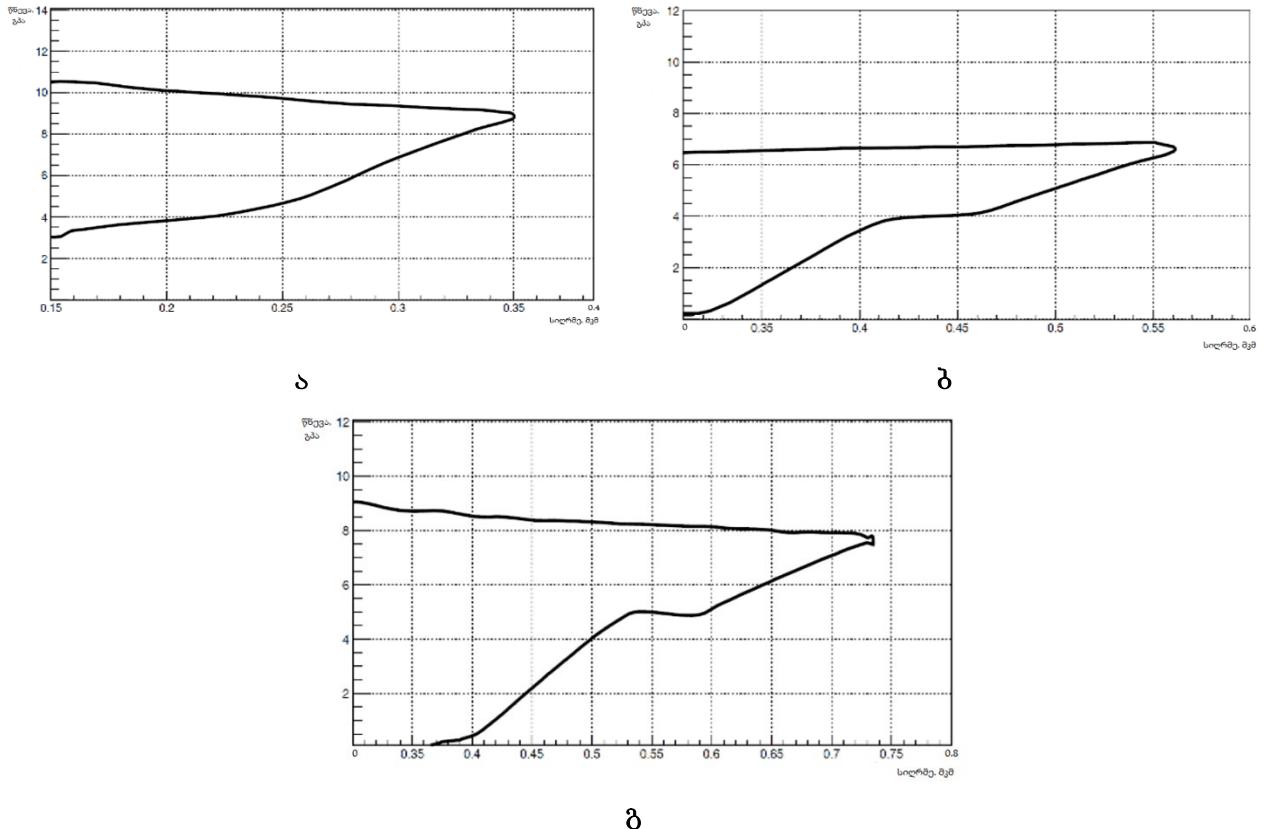
კვლევის ობიექტი და მეთოდიკა. საკვლევი  $Si+2\alpha\%Ge$  შენადნობის მოცულობითი კრისტალი, რომლის დიამეტრია  $\sim 35$  მმ, მიღებულია ჩოხრალსკის მეთოდით [111] კრისტალოგრაფიული მიმართულებით. ალმასის დისკოზე ჭრის, ხეხვისა და პოლირების სტანდარტული მეთოდებით დამზადებულია [111] ორიენტაციის 0.5 მმ სისქის ფირფიტები. NMM-80RF/TRT სისტემის ოპტიკურ მეტალოგრაფიულ მიკროსკოპზე კვლევით გამოვლენილია [111] სიბრტყეებზე თანაბრად განაწილებული  $\sim 10^4$  სმ $^{-2}$  სიმკვრივის დისლოკაციები. Acopia-3000 სისტემის დანადგარზე პოლის ეფექტის რეგისტრაციით 0.5 ტესლა ინდუქციის მუდმივ მაგნიტურ ველში აღმოჩნდა  $Si+2\alpha\%Ge$  შენადნობის საცდელი პროფილირებული ნიმუშები, რომელთა დენგამტარი ხვრელების კონცენტრაციაა  $10^{14} \text{ Sm}^{-3}$  და ძვრადობა  $\sim 1200$  სმ $^2 \text{ g}^{-1} \text{ T}^{-1}$ .

Shimadzu DUH-211S სისტემის დინამიკურ ულტრამიკროტესტერზე პროგრამული უზრუნველყოფით დატვირთვა-განტვირთვის 13.24 მნ/წმ სიჩქარისა და მაქსიმალურ დატვირთვაზე 10 წმ დაყოვნების პირობებში მიღებულია ინდენტორზე მოდებული სხვადასხვა სიდიდის მაქსიმალურ დატვირთვებზე დატვირთვა-წანაცვლების, წანაცვლება-დროის ფუნქციონალური დამოკიდებულებები. საერთაშორისო ISO14577-2002 და იაპონური JIS-Z-2244-2003 სტანდარტების შესაბამისად პროგრამით განსაზღვრულია ყოველ ფიქსირებულ დატვირთვაზე ინდენტორის შეღწევის სიღრმე, დინამიკური და სტატიკური მიკროსისალეები და ინდენტირების მოდულის სიდიდეები.

მიღებული ექსპერიმენტული მონაცემებისა და კონტაქტები დრეკადი აღდგენის მექანიკის მეთოდის [6,7] გამოყენებით დამუშავდა სპეციალური პროგრამა და C++-ის ROOT CERN-ის საფუძველზე მიღებულია საშუალო საკონტაქტო წნევის რიცხვითი სიდიდეები იდენტორის წანაცვლების ყოველ მნიშვნელობაზე. განსაზღვრული შედეგები წარმოდგნილია ცხრილისა და გრაფიკების სახით (იხ. ნახ.). დრეკადობის მოდულის გამოყენებული მიღებულია [111] სიბრტყეებისათვის პუასონის კოეფიციენტის მნიშვნელობა – 0.26 [12].

საცდელი Si+2ატ%Ge შენადნობის [111] კრისტალოგრაფიული ორიენტაციის ბრტყელ პარალელურ ფირფიტაზე და ვიკერსის ინდენტორზე მოდებული მაქსიმალური დატვირთვის სხვადასხვა მნიშვნელობაზე (25, 50 და 100 მნ) გაიზომა დატვირთვა-წანაცვლების დამოკიდებულებები. ყველა შემთხვევაში დატვირთვის ეტაპზე პრაქტიკულად არ შეინიშნება ცვლილებები. განტვირთვის ეტაპზე გამოვლინდა გადახრები ბაქნისა და უწყვეტი დახრილობის ფორმით. აღნიშნული ხასიათის ცვლილებები, ლიტერატურული წყაროების თანახმად, შესაძლებელია მიეკუთვნოს ფაზურ გარდაქმნებს ალმასის ტიპის კუბური Si-ის არასტაბილურ მოდიფიკაციებში. ინდენტირების დატვირთვა-განტვირთვის პროცესებში ფაზური გარდაქმნების მექანიზმებისა და კონკრეტული მდგრელების ანალიზისათვის მეტად მნიშვნელოვანია ინდენტორზე მოდებული საკონტაქტო წნევის სიდიდეების შეფასება.

წინამდებარე ნაშრომში შესწავლილია დრეკადობის მოდულისა და საშუალო საკონტაქტო წნევის ცვლილება ინდენტორზე დატვირთვა-განტვირთვის სრულ დიაპაზონში. ნახაზზე წარმოდგენილია ინდენტორზე მოდებული სხვადასხვა სიდიდის მაქსიმალური დატვირთვის შემთხვევაში პროგრამული უზრუნველყოფით განსაზღვრული საშუალო საკონტაქტო წნევა-წანაცვლების გრაფიკები.



S+2ატ%Ge შენადნობის ნიმუშის ინდენტირების პროცესებში საშუალო საკონტაქტო წნევის ინდენტორის წანაცვლებაზე დამოკიდებულებები სხვადასხვა მაქსიმალური დატვირთვისათვის:  $\delta = 25 \text{ } \mu\text{m}$ ,  $\delta = 50 \text{ } \mu\text{m}$ ,  $\delta = 100 \text{ } \mu\text{m}$

25 მნ მაქსიმალური დატვირთვის შემთხვევაში განტვირთვის შტოზე შეინიშნება დახრილობის უწყვეტი ცვლილება ინდენტორის კრისტალში შედწევის სიღრმის ფართო ინტენსივობის, რაც სრული განტვირთვის მომენტამდე გრძელდება. ინდენტორზე მოდებული მაქსიმალური საკონტაქტო წნევა საკმარისად მაღალია იმისათვის, რომ ინდენტირების პროცესში განხორციელდეს Si-I $\rightarrow$ Si-II ფაზური გარდაქმნა. ეს პროცესი დატვირთვა-წანაცვლების შტოზე არ შეინიშნება, რადგანაც მეტად მაღალია ვიკერსის ინდენტორზე მოდებული დატვირთვის სიჩქარე. Si-I/Si-II ფაზური გარდაქმნის რეალობაზე მიუთითებს 50 და 100 მნ მაქსიმალურ დატვირთვებზე განტვირთვის შტოებზე გამოვლენილი დახრილი ბაქანი და გრაფიკის უწყვეტი მდოვრე დახრილობა, რაც შესაძლებელია განპირობებული იქნება განტვირთვის პროცესში შეუალებური არამდგრადი ფაზებისა და ამორფული სილიციუმის ფორმირებით. ინდენტორზე მოდებული 25, 50 და 100 მნ მაქსიმალური დატვირთვების პირობებში განსაზღვრული საშუალო საკონტაქტო წნევის კრიტიკული მნიშვნელობები დახრილი ბაქნისა და უწყვეტი დახრილობის დაწყების მომენტში მერყეობს 4–6 გპა და 3.5–5 გპა ინტერვალებში. Si-Ge შენადნობის ნიმუში საშუალო საკონტაქტო წნევის კრიტიკული მნიშვნელობები წრფივად იზრდება ინდენტორზე მოდებული მაქსიმალური დატვირთვების ზრდის პირობებში. ეს შედეგი თანხვედრაშია სილიციუმის ალმასის ტიპის სტრუქტურაში ფაზური გარდაქმნების კრიტიკული საშუალო საკონტაქტო წნევების წრფივ ცვლილებებთან მაქსიმალური დატვირთვის ფართო ინტერვალში.

ცნობილია [11], რომ Si-ის ფუძეზე Si-Ge სისტემის ბინარული შენადნობები ხასიათდება Ge-ის შემცველობაზე დრეგადობის მოდულის წრფივი დამოკიდებულებით. მათი რეალური სტრუქტურული მდგომარეობა, გერმანიუმისა და დოპანტების პროცენტული შემცველობა და მახასიათებელი სტრუქტურული დეფექტები მნიშვნელოვნად განაპირობებს დრეგადობის მოდულის წრფივი კანონზომიერებიდან გადახრებს. მექანიკური მახასიათებლების თავისებურ ცვლილებებზე გავლენას ახდენს გაზომვის პირობებიც. კერძოდ, ულტრამიკრონდენტირების პირობებში შესაძლებელია მნიშვნელოვნად გაიზარდოს საკვლევი ნიმუშის [111] ზედაპირზე და მოცულობაში სხვადასხვა წარმოშობის სტრუქტურული დეფექტების წვლილი სტრუქტურულად მგრძნობიარე დინამიკური მექანიკური თვისებების ცვლილებებში.

ვიკერსის ინდენტორზე მოდებული მაქსიმალური დატვირთვის გაზრდა 25 მნ-დან 100 მნ-მდე იწვევს საცდელი Si-Ge შენადნობის ნიმუშის დინამიკური დრეგადობის მოდულის სუსტ შემცირებას (იხ. ცხრილი).

### **Si-Ge შენადნობის ინდენტირების მახასიათებლები**

მაქსიმალური დატვირთვა, მნ	მაქსიმალური შედწევის სიღრმე, ნმ	დრეგადობის მოდული, გპა	საშუალო საკონტაქტო წნევა, გპა	
			ბაქნის დასაწყისში	დახრილობის დასაწყისში
25	0.353	1.95	4.5–5.0	3.5–4.0
50	0.557	1.93	5.0	4.0
100	0.731	1.87	5.0–5.5	4.0–4.5

ასეთ პირობებში დატვირთვის პროპორციულად იზრდება ნიმუშის მოცულობაში ინდენტორის წანაცვლება და, შესაბამისად, სუსტდება ზედაპირის გავლენა დრეგადობის მოდულზე. ცხრილში წარმოდგენილია ფაზური გარდაქმნების ერთ-ერთი ძირითადი მახასიათებლის საშუალო საკონტაქტო წნევის მნიშვნელობები.

## დასკვნა

ზემოაღნიშნულიდან გამომდინარე, შეიძლება დავასკვნათ, რომ მიღებული შედეგები თანხევედრაშია არალეგირებული და გერმანიუმით სუსტად დოპირებული სილიციუმის ინდენტირების ანალოგიურ პირობებში განხორციელებული კვლევის შედეგებთან [11]. გაზომვები შესრულებულია ბერკოვიჩის ინდენტორზე 10 გ ძალითა და 30 მნ/წმ სიჩქარით დატვირთვის პირობებში. ამავე ნაშრომში (100) ორიენტაციის ნიმუშებისათვის მიღებულია დრეკადობის მოდულის მნიშვნელობები: Si-სათვის  $-136.7$  გპა, ხოლო  $10^{19}$  სმ $^{-3}$  კონცენტრაციის Ge-ით დოპირებული Si-სათვის  $-153.8$  გპა. ჩვენი აზრით, მისი მექანიკური განმტკიცების ეფექტი განპირობებულია Ge-ის გავლენით ინდენტორზე დატვირთვის ზრდის პროცესში გაზრდილი რაოდენობის მაღალმოდულიანი ( $\approx 403$  გპა)  $\beta$ -კალის მოდიფიკაციის Si-ის ფაზის ფორმირებისას. ჩვენს შემთხვევაში საცდელი Si-Ge შენადნობის დრეკადობის მოდული 20–30 გპა-ით მაღალია. ეს შეიძლება დაკავშირებული იყოს Ge-ის გაცილებით მაღალ კონცენტრაციასთან, რომლის ზემოქმედებით სტიმულირდება მეტი რაოდენობით მაღალი სიმტკიცის Si-ის  $\beta$ -კალის ფაზის წარმოქმნა. შესაბამისად, გაიზრდება Si-Ge შენადნობის სტრუქტურაში ინდუცირებული ფაზების ნარევის დინამიკური დრეკადობის მოდულის ეფექტური მნიშვნელობა. საბოლოო დასკვნისათვის აუცილებელია დამატებითი ექსპერიმენტული კვლევების განხორციელება Si-Ge შენადნობებში Ge-ის კონცენტრაციისა და ინდენტორის მაქსიმალური დატვირთვის უფრო მეტი ცვლილების პირობებში.

## ლიტერატურა – REFERENCES

1. Y. B. Gerbig, C. A. Michaels, A. M. Forster, and R. F. Cook. Jn situ observation of the indentation-induced phase transformation in silicon thin films. Physical Review, B85, 2012, 104102-01-104102-9.
2. V. Domnich and Y. Gogotsi. Phase transformations in silicon under contact loading. Rev.Adv.Mater.Sci., 3, 2002 , pp.1-36.
3. CR. Das, S. Dhara, Yeau-Ren Jeng et al. Direct observation of amorphization in load rate dependent nanoindentation studies of crystalline Si. Applied Physics Letters, 96, 2010, 253113-1-253113-3.
4. T. Kiriyama, H. Harada and J. Yau. Finite element modeling of high-pressure deformation and Phase transformation of silicon beneath a sharp indenter. Semiconductor Science and Technology, 25, 2009, pp. 1-12.
5. J. Zarudi, J. Zou, L. C. Zhang. Microstructures of phases in indented silicon: A high resolution characterization. Appl.Phys.Letters, vol. 85, N6, 2003, pp. 874-874.
6. W.C.Oliver, G.M.Pharr. An improved technique for determining hardness and elastic modulus using load and displacement sensing indentation experiments. Mater.Res., vol.7, N6, 1992, pp. 1564-1583.
7. T. Juliano, Y. Gogotsi, and V. Domnich. Effect of indentation unloading conditions on phase transformation induced events in silicon. Mater. Res., vol. 18, N5, 2003, pp. 1192-1201.
8. L. Chang, L. Zhang. Mechanical behavior characterization of silicon and effect of loading rate on pop-in: A nanoindentation study under ultra-low loads, Materials Science and Engineering, A. 506, 2009, pp. 125-129.
9. J. Haw, J. Sun, S. Xu, D. Song, H. Liu, Y. Han, L. Fang. Deformation mechanism at multiple pop-ins under spherical nanoindentation of (111) Si. Computational Materials Science, 143, 2018, pp. 480-485.
10. B. Ross, H. Richter and J. Wollweber. Composition Dependence of Hardness and Elastic Modulus in Si-Ge Measured by Nanoindentation. Solid State Phenomena, vol. 47-48, 1996, pp. 509-516.

11. Z. Zeng, L.Wang, X. Ma, Sh. Qu, J. Chen, Y. Liu and D. Yang. Improvement in the mechanical performance of Czochralski silicon under indentation by germanium doping. Scripta Materialia, 64, 2011, pp. 832-825.

## PHYSICS

### **PHYSICAL-MECHANICAL CHARASTERISTICS OF INDENTATION INDUCED-PHASE TRANSITIONS IN MONOCRYSTALLINE SI+2AT.%GE ALLOY**

**G. Darsavelidze, K. Shamatava, A. Sichinava, I. Kurashvili, M. Kadaria, R. Abramishvili**

(I. Vekua Sukhumi Institute of Physics and Technology, Sokhumi State University)

**Resume.** The effect of maximum loads applied to the Vickers indenter, on the elastic modulus and average contact pressure characteristics for the phase transitions in the 0,5 mm thick double-side polished (111) oriented plates of the monocrystalline Si+2at.%Ge alloy has been studied using ultra-microindentation method. Using a well-known method developed on the basis of the elastic recovery mechanics at the contact of the indenter, a special program was created to perform sequential operations of numerical calculations and the values of average contact pressure have been determined, as a function of displacement in a complete loading-unloading cycle of the indenter. Duration of unstable phase formation and critical values of average contact pressure connected with the indentation induced-phase transitions in the unloading processes has been estimated. The contribution of Si-Ge bonds in the characteristics of phase transitions and dynamic elastic modulus in the crystalline lattice of Si+2at.%Ge alloy has been analyzed.

**Keywords:** contact pressure; elastic modulus; phase transition; Si-Ge alloy; Vickers indenter.

## ცოტა ოამ ეპოლოგიის სფავლების შესახებ

მერაბ ჩალაძე, ოთარ ტყემალაძე, თამარ ჩხატარაშვილი, თამუნა ჩალაძე

(საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი)

**რეზიუმე:** მსოფლიოში ეკოლოგიური განათლების დანერგვას, განვითარებას და დამკვიდრებას მიეძღვნა ჯერ კიდევ გასულ საუკუნეში (1977 წელს) თბილისში „იუნესკოს“ მიერ ორგანიზებული სამთავრობათშორისო კონფერენცია, რომლის მუშაობაში მონაწილეობდა 65 ქვეყანის 800-მდე წარმომადგენელი. ამ ისტორიულმა ფორუმმა მიიღო „თბილისის დეკლარაციად“ წოდებული დოკუმენტი, რომლითაც ხელმძღვანელობს მსოფლიოს ყველა ქვეყნის სამეცნიერო, განათლების და ბუნებისდაცვითი ორგანიზაცია-დაწესებულებები. იმავე „იუნესკოს“ მიერ ზუსტად 10 წლის შემდეგ მოსკოვში, ე. წ. ჰამერის ცენტრში, ჩატარდა მეორე, ასევე მსოფლიო მასშტაბის, კონფერენცია, რომელიც „თბილისის დეკლარაციის“ შესრულების შემოწმებას მიეძღვნა. აღნიშნულმა ფორუმებმა უძლიერესი ბიძგი მისცა ეკოლოგიური განათლებისა და სწავლა-აღზრდის საქმეს მსოფლიოს მრავალ ქვეყანაში.

ამის დავიწყება არ შეიძლება, რადგან აღნიშნული პრობლემის გადაჭრას უადრესად დიდი მნიშვნელობა აქვს. ამაზე მეტყველებს ის ფაქტი, რომ კლიმატის ცვლილება პლანეტის მასშტაბით ნამდვილად ხდება და იწვევს განსაკუთრებულ სოციალურ-ეკონომიკურ პრობლემებს.

**საკვანძო სიტყვები:** ეკოლოგიური კატასტროფები; ეკოგანათლება; წყვეტილი, კამპანიური, სპონსორი ხასიათი.

## შესავალი

ბოლო ათასწლეულში მიმდინარე ტექნიკურმა განვითარებამ განაპირობა ბუნებრივ რესურსებზე მოთხოვნილების საგრძნობი გაზრდა, რამაც გამოიწვია გარემოს (ბუნების ეკოსისტემის) მნიშვნელოვანი დეგრადირება. ამ ცვლილების ძირითად მიზეზად გვევლინება ატ-მოსფეროში „სითბური აირების“ ემისიების შეცირება. კლიმატის მკვეთრი ცვლილება იწვევს ეკოსისტემაში შემავალ ცხოველთა და მცენარეთა სახეობების გავრცელების არეალის შეცვლას ან გაქრობას, წყალდიდობებს, დვარცოფებს, მეწყრების გახშირებას, ეროზიული პროცესების განვითარებას და ქარიშხლების გაძლიერებას. ამას ემატება საკვების მოპოვების გაძნელება, ეპიდემიურ დაავადებათა რისკის ზრდა და სხვ.

## ძირითადი ნაწილი

ყველა ჩვენგანი მოწმეა და მონაწილე იმისა, რომ საქართველოში კაპიტალის დაბანდების წყაროდ იქცა ქვეყნის ბუნებრივი რესურსები. აქ, იშვიათი გამონაკლისის გარდა, ფაქტობრივად ადარ არსებობს არც მძიმე და არც მსუბუქი მრეწველობა, სოფლის მეურნეობამაც, ისე როგორც მრეწველობამ, დაკარგა საექსპორტო სასოფლო-სამეურნეო პრო-

დუქცის გატანის უნარი და საშუალება. რჩება ქვეყნის ბუნებრივი რესურსები, რომელთა მიმართ დიდ ინტერესს იჩენს მეზობელი ქვეყნები და არა მარტო ისინი. მათ უმრავლესობას უველაზე მეტად აინტერესებს წიაღისეული რესურსები, ქვეყნის ტყეები და მწვანე საფარი, ნაკობი და ბუნებრივი აირი, ქვანახშირი და მანგანუმი, მინერალური წყლები და ოქრო, სხვადასხვა სახის მინერალური ნედლეული, ანუ ყოველივე ის, რასაც თვალისწინივით უფრთხილდება უველა ქვეყანა.



**ნახ. 1. დედამიწის მაპეტი**

კლიმატის ცვლილება განსაკუთრებულად აზარალებს ეკონომიკურად შეჭირვებულ ფაქტებს. საქართველოში ბუნებრივი რესურსების მოპოვების ლიცენზიების მფლობელები ძირითადად უცხოური კომპანიებია, რომლებიც ხშირ შემთხვევაში ერთჯერადი ეკონომიკური ეფექტის მიღების მიზნით უგულვებელყოფებ ქვეყანაში არსებულ გარემოსდაცვით კანონმდებლობებს და დაჩქარებულად გააქვთ ბუნებრივი რესურსები, ჩვენთან კი რჩება გადათხრილი და წყობიდან გამოსული სასოფლო-სამეურნეო მიწები, განადგურებული ფლორა და ფაუნა, დაბინძურებული წყლები და ატმოსფერული ჰაერი, ეროზირებული მიწები და სხვ. სწორედ ამის გამოა, რომ ჩვენს ქვეყანაში (და არა მარტო ჩვენთან) ასე გახშირდა ეკოლოგიური კატასტროფები. ეს უდიდესი უბედურებაა.

„ბუნება მბრძანებელია, იგი მონაა თავისა,

ზოგჯერ სიკეთეს იხვეჭავს, ზოგჯერ მქმნელია ავისა.“

ვაჟას ეს სიტყვები სწორედ რომ მიესადაგება საქართველოს ბუნებას. მდიდარი, ლამაზი და სიკეთით სავსეა ბუნება, მაგრამ იმავდროულად ჭირვებული და ავი ზნისა, რისთვისაც ძნელად მოსავლელი და საპატრონოა.

დღეს საქართველოში ნაკლებად ხორციელდება ისეთი ტიპის ეკოლოგიური პროგრამები და პროექტები, რომლებიც ემყარება ჩვენი ქვეყნის სამეცნიერო-კვლევითი ინსტიტუტების მიერ მომზადებულ უახლეს სამეცნიერო მიღწევებსა და მონაცემებს. გაუმართლე-

ბელია გეოლოგიის სამმართველოსა და ისეთი სამეცნიერო-კვლევითი ინსტიტუტების გაუქმება, როგორიც იყო მელიორაციის, ნიადაგმცოდნეობისა და აგროქიმიის, პიდრომეტეოროლოგიის, მიწათმოწყობისა და სხვ. ინსტიტუტები. ამასთან, არც გარემოს დაცვისა და სოფლის მეურნეობის სამინისტროების შეერთება მიგვაჩნია მართებულად თუნდაც იმიტომ, რომ ორივე სამინისტროს უდიდესი პრობლემები აქვს თავთავიანთ დარგებში დროულად გადასაწყვეტი.

მსოფლიოს მრავალ ქვეყანას უშიშროების საბჭოებში შექმნილი აქვს გარემოს დაცივს განყოფილებები, რომელბიც მნიშვნელოვან საკითხებს უგვარებს თავიანთ ქვეყანას. სასურველი იქნებოდა ჩვენც გვევიქრა ასეთი სტრუქტურის შექმნაზე.

ბიზნესში მონაწილე ადამიანებმა უნდა იცოდნენ, თუ როგორ უნდა უზრუნველყონ პოზიტიური ურთიერთკავშირი ვაჭრობას, ბუნების დაცვასა და ბუნებრივი რესურსების რაციონალურად გამოყენებას შორის. ეს კი მოითხოვს სპეციალისტების, მათ შორის ახალგაზრდა სპეციალისტების ეკოლოგიურ ცოდნა-გამოცდილებასა და განათლებას.

დღეს განსაკუთრებული ყურადღება უნდა დაეთმოს ეკოგანათლებას (ნახ. 2), რადგან ამ საკითხის თუნდაც სულ მცირედი შეუფასებლობა, რაც დრო გავა მით უფრო ძვირი დაუჯდება კაცობიობას და, რადა თქმა უნდა, მაცოცხლებელ ბუნებას. ჩვენ ვეწევთ ყოველდღიურ ბუნებისდაცვით საქმიანობას, ვამოწმებთ ობიექტებს, ვქმნით შესაბამის კანონებს, ვდებულობთ შესატყვის დადგენილებებს და ა.შ., მაგრამ ვივიწყებთ მთავარს, რომ ბუნების შესახებ სათანადო ცოდნისა და ბუნებრივი სიმდიდრის გონივრულად გამოყენების გარეშე შეუძლებელია ბუნებისა და კაცობრიობის, თვით პლანეტა დედამიწის დაცვა-გადარჩენა.



ნახ. 2. ეკოლოგიის მირითადი საკითხები

მართალია, ბუნებას როგორც სიცოცხლის წყაროს სიკვდილი არ უწერია, მაგრამ ბუნებაც არ არის უძირო ჭა, არ არის უსასრულო და უკიდეგანო. მასაც მუდმივი მოვლა-პატრონობა სჭირდება. შველას ითხოვს ნიადაგი, წყალი, ჰაერი, ფლორა და ფაუნა. ამ საქმეში, ჩვენი ღრმა რწმენით, ერთ-ერთი მთავარი და გადამწყვეტი მნიშვნელობა სწავლა-აღზრდასა და ეკოლოგიური ცოდნა-განათლების მიღებას ენიჭება.

ასე რომ, ქვეყნისა და მაცოცხლებელი ბუნების დაცვა, მისდამი სიყვარული, ერთგულება და თავდადება შეიძლება და უნდა ვაქციოთ კიდეც ახალგაზრდების ერთ-ერთ მთავარ ამოცანად, რწმენად, ზნეობად, მომავლის იმედად.

როგორც სკოლაში, ისე უმაღლეს სასწავლებლებში ეკოლოგიის სწავლების პროცესში საჭიროა ახალგაზრდების ყურადღება გამახვილევს იმ გარემოებაზე, რომ ერთს ხასიათისა და კულტურის ჩამოყალიბების ფაქტორთა შორის უმნიშვნელოვანებად იქნეს მიჩნეული ბუნებრივი გარემო.

დაქნინდა ბუნება, დაქნინდა მისი პირმშო – ადამიანი, დაქნინდა როგორც ფიზიკურად, ისე სულიერად. ბუნების სიყვარული პატარაობიდან უნდა ჩავუნეგროთ სკოლამდელი ასაკის ბავშვებს, რასაც უდიდესი მნიშვნელობა აქვს სამომავლოდ. სწავლების პროცესში აუცილებელ პირობად უნდა იქნეს დასახული ის, რომ პროგრამით გათვალისწინებული საკითხების შესწავლის დროს ეკოლოგიური პრობლემებიც იქნეს განხილული ქვეყნის ეკონომიკურ, სოციალურ, პოლიტიკურ ვითარებასთან ერთად, ანუ დღევანდელობასთან მჭიდრო კავშირში.

## დასკვნა

ზემოაღნიშნულმა საკითხებმა და კიდევ მრავალმა სხვა მწვავე და გადაუდებელმა ეკოპრობლემამ უნდა შეაღწიოს ყველა უმაღლესი სასწავლებლის აუდიტორიებში და, საერთო საქმის ინტერესებიდან გამომდინარე, ეკოლოგია საფუძვლიანად და ფუნდამენტურად უნდა ისწავლებოდეს მთელი სასწავლო წლის განმავლობაში.

ყველამ უნდა იცოდეს, რომ დღეს საქართველოში ბუნების დაცვას, ბუნებრივი რესურსების გამოყენებას აქვს წყვეტილი, კამპანიური, სპონტანური ხასიათი, ხოლო ბუნებისათვის ზიანის მიენებას, მის ნგრევა-გაპარტახებას – უფრო მყარი და, სამწუხაროდ, სტაბილური ხასიათი. ჩვენი მიზანი კი ის არის, რომ ეს უკუღმართი და საბედისწერო თანაფარდობა ერთხელ და სამუდამოდ შეიცვალოს.

ასე რომ, ქვეყნისა და ბუნების დაცვა, მისდამი სიყვარული, ერთგულება და თავდადება უნდა იქცეს ახალგაზრდობის ერთ-ერთ მთავარ ამოცანად, რწმენად, ზნეობად, მომავლის იმედად.

ყოველივე ზემოაღნიშნული მიზნად ისახავს საზოგადოების ცნობიერების ამაღლებას და მის ჩართვას კლიმატის ცვლილებებით გამოწვეული პრობლემების შერბილების პროცესში. გვჯერა, რომ საქართველო უახლოეს პერიოდში გადაიქცევა ბუნებრივი რესურსების მზა პროდუქციის მწარმოებელ ექსპორტიორ ქვეყნად.

## ლიტერატურა – REFERENCES

1. ლ. ჩხეიძე. ტექნოსფერო და ეკოსისტემების დეგრადაცია. 2018.
2. 6. ჯვარელია, ლ. ჩხეიძე, ს. გიგაური. საწარმოო გარემოს სანიტარიული უსაფრთხოება. 2021.
3. 8. კაპანაძე. გარემო და საზოგადოება. 2017.

## **A LITTLE ABOUT TEACHING ECOLOGY**

**M. Chaladze, O. Tkemaladze, T. Chkhatarashvili, T. Chaladze**

(Georgian Technical University)

**Resume.** Many acute and urgent eco-problems must penetrate the audiences of all higher education institutions and be taught thoroughly, fundamentally. In the interests of the common cause, ecology should be taught throughout the academic year, that is, for two semesters, by holding seminars, conferences or colloquiums in the teaching process and by arranging examinations at the end of the year.

We should remind and instill in the youth the view, the opinion that today the use of nature protection and natural resources in Georgia have an intermittent, spontaneous character, while harm to nature, its destruction and desolation has a more solid and unfortunately stable character. The task is to change this perverse and fatal ratio once and for all.

Thus, the protection of the country, the life-giving nature, love for it, loyalty and dedication can and should be turned into one of the main tasks of youth, faith, morality, hope for the future.

All of the above-mentioned aims help raising public awareness and its involvement in the process of mitigating the problems caused by climate change.

**Keywords:** environmental disasters; eco-education; intermittent, spontaneous character.

## უსაფრთხოების პროცედურები წყალმოვარდნების საშიშროების მატების პირობებში

### ცისანა ბასილაშვილი

(საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის პიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი)

**რეზიუმე:** მდინარეთა მუდმივგანახლებადი მტკნარი წყალი საზოგადოების, გარემოსა და ქვეყნის ეკონომიკის საბაზისო ფაქტორია. აღწერილია მდინარეთა სასარგებლო ფუნქციები. ამასთან, გამახვილებულია ყურადღება მდინარეთა ადიდებისა და წყალმოვარდნების ნეგატიურ ქმედებაზე, როდესაც ხდება ნგრევა, მატერიალური ზარალი და მსხვერპლი.

ბოლო ათწლეულებში ბუნებაზე ანთროპოგენური ზემოქმედებისა და კლიმატის გლობალური დათბობის შედეგად აღინიშნება წყალმოვარდნების სიხშირისა და ინტენსიურობის ზრდის ტენდენცია. ამიტომ მათი შესწავლა და უსაფრთხოების ღონისძიებების შემუშავება თანამედროვეობის აქტუალური პრობლემაა, რაც მეტად მნიშვნელოვანია საქართველოს მთიანი რელიეფის პირობებში, სადაც წლის ყველა დროს შეიძლება მოხდეს ისეთი ძლიერი წყალმოვარდნა, რომელიც ქვეყნის ეკონომიკას მილიონობით დირებულების ზარალს მიაუნებს.

შედგენილია რეპომენდაციები კატასტროფული წყალმოვარდნების ნეგატიური შედეგების შემცირების მიზნით.

**საკვანძო სიტყვები:** ანთროპოგენური ზეგავლენა; ზარალი; წყლის მაქსიმალური ხარჯი.

### შესავალი

ჩვენს პლანეტაზე დღევანდელი კლიმატის გლობალური ცვლილების ფონზე იცვლება ბუნებაში მიმდინარე პროცესები როგორც ატმოსფეროში, ისე დედამიწის ზედაპირზე. კლიმატის დათბობისა და გარემოზე ანთროპოგენური ზეგავლენის გააქტიურების შედეგად იმატა კატასტროფულმა წყალმოვარდნებმა, რის გამოც მსოფლიოს მრავალ ქვეყანაში ათიათასობით დაიღუპა და უსახლეპაროდ დარჩა ასიათასობით ადამიანი. ამ მხრივ დიდი საშიშროება იქმნება საქართველოს მთიან რეგიონებში, სადაც ცალკეულ მდინარეთა ხეობებში გახშირდა მაღალი ინტენსიურობის წვიმებით გამოწვეული ლოკალური ხასიათის წყალმოვარდნები, რამაც განაპირობა საკმაოდ დიდი ზარალი და მსხვერპლი. ამიტომ აუცილებელია ამ საჭირობოროტო საკითხის სათანადო შესწავლა და უსაფრთხოების პრობლემების მოგვარება.

### ძირითადი ნაწილი

წყალი გარემოს, საზოგადოებისა და ქვეყნის ეკონომიკის საბაზისო ფაქტორს წარმოადგენს. წყლით სარგებლობა დაკავშირებულია მოსახლეობის სასმელ-სამეურნეო, კომუნალურ, საყოფაცხოვრებო, სამკურნალო, საკურორტო და გამაჯანსაღებელ საჭიროებასთან, გარდა ამისა, სოფლის მეურნეობასა და სამრეწველო წარმოებასთან, პიდროვენერგეტიკასთან,

წყლის ტრანსპორტისა და ხე-ტყის წარმოებასთან, თევზის მრეწველობასთან და სხვა დარგებთან.

დედამიწაზე წყლის რესურსების უზარმაზარი პიდროსფერო მოიცავს: მსოფლიო ოკეანეს, მიწისქვეშა წყლებს, მყინვარებს, ტბებსა და მდინარეებს. მათგან, მხოლოდ მდინარეთა წყლებს ახასიათებს მუდმივი განახლებადობა. ამიტომაც არის ნათქვამი: “მდინარის წყალში მეორეჯერ ვერ გაივლიო”. სწორედ ასეთი განახლების მქონე მტკნარი წყალი არის ადამიანთა და სხვა ცოცხალ ორგანიზმთა არსებობისა და ქვეყნის ეკონომიკის განვითარების საშუალება.

ცნობილია, რომ ადამიანები ძველთაგანვე თავიანთ საცხოვრისს მდინარის პირას აგებდნენ. მდინარის მიმდებარე ჭალებსა და ტერასებზე ხდებოდა როგორც სასოფლო-სამეურნეო კულტურების გაშენება, ისე საყოფაცხოვრებო საქმიანობისთვის საჭირო შენობა-ნაგებობების, გზების, ელექტროგადამცემი ხაზებისა და სხვათა მშენებლობა. ყოველივე ამან განაპირობა ის ფაქტი, რომ მსოფლიოში დასახლებათა უმეტესობა სწორედ მდინარეთა სანაპიროების გასწვრივ არის გაშენებული. მათ შორისაა ჩვენი დედაქალაქი თბილისი, რომელიც მსოფლიოს ქალაქთა შორის ერთ-ერთი უძველესი და უღამაზესი ქალაქია, რადგან სათანადო ნივთიერი მტკიცებულებების მიხედვით დგინდება, რომ ის დაარსებულია 4-5 ათასი წლის წინათ, ძველი წელთადრიცხვის IV-III ათასწლეულში [1].

მდ. მტკვარს უდიდესი როლი მიუძღვის ძველი თბილისის მიდამოებში პირვანდელი მოსახლეობის დამკვიდრების საქმეში, რადგან მას პქონდა ისეთი აუცილებელი სასიცოცხლო ფუნქციები, როგორიცაა მოსახლეობის, სამეურნეო საწარმოებისა და სარწყავი სავარგულების წყალმომარაგება, ადამიანების საკებად თევზით მომარაგება, მდინარის კალაპოტსა და ჭალებში საშენი ქვებისა და ქვა-ლორდის მოპოვება, ასევე პიდროენერგიით მომარაგება ადრე წისქვილებისა და შემდგომ პიდროელექტროსადგურების ასაგებად, აგრეთვე სატრანსპორტო კომუნიკაციების მოწყობა ტვირთების გადასაზიდად, ხალხის გადასაყვანად და საექსპურსიო ნაოსნობისათვის ტურიზმის განვითარების მიზნით.

სამწუხაროდ, ყველა ზემოაღნიშული სასარგებლო ფუნქციის გარდა, მდ. მტკვარსა და მის შენაკადებს ქალაქის ინფრასტრუქტურისა და მოსახლეობისათვის დრო და დრო მოაქვს კატასტროფები, დიდი ზარალი და ზოგჯერ მსხვერპლიც. ანალოგიური პროცესები ხდება საქართველოს სხვა დასახლებებშიც, რომელთა უმეტესობა მდინარეთა სანაპიროებთან არის განლაგებული. ამას განაპირობებს ის ფაქტი, რომ საქართველოს ტერიტორიის 75 % მთა-გორიანია. აქ მთები დაღარულია დრმა და ვიწრო ხეობებითა და ხრამებით, სადაც ძლიერი თავსხმა წვიმების დროს წყალი სწრაფად ჩაედინება მდინარეთა კალაპოტებში და ხდება მათი გადავსება, რაც იწვევს წყლის გადმოდინებას ნაპირებიდან და მიმდებარე ტერიტორიების დატბორვას, გზებისა და ხიდების, შენობა-ნაგებობებისა და სხვა ობიექტების ნგრევას.

ამას ამბაფრებს ის ფაქტიც, რომ მდინარეთა ხეობის ფერდობებზე მრავალი მეწყრული ადგილებია, რომლებიც დიდი ნალექიანობის პირობებში ადგილად ეშვება მდინარეთა ხეობის ძირზე და იწვევს მათი კალაპოტების ჩახერგვას, რის გამოც წყალი გუბდება და მაღალი წყალსაცავი წარმოიქმნება, შედეგად იტბორება მიმდებარე ტერიტორიები, სავარგულები და ზიანდება შენობა-ნაგებობები. შემდგომში კი წყალსაცავის გარღვევას მოჰყვება გაცილებით დიდი ზარალი და მსხვერპლი. გარდა ამისა, მდინარეთა აუზების ზედაპირზე ინტენსიური წვიმებით გამოწვეული ეროზიული პროცესების შედეგად ხდება ღვარცოფული ნაკადების წარმოქმნა, რომლებიც ჩაედინება აღიდებული მდინარის კალაპოტში და უფრო დიდ ზიანს აყენებს გარემოსა და მოსახლეობას.

ადრე, საქართველოში მტრების მრავალჯერადი შემოსევებისაგან თავდაცვის მიზნით, მოსახლეობის დიდი ნაწილი მთებში ცხოვრობდა, შემდეგ კი ისინი ბარში ჩამოსახლდნენ

და დაიკავეს ე. წ. „კარგი“ ადგილები მდინარის პირას, აითვისეს მათი ჭალები და სანაპირო ტერასები როგორც სასოფლო-სამეურნეო კულტურების, ასევე საყოფაცხოვრებო საქმიანობისათვის შენობების, გზების, ელექტროგადამცემი ხაზებისა და სხვათა ასაგებად. ასე წარმოიშვა მდინარეთა გასწვრივ სანაპირო ზონებში დიდი თუ პატარა დასახლებები, რომლებიც წყალმოგარდნების დროს იტბორებოდა.

მდინარისპირა ტერიტორიის ათვისების საწყისი მონაცემები მდინარეთა წყლის უდიდესი მაქსიმალური ხარჯებია ( $\text{მ}^3/\text{წ}\text{მ}$ ), რომელთა მიხედვით უნდა მოხდეს ნაგებობათა კონსტრუქციების ტექნიკურ-ეკონომიკური მაჩვენებლების დასაბუთება. მდინარის წყლის უდიდესი მაქსიმალური ხარჯის სიდიდე განსაზღვრავს ნაგებობათა ზომასა და ღირებულებას. შეცდომის შემთხვევაში ნაგებობა შეიძლება დაინგრეს, თუ ის მიმართულია მაქსიმალური ხარჯის შემცირებისკენ და პირიქით, თუ შეცდომა მიმართულია ხარჯის გადიდებისაკენ, მაშინ მოხდება ფინანსების არამიზნობრივი დაბანდება.

მაქსიმალური ხარჯების წყალსამეურნეო გაანგარიშება სასურველდეს დაკვირვებათა ხანგრძლივი პერიოდის მონაცემების საფუძველზე, მაგრამ არ არსებობს იმის გარანტია, რომ რომელიმე მომდევნო წელს მდინარის წყლის მაქსიმალური ხარჯი მეტი იქნება ადრე ადრიცხულ უდიდეს მაქსიმუმზე. ამიტომ უსაფრთხოების მიზნით მდინარეთა წყლის მახასიათებლები დროთა განმავლობაში უნდა დაზუსტდეს შემდგომი ინფორმაციების გათვალისწინებით.

საქართველოს მდინარეთა წყლიანობის შესახებ მასალები, მათ შორის წყლის ხარჯები, გამოქვეყნებულია 1981 წლამდე არსებულ დაკვირვებათა მონაცემებით [2]. 1991 წლამდე არსებული მრავალწლიური (საშუალო 40–60 წელი) სტაციონარულ დაკვირვებათა მონაცემების სტატისტიკური დამუშავების შედეგად საქართველოს მდინარეთა ცალკეული 45 პიდროკვეთისათვის ჩვენ მიერ გამოანგარიშებულია წყლის წლიური ( $Q_0$ ) და მაქსიმალური ხარჯების ( $Q_m$ ) საშუალო მნიშვნელობები, უდიდესი მაქსიმალური ხარჯები ( $Q_{\max}$ ) და აგრძოვე წყალმოვარდნების აქტიურობის კოეფიციენტები ( $Q_{\max}/Q_0$ ), რომლებიც წარმოადგენს უდიდესი მაქსიმალური ხარჯების შეფარდებას საშუალო წლიურ ხარჯებთან [3]. ზოგიერთ მდინარეზე ეს შეფარდება რამდენადმე აჭარბებს ადრე (1960–1970 წლებამდე) არსებულ მნიშვნელობებს. დადგენილია, რომ ეს კოეფიციენტები დიდ მდინარეებთან შედარებით გაცილებით მეტია მცირე მდინარეებზე. ამასთან, ნოტიო ჰავის პირობებში ეს კოეფიციენტები უფრო ნაკლებია, ვიდრე მშრალი ჰავის პირობებში, ხოლო მთებში (სიმაღლის მატებასთან ერთად) მათი მნიშვნელობები მცირდება.

[3] ნაშრომში მოცემულია აგრძოვე მდინარეთა წყლის უდიდესი მაქსიმალური ხარჯების ალბათური მნიშვნელობები სხვადასხვა ( $0.1, 1, 2, 5$  და  $10 \%$ ) უზრუნველყოთ, რომლებიც შეესაბამება გარკვეულ (1000-, 100-, 80-, 20- და 10-წლიანი) განმეორებადობის წყლის ხარჯებს. ისინი უშუალოდ პასუხობენ კითხვას: როგორია ნაგებობის ან რაიმე დონისმიერის უსაფრთხოების უზრუნველყოფა მდინარის მაქსიმალური ხარჯის გარკვეული მნიშვნელობის დროს. წყლის ხარჯების განმეორებადობა კი გვიჩვენებს იმ წელთა რაოდენობას, რომლის დროსაც გაივლის შესაბამისი მაქსიმალური ხარჯი საშუალოდ ერთხელ მაინც.

შესწავლილ იქნა აგრძოვე მდინარეთა წყლის ყოველწლიური მაქსიმალური ხარჯების მრავალწლიური დინამიკა, რისთვისაც შედგენილ იქნა მათი ტრენდები, რომელთა მიხედვით განისაზღვრა ზემოაღნიშნული ხარჯების ყოველწლიურ ცვლილებათა რიცხვითი მნიშვნელობები [3, 4].

ამ მონაცემებს აქვს პრაქტიკული დანიშნულება სამეცნიერო, სამეურნეო და საპროექტო ორგანიზაციებში წყალსამეურნეო გაანგარიშებების საწარმოებლად ან რაიმე პრევენციულ

ღონისძიებათა ტექნიკურ-ეკონომიკური მაჩვენებლების დასაბუთების მიზნით. მაქსიმალური ხარჯების ცვლილების შეფასება კი მეტად მნიშვნელოვანია წყალსამეურნეო სისტემების მართვის სწორად დაგეგმარებისა და გარემოს ეკოლოგიური უსაფრთხოების უზრუნველ-საყოფად.

სამწუხაროა ის ფაქტი, რომ გასული საუკუნის 90-იანი წლებიდან საქართველოს მდინარეებზე აღარ ხდება მდინარეთა წყლის ხარჯების გაზომვა, მხოლოდ ერთეულ მდინარეებზე მიმდინარეობს წყლის დონეების აღრიცხვა ავტომატური თვითმწერებით ელექტრო-ენერგიის მიწოდების შემთხვევაში, რაც ზოგან ყოველთვის ვერ ხერხდება.

ბოლო ათწლეულებში ბუნებაზე ანთროპოგენური დატვირთვისა და კლიმატის გლობალური დათბობის შედეგად აღინიშნება წყალმოვარდნების სისტემისა და ინტენსიურობის ზრდის ტენდენცია. რაც იწვევს დიდ მატერიალურ ზარალსა და მსხვერპლს. ამიტომ მათი შესწავლა რეგულარულად უნდა ხდებოდეს საქართველოს პირობებში, სადაც წლის ყველა დროს ბევრ მდინარეზე აღინიშნება ძლიერი წყალმოვარდნები, რომლებიც ფორმირდება ძირითადად შავი ზღვიდან შემოჭრილი ნოტიო ჰაერის მასების კონდენსირებით. XXI საუკუნის განმავლობაში უკვე რამდენჯერმე განმეორდა მასშტაბური წყალმოვარდნები, რის შედეგადაც ქვეყნის ეკონომიკას მილიონობით ღირებულების ზარალი მიადგა: დაინგრა ხიდები, ბოგირები, სავგომობილო და სარკინიგზო გზები, კომუნიკაციები, არხები, შენობა-ნაგებობები, დაიტბორა სასოფლო-სამეურნეო სავარგულები, დაიღუპა პირუტყვი, ფრინველი და ადამიანებიც კი [5].

საყურადღებოა ის ფაქტი, რომ ასეთი დიდი ზარალის მიზეზი, გარდა ბუნებრივი სტიქიის მასშტაბისა, არის აგრეთვე გარემოზე ანთროპოგენური ზემოქმედება. ამ მხრივ აღ-სანიშნავია ტყის გაჩეხა, რაღგან ტყის საფარი აკავებს წყლის ზედაპირულ ჩამონადენს და რამდენადმე ამცირებს მდინარეთა წყლის მაქსიმალურ პიკებს, ახანგრძლივებებს მათ ჩადინებას მდინარეთა კალაპოტებში მიწისქვეშა ჩამონადენის სახით.

საქართველოში, გარდა ტყის გაჩეხისა, წლების განმავლობაში არ ხდებოდა მდინარეთა ნაპირების დაცვა და ეროზის საწინააღმდეგო ღონისძიებების ჩატარება, ასევე არ ხდებოდა მდინარეთა კალაპოტების გაწმენდა. პირიქით, მდინარეთა კალაპოტები ბევრგან გადაქცეული იყო ნაგავსაყრელად. ნაგავი კი, თავის მხრივ, აკავებს წყლის მასას მდინარის კალაპოტში, ხელს უშლის მის გადინებას და მაღლა სწევს წყლის დონეს, რაც იწვევს მის გადადინებას ნაპირებიდან, გარემოს დატბორვას და დაზიანებას. სამწუხაროა, რომ ზოგჯერ მდინარეთა ჭალებისა და კალაპოტების ათვისება ხდება მოსალოდნელი საშიში მოვლენების სრული უგულებელყოფით.

მდინარის პირას დასახლებულ ადგილებში წყლის სტიქიისაგან თავდაცვის მიზნით, ყველაზე მისაღები და ადვილად ხელმისაწვდომი მეოთოდია მდინარისპირა ზონაში წყალმოვარდნების დატბორვის საზღვრების დაღენა და ამ ტერიტორიის საშიშ ზონად გამოცხადება, სადაც აიკრძალება სამოსახლო და სხვა ნაგებობების მშენებლობა, აგრეთვე ყოველგვარი სამეურნეო და საყოფაცხოვრებო საქმიანობა. მდინარეთა სანაპირო ზონის სიახლოვეში ნაგებობებისა და სამეურნეო ობიექტების დაპროექტებისა და მშენებლობის დროს კი აუცილებელია წყალსამეურნეო გაანგარიშებებში მდინარეთა წყლის უდიდესი მაქსიმალური ხარჯების პარამეტრებისა და მათი მოსალოდნელი ცვლილების მახასიათებლების გათვალისწინება.

## დასკვნა

წყალმოვარდნებით მიყენებული ზარალის თავიდან აცილებისა და მათი ნეგატიური ზეგავლენის შემცირების მიზნით რეგულარულად უნდა ტარდებოდეს გარკვეულ ღონისძიებათა კომპლექსი; კერძოდ:

- მდინარეთა კალაპოტების გამტარუნარიანობისა და დასაშვები სიღრმეების უზრუნველყოფის მიზნით კრიტიკულ ადგილებში მათი კალაპოტების გაწმენდა;
  - მდინარეთა ნაპირების დაცვის მიზნით ჯებირებისა და დამბების აშენება, რისთვისაც შეიძლება გამოყენებულ იქნეს კალაპოტიდან ამოლებული ქვა-დორდი;
  - მთის ფერდობებზე თავსხმა წყიმების დროს წყლის ძლიერი ნაკადის მდინარეთა კალაპოტებში ჩადინების საწინააღმდეგოდ მთისძირა წყალსაგდები განმტკირთავი არხების გაყვანა, რომელთა მეშვეობით მოხდება წყალმოვარდნის დროს მოზღვავებული წყლის უსაფრთხო ადგილებში გადადინება;
  - მდინარეთა ხეობის ფერდობებზე წყლის ნაკადების შეკავებისა და მათი ნიადაგში ინფილტრაციის გაზრდის მიზნით, შესაძლებლობის ფარგლებში, ფერდობების დატერასება და გარდიგარდმო ხვნა-თესვის წარმოება;
  - წყლის ზედაპირული ჩამონადენის შეკავების მიზნით მდინარეთა ხეობაში ტყის საფრის განახლება და გაფართოება;
  - მდინარეთა ხეობის ხელსაყრელ ადგილებში მცირე ზომის წყალსაცავების მოწყობა, სადაც შესაძლებელი იქნება უხვწყლიან პერიოდში წყლის დაგროვება და წყალმცირობის დროს მისი საჭიროებისამებრ გამოყენება;
  - წყალმოვარდნის მოსალოდნელი მაქსიმალური ხარჯის მოკლევადიანი საპროგნოზო მეთოდიკის შემუშავება ოპერატორული პროგნოზების გასაცემად;
  - პროგნოზის მიხედვით მოსალოდნელი წყლის მაღალი პიკის შემთხვევაში მოსახლეობისა და ადმინისტრაციის მყისიერი გაფრთხილება მოსალოდნელი საშიშროების შესახებ. შემდეგ როგორც მათი, ისე მატერიალური ფასეულობების ეფაქტურია და წყალსაცავების დაცვა წყლის ახალი ნაკადის მისაღებად.
- ასე რომ, მთის მდინარეთა წყალდიდობა-წყალმოვარდნების პროგნოზირების მიზნით შემუშავებულია სათანადო მეთოდოლოგია [6] და საქართველოს მთაგარ მდინარეთა წყალდიდობის ჩამონადენისა და მათი მაქსიმალური ხარჯების გრძელვადიანი (2-3 თვის წინ-სწრებით), აგრეთვე წყალმოვარდნების მაქსიმალური ხარჯების მოკლევადიანი (1-2 დღე-დამის წინსწრებით) საპროგნოზო მეთოდიკები.
- უპირველესი ცნობა მდინარეთა ხეობაში უზვეულო საშიში მოვლენების (გამაყრუებელი და შემზარები გუგუნი, მტკრის კორიანტელი ან მდინარის კალაპოტებში წყლის ნაკადის შეწყვეტა ხეობის ჩახერგვის შემთხვევაში და სხვ.) განვითარების შესახებ მაშინვე უნდა მიეწოდოს მთის მოსახლეობას, რათა სასწრაფოდ გამოცხადდეს განგაში და მობილიზებულ იქნეს ყველა შესაბამისი ორგანიზაცია, თუ პიროვნება საჭირო პრევენციული დონოსძიებების ჩასატარებლად.
- მისასალმებელია ის ფაქტი, რომ სადღეისოდ, წყალმოვარდნების საშიშროების ადრეული შეტყობინების მიზნით, საქართველოს ცალკეული მდინარეების ხეობაში ხდება ატმოსფერული ნალექსაზომებისა და მდინარეთა დონეების საზომი ავტომატური დანადგარების დამოწმება.

## ლიტერატურა – REFERENCES

1. დ. გვრიტიშვილი. თბილისის თავგადასავალი/რედ. რ. მეტრეველი, თბ.: მეცნიერება, 1991. - 63 გვ.
2. Государственный Водный Кадастр. Многолетние данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. Т. 6, ГССР, Л.: Гидрометеоиздат, 1987. - 416 с.

3. ც. ბასილაშვილი. საქართველოს მთის მდინარეთა წყლის მაქსიმალური ხარჯების სივრცულ-დროითი ცვლილებები კლიმატის დათბობის ფონზე//ჟ. მეცნიერება და ტექნიკური განვითარები, № 3 (732), ობ., 2019, გვ. 40-52.
4. Ts. Basilashvili. Changes of Georgian mountainous rivers water flows, problems and recommendations//American Journal of Environmental Protection, № 3-1, Science Publishing Group (USA), 2015, pp. 38-43.
5. ც. ბასილაშვილი, მ. სალუქვაძე, ვ. ცომაია, გ. ხერხეულიძე. კატასტროფული წყალდონებები, დვარცოფები და თოვლის ზეავები საქართველოში და მათი უსაფრთხოება. ობ.: ტექნიკური უნივერსიტეტი, 2012. - 244 გვ.
6. ც. ბასილაშვილი. მრავალფაქტორიანი სტატისტიკური მეთოდოლოგია წყალდიდობა-წყალმოვარდნების პროგნოზირებისათვის. ობ.: ტექნიკური უნივერსიტეტი, 2013. - 180 გვ.

## ECOLOGY

### SAFETY ISSUES IN THE FACE OF INCREASED RISK OF FLOODS

**Ts. Basilashvili**

(Institute of Hydrometeorology of Georgian Technical University)

**Resume.** The constantly renewable river fresh water is a key factor for any society, environment and country's economy. Numerous useful functions of river water are described. The paper focuses on the negative effect of river floods often resulting into destruction, material damage and casualties.

In recent decades, as a result of global warming and anthropogenic impact on nature, the frequency and intensity of floods tend to increase. Therefore, their study and development of safety measures is today's urgent problem, which is absolutely essential for the mountainous terrain of Georgia, where high floods occur at all times of the year resulting into huge monetary losses in the country's economy. Recommendations have been drawn up to mitigate the negative consequences of catastrophic floods.

**Keywords:** anthropogenic impact; damage; maximum water consumption.

### თემატიკა-თენიანობის კომალეშის გათვალისწინება სამშენებლო პლიმატოლოგიაში პლიმატის ცვლილების ზონები

ლიანა ქართველიშვილი, ბონდო ფანჩვიძე, გვანცა ქოთოლაშვილი, მარიამ ხეცურიანი

(საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის პიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი,  
საქართველოს გარემოს დაცვისა და სოფლის მეურნეობის სამინისტრო, გარემოს  
ეროვნული საგენტო)

**რეზიუმე:** კლიმატის ცვლილების ფონზე შენობაში ნორმალური ტენიანობის რეჟიმის შესაქმნელად საჭიროა დატენიანების ყველა წყაროს გათვალისწინება. ტენიანობის რეჟიმის შესწავლა შეუძლებელია სითბოს რეჟიმის შესწავლის გარეშე, რადგანაც შენობის კედლების დატენიანების ერთ-ერთი მიზეზი, როგორც ცნობილია, წყლის ორთქლის კონდენსაციის პროცესია, რომელიც მიმდინარეობს ჰაერის ტემპერატურისა და ტენიანობის შესაბამისი მნიშვნელობების თანხვედრისას, კერძოდ მაშინ, როდესაც ჰაერი მიაღწევს გაჯერების მდგომარეობას და მისი ტემპერატურა ნამის წერტილის ტემპერატურაზე დაბლა დაიწევს.

**საკვანძო სიტყვები:** კომპლექსური კლიმატური პარამეტრი; ნამის წერტილი; სამშენებლო კლიმატოლოგია; ტენიანობის რეჟიმი; წყლის ორთქლის კონდენსაცია; ჰაერის ტენიანობა.

### შესავალი

ჰაერის ტემპერატურა და ტენიანობა კლიმატის დამახასიათებელი ძირითადი ფაქტორებია და მოქმედებს შემომზღვდავი კონსტრუქციების ტენიანობის რეჟიმზე. განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია ამ საკითხის შესწავლა ცხელი ნოტიო კლიმატის რაიონებში, სადაც ერთ-ერთ ქვერაიონად ნოტიო სუბტროპიკული ზონა გამოიყოფა.

ამ ქვერაიონისათვის დამახასიათებელია ცხელი ზაფხული და თბილი ზამთარი, უარყოფითი ტემპერატურები კი იშვიათია. ყველაზე ცხელ თვეში ჰაერის საშუალო თვიური ტემპერატურა 22–28 °C-ს აღწევს, ხოლო ფარდობითი ტენიანობა – 55–76 %-ს და ქვერაიონის კლიმატური ზონები გამოირჩევა ქარის რეჟიმისა და ნალექების რაოდენობის სხვადასხვაობით. მიუხედავად იმისა, რომ ზამთარში აქ გაბატონებულია ზომიერი განედის ჰაერი, ზაფხულში ტროპიკული ჰაერი ჭარბობს და რადიაციული ბალანსი თავისი სიდიდით ტროპიკული განედების რადიაციულ ბალანსს უტოლდება. ირიბი წვიმების (ქარისა და წვიმის ერთობლივი კომპლექსის) მონაცემების ანალიზმა ცხადყო, რომ ამ რეგიონის ზოგიერთ რაიონში, კერძოდ შავი ზღვის სანაპიროზე (ბათუმი, ფოთი) და ლენქორანის დაბლობზე (ბაქო, ლენქორანი, ასტარა), მოდის ისეთივე თავსებმა წვიმები, როგორც ეკვატორული განედის ზოგიერთ ქვეზაში, ამიტომ ამ რაიონებისათვის განსაკუთრებით დიდი მნიშვნელობა აქვს ტემპერატურისა და ტენიანობის რეჟიმის შესწავლას.

კლიმატის თავისებურების, შენობის გარე და შიგა ჰაერის ტემპერატურისა და ტენიანობის შემცველობის შეფარდების მიხედვით წყლის ორთქლი შეიძლება გადაადგილდეს გარედან შიგნით, ან პირიქით. ზოგიერთ რაიონში ზამთარში წყლის ორთქლი შენობიდან გარეთ გადაადგილდება, ზოგიერთში კი – პირიქით. ამიტომ შენობების დაპროექტებისას აუცილებელია გათვალისწინებულ იქნეს ტემპერატურისა და ტენიანობის რეჟიმის წლიური მსგლელობა.

## ძირითადი ნაწილი

**კვლევის არეალი, მეთოდოლოგია.** ჩრდილოეთ რაიონებში წლის განმავლობაში გარე ჰაერის ტემპერატურა იშვიათად აღემატება შენობის (სათავსის) შიგა ტემპერატურას, მაშასადამე, წყლის ორთქლი შენობიდან გარეთ გამოდის, ხოლო ბალტისპირეთისა და შავი ზღვისპირეთის რაიონებში – პირიქითაა. წლის უმეტეს პერიოდში (გარდა ზამთრისა) წყლის ორთქლი შენობის შიგნით მიემართება, ამის გამო სათანადო ზომები მიიღება კონსტრუქციების კონდენსაციური დატენიანებისაგან დასაცავად.

ტენიანობის რეჟიმი განისაზღვრება მეტეოროლოგიაში ისეთი მახასიათებლებით, როგორიცაა აბსოლუტური ტენიანობა, კუთრი ტენიანობა, წყლის ორთქლის პარციალური წნევა. ჰაერის გარკვეული ტემპერატურისა და წყლის ორთქლის მაქსიმალური დრეკადობა შეესაბამება ჰაერის მაქსიმალურ აბსოლუტურ ტენიანობას.

ჰაერის წყლის ორთქლით გაჯერების ხარისხი ხასიათდება ფარდობითი ტენიანობის მიხედვით, რომელიც წარმოადგენს წყლის ორთქლის ფაქტობრივი დრეკადობის გაჯერებული წყლის ორთქლის პარციალურ წნევასთან შეფარდებას. ჰაერის ტემპერატურასა და ფარდობით ტენიანობას შორის არსებობს გარკვეული დამოკიდებულება – ტემპერატურის შემცველობით მისი ფარდობითი ტენიანობა იზრდება, თუ შენობის შიგა ზედაპირის გაცივებით ტემპერატურა დაცემა ნამის წერტილის ტემპერატურაზე დაბლა, მაშინ ტენი, რომელსაც შეიცავს შენობაში არსებული ჰაერი, კონდენსირდება და გამოიყოფა ზედაპირზე.

წლის თბილ პერიოდში ფარდობითი ტენიანობა, როგორც წესი, იცვლება დღე-დამის განმავლობაში. მაგალითად, საქართველოში, შავი ზღვის სანაპიროზე, ჰაერის ფარდობითი ტენიანობა ზაფხულში (დამის საათებში) ხშირად ნორმას აღემატება, ამიტომ შენობაში ჰაერის ტენიანობის შესამცირებლად მიზანშეწონილია სპეციალური მოწყობილობების დაყენება. შეუა აზიაში კი, პირიქით, ზაფხულში ჰაერის ზედმეტი სიმშრალის გამო დღის საათებში აუცილებელია დატენიანება.

კონსტრუქციების დაპროექტებისას განსაკუთრებული მნიშვნელობა აქვს ტენიანობის რეჟიმის ზემოქმედების გათვალისწინებას როგორც მაღალი ტემპერატურის დროს (ჭარბი ტენიანობა ხელს უწყობს კოროზიის პროცესებს), ისე 0  $^{\circ}\text{C}$ -ის პირობებში, როცა მკვეთრად ძლიერდება ნგრევის მექანიკური პროცესი გაყინვისა და დნობის პროცესის ზემოქმედების გამო.

ჰაერის ტემპერატურას, წყლის ორთქლის პარციალურ წნევასა და ფარდობით ტენიანობას შორის არსებობს ფუნქციონალური დამოკიდებულება. ეს იმას ნიშნავს, რომ ჰაერის ტემპერატურისა ( $t^0$ ) და წყლის ორთქლის პარციალური წნევის (e) მნიშვნელობათა მიხედვით ხდება ფარდობითი ტენიანობის (Φ) მნიშვნელობის განსაზღვრა.

**მონაცემები და შედეგები.** ტემპერატურა-ტენიანობის კომპლექსის რეჟიმის შესასწავლად გამოყენებულ იქნა როგორც ვადიანი, ისე საათობრივი დაკვირვებები. ტემპერატურის საწყისი მონაცემების ამორჩევა მიმდინარეობდა ყოველი 5  $^{\circ}\text{C}$ -ის, ხოლო ფარდობითი ტენიანობისა – ყოველი 5 %-ის შემდეგ.

ეს კომპლექსები გამოანგარიშებულ იქნა საქართველოს სხვადასხვა კლიმატურ ზონაში მდებარე პუნქტებისათვის. ტემპერატურა-ტენიანობის განაწილება დასავლეთ საქართველოში წარმოდგენილია ფოთისა და სამტრედის მონაცემებით. ადგილობრივი კლიმატური პირობების გამო ტემპერატურა მერყეობს  $-5$   $^{\circ}\text{C}$ -დან  $40$   $^{\circ}\text{C}$ -მდე. ტემპერატურის ამპლიტუდა აღწევს  $40-45$   $^{\circ}\text{C}$ -ს, ხოლო ფარდობითი ტენიანობა –  $90$  %-ს ( $11$ -დან  $100$  %-მდე). ტემპერატურების ყველაზე მაღალი განმეორებადობა მოდის 5-დან  $25$   $^{\circ}\text{-მდე}$ .

უფრო მეტად მეორდება გრადაციები  $5.0 - 9.9$   $^{\circ}\text{წე}$ . ამასთან, ყველაზე მეტი განმეორებადობა მოდის ფარდობითი ტენიანობის გრადაციაზე ( $91-95$  %) და შეადგენს საერთო შემთხვევათა რიცხვის  $4.1$  %-ს. ამ გრადაციებისათვის ტემპერატურის ზრდის გამო განმეორებადობები თანდათან მცირდება  $3.6$  %-მდე,  $20-25$   $^{\circ}\text{C}$  ტემპერატურის დროს ფოთში გრადაცია  $-10$   $^{\circ}\text{C}$ ,  $-5$   $^{\circ}\text{C}$  მაღალ ტენიანობასთან შეხამებით იშვიათად დაიკვირვება და  $25$  წლის განმავლობაში შეადგენს მხოლოდ  $10$  დღეს.

როდესაც ჰაერის ტემპერატურა  $25$   $^{\circ}\text{წე}$  მეტია, მაშინ ცხელი დღეების განმეორებადობის რიცხვი წლიურ ჯამში  $\dot{\Sigma}$ არმოდგენს  $9,3$  %-ს, ხოლო  $71-75$  % ტენიანობის გრადაციის განმეორებადობა –  $2,7$  %-ს. აღმოსავლეთ საქართველოს კლიმატის ზოგადი კანონზომიერების გათვალისწინებით შეიძლება დავასკვნათ, რომ შიგა რაიონებში ტემპერატურისა და ტენიანობის კომპლექსი კლიმატური კონტინენტალურობისა და სიმშრალის გაზრდით მაღალი ტემპერატურისა და დაბალი ფარდობითი ტენიანობის შეხამებისას იზრდება აღმოსავლეთით (თბილისი, გორი, ხაშური, თელავი).

ტემპერატურის და ტენიანობის შეხამების განმეორებადობა მიღებული ინტერვალის მიხედვით გვიჩვენებს, რომ თბილისში ყველაზე დიდი განმეორებადობა შეესაბამება  $5$ -დან  $25^0$ -მდე ტემპერატურას და  $60-90$  %-მდე ფარდობით ტენიანობას.

ცივი დღეების განმეორებადობა  $0$   $^{\circ}\text{სა}$  და უფრო დაბლა წარმოადგენს წელიწადში საერთო შემთხვევათა  $5,5$  %-ს. არახელსაყრელი ამინდის პირობები აღინიშნება იმ დღეებში, როდესაც დაბალი ტემპერატურები  $10$   $^{\circ}\text{წე}$  მაღალია ფარდობითი ტენიანობის დროს. თბილისში ასეთი დღეების რაოდენობა არის უმნიშვნელო ( $0,1$  %-ზე ნაკლები). განმეორებადობა ტემპერატურისა და ფარდობითი ტენიანობის გრადაციებისათვის შეადგენს  $20-25$   $^{\circ}\text{ს}$ -ს, ხოლო ფარდობითი ტენიანობა –  $70-75$  %-ს. აღსანიშნავია, რომ მსგავსი შემთხვევა ფოთში უფრო მეტია, ვიდრე თბილისში. ეს განპირობებულია, უპირველეს ყოვლისა იმით, რომ თბილისის რაიონი არის ყველაზე მშრალი და თანაც ზღვის ჰაერი აღმოსავლეთით გადაადგილების დროს განიცდის ტრანსფორმაციას, კარგავს ტენის ნაწილს და ამის გამო მოცემული კომპლექსის განმეორებადობა მცირდება. ყველა შემთხვევაში, როდესაც ტემპერატურა თბილისში აღწევს  $20$   $^{\circ}\text{ს}$ , ფარდობითი ტენიანობა არის  $50$  %-ზე ნაკლები.

თუ შევადარებო სხვადასხვა ფიზიკურ-გეოგრაფიულ პირობებში მყოფი სადგურის კლიმატურ მონაცემებს, მივიღებო შესამჩნევ განსხვავებებს, რაც, რა თქმა უნდა, მოსალოდნელი იყო. ქუთაისში მაღალი ტემპერატურა აღინიშნება დაბალი ტენიანობის დროს ( $1-5$  %). სიმაღლის და ნალექების რაოდენობის გაზრდის გამო ნალექიან დღეთა რაოდენობა თანდათან მატულობს და, შესაბამისად, იზრდება კომპლექსების შემთხვევათა რაოდენობაც, რაც განპირობებულია მაღალი ფარდობითი ტენიანობით და ტემპერატურის დაბალი მაჩვენებლებით.

ეს ხდება იმის გამო, რომ ტემპერატურა მცირდება ადგილის სიმაღლის შესაბამისად. მთიანი და მაღალმთიანი მონაცემების მიხედვით (მესტია, მთა-საბუეთი, ბახმარო, ბაკურიანი) ტემპერატურების ცვლილებების დიაპაზონი მცირდება. ტემპერატურების მაქსიმალური მნიშვნელობები არ აღემატება  $30$   $^{\circ}\text{ს}$ . ცხელი დღეების განმეორებადობა ჰაერის ტემპერატურისა ( $25$   $^{\circ}\text{C}$ ) და მაღალი ფარდობითი ტენიანობის ( $50-55$  %) პირობებში არ აღემატება საერთო

შემთხვევათა 1 %-ს, მთა-საბუეთში კი ერთეულ შემთხვევაში პაერის ტემპერატურა აღემატება 25 °-ს და ამ დროს არცოუ იშვიათად, აღინიშნება ფარდობითი ტენიანობა 80–85 %-ის ფარგლებში. ამ სადგურში დაბალ ტემპერატურას (-10°) მაღალ ფარდობით ტენიანობასთან კომპლექსის ფარგლებში აქვს საკმაოდ მაღალი განმეორებადობა (4,4 %) საერთო შემთხვევებიდან.

ტემპერატურა-ტენიანობის კომპლექსის განხილვისას აღმოჩნდა, რომ კლიმატის ცვლილებაში ძალიან დიდ როლს ასრულებს რელიეფი. მაგალითად, სვანეთში (კერძოდ, მესტიაში) ზამთრის დღეებში ტემპერატურა არის 3-4 °-ით ნაკლები, ვიდრე ზევით, გაგრის ქედზე, ხოლო ზაფხულის თვეებში სვანეთში უფრო ცხელა, აქ ვერტიკალური თერმული გრადიენტი არის 10°-ზე მაღალი. ბახმაროში, ბაკურიანსა და მესტიაში უფრო ხშირად ფარდობითი ტენიანობა არის 91–100 %. ამავე საზღვრებში დაიკვირვება იგი 10-დან 20 °-მდე ტემპერატურისას. მაღალმთიანი სადგურის მონაცემები გვიჩვენებს, რომ 1500 მ სიმაღლეზე და კიდევ უფრო ზევით შეიძლება აღინიშნოს როგორც მაღალი, ისე დაბალი ფარდობითი ტენიანობა, ხოლო 25–30 °C პაერის ტემპერატურისას ფარდობითი ტენიანობა არ აღემატება 55–60 %-ს. დაბალი ტემპერატურის დროს (0-დან -10 °-მდე) შეიძლება დაფიქსირდეს როგორც დაბალი, ისე მაღალი ფარდობითი ტენიანობა, მაგრამ უფრო ხშირად 40–100 %-ის ფარგლებში.

## დასკვნა

პაერის ტემპერატურისა და ფარდობითი ტენიანობის კომპლექსის ცვლილების დახასიათება შეიძლება ამ კომპლექსის განმეორებადობის სიხშირეების მიხედვით ორი საკვლევი პერიოდისათვის 1985–2000 წლებისა და 2000–2015 წლებისთვის. როგორც მიღებული მონაცემების ანალიზი ცხადყოფს პაერის ტენიანობის განმეორებათ განაწილების ხასიათი არ შეცვლილა. განაწილების მოდა, ანუ უალბათესი მნიშვნელობები შეადგენდა 66–76 %-ს, ასევე დარჩა ბოლო ათწლეულში. გაიზარდა მხოლოდ მოდის სიხშირე 8–9 %-დან 10–11 %-მდე. სამაგიეროდ შემცირდა დაბალი ტენიანობის (30 %-ზე ნაკლები) განმეორებადობა. თუ ეს უკანასკნელი პირველ პერიოდში შეადგენდა 40 %-ს, ბოლო ათწლეულში შეადგენს მხოლოდ 1–1,5 %-ს. მაღალი ტენიანობის (80 %-ზე მეტი) განმეორებადობა თითქმის უცვლელი დარჩა.

## ლიტერატურა – REFERENCES

1. ა. ამირანაშვილი, ლ. ქართველიშვილი, ლ. მეგრელიძე, მ. ტატიშვილი, ნ. კუტალაძე. ამინდი, კლიმატი და მათი ცვლილებების კანონზომიერებანი საქართველოს პირობებში. თბ., 2023.
2. კ. მელიქიძე, ლ. ქართველიშვილი, ლ. მეგრელიძე, ლ. ქურდაშვილი, ნ. დეკანოზიშვილი. საქართველოში კლიმატის ცვლილების გათვალისწინებით ახალი სამშენებლო კლიმატური ნორმების დადგენა, თბ., 2018.
3. საქართველოს სამეცნიერო-გამოყენებითი კლიმატური ცნობარი, თბ., 2020.

**CONSIDERATION OF THE TEMPERATURE-HUMIDITY COMPLEX IN  
CONSTRUCTION CLIMATOLOGY AGAINST THE BACKGROUND OF CLIMATE  
CHANGE**

**L. Kartvelishvili, B. Panchvidze, G. Kotolashvili, M. Khetsuriani**

(Institute of Hydrometeorology of Technical University, Ministry of Environment Protection and Agriculture of Georgia, National Environmental Agency)

**Resume.** In order to create a normal humidity regime in the building against the background of climate change, it is necessary to consider all sources of humidity. It is impossible to study the humidity regime without studying the heat regime, because one of the reasons for the dampness of the walls, as is known, is the process of condensation of water vapor, which takes place when the corresponding values of air temperature and humidity coincide, namely when the air reaches a state of saturation and its temperature is below the dew point temperature will fall.

**Keywords:** air humidity; complex climatic parameter; construction climatology; condensation of water vapor; dew point; humidity mode.

## საქართველოს მკონიაური (მათ შორის სასურსათო) უსაზღობობის ზრდის მრთ-მრთი მიმართულება

### ლეგან ჭელიძე, დავით ჭელიძე

(საქართველოს საპატიო არქონის წმინდა ანდრია პირველწოდებულის სახელობის ქართული უნივერსიტეტი)

**რეზიუმე:** გაანალიზებულია საქართველოს მთლიანი შიდა პროდუქტისა (მშპ) და სხვა მნიშვნელოვანი მაკროეკონომიკური (მათ შორის საბიუჯეტო) პარამეტრების, აგრეთვე ექსპორტ-იმპორტისა და აღნიშნულ პროცესში ჩართული ძირითადი სასაქონლო ნომენკლატურის, სასოფლო-სამეურნეო პროდუქციის, ნაოხის ფართობებისა და საქართველოს სოფლად მცხოვრები მოსახლეობის რიცხოვნობის დინამიკა.

შესაბამისი მონაცემების ანალიზის საფუძველზე ჩამოყალიბდა მოსაზრება ქვეყნის მთლიანი შიდა პროდუქტის (მშპ) აღრიცხვის სრულყოფის, საგარეო ვალდებულებების მომსახურებისათვის განკუთვნილი საბიუჯეტო ასიგნებების (უცხოური ვალუტის სახით), ქვეყნიდან გადინების მზარდი ტენდენციების დაბალანსების, ეკონომიკის ტრადიციული დარგის – სოფლის მეურნეობის სტიმულირების აუცილებლობის შესახებ.

საკარმიდამო გლეხური მეურნეობების ერთ-ერთი უმთავრესი პრობლემის, კერძოდ, მცირე სასაქონლო პარტიებად წარმოებული სასოფლო-სამეურნეო პროდუქციის რეალიზების სირთულეების დაძლევისათვის შემუშავდა რეკომენდაციები სასოფლო-სამეურნეო პროდუქციის გადამამუშავებული საწარმოების მიერ ადგილობრივი ნედლეულით წარმოებული პროდუქციის დამატებული დირექტულების გადასახადის (დღგ) შემცირებული განაკვეთით დაბეგვრის შესახებ.

**საკვანძო სიტყვები:** დამატებული დირექტულების გადასახადი; მთლიანი შიდა პროდუქტი; სასოფლო-სამეურნეო პროდუქცია.

### შესავალი

საქართველოს დამოუკიდებლობის აღდგენის შემდგომ განვითარებული უმნიშვნელოვანების მოვლენების სიმრავლის ფონზეც კი განსაკურებულ აღნიშვნას იმსახურებს საქართველოს პარლამენტის მიერ ეროვნულ ვალუტაში შედგენილი სახელმწიფო ბიუჯეტის შესახებ პირველი წლიური კანონის მიღება. ამდენად მისი მიღების თარიღი – 1996 წლის 9 ოქტომბერი – დამოუკიდებლი საქართველოს ეკონომიკური (განსაკუთრებით საბიუჯეტო) ისტორიის თვისობრივი ახალი ეტაპის დაწყებად შეიძლება ჩაითვალოს.

შესაბამისად, საქართველოს უახლეს ისტორიაში განვითარებული ეკონომიკური ტენდენციების სრულფასოვანი ანალიზისათვის უაღრესად მნიშვნელოვანია ქვეყნის ძირითადი ეკონომიკური (მათ შორის საბიუჯეტო) პარამეტრების 1996 წლის შემდგომი პერიოდის განხილვა.

**საქართველოს მთლიანი შიდა პროდუქტისა და სახელმწიფო ბიუჯეტის მნიშვნელოვანი პარამეტრების  
დინამიკა 2010–2022 წლებში (მლნ ლარი)\* [2]**

წლისები	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
ნორის მიერთ მთლიანი შიდა პროდუქტის მნიშვნელობა ლარებში	21800,0	25500,0	27200,0	28600,0	31124,0	33935,0	35536,0	40761,7	44599,3	49752,7	49266,7	60003,1	71800,0
ზორავარი, 2010–100 %	100,0	117,0	124,8	131,2	142,8	155,7	164,4	187,0	204,6	225,9	226,0	275,2	329,4
საქართველოს ფინანსურის მთლიანი შიდა პროდუქტი 2010 – 100 %	100,0	108,3	106,8	109,3	111,5	116,9	119,0	127,0	129,0	138,0	141,3	161,0	175,7
საქ. საქართველოს 2010–100 % შიდა პროდუქტი	100,0	114,8	131,8	143,1	141,1	155,9	164,9	182,9	198,8	202,1	216,4	215,5	280,6
კუთხით წილი მთლიანი შიდა პროდუქტისათვის 2008 წლისას	23,8	23,4	25,1	25,92	23,5	23,8	23,9	23,3	23,1	21,3	22,8	18,6	20,2
საქ. საქართველოს სახელმწიფო განვითარებულ ეკონომიკურ შემთხვევაში	4382,0	5300,0	6300,0	6920,0	6820,0	7600,0	7980,0	8820,0	9490,0	9645,0	10465,0	10342,3	13423,7
ზორავარი, 2010–100 %	100,0	120,9	143,8	157,9	155,6	173,4	182,1	201,3	216,6	220,1	238,8	236,0	306,3
კუთხით წილი მთლიანი შიდა პროდუქტისათვის 2008 წლისას	20,1	20,8	23,2	24,2	21,9	22,4	22,3	21,6	21,3	19,6	21,2	17,2	18,6
მთლიანი განვითარებულ ეკონომიკურ შემთხვევაში	84,5	89,0	92,1	93,2	94,0	93,3	92,9	92,0	92,0	93,2	92,5	92,2	92,1
კუთხით წილი საქ. საქართველოს მთლიანი შიდა პროდუქტისათვის	80,0	92,2	96,1	95,5	90,5	94,9	93,4	96,7	97,6	100,0	96,5	81,1	93,1
საქ. საქართველოს სარაგება ზორავარი, 2010–100 %	5476,3	5746,1	6554,3	7248,5	7539,6	8005,4	8543,6	9121,2	9720,9	9644,1	10346,5	12755,3	14415,3
კუთხით კლასი, 2010–100 %	100,0	104,9	119,7	132,4	137,7	146,2	156,0	166,5	177,5	176,1	198,1	233,0	263,2
კუთხით წილი მთლიანი შიდა პროდუქტისათვის განვითარებულ ეკონომიკურ შემთხვევაში	25,1	22,5	24,1	25,3	24,2	23,6	23,8	22,4	21,8	19,6	22,0	21,3	20,9
კუთხით წილი სახელმწიფო განვითარებულ ეკონომიკურ შემთხვევაში	125,0	108,4	104,0	104,7	110,6	105,3	107,1	103,4	102,4	99,96	103,6	123,3	107,4
საქ. საქართველოს (+) / უკუცემ (-)	-4075,2	-505,8	-457,1	-446,8	-874,7	-683,7	-513,6	-501,8	-975,2	-1235,7	-1711,0	-3846,1	-2614,7
კუთხით წილი მთლიანი შიდა პროდუქტისათვის 2008 წლისას	4,93	19,8	16,6	15,6	2,81	2,01	1,43	1,33	2,19	2,51	2,47	6,4	3,62
საქ. საქართველოს განვითარებულ ეკონომიკურ შემთხვევაში	8809,1	10670,5	10399,5	9578,1	1040,1	11808,6	14575,5	15009,4	17931,4	19787,2	23349	35680,1	34485,6
ზორავარი, 2010–100 %	100,0	121,1	114,0	108,7	118,2	134,0	165,5	180,6	203,6	224,6	266,0	382,3	391,5
კუთხით წილი სახელმწიფო განვითარებულ ეკონომიკურ შემთხვევაში	40,4	41,8	36,9	33,5	33,4	34,8	40,7	39,0	40,2	40,2	47,6	56,1	48,0
მთლიანი შიდა პროდუქტისათვის განვითარებულ ეკონომიკურ შემთხვევაში	1747,9	1911,9	1922,5	2025,9	2584,2	3117,7	2997,7	3562,7	3905,0	4400,0	5466,3	5945,8	7065,3
ზორავარი, 2010–100 %	100,0	109,0	110,0	115,9	147,8	178,4	171,5	173,4	173,4	203,6	223,4	251,7	312,8
კუთხით წილი სახელმწიფო განვითარებულ ეკონომიკურ შემთხვევაში	8,0	7,5	7,1	8,3	9,2	8,4	8,7	8,8	8,8	11,1	9,91	9,8	9,8
საქ. საქართველოს განვითარებულ ეკონომიკურ შემთხვევაში	7061,2	8758,6	8117,0	7552,2	7825,9	8690,9	11577,7	12346,7	14026,4	15387,2	17968,1	27734,2	27420,3
ზორავარი, 2010–100 %	100,0	115,0	124,0	107,0	110,8	123,1	164,0	174,9	198,6	217,9	254,5	392,8	388,3
კუთხით წილი სახელმწიფო განვითარებულ ეკონომიკურ შემთხვევაში	32,4	34,3	29,8	25,1	25,1	25,6	25,1	25,3	30,3	31,4	31,2	36,5	38,0
ზორავარი, 2010–100 %	100,0	65,0	79,6	66,1	124,6	122,6	97,1	116,5	135,0	166,4	233,5	401,9	331,3
კუთხით წილი სახელმწიფო განვითარებულ ეკონომიკურ შემთხვევაში	6,0	3,4	3,8	3,0	5,3	4,7	3,6	4,4	4,5	4,4	6,2	8,8	6,1
საქ. საქართველოს განვითარებულ ეკონომიკურ შემთხვევაში	100,0	100,0	100,0	150,0	600,0	600,0	200,0	400,0	400,0	500,0	1200,0	0,0	1300,0
კუთხით წილი 2010–100 %	0,46	0,39	0,37	0,52	1,93	1,77	0,56	0,98	0,9	1,02	2,44	0,0	1,8
საქ. საქართველოს განვითარებულ ეკონომიკურ შემთხვევაში	1213,8	754,3	946,0	718,0	1036,0	1010,0	1075,0	1192,7	1586,8	1686,1	1867,3	5278,9	3052,2
ზორავარი, 2010–100 %	100,0	62,2	78,0	59,2	85,4	83,2	88,6	114,8	130,8	138,9	153,9	455,0	251,5
კუთხით წილი განვითარებულ ეკონომიკურ შემთხვევაში	5,57	2,96	3,48	2,5	3,33	3,86	3,0	3,42	3,56	3,42	3,79	8,8	4,23
საქ. საქართველოს განვითარებულ ეკონომიკურ შემთხვევაში	1313,5	854,3	1046,0	868,0	1636,0	1610,0	1275,0	1727,7	1986,8	2186,0	3067,3	5278,9	4352,2
ზორავარი, 2010–100 %	100,0	65,0	79,6	66,1	124,6	122,6	97,1	116,5	135,0	166,4	233,5	401,9	331,3
კუთხით წილი სახელმწიფო განვითარებულ ეკონომიკურ შემთხვევაში	6,0	3,4	3,8	3,0	5,3	4,7	3,6	4,4	4,5	4,4	6,2	8,8	6,1
საქ. საქართველოს განვითარებულ ეკონომიკურ შემთხვევაში	100,0	100,0	100,0	150,0	600,0	600,0	200,0	400,0	400,0	500,0	1200,0	0,0	1300,0
კუთხით წილი 2010–100 %	0,46	0,39	0,37	0,52	1,93	1,77	0,56	0,98	0,9	1,02	2,44	0,0	1,8
საქ. საქართველოს განვითარებულ ეკონომიკურ შემთხვევაში	1213,8	754,3	946,0	718,0	1036,0	1010,0	1075,0	1192,7	1586,8	1686,1	1867,3	5278,9	3052,2
ზორავარი, 2010–100 %	100,0	62,2	78,0	59,2	85,4	83,2	88,6	114,8	130,8	138,9	153,9	455,0	251,5
კუთხით წილი განვითარებულ ეკონომიკურ შემთხვევაში	5,57	2,96	3,48	2,5	3,33	3,86	3,0	3,42	3,56	3,42	3,79	8,8	4,23
საქ. საქართველოს განვითარებულ ეკონომიკურ შემთხვევაში	1313,5	854,3	1046,0	868,0	1636,0	1610,0	1275,0	1727,7	1986,8	2186,0	3067,3	5278,9	4352,2
ზორავარი, 2010–100 %	100,0	65,0	79,6	66,1	124,6	122,6	97,1	116,5	135,0	166,4	233,5	401,9	331,3
კუთხით წილი სახელმწიფო განვითარებულ ეკონომიკურ შემთხვევაში	6,0	3,4	3,8	3,0	5,3	4,7	3,6	4,4	4,5	4,4	6,2	8,8	6,1
საქ. საქართველოს განვითარებულ ეკონომიკურ შემთხვევაში	100,0	100,0	100,0	150,0	600,0	600,0	200,0	400,0	400,0	500,0	1200,0	0,0	1300,0
კუთხით წილი 2010–100 %	0,46	0,39	0,37	0,52	1,93	1,77	0,56	0,98	0,9	1,02	2,44	0,0	1,8
საქ. საქართველოს განვითარებულ ეკონომიკურ შემთხვევაში	1213,8	754,3	946,0	718,0	1036,0	1010,0	1075,0	1192,7	1586,8	1686,1	1867,3	5278,9	3052,2
ზორავარი, 2010–100 %	100,0	62,2	78,0	59,2	85,4	83,2	88,6	114,8	130,8	138,9	153,9	455,0	251,5
კუთხით წილი განვითარებულ ეკონომიკურ შემთხვევაში	5,57	2,96	3,48	2,5	3,33	3,86	3,0	3,42	3,56	3,42	3,79	8,8	4,23
საქ. საქართველოს განვითარებულ ეკონომიკურ შემთხვევაში	1313,5	854,3	1046,0	868,0	1636,0	1610,0	1275,0	1727,7	1986,8	2186,0	3067,3	5278,9	4352,2
ზორავარი, 2010–100 %	100,0	65,0	79,6	66,1	124,6	122,6	97,1	116,5	135,0	166,4	233,5	401,9	331,3
კუთხით წილი სახელმწიფო განვითარებულ ეკონომიკურ შემთხვევაში	6,0	3,4	3,8	3,0	5,3	4,7	3,6	4,4	4,5	4,4	6,2	8,8	6,1
საქ. საქართველოს განვითარებულ ეკონომიკურ შემთხვევაში	100,0	100,0	100,0	150,0	600,0	600,0	200,0	400,0	400,0	500,0	1200,0	0,0	1300,0
კუთხით წილი 2010–100 %	0,46	0,39	0,37	0,52	1,93	1,77	0,56	0,98	0,9	1,02	2,44	0,0	1,8
საქ. საქართველოს განვითარებულ ეკონომიკურ შემთხვევაში	1213,8	754,3	946,0	718,0	1036,0	1010,0	1075,0	1192,7	1586,8	1686,1	1867,3	5278,9	3052,2
ზორავარი, 2010–100 %	100,0	62,2	78,0	59,2	85,4	83,2	88,6	114,8	130,8	138,9	153,9	455,0	251,5
კუთხით წილი განვითარებულ ეკონომიკურ შემთხვევაში	5,57	2,96	3,48	2,5	3,33	3,86	3,0	3,42	3,56	3,42	3,79	8,8	4,23
საქ. საქართველოს განვითარებულ ეკონომიკურ შემთხვევაში	1313,5	854,3	1046,0	868,0	1636,0	1610,0	1275,0	1727,7	1986,8	2186,0	3067,3	5278,9	4352,2
ზორავარი, 2010–100 %	100,0	65,0	79,6	66,1	124,6	122,6	97,1	116,5	135,0	166,4	233,5	401,9	331,3
კუთხით წილი სახელმწიფო განვითარებულ ეკონომიკურ შემთხვევაში	6,0	3,4	3,8	3,0	5,3	4,7	3,6	4,4	4,5	4,4	6,2	8,8	6,1
საქ. საქართველოს													

აღნიშნულის გათვალისწინებით მეტად უარყოფით შეფასებას იმსახურებს ქვეყანაში შექმნილი სიტუაცია, რომლის პირობებშიც ვერ ხერხდება 1996 წლიდან (ე. ი. საქართველოს სახელმწიფო ბიუჯეტის შესახებ პირველი წლიური კანონის მიღებიდან) დღემდე ქვეყნის მთლიანი შიდა პროდუქტის როგორც დინამიკის, ისე მისი რაოდენობის საბიუჯეტო პარამეტრებთან თანაფარდობის დადგენა.

საქმე ისაა, რომ საქართველოს სტატისტიკის ეროვნული სამსახურის მიერ 2019 წელს ამოქმედებულმა ეროვნულ ანგარიშთა 2008 წლის სისტემის (SNA 2008) მეთოდოლოგიამ და მასზე დაყრდნობით ქვეყნის მთლიანი შიდა პროდუქტის რაოდენობის მხოლოდ 2010 წლის ჩათვლით გადაანგარიშებამ\* შეუძლებელი გახდა ძველი სისტემით (SNA 1993) გამოთვლილი 1996–2009 წლების მონაცემების ახალი მეთოდოლოგიით გაანგარიშებულ 2010 წლისა და შემდგომი პერიოდის მონაცემებთან შედარება [1].

იმ ფაქტის გათვალისწინებით, რომ მთელი რიგი მაკროეკონომიკური პარამეტრების (მათ შორის საბიუჯეტო დეფიციტის, სახელმწიფო ვალისა და სხვ.) სრუალფასოვანი ანალიზისათვის თავისთავად საჭიროა მთლიანი შიდა პროდუქტის მათი თანაფარდობის დადგენა, საქართველოს სტატისტიკის ეროვნულმა სამსახურმა პირველი რიგის გადაუდებელ ამოცანად უნდა დაისახოს შექმნილი სიტუაციის დროულად გამოსწორება.

არსებული რეალობდან გამომდინარე, სიტუაციის გამოსწორებამდე წინამდებარე ნაშრომში, მთელი რიგი მაკროეკონომიკური (მათ შორის საბიუჯეტო) პარამეტრების დინამიკა 1996–2022 წლების ნაცვლად მხოლოდ 2010–2022 წლების მიხედვით არის შეფასებული (ცხრილი 1).

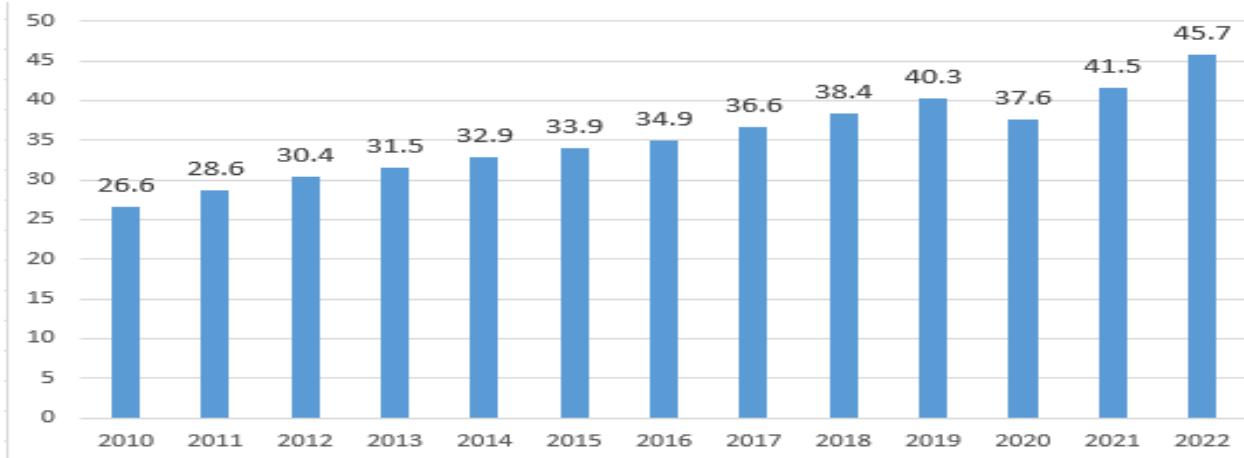
## ძირითადი ნაწილი

წარმოდგენილი ცხრილის მონაცემები ცხადყოფს, რომ 2022 წლის ბოლოსათვის მიმდინარე ფასებში გამოხატული და ეროვნულ ანგარიშთა (SNA 1993) სისტემით გაანგარიშებული ქვეყნის მთლიანი შიდა პროდუქტის რაოდენობა 2010 წლის ანალოგიურ პარამეტრთან შედარებით 50 000,0 მლნ ლარით, ანუ 229,4 %-ით არის გაზრდილი, რაც ერთი შეხედვით უაღრესად პოზიტიურ ტენდენციად შეიძლება ჩაითვალოს. თუმცა, თუ მხედველობაში იქნება მიღებული ის გარემოება, რომ 2010–2022 წლებში საქართველოს სახელმწიფო ვალის ზღვრული მოცულობა ბევრად მაღალი ტემპით (291,5 %-ით) არის გაზრდილი, ხოლო სამომხმარებლო ფასების ინდექსის ზრდა 75,7 %-ს უტოლდება, მაშინ მთლიანი შიდა პროდუქტის ნომინალური ზრდის აღნიშნული მონაცემი ნაკლებად შთამბეჭდავი აღმოჩნდება.

საქმე ისაა, რომ 2010 წლიდან 2023 წლამდე 25 676,5 მლრდ ლარით გაზრდილი სახელმწიფო ვალის, დაუშვათ, გზების მშენებლობისათვის გამოყენება, დამატებული დირებულების გადასახადის სახით თითქმის 9,24 %-ით გაზრდიდა ინფლაციის ზემოქმედებით 75,7 %-ით გაზრდილ ნომინალური მთლიანი შიდა პროდუქტის რაოდენობას. ამდენად, სახელმწიფო ვალის ზრდისა და ინფლაციის არარსებობა მნიშვნელოვნად შეამცირებდა ნომინალური მთლიანი შიდა პროდუქტის 229,4 %-ით ზდის 1-ლი ცხრილით წარმოდგენილ მონაცემს.

აღნიშნულს ადასტურებს ნახაზე წარმოდგენილი დიაგრამა, რომლის მიხედვით 2010–2022 წლებში ქვეყნის რეალური მთლიანი შიდა პროდუქტის ზრდის მაჩვენებელი 19,1 მლრდ ლარის, ანუ მხოლოდ 71,8 %-ის დონეზე ფიქსირდება და მნიშვნელოვნად ჩამორჩება 1-ლ ცხრილში წარმოდგენილ პარამეტრს.

\* სტატისტიკის ეროვნული სამსახურის მიერ ახალი (SNA 2008) სისტემით გადაანგარიშებული მშპის რაოდენობის 2010 წლის ჩათვლით გამოქვეყნებულ მონაცემებში სულ მცირე 3,7 %-ით (2012 წელი) გაიზარდა 2010–2018 წლების ქვეყნის მთლიანი შიდა პროდუქტის ფოველწლიური მაჩვენებლი.



მთლიანი შიდა პროდუქტი 2015 წლის ფასების მიხედვით (მლრდ ლარი) [3] (დიაგრამა შედგენილია მთლიანი შიდა პროდუქტის შესახებ საქართველოს სტატისტიკის ეროვნული სამსახურის ვებ-გვერდზე განთავსებულ მონაცემებზე დაყრდნობით.  
<https://www.geostat.ge/ka/modules/categories/23/mtliani-shida-produkti-mshp>)

ზემოაღნიშნულის მიუხედავად, თუ მხედველობაში მივიღებთ საანგარიშო პერიოდში მსოფლიო პანდემიის (COVID-19) უარყოფით ზეგავლენას ქვეყნის ეკონომიკაზე, მთლიანი შიდა პროდუქტის ზრდის მიღწეული დონე საკმაოდ პოზიტიურ სიდიდედ შეიძლება იქნეს შეფასებული.

ჩვენი აზრით, ასევე დადებით შეფასებას იმსახურებს ამავე პერიოდში საქართველოს სახელმწიფო ბიუჯეტის შემოსავლების 9 372,2 მლნ ლარით, ხოლო საგადასახადო შემოსავლების 9 041,7 მლნ ლარით (ანუ, შესაბამისად, 180,6 და 206,3 %-ით) ზრდა და, რაც განსაკუთრებით საყურადღებოა, მათი ზრდის მაჩვენებლის, სახელმწიფო ბიუჯეტის ხარჯების ზრდის მაჩვენებელზე (8 939,0 მლნ ლარი, 163,2 %) ბევრად მაღალი ანტიინფლაციური ტემპის არსებობა.

ზემოაღნიშნული პოზიტიური ტენდენციების პარალელურად 1-ლ ცხრილში წარმოდგენილ მონაცემთა შორის ასევე იკვეთება მეტად არასასურველი ტენდენციები, კერძოდ:

- საქართველოს სახელმწიფო ვალის ზღვრული მაჩვენებლის 25 676,5 მლნ ლარით, ანუ 291,5 %-ით ზრდა. მათ შორის სახელმწიფო საშიანაო ვალია 5 317,4 მლნ ლარი (304,2 %) და სახელმწიფო საგარეო ვალი – 20 359,1 მლნ ლარი (288,3 %);
- 2010–2022 წლებში სახელმწიფო ვალის ზრდის მაჩვენებლის (291,5 %) ამავე პერიოდის ნომინალური მთლიანი შიდა პროდუქტის ზრდის მაჩვენებელთან (229,4 %) შედარებით ბევრად უფრო მაღალი ტემპი;
- 2022 წლისათვის საქართველოს სახელმწიფო ბიუჯეტის ვალდებულებების ზრდის, ანუ ქვეყნის მიერ მხოლოდ ერთი, კერძოდ 2022, წლის განმავლობაში აღებული ვალის, 2010 წლის ანალოგიურ მაჩვენებელთან შედარებით 3 038,7 მლნ ლარით, ანუ 231,3 %-ით ზრდის ფაქტისა და მისი რაოდენობის ქვეყნის მთლიანი შიდა პროდუქტის რაოდენობასთან თანაფარდობის მეტად მაღალ (6,1 %-ის) დონეზე არსებობა.

წარმოდგენილ არასასურველ პარამეტრებს შორის უფრო მეტ ყურადღებას იმსახურებს სახელმწიფო ბიუჯეტის ვალდებულებების კლება.

საქმე ისაა, რომ 2022 წლისათვის აღნიშნული პარამეტრის წლიურმა მაჩვენებელმა 1037,6 მლნ ლარით, ანუ 520,4 %-ით გადააჭარბა 2010 წლის ანალოგიურ მაჩვენებელმა.

მაგალითად, მისი შემადგენელი ნაწილის – საგარეო ვალის მომსახურებისათვის განკუთვნილი 2022 წლის საბიუჯეტო ასიგნებები 1 058,3 მლნ ლარით, ანუ 781,6 %-ით აღემატება 2010 წლის ანალოგიურ პარამეტრს.

საგარეო ვალდებულებების კლების, ანუ ქვეყნის მიერ ადრე ადებული საგარეო ვალების ყოველწლიური მომსახურებისათვის განკუთვნილი საბიუჯეტო ასიგნებების ზრდით განპირობებული ქვეყნის მწირი საბიუჯეტო შესაძლებლობების: „სოციალურ-ეკონომიკური პრობლემების მოგვარების სანაცვლოდ, საგარეო ვალების გადახდისათვის გამოყენების არასასურველ რეალობას განსაკუთრებულ სიმძიმეს მატებს ის გარემოება, რომ აღნიშნული თანხების ქვეყნის გარეთ (ვალების დასაფარად) გადაგზავნამდე უცხოურ ვალუტაში კონვერტირება ზრდის უცხოურ ვალუტაზე ქვეყანაში არსებულ ერთობლივ მოთხოვნას, რაც დამატებით იმპულსს აძლევს ეროვნული ვალუტის კურსის გაუფასურებას და ამ პროცესით განპირობებულ მნიშვნელოვან ეკონომიკურ პრობლემებს...“ [4].

ადრე ადებული საგარეო ვალების მომსახურებისათვის განკუთვნილი საბიუჯეტო სახსრების ქვეყნის გარეთ სულ უფრო მზარდი რაოდენობით გადინების ნეგატიურ რეალობას საგრძნობლად ართულებს უკრაინაში მიმდინარე საომარი მოქმედებები, რადგან მოსალოდნელია ამ ვითარებით გამოწვეული საქართველოსა და ანალოგიურ მდგომარეობაში მყოფი ქვეყნებისათვის საერთაშორისო ფინანსური დახმარებების (გრანტები, შედავათიანი სესხები და სხვ.) შემცირება.

აღნიშნულის გათვალისწინებით სადღეისოდ უდიდეს მნიშვნელობას იძენს ქვეყნის საერთაშორისო (განსაკუთრებით სავალუტო) რეზერვების როგორც მობილზების, ისე სათანადო დონეზე შენარჩუნების პრობლემა და ამ პრობლემის გადაჭრისათვის საგარეო სავაჭრო დეფიციტის შემცირების აუცილებლობა.

მე-2 ცხრილის მონაცემები ცხადყოფს, რომ 2021 წლისათვის ქვეყნიდან განხორციელებილი ექსპორტის რაოდენობა 2010 წელთან შედარებით 152,9 %-ით არის გაზრდილი, რაც ბევრად აღმატება იმავე პერიოდში ქვეყანაში იმპორტირებული საქონლის რაოდენობის 92,1 %-ით ზრდის მაჩვენებელს.

აღნიშნული უდავოდ იმსახურებს დადებით შეფასებას, თუმცა, გასათვალისწინებელია ის გარემოება, რომ 2010–2022 წლებში საგრძნობლად იყო გაუარესებული ეროვნული ვალუტის გაცვლითი კურსი (ცხრილი 2), რაც ექსპორტის გაიაფების პარალელურად იმპორტის გადვირებას ასტიმულირებდა. აკეთ შევნიშნავთ, რომ მე-2 ცხრილში წარმოდგენილი უარყოფითი სავაჭრო სალდოს შემცირების ტენდენცია ძნელია საკითხის მოგვარების მყარ გარანტიად იქნეს მიჩნეული.

როგორც ცნობილია, დადებითი სავაჭრო სალდოს ფორმირება ძირითადად ქვეყნის ეკონომიკური პოტენციალის მაქსიმალური ჩართულობით და არა გარკვეული პერიოდულობით განვითარებული საშინაო თუ საგარეო ტენდენციების ხარჯზე უნდა მიიღწეოდეს. აღნიშნულთან ერთად, თუ მსედველობაში იქნება მიღებული ის გარემოება, რომ საგარეო საქონელბრუნვის მაჩვენებლები ქვეყნის საერთაშორისო რეზერვების ფორმირების პარალელურად შრომის საერთაშორისო განაწილებაში ქვეყნის მნიშვნელობის ზრდის მასტიმულირებელი ბერკეტის როლსაც შეასრულებს, ცხადია მე-2 ცხრილში წარმოდგენილი საგარეო საქონელბრუნვის სტრუქტურის ამსახული მაჩვენებლების შესწავლა უაღრესად აქტუალურ საკითხად იქნება მიჩნეული.

## ცხრილი 2

**საქართველოს ექსპორტ-იმპორტისა და ძირითადი საექსპორტო საქონლის  
დინამიკა და მათი თანაფარდობა მშპ-თან (ზღვა აშშ დოლარი)\* [5]**

წლები	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	ჯამი
ექსპორტი ზრდა/კლება 2010=100 %	1677,5 100,0	2186,7 130,4	2376,2 141,7	2909,5 173,4	2861,0 170,6	2 204,2 1 314	2117,1 126,2	2745,7 163,7	3379,7 201,5	3798,4 226,4	3344,5 199,4	4242,7 252,9	33843,2 -
იმპორტი ზრდა/კლება 2010=100 %	5257,1 100	7038,4 133,9	8036,9 152,9	8011,6 155,4	8601,8 163,6	304,2 138,9	7341,9 139,6	8057,1 153,3	9361,4 178,1	9519,5 181,1	8053,8 153,2	10099,8 192,1	96683,5 -
სალაშვილო ზრდა/კლება 2010=100 %	-3579,7 100,0	-4851,7 135,5	-5660,7 158,1	-5102,1 142,5	-5740,8 160,4	-5100,0 142,5	-5224,7 146,0	-5311,4 148,4	-5981,7 167,1	-5721,1 159,8	-4709,4 131,6	-5857,1 163,6	-62840,3 -
დარის გაცვლითი კურსი აშშ დოლარი/ევრო	1,7826 2,3644	1,6860 2,3473	1,6513 2,1232	1,6634 2,2094	1,7659 2,3462	2,2702 2,5204	2,3667 2,6172	2,5086 2,8322	2,5345 2,9913	2,8192 3,1553	3,1093 3,5519	3,2209 3,8140	-
მსუბუქი ატომობილები 2010=100 % კუთხით წილი მთლიან ექსპორტში	227,4 100,0	450,3 198,0	587,3 258,3	703,8 309,5	517,8 227,7	179,6 79,0	166,6 73,3	244,6 98,8	428,6 188,5	732,8 322,3	404,1 177,7	456,6 200,8	5099,5 -
გურმინის ნატურ. ლინიო 2010=100 % კუთხით წილი მთლიან ექსპორტში	41,1 100,0	54,1 131,6	64,8 157,7	128,3 312,2	180,4 438,9	95,8 233,1	113,5 276,2	171,4 417,0	196,9 479,1	222,8 542,1	210,3 511,7	239,3 713,6	1718,7 -
გადაღი ასალი/გამხარი 2010=100 % კუთხით წილი მთლიან ექსპორტში	75,1 100,0	130,1 173,2	183,7 244,6	166,7 222,0	183,4 244,2	176,6 235,2	179,7 239,3	83,2 110,8	69,5 92,5	66,9 89,1	94,1 125,3	118,4 157,7	1527,7 -
კოლიი სპირტი, სპირტიანი ლინიობი 2010=100 % კუთხით წილი მთლიან ექსპორტში	3,3 3,3	3,1 3,4	3,4 3,4	3,3 3,3	2,9 4,3	4,3 4,6	4,2 3,8	5,8 3,8	5,9 3,4	6,3 4,0	5,6 3,7	5,08 3,62	
მინერალური წყლები 2010=100 % კუთხით წილი მთლიან ექსპორტში	36,9 100,0	47,6 129,0	59,4 161,0	106,9 289,7	137,1 371,5	82,2 222,8	79,8 216,3	95,8 259,6	118,3 320,6	133,5 361,8	116,6 316,0	141,8 384,3	1155,9 -
სასული-სამურნეო პროდუქცია ჯამი 2010=100 % კუთხით წილი მთლიან ექსპორტში	208,8 12,44	299,7 13,7	387,9 16,3	501,7 17,2	596,1 20,8	419,5 19,0	464,9 22,0	477,1 17,4	513,4 15,2	550,6 14,5	553,3 16,5	655,2 15,4	5628,5 16,63

\* ცხრილი შედგენილია საქართველოს სტატისტიკის ეროვნული სამსახურის გამოცემის “საქართველოს სტატისტიკური წელიწლების” 21-ე თავის მონაცემებზე დაყრდნობით.

[https://www.geostat.ge/media/50652/Yearbook\\_2022.pdf](https://www.geostat.ge/media/50652/Yearbook_2022.pdf)

მე-2 ცხრილის მონაცემებით, 2010–2021 წლებში ქვეყნიდან განხორციელებული ექსპორტის საერთო რაოდენობაში პირველ აღგილზე მსუბუქი ავტომობილების ექსპორტი ფიქსირდება. აღნიშნულის შედეგად იკვეთება ის კურიოზული რეალობა, რომლის პირობებშიც ბოლო თორმეტი წლის განმავლობაში საქართველოდან განხორციელებული ყოველწლიური ექსპორტის მოცულობაში სხვა ქვეყნებში წარმოებული საქონლის (მსუბუქი ავტომობილების) წილი მნიშვნელოვნად აღემატება საქართველოს ეკონომიკის ტრადიციული დარგის მიერ წარმოებული საქონლის (ყურძნის ნატურალური და სპირტიანი ლინიების, მინერალური წყლებისა და კაბლის) ექსპორტს. ხოლო აღნიშნული სასოფლო-სამეურნეო პროდუქციის ექსპორტის ჯამური მაჩვენებელი მხოლოდ უმნიშვნელოდ, 1,56 %-ით აღემატება ამავე პერიოდში ავტომობილების ექსპორტის (რეექსპორტის) მაჩვენებელს.

საბაზრო ურთიერთობებისა და თავისუფალი მეწარმეობის საყოველთად აღიარებული პრინციპების გათვალისწინებით შექმნილი სიტუაცია, ერთი შეხედვით, შეიძლება სრულიად ნორმალურად ჩაითვალოს, რადგან ფულად-სასაქონლო ურთიერთობის ხასიათსა და სტრუქტურას მკვდევართა მოსაზრებები და სახელისუფლებო დირექტივები კი არა, არამედ ობიექტურად მოქმედი ეკონომიკური კანონები უნდა განსაზღვრავდეს.

მიუხედავად ამისა, თუ მხედველობაში იქნება მიღებული ბოლო პერიოდის მსოფლიო ფინანსური სტაგნაცია-კრიზისებისა (მათ შორის 2008 წლის) და პანდემის შედეგების სალიკვიდაციოდ საერთაშორისო ფინანსური ინსტიტუტებისა და პრაქტიკულად ყველა

ქვეყნის მთავრობის მიერ ეკონომიკური პროცესების სტიმულირებისათვის განხორციელებული დონისძიებები, მაშინ, რა თქმა უნდა, საქართველოს ეკონომიკის ტრადიციული დარგის – სოფლის მეურნეობის მხარდაჭერის აუცილებლობაც უაღრესად აქტუალურ და სრულიად მართებულ სახელმწიფოებრივ ამოცანად იქნება მიჩნეული.

საქართველოში სოფლის მეურნეობის დარგის განვითარების მხარდაჭერას განსაკუთრებულ დატვირთვას მატებს მე-3 ცხრილში წარმოდგენილი მონაცემები, რომელთა შესაბამისად 2010–2022 წლებში მცირებიშიან, ტარადიციულად აგრარულ ქვეყანაში სასოფლო-სამეურნეო კულტურების ნაოქსი ფართობები 44,9 ათასი ჰა-თი, ანუ 17,5 %-ით, ხოლო სოფლის მეურნეობის წილი მთლიან შიდა პროდუქტში 9,6 %-დან 7,4 %-მდეა შემცირებული, რაც, თავის მხრივ, სასურსათო პროდუქციის იმპორტის ზრდის აუცილებლობისა და, აქედან გამოდინარე, უცხოური ვალუტის ქვეყნიდან გადინების მეტად არასასურველი პროცესის კიდევ უფრო დამამდიმებელი ფაქტორია.

ასე რომ, მე-3 ცხრილში ასახულ პრობლემათა სირთულეს სოფლად მცხოვრები მოსახლეობის რაოდენობის კლების ის უმძიმესი რეალობა განაპირობებს, რომლის შესაბამისად 2021 წლის ბოლოსათვის 2010 წელთან შედარებით საქართველოს სოფლის მოსახლეობის რიცხოვნობა 573,1 ათასი კაცით, ანუ 27,5 %-ით არის შემცირებული.

### ცხრილი 3

#### საქართველოს სოფლის მოსახლეობის, სასოფლო-სამეურნეო კულტურების ნაოქსი ფართობებისა და სიღარიბის ზღვარს ქვემოთ მყოფი მოსახლეობის დინამიკა\* [6]

წლები	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
სოფლის მოსახლეობა (ათასი კაცი)	2086,0	2098,0	2106,0	2073,0	2079,0	1586,3	1577,1	1564,5	1554,8	1539,1	1522,4	1512,9
ზრდა/კლება 2010=100 %	100,0	100,5	101,0	99,4	99,7	76,0	75,6	75,0	74,5	73,8	73,0	72,5
სოფლის მოსახლეობის წილი ქვეყნის მოსახლეობაში ზრდა/კლება 2010=100 %	47,0	46,9	46,8	46,2	46,3	42,6	42,3	42,0	41,7	41,3	41,0	40,6
100	99,8	99,6	98,3	98,5	98,5	90,6	90,0	89,4	88,7	87,9	87,2	86,4
სასოფლო-სამეურნეო კულტურების ნაოქსი ფართობები (ათასი ჰა) ზრდა/კლება 2010=100 %	256,7	262,4	259,6	310,7	274,9	263,7	240,0	220,3	207,1	203,0	209,9	211,8
100	102,2	101,1	121,0	107,1	102,7	93,5	85,8	80,7	79,1	81,8	82,5	82,5
სოფლის მეურნეობის წილი მშპ-ზე	9,6	10,3	9,2	9,6	9,6	8,8	8,3	7,2	7,8	7,4	8,3	7,4
სოფლის ზღვარს ქვემოთ მყოფი მოსახლეობის წილი სოფლად	-	35,6	35,0	33,4	29,4	26,4	27,4	26,6	23,1	23,7	27,5	21,3

\* ცხრილი შედებილია საქართველოს სტატისტიკის ეროვნული სამსახურის ყოველწლიური პუბლიკაციის: “საქართველოს სტატისტიკური წელიწდებულის” მე-4 და მე-12 თავებისა და საქართველოს სტატისტიკის ეროვნული სამსახურის ყოველწლიური პუბლიკაციის: “საქართველოს სოფლის მეურნეობა” მონაცემებზე დაყრდნობით.

[https://www.geostat.ge/media/50652/Yearbook\\_2022.pdf](https://www.geostat.ge/media/50652/Yearbook_2022.pdf); ასევე

<https://www.geostat.ge/ka/single-categories/102/sakartvelos-sofis-meurneoba>

აღსანიშნავია, რომ შექმნილი სიტუაცია, ალბათ, ეპოქალური მნიშვნელობის პრობლემად უნდა იყოს მიჩნეული, რადგან ქართული სოფელი და მისი მკვიდრი მოსხლეობა ეროვნული თვითმყოფადობის ისტორიულ გარანტიას წარმოადგენს. ამდენად მდგომარეობის გამოსწორება დღეს ქვეყნის ხელისუფლების უმთავრესი ამოცანაა.

საქართველოს სოფლისა და სოფლად მცხოვრები მოსახლეობის პრობლების დაძლევისათვის უადრესად მნიშვნელოვანია მათი სიღრმისეული შესწავლა. ჩვენი აზრით, მეტად საყურადღებოა მოსაზრება, რომლის შესაბამისად: “მცირე საწარმოო პოტენციალის მქონე ინდიკირულურ გლეხურ მეურნეობებში ასევე მცირე სასაქონლო პარტიებით წარმოქმდი სასოფლო-სამეურნეო პროდუქცია ვერ უზრუნველყოფს მისი წარმოების, ტრანს-

პორტირებისა და რეალიზების პროცესთან დაკავშირებულ ხარჯებს. რაც ქმნის სიტუაციას, რომლის პირობებშიც ინდივიდუალურ გლეხეურ მეურნეობებში წარმოებული პროდუქცია კარგის ქვეყნის სამომხმარებლო ბაზარზე მოხვედრის ეკონომიკურ მოტივაციას“[7].

ეს მოსაზრება, ფიქრობთ, ზედმიწევნით ასახავს საქართველოს სოფლის მეურნეობაში შექმნილი პრობლემების სპეციფიკას. აღნიშნულის გათვალისწინებით ქართული სოფლის სტიმულირების სახელისუფლებო ძალისხმევა უნდა კონცენტრირდებოდეს მცირე ზომის საკარმიდამო გლეხეური მეურნეობების პრობლემებზე და არ უნდა ემსახურებოდეს ქართული სოფლის სადღეისო რეალობაში გამონაკლისის სახით არსებული მაღალი ეკონომიკური პოტენციალის მქონე იმ პირების ინტერესებს, რომლებზეც აქცენტირდება სახელმწიფო პროგრამის („აწარმოე საქართველოში“) ძირითადი დებულებები.

საქმე ისაა, რომ ამ პროგრამით გათვალისწინებული სულ მცირე 600 000 აშშ დოლარის ეკვივალენტი სესხის აღება და ამ სესხზე თუნდაც სუფსიდირების შედეგად 12 ათას აშშ დოლარამდე შემცირებული ყოველწლიური სარგებლის გადახდა წარმოუდგენელია სიღარიბის ზღვარს ქვემოთ მყოფი საქართველოს სოფლის მოსახლეობის აბსოლუტური უმრავლესობისათვის (ცხრილი 3).

საქართველოს სოფლის მცხოვრები მოსახლეობის წინაშე არსებული პრობლემების დაძლევას, სამწუხაროდ, ვერც საქართველოს მთავრობის 2015 წლის 12 თებერვლის №56 დადგენილებით დამტკიცებული „დანერგე მომავალის“ პროგრამით, ვერც აშშ-ის საერთაშორისო განვითარების სააგენტოს (USAID) პროექტებით გათვალისწინებული დახმარებები და ვერც საქართველოს საგადასახადო კოდექსით დაწესებული შედავათები უზრუნველყოფს.

## დასკვნა

ზემოაღნიშნულიდან გამომდინარე, საქართველოს სოფლის მეურნეობის სტიმულირების ღონისძიებები აქცენტირებული უნდა იყოს სასოფლო-სამეურნეო პროდუქციის მცირე სასაქონლო პარტიებით წარმოებასა და საკარმიდამო გლეხეური მეურნეობების ეკონომიკური საქმიანობის გააქტიურებაზე. ამის გათვალისწინებით, ზემოთ ჩამოთვლილი პროგრამებისა და საგადასახადო შედავათების შენარჩუნების პარალელურად მიზანშეწონილი იქნება სასოფლო-სამეურნეო პროდუქციის წარმოების ზრდის უმნიშვნელოვანესი წინაპირობის – პროდუქციის გადამამუშავებელი საწარმოების სტიმულირების პროცესის – სრულყოფა, რაც გულისხმობს შერჩევითობის პრინციპზე დაფუძნებული საბიუჯეტო ონადაფინანსების სადღეისო პრაქტიკის სასოფლო-სამეურნეო პროდუქციის ყველა გადამამუშავებელი საწარმოსათვის ხელმისაწვდომი შედავათიანი საგადასახადო რეჟიმით ჩანაცვლებას. ამან უნდა უზრუნველყოს სასოფლო-სამეურნეო პროდუქციის გადამამუშავებელი საწარმოების უმთავრესი პრობლემის წარმოების მცირე მასშტაბებით განპირობებული პროდუქციის მაღალი თვითდირებულების შემცირება.

ყოველივე ზემოთქმულის გათვალისწინებით მიზანშეწონილად მიგვაჩნია აგილობრივი სასოფლო-სამეურნეო ნედლეულის გადამუშავების შედეგად მიღებული პროდუქციის დამატებული დირებულების გადასახადის არსებულისაგან განსხვავებული, შემცირებული განაკვეთით დაბეგვრის რეჟიმის ამოქმედება.

თუ მხედველობაში იქნება მიღებული ის გარემოება, რომ კვების პროდუქტების დამატებული დირებულების დიფერენცირებული (შედავათიანი) განაკვეთით დაბეგვრის რეჟიმი ფართო გამოყებას პოვებს ევროკავშირის მრავალ ქვეყანაში (ცხრილი 4), წარმოდგენილი მოსაზრება საგსებით ლოგიკურად შეიძლება ჩაითვალოს, რადგან სხვა მოთხოვნებთან ერთად იგი სრულად აქმაყოფილებს საგადასახადო კანონმდებლობის ცვლილებების ერთ-ერთ უმთავრეს წინაპირობად მიჩნეულ ეგროკავშირის კანონმდებლობასთან შესაბამისობის პრინციპს.

**დამატებული ღირებულების გადასახადის განაკვეთები  
ევროკავშირის ზოგიერთ ქვეყნაში\* [8-9]**

ქვეყანა	დღგ-ის სტან- დარტული განაკვეთი	დღგ-ის შემცირებული განაკვეთი 1	დღგ-ის შემცირებული განაკვეთი 2	დღგ-ის „სუპერ“ შემცირებული განაკვეთი
აგსტრია	20 %	10 % – კვების პროდუქტები;	13 % – სასოფლო-სამეურ- ნეო საქონელი; საკუთარი წარმოების დვინო	–
ბელგია	21 %	6 %	12 % – ზოგიერთი კვების პროდუქტი; კაფე-რესტორ- ნები; სასოფლო-სამეურ- ნეო საქონელი;	
ბულგარეთი	20 %	9 % – სარესტორნო მომსახურება, ბავშვთა კვება		
გერმანია	19 %	7 % – კვების პროდუქტები		
დანია	25 %	–	–	0 % – ბორგზე კვება
ესპანეთი	21 %	10 % და 4 % – კვების პროდუქტები		0 %
ირლანდია	23 %	9 % – 13,5 % – დღგ-ის დროებითი შემცირება ზოგიერთ კვების პროდუქტზე		
იტალია	22 %	10 %, 5 %, 4 % – ზოგიერთ კვების პროდუქტზე	5 % – 4 %	0 %
კვიპროსი	19 %	5 % – 9 % – საზოგადოებრივი კვება, კვების პროდუქტები		0 %
ლატვია	21 %	12 % – ჩილების კვების პროდუქტები	5 % საკუთარი წარმოების ხილი და ბოსტნეული	0 %
ლუქსემბურგი	17 %	14 %-8 %-3 % – ლინო; კვების პროდუქტები და ა.შ.		0 %
მალტა	18 %	5 %	7%	0 % კვების პროდუქტების უმეტესობა; ცოცხალი ცხოველები
ნიდერლანდები	21 %	9 % კვების ოგიერთი პროდუქტი		0 %
პოლონეთი	23 %	5 % და 8 % – პროდუქტები, ეგზოტიკური ხილი, ყავა.		0 %
პორტუგალია	23 %	6 %-13%-ლინო; სასოფლო-სამეურნეო ინსტრუ- მენტ; სოფლის მეურნეობისათვის განკუთ დიზენის საწვავი; პროდუქტ და ხვა.		0 %
რუმინეთი	19 %	5 %-9 % – დღგ ცალკეული კვების პროდუ- ქტებისათვის		0 %
საბერძნეთი	24 %	6 %-13 % – კვების პროდუქტები; ყავა; სასოფლო- სამეურნეო საქონელი		0 %
საფრანგეთი	20 %	10 %-5,5 %-2,1 % – კვების პროდუქტები	დღგ-ით არ იძეგრება	
სლოვაქეთი	20 %	10 % – კვების პროდუქტები		0 %
სლოვენია	22 %	9,5 %-5% – კვების პროდუქტები; წყლი		0 %
უნგრეთი	27 %	5 %	18 % – ზოგიერთი კვების პროდუქტი; სადილის მიზანა	0 %

ფინეთი	24 %	10 %	14 % – კვების პროდუქტები	0 %
შვედეთი	25 %	6 % – 12 % – უალკოჰოლო სასმელები; სადილის მიტანა		0 %
ჩეხეთის რეს- პუბლიკა	21 %	15 %-10 % – როლუქტები; უალკოჰოლო სასმე- ლები; სადილის მიტანა		0 %
ხორვატია	25 %	5 %-10 % – კვების პროდუქტების უმეტესობა		დღგ-ით არ იძეგრება

\* ცხრილი შედგენილია ინტერნეტ წყაროების: VAT News Find out what the 2023 VAT rates are in EU countries <https://www.eurofiscalis.com/en/vat-rates-in-eu/> Interesthttps://  
და LOBAL VAT COMPLIANCE & FILING SERVICES მონაცემებზე დაყრდნობით.

შემოთავაზებული მოსაზრებების ფართო განხილვის ლოგიკურობას კიდევ უფრო ამჟარებს იმ პრეცედენტული ფაქტის არსებობა, რომ საქართველოს საგადასახადო კო-დექსის 172-ე მუხლის მე-4 ნაწილის „ვ“ ქვეპუნქტით საქართველოში მთლიანად წარმო-ებული (მხოლოდ რამდენიმე სასაქონლო კოდით გათვალისწინებული) საქონლის სამრე-წელო გადამუშავების შედეგად მიღებული პროდუქტი დამატებული დირექტულების გადა-სახადით დაბეგვრის მეტად შედავათიან რეჟიმს ექვემდებარება.

საგადასახადო შედავათების არეალის გაფართოების შესახებ მოსაზრება ეკონომისტ-თა გარკვეული ნაწილის მიერ შესაძლებელია უარყოფითად იქნეს შეფასებული, რადგან მისი ამოქმედება პირველ ეტაპზე (დიდი ალბათობით) საბიუჯეტო შემოსავლების შემცი-რებას გამოიწვევს.

ჩვენთვის აბსოლუტურად გასაგებია მსგავსი მიდგომის ლოგიკა, თუმცა ქვეყნის სოფლის მეურნეობის სტიმულირების აუცილებლობის გათვალისწინებით მიზანშეწონი-ლად მიგვაჩნია ამ საკითხის განხილვა.

საქმე ისაა, რომ წარმოდგენილი ცვლილებების ამოქმედების პირველი ეტაპისათვის მოსალოდნელი საბიუჯეტო დანაკარგების თუნდაც ნაწილობრივი კომპენსირება მოკლე-ვადიან პერიოდში სავსებით შესაძლებელია სახელმწიფო ბიუჯეტის არაეფექტური და სხვა საბიუჯეტო ასიგნებებთან დუბლირების დატვირთვის მატარებელი ხარჯების შეკვეცის გზით, ხოლო დღგ-ის შედავათიანი განაკვეთის ამოქმედების შედეგად სასოფლო-სამეურნეო პროდუქციის სარეალიზაციო ფასის შემცირებით განპირობებული წარმოებული პროდუქ-ციის რეალიზაციის ზრდის ტენდენცია საშუალო და გრძელვადიან პერიოდში გარანტი-რებულად უზრუნველყოფს პირველ ეტაპზე მოსალოდნელი საბიუჯეტო დანაკარგების კომპენსირებას.

## ლიტერატურა – REFERENCES

- დ. ჭელიძე, საქართველოს მნიშვნელოვანი მაკროეკონომიკური (მათ შორის საბიუჯეტო) პარამეტრების დინამიკა, არსებული პრობლემები და მათი დაძლევის ზოგიერთი მიმართულება (იხ. პროფესორ გიორგი პაპავას დაბადებიდან 100 წლისთვისადმი მიძღვნილი საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენციის მასალები).
- [https://analytics.nbg.gov.ge/views/CPI\\_DataTable\\_GEO/CPI\\_2010avg100?iframe](https://analytics.nbg.gov.ge/views/CPI_DataTable_GEO/CPI_2010avg100?iframe)  
[https://www.mof.ge/saxelmwifo\\_biujeti\\_wlebis\\_mixedvit5](https://www.mof.ge/saxelmwifo_biujeti_wlebis_mixedvit5)
- <https://www.geostat.ge/ka/modules/categories/23/mtlianishida-produkti-mshp>
- ა. ხუციშვილი, ლ. ჭელიძე, დ. ჭელიძე. საქართველოს სახელმწიფო ვალის დინამიკა და მართვის თავისებურებები. აღმოსავლეთ ევროპის უნივერსიტეტი, სამეცნიერო შრო-მების კრებული, 2019. - 28 გვ.

5. [https://www.geostat.ge/media/50652/Yearbook\\_2022.pdf](https://www.geostat.ge/media/50652/Yearbook_2022.pdf)
6. [https://www.geostat.ge/media/50652/Yearbook\\_2022.pdf](https://www.geostat.ge/media/50652/Yearbook_2022.pdf); ასევე  
<https://www.geostat.ge/ka/single-categories/102/sakartvelos-soflis-meurneoba>
7. პ. გიორგაშვილი, დ. ჭელიძე. საგადასახადო კანონმდებლობა, როგორც სოფლის მეურნეობის განვითარების მასტიმულირებელი ფაქტორი//ქ. ბიზნეს ინჟინერინგი, №2, 2013, გვ. 204-205.
8. VAT News Find out what the 2023 VAT rates are in EU countries <https://www.eurofiscalis.com/en/vat-rates-in-eu/> Interest <https://www.globalvatcompliance.com/globalvatnews/vat-rates-in-europe-2021/ed> in VAT compliance? Contact GVC.
9. LOBAL VAT COMPLIANCE & FILING SERVICES [www.globalvatcompliance.com/](http://www.globalvatcompliance.com/)
10. საქართველოს კანონი „საქართველოს საგადასახადო კოდექსი“, 17 სექტემბერი, 2010.
11. საქართველოს მთავრობის 2014 წლის 30 მაისის №365 დადგენილება „აწარმოე საქართველოში“ სახელმწიფო პროგრამის დამტკიცების შესახებ.
12. საქართველოს მთავრობის 2015 წლის 12 თებერვლის №56 დადგენილება „დანერგე მომავალი“ სახელმწიფო პროგრამის დამტკიცების შესახებ.

## ECONOMICS

### ONE OF THE DIRECTIONS OF ECONOMIC (INCLUDING FOOD) SECURITY GROWTH OF GEORGIA

**L. Chelidze, D. Chelidze**

(Saint Andrew the First-Called Georgian University of the Patriarchate of Georgia)

**Resume.** This analysis encompasses the examination of several critical macroeconomic parameters concerning Georgia, encompassing the Gross Domestic Product (GDP) and pertinent budgetary aspects. It also delves into the dynamics of the export-import landscape, highlighting the primary commodities involved in this economic activity. Additionally, the study investigates the evolving trends in cultivated agricultural areas and their impact on the rural population of Georgia. In light of these findings, this paper advances arguments pertaining to the imperative need for enhancing the precision of GDP accounting in the nation, the necessity of equilibrium between the escalating outflows of foreign currency in the form of budgetary allocations for servicing foreign obligations, and the promotion of the traditional agricultural sector within the economy.

Recommendations are proffered herein to address a prominent issue encountered by homestead farms, namely the challenges associated with the sale of agricultural products generated in limited quantities. These recommendations advocate for implementation of a favorable taxation framework for products manufactured using locally sourced raw materials, entailing a reduced rate of value-added tax.

**Keywords:** agricultural product; leading domestic product; value added tax.

## თბოცვლის სამი მექანიზმის სრაცლების ახლაში მეთოდია

ევტიხი მაჭავარიანი, მაია ჯიხვაძე, ნათია ქსოვრელი, ლევან რობაქიძე  
(საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი)

**რეზიუმე:** განხილულია კონდუქტიის, კონვექციის და რადიაციის მექანიზმებით სითბოს გადაცემის პროცესებისა და თბოგადაცემის ინტენსივიკაციის შესაძლებლობათა სწავლების ახლებური მეთოდიკა, რომელიც მკვეთრად აუმჯობესებს სტუდენტების მიერ თბოცვლის პროცესების შესწავლისა და დამახსოვრების ხარისხს.

მეთოდიკა დაფუძნებულია ნივთიერებათა მყარი, თხევადი და აირადი მდგომარეობების მოლებულურ-კინეტიკურ თეორიაზე.

**საკვანძო სიტყვები:** თბოგადაცემის ინტენსივიკაცია; თბოგამტარობა; თბოცვლა; თბური გამოსხივება; კონვექცია.

### შესავალი

ერთი სხეულიდან მეორეზე სითბური ენერგიის გადაცემის პროცესი ფაქტობრივად ყველაზე გავრცელებული და მუდმივად მიმდინარე პროცესია ბუნებაში. ამის ნათელი და-დასტურებაა, მაგალითად, სითბოს გადაცემა მზიდან დედამიწაზე, დედამიწის სიღრმიდან – ზედაპირისკენ, ატმოსფეროსა და ოკეანის განსაკუთრებით ცხელი არეებიდან – შედარებით ციფრი არეებისაკენ და სხვ.

არანაკლებ გავრცელებულია თბოგადაცემის პროცესი ტექნიკის თითქმის ყველა დარგში მიმდინარე ტექნოლოგიურ პროცესებში. ამის საყოველთაოდ ცნობილი მაგალითებია ელექტროენერგიის წარმოება თბო- და ატომურ ელექტროსადგურებში, ყველა ენერგოგამომყენებელი აპარატურისა თუ მოწყობილობის გაცივების სისტემები, ლითონდამმუშავებელი საკმაოდ დიდი ზომის ჩარხებით დაწყებული და კომპიუტერული ტექნიკისა და მობილური ტელეუზონების მიკროსქემებით დამთავრებული. რომ ადარაფერი ვთქვათ, თბოგადაცემის პროცესების ფართო გავრცელებაზე ყოფა-ცხოვრებასა (გათბობა და ჰაერის კონდიცირება) და კვების მრეწველობაში (საკვები პროდუქტების თბური დამუშავება), შედიცინაში (დისტილაცია და სტერილიზაცია) და სხვ.

სითბური ენერგიის გადაცემის პროცესებში მნიშვნელოვანი ადგილი უკავია დროის ხანგრძლივობას, რომლის განმავლობაშიც მიმდინარეობს თბოგადაცემის პროცესი. ზოგ შემთვევაში აუცილებელია, რომ აღნიშნული პროცესი სწრაფად მიმდინარეობდეს, ზოგჯერ კი, პირიქით, ამ პროცესის მიმდინარეობის დროის გახანგრძლივებაა აუცილებელი.

აღნიშნულიდან გამომდინარე, ცხადია, რომ სითბოგადაცემის პროცესების კანონზომიერებათა ზოგადი ცოდნა პრაქტიკულად ყველა ადამიანისთვისაა სასარგებლო, მაგრამ მათთვის ვინც თბო- და ატომური ენერგეტიკის, კვების მრეწველობის, ჰაერის გათბობა-კონდიცირებისა და სხვა თბური პროცესების გამომყენებელ სფეროებში მუშაობენ, უბრალოდ აუცილებელია ამის ცოდნა.

აღნიშნული პროცესების კვალიფიციური ცოდნა ევალება საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ენერგეტიკის ფაკულტეტის ყველა სტუდენტს და განსაკუთრებით ამავე ფაკულტეტის თბოენერგეტიკული დანადგარებისა და ენერგიის არატრადიციული წყაროების დეპარტამენტის კურსდამთავრებულებს.

სწორედ ამ მიზანს ემსახურება ის საკითხები, რომლებიც ქვემოთად წარმოდგენილი.

## ძირითადი ნაწილი

ერთი სხეულიდან მეორეზე სითბოს გადაცემის მექანიზმები. სამყაროში, ერთი სხეულიდან ან ერთი ადგილიდან მეორეზე სითბური ენერგიის გადაცემის სამი მექანიზმი არსებობს:

- სითბური ენერგიის გადაცემა ნებისმიერ აგრეგატულ მდგომარეობაში მყოფი სხეულების თბოგამტარობით;
- სითბური ენერგიის გადაცემა თხევად ან აირად მდგომარეობაში მყოფი სხეულების კონვექციური მოძრაობით;
- სითბური ენერგიის გადაცემა მაღალი ტემპერატურის მქონე ნებისმიერი სხეულიდან ადძრული გამოსხივებით, რომელსაც შთანთქავს დაბალი ტემპერატურის მქონე ნებისმიერი სხეული.

თბოგადაცემის ნებისმიერ როგორც ქართულ, ისე უცხოურ სასწავლო კურსებში ეს მექანიზმები განიხილება ცალ-ცალკე, თავიანთ მახასიათებელ სიდიდეებთან და საკმაოდ დიდი მოცულობის მქონე საანგარიშო განტოლებებთან, მათ შორის დიფერენციალურ განტოლებებთან ერთად.

ჩვენ მიერ დამუშავებული ახლებური მეთოდიკით თავიდანვე ერთად განვიხილავთ სამივე მექანიზმს.

**1. თბოგამტარობა.** კარგად ვიცით, რომ ყველა ნივთიერება და სხეული შედგება მოლეკულებისაგან, რომლებიც მუდმივ მოძრაობაშია. ვიცით აგრეთვე ისიც, რომ მოლეკულების ენერგია დამოკიდებულია სხეულის ტემპერატურაზე; ამასთან, მაღალი ტემპერატურის მქონე სხეულის მოლეკულები უფრო ენერგიულია, რაც გამოიხატება მათი რევის უფრო დიდ ამპლიტუდაში და მოძრაობის უფრო მეტ სიჩქარეში. ვთქვათ, გვაქვს სხვადასხვა ტემპერატურის მქონე ორი სხეული და მათ შორის მოვათაგსეთ მათი საშუალო ტემპერატურის მქონე რაიმე მესამე მყარი სხეული, რომლის ზედაპირის ერთი ნაწილი ეხება უფრო მაღალი ტემპერატურის მქონე სხეულს და, მეორე, საპირისპირო ზედაპირის რაიმე ნაწილი კი – უფრო დაბალი ტემპერატურის მქონე მეორე სხეულს. მაშინ ურთიერთშეხებაში მყოფ ზედაპირებზე განლაგებული სხვადასხვა ტემპერატურის, ანუ სხვადასხვა ენერგიის მქონე მოლეკულების ურთიერთშეჯახებისას (უფრო სწორად, გრავიტაციული ზემოქმედებისას) ცხელი სხეულის მოლეკულები კარგავს ენერგიის გარკვეულ რაოდენობას, რომელსაც იღებს მათთან დაკონტაქტებული შუალედური, მესამე სხეულის მოლეკულები. ეს უკანასკნელი მიღებული ენერგიის ნაწილს გადასცემს მათ შიგა მეზობლებს, ისინი კი – უფრო სიღრმეში მყოფებს და ა. შ. სითბური ენერგიის გარკვეული რაოდენობა ვრცელდება შუალედური სხეულის სიღრმეში და აღწევს მეორე, ცივ სხეულთან არსებულ საკონტაქტო ზედაპირამდე, სადაც განლაგებული მოლეკულები მიღებულ ენერგიას უკვე მეორე, ცივი სხეულის მოლეკულებს გადასცემს. ანუ სხვადასხვა ტემპერატურის მქონე სხეულებს შორის რაიმე მესამე სხეულის მოთავსებისას სითბური ენერგიის გარკვეული ნაწილი იცვლის თავის ადგილმდებარეობას და ცხელი სხეულიდან გადადის ცივ სხეულში.

თბური ენერგიის გადაადგილების ამ პროცესს თბოგამტარობა ეწოდება, რადგან ამ გადაადგილების შემსრულებლებმა, ანუ მესამე, საკონტაქტო სეჟულის მოლეკულებმა შეინარჩუნა თავიანთი ადგილმდებარეობა ამ სეჟულში და მოახდინა მხოლოდ სითბური ენერგიის გადაადგილება, ანუ გაატარა სითბო.

თბოგამტარობის მექანიზმის გაგების გამარტივებისათვის მოვიყვანო ყოფა-ცხოვრებიდან აღებულ ერთ-ერთ მაგალითს (რაც უთუოდ ყველას აქვს ნანახი), თუ როგორ გადაადგილებენ ერთ მწკრივში და ერთ ადგილზე მდგარი ადამიანები სხვადასხვა საგნებს (ვთქათ, საზამთროს ან საამშენებლო ბლოკებს) ურთიერთგადაცემით, ანუ ერთ შეარეს მდგარ მეზობელს გამოართმევენ და მეორე შეარეს მდგარ მეზობელს გადასცემენ. ნივთების გადამტანი ადამიანები ადგილზე დგანან და მხოლოდ ირხევიან სითბური ენერგიის გადამცემი მოლეკულებივით. ნივთებმა კი გამოიცვალა ადგილი, ანუ მოხდა მათი გატარება (გადატანა) ერთი ადგილიდან მეორეზე.

სწორედ სითბური ენერგიის გადატანის ამდაგვარ პროცესს ეწოდება თბოგამტარობა.

**2. კონვექციური თბოგადაცემა.** ფიზიკის კურსიდან ცნობილია, რომ მოლეკულების დიდი ჯგუფების მიმართული მოძრაობა ხდება მხოლოდ თხევად და აირად აგრეგატულ მდგომარეობაში მყოფ ნივთიერებებში. ამგვარ მოძრაობებს აქვს ორი გამომწვევი მიზეზი. ერთ-ერთი ამ მიზეზებიდან წარმოადგენს მოცემული თხევადი ან აირადი ნივთიერების სხვადასხვა არეს შორის არსებულ წნევათა სხვაობას. სწორედ ამ მიზეზის გამო წარმოიქმნება ქარები დედამიწის არმოსფეროში და დინებები მსოფლიო ოკეანეში.

აირებისა და სითხეების მოძრაობის წარმომქმნელი მეორე მიზეზია მათ მოცულობაში არსებული სხვადასხვა არის ტემპერატურათა სხვაობა. ადსანიშნავია, რომ ყველა ნივთიერების სიმკვრივე დამოკიდებულია მის ტემპერატურაზე ერთული გამონაკლისის (კერძოდ, წყლის) გარდა, ტემპერატურის მატებით სიმკვრივე კლებულობს. ანუ ერთ მოცულობაში (ჭურჭელში) მყოფი ერთი და იგივე თხევადი ან აირადი სხეულის შედარებით მაღალი ტემპერატურის მქონე არეები.

ზემოაღნიშნულიდან გამომდინარე, როცა სითხე ან აირი ცხელ და ცივ სეჟულებს შორისაა, მაშინ ცხელ სეჟულთან შეხებაში მყოფი მისი ნაწილი თბება და მსუბუქდება, ცივ სეჟულთან შეხებაში ნყოფი ნაწილი კი – ცივდება და მძიმდება. აქედან გამომდინარე, ცხადია, რომ მსუბუქი არეები იწყებს მოძრაობას ვერტიკალურად ზევით, ხოლო მძიმე არეები – ვერტილალურად ქვევით და, თუ სითხის ან აირის საერთო მოცულობის განივი ზომა უზრუნველყოფს აღმავალი და დაღმავალი ნაკადების ურთიერთდამოუკიდებელ სამოძრაო გზების არსებობას, ჩამოყალიბდება ცხელი სეჟულიდან ცივ სეჟულზე სითბოს გადაცემის კონვექციური პროცესი, რასაც კონვექციური თბოგადაცემა ეწოდება.

საინტერესოა თბოგადაცემის ეს მექანიზმიც (ზემოთ განხილული თბოგამტარობის მსგავსად) შევადაროთ ადამიანების მიერ გარკვეული საგნების ერთი ადგილიდან მეორე ადგილზე გადატანის ყოფა-ცხოვრებიდან აღებულ მეორე მეთოდს (რაც აგრეთვე უთუოდ ყველას აქვს ნანახი). ადამიანები იღებენ გარკვეულ საგნებს ერთი ადგილიდან და მიაქვთ მეორე ადგილამდე, სადაც დებენ მიტანილ ნივთს და უკან ბრუნდებიან შემდეგი ნივთის ასაღებად. ცხადია, ერთმანეთს რომ ხელი არ შეუშალონ, ამიტომ გადასატანი საგნებით მოძრავი ადამიანების საგალი გზა სევა უნდა იყოს და უკან, საგნების ასაღებად დაბრუნებული ადამიანების საგალი გზა – სევა. ხოლო იმ შემთხვევაში, თუ სამოძრაო არე იმდენად ვიწროა, რომ ორი მიმართულებით მოძრაობა შეუძლებელია, მაშინ ადამიანები ერთ მწკრივში ჩადგებიან და ზემოთ განხილული მაგალითის მსგავსად საგნებს ერთმანეთს გადააწოდებენ და ისე გადაადგილებენ. სწორედ ასეთი სიტუაციაა შენობათა ფანჯრებში ორმაგი მინების არსებობის შემთხვევაში. მინების ურთიერთდამორება, ანუ მათ შორის მანძილი იმდენად

მცირება, რომ ოთახის მხარეს არსებული მინის გარე ზედაპირთან გამთბარი ჰაერი, რომლის სიმკვრივე გათბობის გამო შემცირდა, ზევით ვერ ადის, ისევე, როგორც გარე მინის შიგა ზედაპირთან გაცივებული ჰაერი ვერ მოძრაობს ქვევით. ეს ნაკადები უბრალოდ ვერ წარმოიქმნება სივიწროვის გამო და ამიტომ ჰაერი ორმაგ მინებს შორის ფაქტობრივად უძრავია. მოძრაობის ამგვარად შეზღუდვის გამო ჰაერის მოლეკულებს რჩება მარტო ერთი საშუალება. კერძოდ, შიგა მინასთან უფრო ახლოს მყოფმა და შემთბარმა მოლეკულებმა სითბური ენერგია უნდა მეზობელს გადასცეს ზუსტად ისე, როგორც თბოგამტარობის შემთხვევაში. ვინაიდან ჰაერი ძალიან ცუდი თბოგამტარია, ოთახიდან სითბოს გადინებაც მკვეთრად შემცირებულია.

**3. თბური გამოსხივება.** თბოგადაცემის ამ მექნიზმის განმარტებისათვის ჯერ მოვიშევლიებო საგნების, მაგალითად საზამთროების, ერთი ადგილიდან მეორეზე გადატანის კიდევ ერთ მეთოდს. ადამიანები იყოფიან ორ ჯგუფად და ერთი ჯგუფის წევრები, რომლებიც საზამთროების გროვასთან დაკანან, იღებენ სათითაოდ საზამთროებს და ტყორცნიან მეორე ჯგუფის წევრებისაკენ, რომლებიც იჭერენ მათ და ახალ ადგილას ათავსებენ. ასეთი მეთოდიც ბევრს ექნება პირადად ნანახი.

რა ხდება თბური გამოსხივებით სითბოს გადაცემის შემთხვევაში? ფიზიკის კურსიდან ყველასათვის ცნობილია, რომ ნებისმიერი სხეული, უფრო სწორად ნებისმიერი სხეულის მოლეკულები, რომელთა ტემპერატურა განსხვავდება აბსოლუტური ნულისაგან, ასხივებს ელექტრომაგნიტურ ტალღებს, რომლებსაც, რასაკვირველია, გარკვეული ენერგია აქვს და ამ ენერგიის სიდიდე დამოკიდებულია სხეულის ტემპერატურაზე. გარდა ამისა, ვიცით აგრეთვე, რომ, თუ რაიმე სხეულის ზედაპირს ეცემა გარკვეული სისტმისა და ტალღის სიგრძის ელექტრომაგნიტური გამოსხივება, ზედაპირზე მყოფი მოლეკულები შთანთქავს ამ ტალღების ენერგიას, რის გამოც დასხივებული სხეულის ტემპერატურა მოიმატებს. სწორედ ეს პროცესი გახლავთ სითბოს გადაცემის მესამე მექანიზმი, ანუ თბოგადაცემა თბური გამოსხივებით.

სტუდენტების მიერ თბური გამოსხივების საფუძვლიანი შემეცნებისათვის საჭიროა, რომ მათ მონაწილეობა მიიღონ ერთი, სრულიად მარტივი, ექსპერიმენტის ჩატარებაში: საკუთარი ხელის გული უნდა მიიტანონ თავისი ლოფის სიახლოვეს (დაახლოებით 5–10 მმ მანძილზე) ისე, რომ ლოფას არ მიედოს და დაუკვირდნენ, თუ რას შეიგრძნობენ როგორც ხელის გულზე, ისე ლოფაზე. ცხადია, ისინი ორივე ზედაპირზე საკმარისად დამაჯერებლად იგრძნობენ შეთბობას და დარწმუნდებიან სითბოგადაცემის თბური გამოსხივების მექანიზმის არსებობაში სულ რაღაც  $37^{\circ}\text{C}$  ტემპერატურის ქქონე სხეულზე, რის შემდეგაც სრულიად ზედმეტია საუბარი მზიდან გამოტყორცნილი ენერგიის დედამიწაზე დაცემისა და დედამიწის მიერ მისი შთანთქმის და გათბობის თაობაზე.

## დასკვნა

ზემოთ წარმოდგენილი საკითხების განხილვისა და თბოცვლის სამი მექანიზმის შესწავლისას ნივთიერებათა მოლეკულურ აგებულებაზე დამყარებული მეთოდიკით ახსნის საფუძველზე სტუდენტები კარგად იმახსოვრებენ თბოგამტარობის, კონვექციური თბოცვლის და თბური გამოსხივების პროცესების პრაქტიკული მიმდინარეობის პირობებს, მათ ფიზიკურ შინაარსებს.

აქედან გამომდინარე, ცხადია, ყოველივე ზემოაღნიშნული მნიშვნელოვნად ეხმარება სტუდენტებს ამ მექანიზმების მახასიათებელი სიდიდეების გაგება-დამახსოვრებაში და პრაქტიკული ამოცანების თეორიული გაანგარიშების მეთოდების შესწავლაში.

**A NEW METHOD OF TEACHING THE THREE MECHANISMS OF HEAT EXCHANGE**

**E. Machavariani, M. Jikhvadze, N. Ksovreli, L. Robakidze**

(Georgian Technical University)

**Resume.** A new method of teaching heat transfer processes and the possibilities of heat transfer intensification by conduction, convection and radiation mechanisms is discussed, which dramatically improves the quality of learning and memorization of heat exchange processes by students.

The methodology is based on the molecular-kinetic theory of solid, liquid and gas states of substances.

**Keywords:** heat exchange; heat transfer intensification; thermal conductivity; thermal radiation convection.

ჩაღალდსაცუძღვიანი ხელნაზერების პლეგა რენტგენოფლუორუსცენციური ანალიზატორით (სირიული და უბრაზლი ხელნაზერების მაგალითზე [Sir-3; Herb-45])

**ასმათ გვაზავა, რევაზ კლდიაშვილი, ნოდარ ფოფორაძე**

(პ. კაპელიძის სახელობის საქართველოს ხელნაწერთა ეროვნული ცენტრი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი)

**რეზიუმე:** თანამედროვე სამყაროში ტექნოლოგიების განვითარება მეცნიერების ყველა დარგზე აისახება და გამონაკლისს არც ქიმია წარმოადგენს. განვითარების მაჩვენებელი თავს იხენს ყველა იმ სფეროში, სადაც ქიმიური პროცესები მნიშვნელოვან როლს ასრულებს როგორც მაკროსკოპულ, ისე მიკროსკოპულ დონეზე. ამ თვალსაზრისით განსაკუთრებულია კულტურული მემკვიდრეობის მოვლის, შენახვისა თუ გადარჩენის საკითხი; უფრო ზუსტად, წიგნის კონსერვაცია-რესტავრაცია და მთელი ის პროცესი, რაც ერთეულმა (ექსპონატმა) განვლო მასალის შექმნიდან დღემდე. ქიმიის როლი კიდევ უფრო იზრდება მაშინ, როდესაც წერილობითი მემკვიდრეობის ეს უმნიშვნელოვანები ერთეულები დაბერებას განიცდის და დროთა განმავლობაში მათი დაზიანების პერები იზრდება, რაც თავისთავად ექსპონატის განადგურების საშიშროებას ქმნის. ასეთ დროს, ანუ ერთეულების შესწავლისა და მათი გადარჩენის გზაზე შეუფასებელია კოგნიტიური ცოდნა, შესასწავლი ნივთიერებისა და ინფორმაციის გადამუშავების ხერხი და კვლევის თანამედროვე მეთოდები.

**საკვანძო სიტყვები:** თანამედროვე კვლევის მეთოდები; კონსერვაცია-რესტავრაცია; ხელნაწერი მემკვიდრეობა; XRF EDX 3600B.

### შესავალი

ხელნაწერების კონსერვაცია-რესტავრაციის სფეროში დღეს განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია თანამედროვე კვლევის მეთოდების დანერგვა. სწორედ ამ მიზნით პ. კაპელიძის სახელობის საქართველოს ხელნაწერთა ეროვნული ცენტრის კონსერვაცია-რესტავრაციის სამეცნიერო ლაბორატორიისა და საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის გემოლოგიისა და მინერალურ ნივთიერებათა კვლევის, დიაგნოსტიკისა და გადამუშავების რესპუბლიკური ცენტრის ლაბორატორიის ურთიერთანაბრმლობით განხორციელდა კვლევა, რომლის მიზანი ცენტრის კოლექციებში დაცული ხელნაწერების შესწავლა იყო. მსგავს კვლევებს უდავოდ დიდი მნიშვნელობა აქვს მატერიალურ-კულტურული მემკვიდრეობის მოვლა-შენახვისა და მათი არსებობის გახანგრძლივებისათვის. ამ პროცესში განუზომელია კონსერვაციის, ქიმიისა და ბიოლოგიის ლაბორატორიების მიერ ჩატარებული შედარებითი კვლევების როლი. ზოგიერთი დიაგნოსტიკური ანალიზის შედეგების ინტერპრეტაციის სირთულე მიუთითებს სხვადასხვა კომპეტენციას შორის მჭიდრო თანამშრომლობის აუცილებლობაზე, ვინაიდან ხშირად მხოლოდ ცოდნის კომპლექსური განსაზღვრავს ახალი აღმოჩენების შესაძლებლობას.

უპირობოდ მნიშვნელოვანია ექსპონატების კონსერვაცია-რესტავრაციის დროს მათზე გარემო პირობებით გამოწვეული ქიმიური ზემოქმედების შესწავლა და უველა ის პროცესი, რასაც რესტავრატორი წარმართავს ამა თუ იმ დაზიანებული ერთეულის მთლიანობის აღსაღენად ან მისი არსებული მდგომარეობის შესანარჩუნებლად. ეს პროცესები გარკვეული თანმიმდევრობით ხორციელდება. პირველი და უმთავრესია ერთეულის მდგომარეობის შესწავლა მისი ვიზუალური დათვალიერებით და ლაბორატორიული კვლევების საფუძველზე. ამ დროს რესტავრატორს გამოცდილებასთან ერთად სჭირდება თანამედროვე კვლევის მეთოდების გამოყენება, რაც შესწავლის პროცესს კიდევ უფრო მნიშვნელოვანს ხდის.

ადსანიშნავია, რომ მიკროორგანიზმები (არაორგანული იქნება, თუ ორგანული), რომლებიც შეიძლება აღმოჩნილ იქნეს შესასწავლი ხელნაწერებისა და დოკუმენტების პერგამენტში, ცელულოზის ბოჭკოებში, მელანსა თუ ჭუქუში, შესაძლოა მნიშვნელოვანი ინფორმაციის მატარებელი იყოს ამ მასალის წარმოების შესახებ. გარდა ამისა, მსგავსი კვლევები ინფორმაციას იძლევა უძველესი დოკუმენტების, მათი წარსული პერიძეების ან მათში შემავალი მასალების დაბერების, დაზიანების ან განადგურების მიზეზების შესახებ. დიაგნოსტიკური ან არქეოლოგიური მნიშვნელობის მქონე მიკრომეტრულ ობიექტებსა და სტრუქტურებზე კრიტიკული დაკვირვების შედეგები ზოგჯერ შესაძლოა გასაკვირიც კი აღმოჩნდეს. მაგალითად, ის, რომ ზოგიერთ ქიმიურ კომპონენტს, რომელიც, ჩვეულებრივ, მასალების ან მელნის წარმოებას მიეკუთვნება, შეიძლება კონკრეტული ხასიათი ან ბუნება ჰქონდეს და, თუ მისი სწორად გააზრება არ მოხდება, შესაძლებელია არასწორი დასკვნების გაკეთების მიზეზიც გახდეს.

ადსანიშნავია ის ფაქტი, რომ დიდი ინტერესის მიუხედავად რთულია კვლევის ისეთი მეთოდის შერჩევა, რომელსაც ფართო სპეციალის მაჩვენებლის მოცემა შეუძლია, მაგრამ არ გამოიწვევს ერთეულის დაზიანებას განსაკუთრებით მაშინ, როდესაც საკითხი ისტორიულ ძეგლებს ან მატერიალურ კულტურულ მემკვიდრეობას ეხება. ამ შემთხვევაში სირთულე მდგომარეობს არა მარტო კვლევის წარმოების, არამედ საკვლევი მასალის, ანუ ნიმუშის აღების პროცესშიც, რადგან ხშირად თავად ხელნაწერის გადაადგილებაა დაუშვებელი. ასევე დაუშვებელია მთელი ნაწილიდან სალებავის, მელნის, ტყავის ან თავად ფურცლის ფრაგმენტის მოცილება. რეკომენდებული არ არის ერთეულზე ქიმიური ხსნარების გამოყენება ან მექანიკური ზემოქმედება და სხვა ნებისმიერი კვლევის არაინვაზიური მეთოდი, რამაც შესაძლოა შეცვალოს მასალის სტრუქტურა ან ორიგინალის ავთენტურობა. ამასთან, ის, როგორ მკვლევრისათვის არის საინტერესო, დაუშვებელია ხელნაწერისათვის. თუმცა, ესოდენ რთული საკითხები კიდევ უფრო ზრდის თანამედროვე კვლევითი მეთოდების მიმართ ინტერესს. ამის თვალსაჩინო მაგალითია კ. კეკელიძის სახელობის საქართველოს ხელნაწერთა ეროვნული ცენტრის კონსერვაცია-რესტავრაციის სამეცნიერო ლაბორატორიის მიერ არჩეული კურსი, რომელიც მოიცავს თანამედროვე კვლევითი მეთოდების დანერგვას და ფართოდ გამოყენებას ხელნაწერების კონსერვაცია-რესტავრაციის სფეროში. აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ ერთ-ერთი ასეთი კვლევა უკვე ჩატარდა, რომლის მიზანიც ქართულ ხელნაწერებზი მელნის სტრუქტურის შესწავლა იყო. კვლევა განხორციელდა თანამედროვე კვლევის მეთოდების, მასკანირებელი ელექტრომიკროსკოპის, ზონდური და ძალოვანი მიკროსკოპების გამოყენებით. ამ ტაბზე კვლევის არეალი გაიზარდა და შესწავლილ იქნა XIV საუკუნის ეტრატის, XVIII საუკუნის ებრაული ხელნაწერის ქადალდის, XIX საუკინის ხელნაწერის ფურცლისა და ყდის ქსოვილის ნიმუშები. კვლევა საკმაოდ მასშტაბური და მრავალფეროვანი აღმოჩნდა. წინამდებარე ნაშრომში მირითადი აქცენტი ქადალდასაფუძვლიანი ერთგულების კვლევის შედეგებს დაეთმო. თუმცა უშუალოდ კვლევით ნაწილზე გადასვლამდე მოკლედა მიმოხილული ქადალდის დამზადების ტექნოლოგიის ტექნიკა.

საინტერესოა ის ფაქტი, თუ რა საშუალებებით ხდებოდა ამა თუ იმ მასალის შექმნა, რადგან კვლევის შედეგები პირდაპირ უკავშირდებოდა მისი დამზადების პროცესს იმ თვალსაზრისით, რომ მიღებული შედეგების გაანალიზების დროს საჭირო გახდა ერთმანეთისაგან გამიჯნულიყო ის ქიმიური ელემენტები, რომლებიც ბუნებრივად (ანუ დამზადების პროცესში გამოყენებული სსნარებისა თუ თავად ნედლეულის სტრუქტურიდან გამომდინარე) შეიძლება მოხვედრილიყო მასალაში, ან კიდევ ისინი, რომლებიც საუკუნეების განმავლობაში გარემო პირობებით გამოწვეული ეკოლოგიური დაბინძურებისა თუ დასნებოვნების შედეგად ან სხვა მიზეზით გამზინულად ან შემთხვევით აღმოჩნდა მასალის ზედაპირსა თუ სტრუქტურაში.

საყოველთაოდ ცნობილია, რომ სამწიგნობრო ისტორიაში ეტრატის საწერი მასალა საუკუნეების განმავლობაში ინარჩუნებდა მონოპოლიას. თუმცა დროთა განმავლობაში დასაწერ ფურცლებზე მოთხოვნის ზრდასთან ერთად საჭირო გახდა მისი სხვა მასალით ჩანაცვლება რამდენიმე მიზეზის გამო. ერთ-ერთია, მაგალითად, უამრავი რაოდენობით ცხოველის ტყავის საჭიროება (ერთი ხელნაწერისათვის საკმარისი ეტრატის ფურცლების დასამზადებლად, ათეულობით ცხოველური ტყავი იყო საჭირო), ხოლო თავად ეტრატის დამზადების პროცედურები გარკვეულ ცოდნასა და ოსტატობას მოითხოვდა; ამასთან, ყოველივე ეს საკმაოდ დიდ სარჯებთან იყო დაკავშირებული. სწორედ ამან შეუწყო ხელი ქადალდის გეოგრაფიულ გავრცელებას, რადგანაც იგი წლების განმავლობაში ეტრატის საწერ მასალასთან ერთად თანაარსებობდა. მართალია, ქადალდის საბაზისო მასალას მცენარეული ნედლეული წარმოადგენდა და მოსაყვანადაც შედარებით ადგილი და ხელმისაწვდომი იყო, მაგრამ მისი დამზადების ტექნოლოგიის სირთულე ბევრად არ ჩამოუვარდებოდა ეტრატისას.

ივარაუდება, რომ ქადალდი წარმოიშვა ჩინეთში II საუკუნეში, როგორც აბრეშუმის ალტერნატიული საწერი მასალა. ხოლო ევროპაში მისი გავრცელება XII საუკუნიდან იწყება. ქადალდი ეს არის თხელი ფურცელი, რომელიც, ჩვეულებრივ, ხისა და სხვა ლიგნოცელულოზური მასალებისაგან (ბამბა, ბრინჯი, ხორბლის ჩალა და სხვ.) მზადდება.

ნამდვილი ქადალდი წარმოადგენს ბოჭკოსაგან მიღებულ თხელ ფურცლებს, რომელთა მაცერირება<sup>1</sup> ხდება მანამ, სანამ ბოჭკო თითოეულ ცალკეულ ძაფებად არ განცალკევდება. ეტრატისაგან განსხვავებით, ქადალდის დამზადების პროცესი დღემდე უწყვეტ რეჟიმში მიმდინარეობს და ის მხოლოდ მცირედით წაგავს მისი შექმნის პერიოდში მიღებულ ტექნოლოგიებს, რადგან ქარხნულ სისტემაში მოექცა და დიდ ინდუსტრიად იქცა.

შეუ საუკუნეებში ხელნაკეთი ქადალდი მზადდებოდა განზავებული ბამბის ბოჭკოსგან. დამზადების პროცესში ბოჭკოები ერწყმოდა წყალს, თხელი ფაფისებრი მასალიდან ბოჭკო საცრის მსგავსი დაფის გამოყენებით ამოჰქონდათ ზედაპირზე და ბაზაზე დალექილი ქრქალი ბოჭკოს ფენა ფურცლის საწყისად ითვლებოდა, ხოლო გადახლართული ბოჭკოს თხელი ფენა გაშრობისა და ზედაპირის დამუშავების შემდეგ უკვე ქადალდს წარმოადგენდა. ხელნაკეთი ქადალდის ნედლეული იმთავითვე მრავალფეროვნებით გამოირჩეოდა. მაგალითად, ქადალდის დასამზადებლად შეეძლოთ გამოეყენებინათ მცენარეული ბოჭკოები, ფოთლები, მოლიანი მცენარეები, ყლორტები, ყვავილები, ფურცლები, მცენარეული თესლი, ქსოვილის ნაჭრები, სიმინდის სტიგმები, ბანანის რბილობი და სხვა ბოჭკოვანი მასალები.

როგორც უკვე აღვნიშნეთ, თავდაპირველად ქადალდი ჩინეთში გამოიგონეს და ჩინელები საუკუნეების განმავლობაში ცდილობდნენ ამ საიდუმლო რეცეპტის დაცვას, თუმცა გავრცელება მაინც მოხდა და მომდევნო საუკუნეებში ქადალდის წარმოების პროცესი მუდმივად იცვეწებოდა აზიელების, არაბებისა და ევროპელების მიერ. საბოლოოდ ქადალდის წარმოებამ

<sup>1</sup> მაცერაცია (ლათ. macero – ვარბილებ, ვალბობ) – უჯრედშორისი ნივთიერების დაშლის შედეგად ქსოვილთა უჯრედების ერთმანეთისაგან განცალკევება. ცხოველური ქსოვილების მაცერაცია ხდება მათი წყალთან ხანგრძლივი შეხებით [გ. გოგიაძე, ა. გედენიძე, ჯ. ჭუმბურიძე; რედ.: ხოდარ ჭიჭინაძე, ალექსანდრე ქორელი]. თბ.: მერიდიანი, 2009. - 496 გვ.].

განვითარების ისეთ ეტაპს მიაღწია, რომ ქარხნულ წარმოებად იქცა და უკვე XV საუკუნის ბოლოს პირველი ქაღალდის ქარხნებიც გაჩნდა პოლონეთის ტერიტორიაზე. 1799 წელი შეიძლება მივიჩნიოთ გარდვევად ქაღალდის ისტორიაში, რადგან მსოფლიოში პირველი ქაღალდის მანქანა სწორედ მაშინ გამოიგონეს საფრანგეთში.

## ძირითადი ნაწილი

სელნაწერების შესწავლისას ქაღალდთან ერთად უმნიშვნელოვანესია საწერი მასალის ქიმიური შედეგენილობის კვლევა.

ქაღალდიც და პერგამენტიც ცვლადი პროცენტით შეიცავს არაორგანულ ნაერთებს. ეს შეიძლება გამოწვეული იყოს წარმოების პროცესებით, მინერალების ან მინარევების დამატების შედეგად მიღებული მარილებით, აგრეთვე ლითონებით, კერძოდ, სპილენძითა (Cu) და რკინით (Fe) დამზადებული მელნისა და პიგმენტების გამოყენებასთან დაკავშირებული მინერალური ნაერთებით (მაგალითად, აურიპიგმენტი<sup>12</sup>, ცინაბარი<sup>3</sup>, ტყვიის თეთრა<sup>4</sup> და სხვ). ორგანულ მატრიცაში ჩაშენებული მინერალების არსებობამ ქაღალდისა და ეტრატის ზედაპირზე შეიძლება განაპირობოს ლაქებიანი მიკროგარემოს შექმნა, სადაც ლოკალიზებული ქიმიური რეაქციების შედეგად ჩნდება არასასურველი გაუფერულების ან დაზიანების კომპლექსური დიაპაზონი. ასეთ შემთხვევაში რთულია მსგავსი საკითხების ანალიზი და მართვა. ქაღალდის ან პერგამენტის მასალებისათვის პოტენციურად საზიანო მინერალური ნაერთების არსებობის დადგენა შესაძლებელია სხვადასხვა კვლევითი მეთოდით, რადგან გარკვეული მინერალების ბუნება და წარმოშობა, ისევე როგორც მათი დისპერსიის ხარისხი ორგანულ მატრიცაში, შეიძლება შესაფასებლად რთული

იყოს და ზოგჯერ არსებობს იმის ალბათობაც, რომ ეს სირთულე მცდარი დასკვნების გამოტანის საფუძველიც კი გახდეს.

აღსანიშნავია, რომ სელნაწერის მასალის კვლევის დროს ძალზე ძნელია სხვადასხვა კვლევითი ტექნიკის გამოყენება, რადგან კულტურული მემკვიდრეობის ობიექტების ანალიზისათვის კონკრეტული მოწყობილობის არჩევანი ისეთ ფაქტორებზეა დამოკიდებული, როგორიცაა საჭირო შედეგის სიზუსტე, მახასიათებლის ზომა (შესაბამისად, აპარატის საზომი აღგილი). კვლევა უნდა იყოს არაინგაზიური, უსაფრთხო და ყოველივე ამას კიდევ უამრავი ფაქტორი ემატება, რისი გათვალისწინებაც უწევს მკვლევარს. ჩვენი არჩევანი შეჩერდა რენტგენოფლუორესცენციურ ანალიზატორზე (XRF EDX 3600B). სამუშაო შესრულდა სტანდარტული მეთოდიკით (ხს-ს. მ. №1.G-18) სამუშაო პროგრამა EDX for Mineral and her Alloys – ORE (მადნებისა) და Soil (ნიადაგების) პროგრამის გამოყენებით.

<sup>2</sup> აურიპიგმენტი – დარიშხსანის სულფიდი. მიუხედავად იმისა, რომ ის ბრწყინვალე ფერისაა, მინერალი უკიდურესად ტოქსიკურია.

<sup>3</sup> ცინაბარი [dracaena cinnabari] – სოკოტრას დრაკონის ხე, ანუ დრაკონის სისხლიანი ხე მშობლიურია სოკოტრას არქიპელაგში; იქმნის ნაწილი, რომელიც მდებარეობს არაბეთის ზღვაში. ეს სახელი ეწოდა სისხლივით წითელი ფერის წვერის გამო.

<sup>4</sup> ტყვიის თეთრა – ფუძე კარბონატი  $Pb(OH)_2PbCO_3$  მკვრივი თეთრი ფხვნილია, რომელიც მიიღება ტყვიისაგან ჰაერში ნახშირბადის დიოქსიდისა და მმარმევას ზემოქმედებით. ტყვიის თეთრას პიგმენტად გამოყენება ღლეს უკვე ადარ ხდება ისე აქტიურად, როგორც აღრე იყო მათი გოგირდწყალბადით ( $H_2S$ ) დაშლის გამო.



**ნახ. 1. რენტგენფლუორესცენციური ანალიზატორი (XRF EDX 3600B)**

რენტგენფლუორესცენციური სპექტროსკოპია არის არაინვაზიური, უკონტაქტო და არაორგანული მასალების დახასიათების არადესტრუქციული მეთოდი. XRF სპექტროსკოპია ეს ის ტექნიკა, რომელიც ხშირად გამოიყენება კულტურული მემკვიდრეობის (ლითონების მცირე ზომის კომპოზიცია, კერამიკა, ფერწერა, თუ ხელნაწერები) ანალიზისათვის. XRF-ით შესაძლებელია მხოლოდ არაორგანულ მასალებში ცალკეული ელემენტების აღმოჩენა, რადგან ამ მეთოდით ორგანულ მასალებში მთავარი ელემენტების (C, H) გამოვლენა არ ხდება. მიტომ კვლევისას გამოყენებულ იქნა ენერგიის დისპერსიული რენტგენის სპექტროსკოპია (EDX). უნდა აღინიშნოს, რომ კვლევის პროცესს ართულებდა ის ფაქტი, რომ ანალიზატორი (XRF EDX 3600B) არ არის ტრანსპორტირებადი ტექნიკა და საჭირო იყო თავად ხელნაწერების ადგილზე მიტანა. გარდა ამისა, EDX-ს სჭირდება ნიმუშების ვაკუუმურ სისტემაში მოთავსება, რაც ეწინააღმდეგება არაინვაზიურობის პრინციპს. სწორედ ამიტომ ხელნაწერებიდან ნიმუშების აღება მოხდა უმნიშვნელო დეტალების სახით მხოლოდ ისეთი უბნებიდან, რომლებიც არ დააზიანებდა ან შეცვლიდა ორიგინალის ავთენტურ იერ-სახეს.



**ნახ. 2. საკვლევი მასალა. ეტრატის, ქაღალდისა და ქსოვილის ნიმუშები**

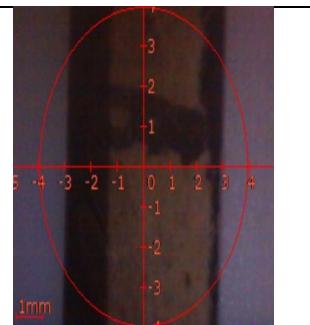
ანალიზისათვის შეირჩა ხელნაწერთა ეროვნულ ცენტრში ებრაული ხელნაწერის Herb-45 შიფრით დაცული, XVIII საუკუნით დათარიღებული კრებულის ფურცლის მცირე ზომის ნიმუში და 1875 წელს გადაწერილი სირიული (Sir-3) ლოცვანის ფურცლის ფრაგმენტი. ანა-

ლიზი ჩაუტარდა სულ 3 ნიმუშს და შედეგის ზოგადი კვლევით დადგინდა, რომ ორგანულ მასალასთან ერთად იყო ძირითადი ქიმიური ელემენტები: სილიციუმი (Si), კალციუმი (Ca), ალუმინი (Al), გოგირდი (S) ზოგჯერ 1 %-ზე მეტი; შედარებით მცირე რაოდენობით (მეათედი პროცენტის სახით) – მაგნიუმი (Mg), კალიუმი (K), თუთია (Zn), სპილენდი (Cu); კიდევ უფრო მცირე რაოდენობით – ქრომი (Cr), ნატრიუმი (Na), რკინა (Fe), ტიტანი (Ti), მანგანუმი (Mn), ცირკონიუმი (Zr), და ნიკელი (Ni).

უნდა აღინიშნოს, რომ ებრაული ხელნაწერის (Herb-45; პაგ. 126) ქაღალდიდან აღებულ ნიმუშში ძირითად ქიმიურ ელემენტებთან ერთად იყო: სილიციუმი (1.34 %), კალციუმი (1.85 %), ალუმინი (0.43 %), გოგირდი (0.94 %), მაგნიუმი (0.16 %), კალიუმი (0.32 %), თუთია (0.064 %), სპილენდი (0.012 %), ქრომი (0.0026 %), ტიტანი (0.021 %), მანგანუმი (0.024 %), ცირკონიუმი (0.0056 %), ნიკელი (0.0087 %); (იხ. ცხრილი 1 და ნახ. 3).

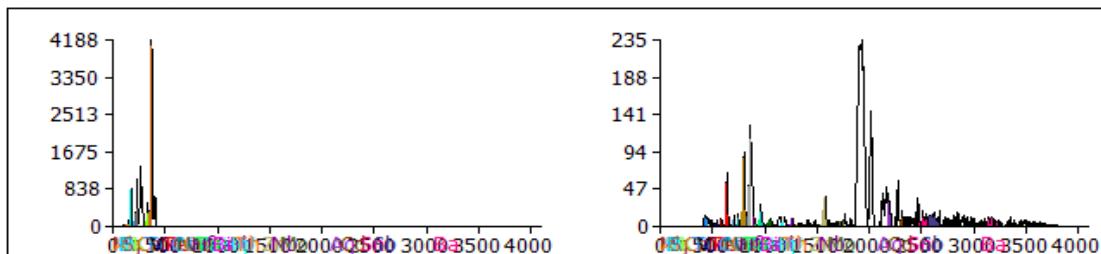
### ცხრილი 1

#### ხელნაწერის (Herb-45) ქაღალდზე რენტგენოფლუორესცენციური (XRF EDX 3600B) ანალიზატორით ჩატარებული კვლევის შედეგი

ნიმუშის დასახელება	პაგ. 126	ტესტირების დრო	200 (s)	
კვების წყარო		სამუშაო პროგრამა	ORE	
ძაბვა	9(KV)	პროცესი	Admin	
დენი	150(µA)	ტესტირების თარიღი	1/24/2023 1:03:58 PM	
ელემენტი	ინტენსიურობა	შედგენილობა (%)		
Mg (%)	11.76	1.2669		
Al (%)	5.245	0.2048		
Si (%)	685.195	11.1738		
P (%)	7.035	0.0206		
S (%)	79.215	1.0718		
K (%)	108.81954	0.8757		
Ca (%)	632.655	4.6813		
Ti (%)	3.96177	0.0751		
V (%)	0.47895	0.0000		
Cr (%)	0.74652	0.0009		
Mn (%)	1.10052	0.0207		
Fe (%)	25.49266	0.0000		
Co (%)	0	0.0000		
Ni (%)	2.55963	0.0121		
Cu (%)	21.22202	0.0246		
Zn (%)	37.59182	0.0963		
As (%)	0	0.0000		
Zr (%)	54.37544	0.0344		
Nb (%)	1.15362	0.0000		
Mo (%)	0	0.0000		

Ag (%)	39.90319	0.1119		
Cd (%)	5.57	0.0000		
Sn (%)	1.92	0.0000		
Sb (%)	4.47	0.0122		
W (%)	0	0.0000		
Au (%)	5.1375	0.0000		
Pb (%)	2.08229	0.0305		
Ba (%)	0.52	0.0000		
Hf (%)	2.13128	0.0000		
Ta (%)	0	0.0000		
Hg (%)	1.24	0.0000		
Bi (%)	0.12	0.0000		
Th (%)	0.46	0.0000		
U (%)	0.72	0.0000		

კვლევისას არ დაფიქსირებულა ისეთი ქიმიური ელემენტები, როგორიცაა: კობალტი (Co), დარიშხენი (As), მოლიბდენი (Mo), ვოლფრამი (W), ტანტალი (Ta), რაც, ელემენტების ბუნებიდან გამომდინარე, გასაკვირი არ არის.



**ნახ. 3. ხელნაწერის (Herb-45) ქაღალდზე რენტგენოფლუორესცენციური (XRF EDX 3600B) ანალიზატორით ჩატარებული კვლევის სპექტრული გამოსახულება**

იმავე ხელნაწერის (პაგ. 128) ფურცლის ქაღალდის ქიმიურ შედგენილობაში გვხვდება იდენტური ელემენტები, განსხვავება მხოლოდ მათ პროცენტულ მაჩვენებელშია, თუმცა მცირედით: სილიციუმი (2.01 %), კალციუმი (1.51 %), ალუმინი (0.26 %), გოგირდი (0.49 %), მაგნიუმი (0.59 %), კალიუმი (0.20 %), თუთია (0.059 %), სკილენდი (0.009 %), ტიტანი (0.084 %), მანგანუმი (0.031 %), ცირკონიუმი (0.053 %), ნიკელი (0.009 %).

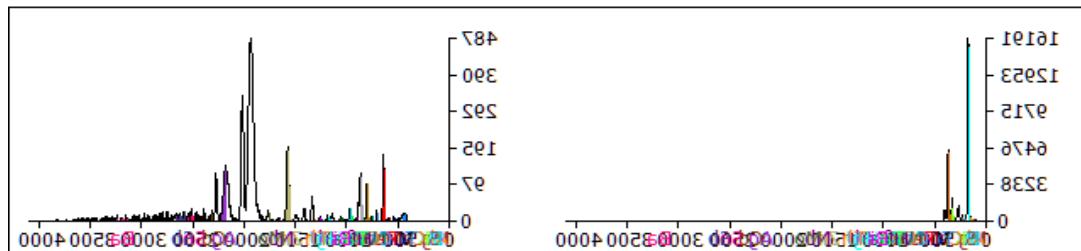
## ცხრილი 2

**ხელნაწერის (Herb-45) ქაღალდზე რენტგენოფლუორესცენციური (XRF EDX 3600B) ანალიზატორით ჩატარებული კვლევის შედეგი**

ნიმუშის დასახელება	პაგ. 128	ტესტირების დრო	200 (s)	
კვების წყარო		სამუშაო პროგრამა	ORE	
ძაბვა	9 (KV)	პროცესი	Admin	
დენი	150 ( $\mu$ A)	ტესტირების თარიღი	1/24/2023 1:19:59 PM	
ელემენტი	ინტენსიურობა	შედგენილობა (%)		
Mg (%)	14.685	0.5911		

Al (%)	6.57	0.2679		
Si (%)	986.65	2.0152		
P (%)	15.865	0.0514		
S (%)	38.155	0.4915		
K (%)	154.3771	1.2032		
Ca (%)	491.075	1.5789		
Ti (%)	4.25991	0.0841		
V (%)	1.13553	0.0000		
Cr (%)	1.31985	0.0071		
Mn (%)	1.28994	0.0318		
Fe (%)	31.2597	0.0000		
Co (%)	0	0.0000		
Ni (%)	2.17491	0.0077		
Cu (%)	19.28908	0.0090		
Zn (%)	29.43988	0.0595		
As (%)	0	0.0000		
Zr (%)	52.53475	0.0332		
Nb (%)	1.6118	0.0000		
Mo (%)	0	0.0000		
Ag (%)	29.93492	0.0801		
Cd (%)	5.1	0.0000		
Sn (%)	5.17	0.0000		
Sb (%)	0	0.0000		
W (%)	0	0.0000		
Au (%)	5.86781	0.0000		
Pb (%)	2.60951	0.0221		
Ba (%)	2.46	0.0000		
Hf (%)	1.86272	0.0000		
Ta (%)	0	0.0000		
Hg (%)	2.24	0.0000		
Bi (%)	0.17	0.0000		
Th (%)	0.56	0.0000		
U (%)	0.76	0.0000		

კვლევისას არ აღმოჩენილა ისეთი ქიმიური ელემენტები, როგორიცაა: კობალტი (Co), დარიუმი (As), მოლიბდენი (Mo), ვოლფრამი (W), ტანტალი (Ta), სტიბიუმი (Sb), რაც, ელემენტების ბუნებიდან გამომდინარე, გასაკვირი არ არის.



**ნახ. 4. ხელნაწერის (Herb-45) ქაღალდზე რენტგენოფლუორესცენციური (XRF EDX 3600B)  
ანალიზატორით ჩატარებული კვლევის სპექტრული გამოსახულება**

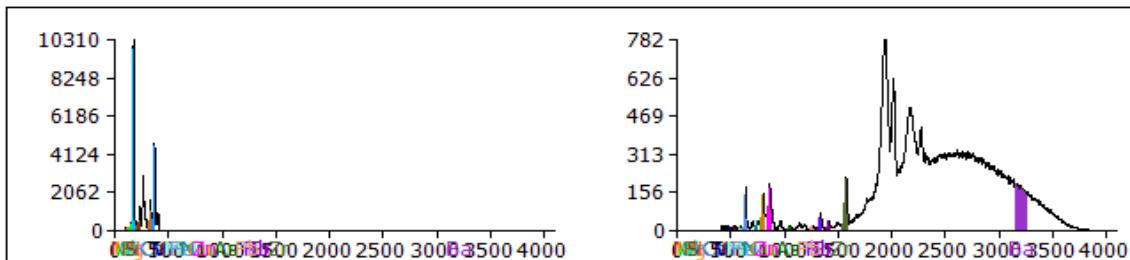
აღსანიშნავია, რომ სირიული ხელნაწერის (პაგ. 129) ფურცლის ქიმიური შედგენილობის პროცენტული მაჩვენებელი შესამჩნევად განსხვავდებოდა ზემოთ მოყვანილი მაგალითებისაგან: სილიკიუმი (1.47 %), კალციუმი (0.54 %), ალუმინი (0.55 %), გოგირდი (0.67 %), მაგნიუმი (0.31 %), კალიუმი (0.41 %), თუთია (0.09 %), ქრომი (0.012 %), ტიტანი (0.016 %), მანგანუმი (0.38 %), ცირკონიუმი (0.024 %), ნიკელი (0.012 %).

### ცხრილი 3

**ხელნაწერის (Sir-3) ქაღალდზე რენტგენოფლუორესცენციური (XRF EDX 3600B)  
ანალიზატორით ჩატარებული კვლევის შედეგი**

ნიმუშის დასახელება	პაგ. 129-soil	ტესტირების დრო	200(s)	
კვების წყარო		სამუშაო პროგრამა	SOIL	
ძაბვა	9(KV)	პროცესი	Admin	
დენი	150(µA)	ტესტირების თარიღი	1/24/2023 3:09:07 PM	
ელემენტი	ინტენსიურობა	შედგენილობა (%)		
Na(ppm)	3.595	17279.9778		
Mg(ppm)	2.675	7727.7907		
Al(ppm)	0	25800.5364		
Si(ppm)	625.41	157235.1712		
P(ppm)	22.745	633.4041		
S(ppm)	0.05806	3130.6491		
K(ppm)	101.41	7147.2567		
Ca(ppm)	371.63848	20339.8675		
Ti(ppm)	0	1012.8598		
V(ppm)	2.47343	52.3505		
Cr(ppm)	1.06	93.7059		
Mn(ppm)	3.20994	137.9874		
Fe(ppm)	33.2658	581.9447		
Ni(ppm)	3.06	74.2857		
Cu(ppm)	34.09904	297.0908		
Zn(ppm)	44.41259	190.6374		

As(ppm)	2.87	10.5759		
Rb(ppm)	13.36	54.0410		
Sr(ppm)	8.02	32.5016		
Zr(ppm)	50.28	105.3231		
Ba(ppm)	1.23	286.8255		
Pb(ppm)	0.00338	20.0944		



ნახ. 5. ხელნაწერის (Sir-3) ქაღალდზე რენტგენფლუორესცენციური (XRF EDX 3600B)  
ანალიზატორით ჩატარებული კვლევის სპექტრული გამოსახულება

კვლევის ეს შედეგები მიუთითებს ქაღალდში ლითონის არსებობაზე, რაც შეიძლება გამოწვეული იყოს მრავალი მიზეზით. ერთ-ერთი ასეთი მიზეზი შეიძლება აღმოჩნდეს დამუშავების პროცესში ლითონებით დაბინძურებული წყლის გამოყენება, უანგიანი ფორების დამუშავება ან ისეთი მინერალებით (მაგალითად, კაოლინით ან კარბონატებით) გასწორება, რომლებიც შეიცავს რკინას, საილენბს ან სხვა ქიმიურად აქტიურ ელემენტებს. სამუშაო პროცესის დაგეგმვისას რესტავრატორისათვის მნიშვნელოვანია იმის ცოდნა, არის თუ არა ლითონის მინარევები ცელულოზის რბილობის მომზადების შედეგი ან ხომ არ არის დაკავშირებული თანმიმდევრულ ფაზებთან. ლითონის კომპონენტების ქაღალდში არსებობის მიზეზი შეიძლება დაკავშირებული იყოს ფურცლის ზედაპირის დამუშავების დროს Ca-ისა და Si-ის მასალის მიზანმიმართულად დამატებასთან. აქვე შევნიშნავთ, რომ ლითონის მინარევებით მდიდარი მინერალების გამოყენება ხშირად ქაღალდის მძიმე დაზიანების სათავეა.

საინტერესოა ქაღალდის საწერ მასალასთან მიმართებაში კიდევ ერთი ფაქტის კონსტანტურია. როგორც უკვე აღვნიშნეთ, მას შემდეგ, რაც ქაღალდის დამზადების პროცედურებთან დაკავშირებით ჩინელების საიდუმლო რეცეპტი გამჟღავნდა და დროთა განმავლობაში აზისა და ევროპის ქვეყნებს მოედო ქაღალდის დამზადების პროცესიც და რეცეპტურაც შეიცვალა, რაც დიდწილად დაკავშირებული იყო გეოგრაფიულ მდებარეობასა და მცენარეული კულტურების მრავალფეროვნებაზე.

იმთავითვე საწერი მასალის სითხელე, თეთრი ფერი და გამჭვირვალობა მაღალი ხარისხის მაჩვენებლად ითვლებოდა, ამიტომ ქაღალდის წარმოებაში ბევრი ნაერთი ემატებოდა ზედაპირის გამჭვირვალობის და/ან სითეთრის გასაზრდებლად. კაოლინი (თეთრი თიხა Al<sub>2</sub>Si<sub>2</sub>O<sub>5</sub>(OH)<sub>4</sub>), არის თიხის ფერის გავრცელებული ფორმა, რომლის დამატებაც ხდებოდა ქაღალდის დამზადებისას შემავსებლის სახით. თიხის მოპოვების ადგილების მიხედვით ხარისხი შეიძლება საგრძნობლად განსხვავებული იყოს და შეიცავდეს მინარევებს. ამიტომ უნდა მომხდარიყო ამ მინარევებისგან თიხის გათავისუფლება. განსაკუთრებით მნიშვნელოვანი იყო რკინის ნაერთების მოშორება, რადგან ისინი ქაღალდის ქიმიური ფაქტორებით გამოწვეული დაზიანების ერთ-ერთ წყაროს წარმოადგენდნენ.<sup>5</sup>

<sup>5</sup> Zina Cohen, Composition Analysis of Writing Materials in Cairo Genizah Documents. Cambridge Genizah Studies, vol. 15; BRILL, LEIDEN | BOSTON 2019, pp. 36-52.

შემაგსებლისა თუ ხსნარების შედგენილობის შესახებ ცნობები ძირითადად წერილობითი წყაროებიდან მოიპოვება, ამიტომ საინტერესოა მათი ლაბორატორიული ანალიზის შედეგებთან შედარება, რათა დამტკიცდეს ან თუნდაც უარყოფილ იქნეს ესოდენ გავრცელებული მოსაზრება. კვლევისას გამოყენებული ქაღალდის ნიმუშები, როგორც უკვე აღვნიშნეთ, აღებულია სირიული და ებრაული ხელნაწერების ფურცლებიდან. კვლევის შედეგებიდან ჩანს, რომ ნიმუშებში სპილენძისა და რკინის ელემენტები არ აღმოჩნდა, ეს იმას ნიშნავს, რომ, ჯერ ერთი, ქაღალდის შემაგსებლად გამოყენებული მასალა კარგად იყო გაწმენდილი რკინის ელემენტების შემცველი მინარევებისგან; მეორე, ამ ხელნაწერებზე ტექსტი რკინაგალური მელნით არ ყოფილა დაწერილი და, მესამე, ქაღალდის ზედაპირის ლითონებით დაბინძურება არ მოშედარა. რკინისა და სპილენძისაგან განსხვავებით, აღებულ ნიმუშებში არის ისეთი ელემენტი, როგორიცაა სილიციუმი, რომელიც ნიმუშში ყოველთვის შემაგსებლის მასალისაგან კი არ ხვდება, არამედ იგი შეიძლება თავად მცენარეული ბოჭკოების კომპონენტი იყოს, რადგან ბალახოვანი მცენარეების ბევრ სახეობას, რომლებიც გამოიყენება ქაღალდის წარმოებაში, აქვს ძლიერ სილიციფიცირებული უჯრედები. ასეთია, მაგალითად, ბრინჯის ჩალა და ბამბუკი, რომლებიც ფართოდ გამოიყენებოდა ჩინურ ქაღალდებში. სილიციუმის, მაგნიუმის, ალუმინისა და, ხშირად, რკინის (Fe-ის) ელემენტებიც გვხვდება ხელნაკეთ ქაღალდებში მაშინაც კი, როცა შემაგსებლის სახით არ გამოიყენებოდა მინერალებით მდიდარი თიხები. ამგვარ ქაღალდს მიეკუთვნებოდა არაბული ქაღალდი, რომლის დამზადება მოითხოვდა პრიალა ზედაპირს, რაც მიიღწეოდა ფურცლების გლუვი ქვებით (აქატისაგან ან მინისგან) დამზადებული ფირფიტების გამოყენებით. არაბულ ქაღალდებში ზემოხსენებული ელემენტების გაჩენის შესაძლებლობა დიდი იყო, რადგან გაპრიალების პროცესში ხდებოდა ბოჭკოს დაწენება, რაც ამცირებდა ჰაერის ბუშტებს და სწორედ ეს ქმნიდა ამრეკლ ზედაპირს. ასეთ დამუშავებას კი შესაძლოა გამოეწვია ქაღალდებში მცირე ნაწილაკების გათავისუფლება და ამ ადგილის თვალით უხილავი ქვის ნაწილაკებით შევსება.<sup>26,37</sup>

განვიხილავთ კიდევ ერთ, ფართოდ გავრცელებულ, შემაგსებელ მასალას – კალციუმის კარბონატს. ასეთ შემთხვევაში ქაღალდის ფურცლის ქიმიური ანალიზით ადგილი არ არის იმის დადგენა წარმოებისას დამატებული მასალიდან ხვდება იგი ქაღალდებში, თუ მცენარეული წარმოშობის კვალია, რადგან კალციუმი, ისევე როგორც სილიციუმი, შეიძლება იყოს მცენარეული ბოჭკოების შემადგენელი ნაწილი, რომელიც გამოიყენება ცელულოზის წყაროდ. კალციუმის ოქსალატის კრისტალები გვხვდება რამდენიმე მცენარეულ ოჯახში, მათ შორის გიმნოსპერმებსა<sup>48</sup> და ანგიოსპერმებში<sup>59</sup>. მნიშვნელოვანია ის, რომ კრისტალების ფორმა, ზომა და რაოდენობა აჩვენებს ვარიაციებს ტაქსებს შორის და, მათი მორფოლოგიდან გამომდინარე, შეიძლება დაკლასიფიცირდეს ხუთი ძირითადი ჯგუფი:

- პრიზმები;

<sup>6</sup> American Paper and Pulp Association. The Dictionary of Paper, including pulp, paperboard, paper properties and related papermaking terms. 3rded. New-York. 1965.

<sup>7</sup> Hunter, Dard. Papermaking. The History and Technique of an Ancient Craft. Dover publications, New-York, 1943 (1970).

<sup>8</sup> გიმნოსპერმები არის ძარღვოვანი, სპილენძიფილებზე (ყოველგვარი საფარველის გარეშე) თესლის მატარებელი მცენარეები. ასეთ მცენარეებს განეკუთვნება: კვიპაროსი, ფიჭვი, ნაძვი, წითური ხე, გინკო, ციკადი, ღვია და სხვ.

<sup>9</sup> ანგიოსპერმები არის ძარღვოვანი მცენარეები, რომლებსაც ახასიათებს ფვავილობა ნაყოფის გამოსხმადე, ასეთი მცენარის ნაყოფი თესლის მატარებელია, ამ ტიპის მცენარეებში დამტვერვის პროცესი ქარის საშუალებით ხორციელდება. ანგიოსპერმებს განეკუთვნება: ბანანა, ბრინჯი, შაქრის ლერწამი და სხვ.

- დრუზები;
- სტილოიდები;
- რაფიდები;
- ბროლის ქვიშა.

ეს კრისტალები შეიძლება განთავსდეს ისეთ კონკრეტულ ქსოვილებში, როგორიცაა ეპიდერმისი, ქერქი, ფლომა, ქსილემა და დერო. მცენარეებში კალციუმის ოქსალატის კრისტალებს შეიძლება სხვადასხვა დატვირთვა ჰქონდეს; კერძოდ, ისინი ხელს უწყობენ კალციუმის შენახვას, ჭარბი მეტაბოლური ოქსალატის მოცილებას, ლითონის დეტოკისაციას, იცავს მწერებისაგან და სხვ. მნიშვნელოვანია ისიც, რომ ეს ბიოლოგიური მინერალები ძალიან სტაბილურია და მდგრადი ქაღალდის წარმოების დროს რბილობის პროცესების მიმართ. გარდა ზემოთქმულისა, ქაღალდში ოქსალატის კრისტალებს შეიძლება ჰქონდეს რადიკალურად განსხვავებული წარმოშობა. კერძოდ, ქაღალდზე დამატებულ კარბონატებთან სოკოვანი ურთიერთქმედებით მიკრომეტრული მასშტაბით ხდება ორიგინალური მინერალების ჩანაცვლება ახლად წარმოქმნილი კრისტალებით. ოქსალატის წარმოქმნა გამოწვეულია სოკოვების მიერ გამოყოფილი ორგანული მჟავების ლითონის შეკვრის უნარით. ისინი წყალბადის იონებთან ერთად იწვევენ სუბსტრატის მინერალების ჰიდროლიზაციას და ახალი მინერალების წარმოქმნას ლითონმჟავას კომპლექსური თვისების გამო. ამ მჟავების მოქმედება შერწყმულია სოკოვანი რესპირატორული CO<sub>2</sub>-ის მოქმედებასთან, რომელიც, თავის მხრივ, ხელს უწყობს ნახშირმჟავას ზრდას გარემოში. სავარაუდოა, რომ ამ ორი მჟავა ჯგუფის ერთობლივი მოქმედება არის მიზეზი კალციუმის შემცველი მასალების დაშლისა და შემდგომში სოკოს ოქსილის მჟავას სპონგანური ხელახალი კრისტალიზაციისა CO<sup>2</sup>-იონებით. ცელულოზის ბოჭკოებს შორის კალციუმის ოქსალატის ნალექის ეფექტი და, შესაბამისად, ტუტე რეზერვის შემცირება ქაღალდში შეიძლება იყოს ქიმიური და მექანიკური დაზიანების ფუნდამენტური მიზეზი.<sup>10</sup>

## დასკვნა

როგორც პვლევები და, ზოგადად, ქაღალდის შექმნისა თუ მისი წარმოების შესახებ ცხობები ცხადყოფს, ქაღალდი ეს არის ფორმვან-კაპილარული ერთ სიბრტყეზე ხელოვნურად შექმნილი მასალა, რომელიც მგრძნობიარეა ჰაერის, ტენიანობის, საღებავებისა და ადჰეზივების მიმართ. ხოლო ქიმია მნიშვნელოვან როლს ასრულებს როგორც მის წარმოებაში, ისე მისგან შექმნილი ექსპონატისა თუ წერილობითი ძეგლის არსებობაში, რადგან ქაღალდის ნედლეულის გამდლეობის თუ ხარისხის გასაუმჯობესებლად გამოიყენებოდა მჟავები, წებოები, ფისები, საღებავები და სხვა არაერთი ქიმიური შემავსებელი.

## ლიტერატურა – REFERENCES

1. Zina Cohen. Composition Analysis of Writing Materials in Cairo Genizah Documents. Cambridge Genizah Studies, vol. 15; BRILL, LEIDEN | BOSTON, 2019, pp. 36-52.
2. American Paper and Pulp Association. The Dictionary of Paper, including pulp, paperboard, paper properties and related papermaking terms. 3rded. New-York, 1965.

<sup>10</sup> Zina Cohen, Composition Analysis of Writing Materials in Cairo Genizah Documents. Cambridge Genizah Studies, vol. 15; BRILL, LEIDEN | BOSTON 2019, pp. 36-52.

3. Hunter, Dard. Papermaking. The History and Technique of and Ancient Craft. Dover publications, New-York, 1943 (1970).
4. Stutermeister, Edwin. The Story of Papermaking. R.R. Bowker Company, New-York, 1954.
5. Érica Mendes dos Santos, Lucas Malvezzi de Macedo, Louise Lacalendola Tundisi, Janaína Artem Ataide, Gisele Anne Camargo, Rita C. Alves, Maria Beatriz P.P. Oliveira, Priscila Gava Mazzola//The Journal of Materials Research and Technology, ELSEVIER, vol. 9, Issue 4, July-August, 2020, pp. 9412-9421.
6. T. Kikutani. In Encyclopedia of Materials: Science and Technology, “Polymer Fibers: Formation and Structure”, ELSEVIER, 2001.

## NEW TECHNOLOGIES

### RESEARCH OF PAPER-BASED MANUSCRIPTS WITH THE HELP OF X-RAY FLUORESCENCE ANALISER (SYRIAN AND JEWISH MANUSKRISTS AS AN EXAMPLE [SIR-3; HERB-45])

**A. Gvazava, R. Kldiashvili, N. Phophoradze**

(K. Kekelidze National Center for Manuscripts of Georgia, Georgian Technical University)

**Resume.** The development of technology in the contemporary world is reflected at all fields of science, and such an important field as chemistry is not an exception. Indicator of development manifests itself in all cases where chemical processes play an important role in both macroscopic and microscopic levels. From this point of view, the issue of care, storage or rescue of cultural heritage also is not an exception. More precisely, the conservation-restoration of the book and the whole process that the unit has passed since the creation of the material up to the present. The role of chemistry increases much more, while these most important units of written heritage experience the aging and over time the sources of their damage increases, which itself creates the danger of destroying the exhibit. At such times, i.e. on the way of studying and saving units, the technique of the cognitive knowledge, the processing both the substance to be studied and the information is invaluable, i.e. contemporary research methods.

**Keywords:** conservation-restoration; contemporary research methods; manuscript heritage; XRF EDX 3600B.

საქართველოში გამოცემული პამილონის (SOLANUM LYCOPERSICUM) ცენტრულისაბან იცოვაციური ტექნოლოგიური ბზით გიოლოგიურად სრულფასოვანი და ეკოლოგიურად სუვთა ტომატ-კასტის მიღება

### გიორგი ანდრიაძე

(საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი)

**რეზიუმე:** თანამედროვე უახლესი მეცნიერება ბოსტნეულს განიხილავს როგორც სასიცოცხლოდ აუცილებელ პროდუქტს, რომელიც ნებისმიერი ქვეყნის აგროპოლიტიკის მნიშვნელოვან ნაწილს წარმოადგენს. ბოსტნეულ კულტურებს საქართველოშიც გამორჩეული აღილი უპარა.

ნაშრომში განხილულია საკმაოდ პოპულარული ბოსტნეული კულტურა – პამიდორი, რომელსაც საზოგადოება იყენებს მთელი წლის განმავლობაში როგორც ნედლეულის, ისე დაკონსერვებული სახით. განსაკუთრებით საყურადღებოა პამიდვრის გადამუშავების პროცესები როგორც ტექნიკური სიმწიფის, ისე დაკონსერვების შემდეგ პერიოდში, როდესაც აუცილებელი ხდება რეგლამენტით შემუშავებული სანიტარიულ-ჰიგიენური პირობების დაცვა.

კვლევის მიზანია გარკვეული მოთხოვნების საფუძველზე ტომატ-კასტისათვის შერჩეული ინოვაციური არათერმული დამუშავების ტექნოლოგიების ანალიზი, მათი ეფექტურობის შესწავლა ტომატ-კასტის ხარისხისა და შენახვის ვადის უზრუნველსაყოფად, ტექნოლოგიის მდგრადობის ასპექტებისა და ახალი ტექნოლოგიების შემუშავება უნარჩენო ტექნოლოგიით ემულგატორების გარეშე ბიოლოგიურად სრულფასოვანი და ეკოლოგიურად სუვთა პამიდვრის პასტის მისაღებად. ცნობილია პამიდვრის ტექნიკური კულტურის პროდუქტიულობა, რომლის შეფასება ხდება ძირითადად მნიშვნელოვანი მინერალური და ბიოქიმიური პარამეტრებით. რითაც მას უდიდესი წვლილი შეაქვს საკვები პროდუქტების წარმოების საქმეში. ამიტომაც შეირჩა იგი კვლევისათვის, რათა ძირეულად იქნეს შესწავლილი ახალი ინოვაციური მეთოდით მისი ბიოლოგიური სრულფასოვნება, რაც აუცილებელი ფაქტორია ადამიანების ჯანმრთელობისათვის.

**საკვანძო სიტყვები:** C ვიტამინი; პამიდორი; სტერილიზაცია; ტომატ-კასტა; ულტრაბეგრა.

### შესავალი

საქართველოში დღეისათვის საკმაოდ დაბალია ქიმიზაციის დონე, რის საფუძველზეც ბოსტნეულის მოსაყვან ტერიტორიაზე – სვენეთი, ატენი, ხიდისთავი (გორის რ-ნი) და მარნეული – ხდება ორგანული სასუქების (ფრეზირებული საქონლის ნაკედის) გამოყენება.

კვლევის მიზანს წარმოადგენდა ეკოლოგიურად სუვთა და ბიოლოგიურად სრულფასოვანი ჯანსაღი ტომატ-კასტის მიღება. ჩვენ მიერ შემუშავებულ იქნა ინოვაციური აპარატი, რომლითაც შესაძლებელი გახდა ტომატ-კასტის დამზადება დაბალ ( $46^{\circ}\text{C}$ ) ტემპერატურაზე, -0,9 ბარ ვაკუუმში, 40 კჟც 60 კგ ულტრაბეგრის გამოყენებით სტერილიზაციისათვის საჭირო მაღალ ტემპერატურაზე ( $>100^{\circ}\text{C}$ ) გაცხელების გარეშე. აღსანიშნავია, რომ ამ შემთხვევაში ულტრაბეგრა თავად ასრულებს სტერილიზატორის ფუნქციას. მიღებულ პროდუქტში შენარ-

ჩუნებულია C ვიტამინის რაოდენობა და სხვა მკვებავი ნივთიერებები, რომლებზეც დამოკიდებულია ტომატ-პასტის ხარისხი და საგემოვნო თვისებები [1, 2]. აქვე შევნიშნავთ, რომ ხილის წვენებისა და რძის სტერილიზაციისათვის დღეს უკვე შესაძლებელია ულტრაბგერის ფართოდ გამოიყენება [3, 4, 5].

### ძირითადი ნაწილი

ნიადაგების საკვლევ ნიმუშებში კარბონატები განისაზღვრა შეიძლერის მეთოდით, მოძრავი ფოსფორი – მაჩიგინის მეთოდით, გაცვლითი კალიუმი – კირსანოვის მეთოდით, ჰიდროლიზური აზოტი – ტიურინ-კონანოვის მეთოდით. პამიდვრის საკვლევ ნიმუშებში ნიტრატები განისაზღვრა გრისის მეთოდით, მძიმე ლითონები – ატომურ-აბსორბციული მეთოდით, ნაცრიანობა – მაღალი ტემპერატურის ზემოქმედებით, სხვაობის მეთოდით, მარტივი შაქრები – საველე რეფრაქტორებით, ასკორბინის მეავა – სპეციალური სწრაფი ტესტირების ჩხილებით, ჰიგროსკოპული წყალი – მაღალტემპერატურული გამოშრობის მეთოდით, ნედლი უჯრედისი – გენეტერგ-შტომანის მეთოდით, pH – პორტატიული საზომი აპარატით. ტომატ-პასტაში მიკროორგანიზმების განსაზღვრა განხორციელდა სსტ ისტ 4833-1:2013/2015 მეთოდით. საკვლევ პროდუქტთან შეხებაში მყოფი ყველა მასალა დამზადებული იყო 304 მარკის უქანგის ფოლადისაგან.

ექსპერიმენტული ნაწილი მოიცავდა სამეცნიერო კვლევის პროცესში ივერიის ბარის ნიადაგების ქიმიზაციის, საქართველოში გავრცელებული პამიდვრის ქვესახეობების, ტექნიკურ სიმწიფეში მყოფი საწყისი ნედლეულისაგან მიღებული ტომატ-პასტის შედგენილობისა და ხარისხის შესწავლას, რომელიც დამოკიდებული იყო ნედლეულისა და ნიადაგის შედგენილობაზე [6, 7, 8]. მიღებული შედეგები წარმოდგნილია 1-ლ და მე-2 ცხრილებში.

### ცხრილი 1

#### პამიდვრის ნედლეულის მინერალური და ბიოქიმიური შედგენილობა

484	შენიშვნი ადგილობრივი მდგრადი	პამიდვრის სახეობა	თავისუფალი წყალი თვეების მიხედვით, % სტანდარტიზაციის ზღვარი – 96-85 %	ნაცარი, %					ნედლი უჯრედი, %	C გიგაგიბი, მგ ფრუქტოზი, %	საციტრაციო გენეგენები, %	ნიტრატები თვეების მიხედვით, მგ/გ (ზღვ 150 მგ/გ)					Pb მგ/გ (ზღვ 0,5 მგ/გ)	As მგ/გ (ზღვ 0,2 მგ/გ)	Hg მგ/გ (ზღვ 0,02 მგ/გ)		
				VI	VII	VIII	IX	X		130	120	115	105	75							
				96	95	93	93	92		2,5	0,8	10	5,3	0,5							
გორის რიცონი	მარნეული ჩხარე	ჭოპორტული	სამეცვ	-	95	95	94	-	2,5	0,8	10	5,3	0,5	120	119	100	95	78	0,002	0,007	0,003
			საგვიანო	-	-	-	-	96	1,3	1,1	10	4,3	0,3	-	-	-	-	105	0,001	0,005	0,002
		საგვიანო	სამეცვ	97	95	94	93	91	1,3	0,8	10	4,5	0,3	180	175	145	99	77	0,008	0,006	0,009
		საგვიანო	საგვიანო	-	94	93	93	-	2,0	0,9	10	5,0	0,5	128	120	117	114	101	0,1	0,007	0,004
		საგვიანო	-	-	-	-	94	1,5	1,0	10	5,0	0,3	-	-	-	-	98	0,005	0,008	0,002	

## პამიღვრის ლოკალიზაციაზე გაგრცელებული ნიადაგების შედგენილობა

აღმოჩენის დროის მიზანი და მიღებული განვითარების საფუძვლი	ტერიტორიული განვითარების საფუძვლი	ნიადაგის მიზანი	pH	ჰაერის განვითარების დოზა	განვითარების დოზა, %	განვითარების დოზის განვითარების მიზანი	განვითარების დოზის განვითარების მიზანი, %	
არაგარენტიული განვითარების საფუძვლი	არაგარენტიული განვითარების საფუძვლი	0-20	7	1,8	4,8	7,2	0,88	11
		20-40	7,3	1,7	4,9	0,5	0,77	9,8
არაგარენტიული განვითარების საფუძვლი	არაგარენტიული განვითარების საფუძვლი	0-20	7	1,8	4,8	7	3,6	18
		20-40	7	1,7	4,9	6,5	3,4	16
არაგარენტიული განვითარების საფუძვლი	არაგარენტიული განვითარების საფუძვლი	0-20	7,1	2,1	5,6	5,6	1	15,5
		20-40	7,4	2,1	1,7	4,7	0,8	15,3
არაგარენტიული განვითარების საფუძვლი	არაგარენტიული განვითარების საფუძვლი	0-20	7,7	2,1	11,1	4,6	8,6	12,4
		20-40	8,1	2,1	12,8	4,3	8,4	11,2

განსხვავებულ პირობებში მომზადებულ ტომატ-პასტაში ასკორბინის მჟავას რაოდენობის გაზრდის მიზნით, პამიღვრის საწყის ნედლეულში დამატებულ იქნა იმდენი წითელი ტკბილი (ბულგარული) წიწაკა, რომ 100 გ ტომატ-პასტაში ასკორბინის მჟავას რაოდენობა არ ყოფილიყო იმაზე ნაკლები, ვიდრე მოზრდილი ადამიანის მისაღები დღიური ნორმაა [9, 10]. მიღებული პროდუქტი შესანახად მოთავსებულ იქნა წინასწარ 104 °C ტემპერატურაზე გასტერილებულ ქილებში. დამზადებიდან ერთი წლის შემდეგ, ტომატ-პასტის შენახვის-უნარიანობის დადგენის მიზნით, მათ ჩაუტარდა მიკრობიოლოგიური ანალიზი. ტომატ-პასტით შევსებული ქილები ინახებოდა მაცივარში 5 – 8 °C ტემპერატურულ ზღვრებში.

ოქტომბერში ტომატ-პასტის დასამზადებლად გამოყენებულ იქნა პამიღვრის სახეობა „საგვიანო“, ხოლო იგნისში ტომატ-პასტის დასამზადებლად – პამიღვრის ქვესახეობა „სამეფო“ და „ჭოპორტულა“.

მოდელურ აპარატში დამზადდა ტომატ-პასტა როგორც კლასიკური მეთოდით, ისე ჩვენ მიერ შესწავლილი ინოვაციური ტექნოლოგიით, ე. ი. ულტრაბგერის გამოყენებით. ულტრაბგერის სიხშირე იყო 40 კჰც, სიმძლავრე – 60 ვატი.

აღსანიშნავია, რომ ულტრაბგერის გენერატორის მუშაობის დრო ნაწილობრივ დამოკიდებულია გარემოს ტემპერატურაზე, ულტრაბგერის გენერატორის ავტომატური მაკონტროლებელი (კონტროლერი) თიშავს და რთავს მას ტომატ-პასტის დამზადების პროცესისათვის საჭირო პროგრამით მითითებული ტემპერატურის შესანარჩუნებლად, ვინაიდან ულტრაბგერის გენერატორი თავად გამოყოფს სითბოს მუშაობის პროცესში და აუცილებელია მისი სინქრონული მუშაობა გამათბობელ ქურასთან ერთად, რათა არ მოხდეს ტემპერატურის შეუსაბამო ცვლილება. გარემოს ტემპერატურის 23–27 °C-ის ზღვრებში, ჩვენ მიერ შემუ-

შავებული ინოვაციური დანადგარის ულტრაბგერის გენერატორი მუშაობს მთლიანი დროის 90–92 %-ის განმავლობაში.

ტომატ-პასტის დამზადებიდან ერთი წლის შემდეგ ჩატარდა ყველა ნიმუშის მიკრობიოლოგიური ანალიზი და არცერთ ნიმუში არ აღინიშნებოდა აირების დაგროვებისა და ობის ვიზუალური კაბლი. ასევე არცერთ ნიმუში არ აღმოჩნდა ანაერობული და აერობული მიკროორგანიზმები, რაც მიუთითებს ჩვენ მიერ ინოვაციური ტექნოლოგიით მიღებული ტომატ-პასტის მაღალ ხარისხზე, მის ეკოლოგიურ სისუფთავესა და მაღალ კვებით ღირებულებაზე (იხ. ცხრილი 3 და ნახაზი).

### ცხრილი 3

**გაცხელებით და ულტრაბგერის თანხლებით მიღებული ტომატ-პასტისა და მისი ნედლეულის ხარისხის ძირითადი მახასიათებლები 1000 გ საწყის ნედლეულზე  
გადაანგარიშებით**

პროდუქტი	თანავარდობა კაბილიტეტისას	თავისუფალი ჭყალი, %	C გირაშინი, მგ	ტომატ-პასტის pH-ის ზღვები	პროცესის დრო, წთ	დასარჯული გვერდის მშენებელი	პროცესის ტემპერატურა, °C	გარდატეხის განვითარებული ბიუსტის სტანაზე
პამიდვრის პიურე (ივნისი)	21:1	96	10	3,8 - 3,6	20	0,002	23,1	4
ტბილი წიწაკის პიურე (ივნისი)		92	250		5	0	23,2	8
პამიდვრისა და ტბილი წიწაკის პიურეების ნარევი (ივნისი)		95,8	40		10	0,001	23,2	4,9
ტომატ-პასტა 40გვე-ზე (ივნისი)		74	235		470	0,288	46,5	26
ტომატ-პასტა გაცხელებით (ივნისი)		74	20		90	0,773	100,0	26
პამიდვრის პიურე (ოქტომბერი)	-	92	15		20	0,002	21,6	8
ტომატ-პასტა გაცხელებით (ოქტომბერი)	-	75	28		100	0,700	98,7	25



ულტრაბგერის გენერატორით აღჭურვილი ტომატის წვენის კონცენტრატორი:  
1 – ულტრაბგერის გენერატორი; 2 – კაბელი; 3 – მართვის ბლოკი

## დასკვნა

საწარმოო მეთოდით დამზადებულ ტომატ-პასტაში ასკორბინის მჟავა იშლება თერმული დამუშავების ზეგავლენით, ხოლო ულტრაბგერის გამოყენებით დაბალ ტემპერატურაზე ( $46^{\circ}\text{C}$ ) დამზადებულ ტომატ-პასტაში შენარჩუნებულია C-ვიტამინი და სხვა საკვები ნივთიერებები. 40 კპ 60 ვტ ულტრაბგერის გავლენით მიმდინარეობს ტომატ-პასტის სტერილიზაცია  $46^{\circ}\text{C}$  ტემპერატურაზე, როდესაც ხდება როგორც აერობული, ისე ანაერობული მიკროორგანიზმების დახოცვა. ულტრაბგერის გამოყენებით მიღებული პროდუქტი არის ცოცხალი და ფასეული. პამიდვრისა და წითელი ტბილი (ბულგარული) წიწაკის (*Capsicum annuum*) თანაფარდობა 100 გ ტომატ-პასტაში C ვიტამინის რაოდენობის დღიური ნორმის მისაღწევად არის 21:1.

გამოკვლევებით დადგინდა, რომ ტექნიკურ სიმწიფეში პამიდვრის ნაყოფში ისეთი ტოქსიკური ელემენტების შემცველობა, როგორიცაა მძიმე ლითონები (Pb, As, Hg) და პოტოქსიკური ნიტრატული აზოტი ( $\text{NO}_3^-$ ) სხვა პერიოდთან შედარებით მინიმალურია, ამიტომ ტექნიკური სიმწიფის პერიოდი საუკეთესოა ტომატ-პასტის დამზადებისათვის.

კლასიკურ მეთოდთან შედარებით ინვაციური ტექნოლოგიის გამოყენება 2,5-ჯერ ამცირებს ელექტროენერგიის ხარჯს და ბევრად ამარტივებს ტემპერატურის კონტროლს, რაც უზრუნველყოფს სასურველი ტემპერატურის სიზუსტეს და ნაკლებ ფლუქტუაციებს წარმოების პროცესში.

## ლიტერატურა – REFERENCES

1. W. A. Gould. TOMATO PRODUCTION, PROCESSING & TECHNOLOGY (Third Edition). CTI PUBLICATIONS INC, Baltimore, USA, 1992, pp. 350-352.
2. Sudhir Gupta. Modern Technology of Tomato Processing and Dehydration (Ketchup, Juice, Paste, Puree, Soup and Drying). Engineers India Research Institute Board of Consultants & Engineers. New Delhi, 2015, pp. 139-203.
3. Danshi Zhu, Yueyi Zhang, Chengcheng Kou, Pushun Xi, He Liu. Ultrasonic and other sterilization methods on nutrition and flavor of cloudy apple juice. Ultrasonics Sonochemistry 84, 2022.- 105975p. <https://doi.org/10.1016/j.ulstsonch.2022.105975>.
4. D. Bermudez-Aguirre, B.A. Niemira. Pasteurization of Foods with Ultrasound: The Present and the Future. Appl. Sci. 12, 2022, 10416. [https://doi.org/10.3390/app122010416.s](https://doi.org/10.3390/app122010416)
5. M. Başlar, H. Biranger Yıldırım, Z.H. Tekin, M.F. Ertugay. Ultrasonic Applications for Juice Making. In: Ashokkumar, M. (eds) Handbook of Ultrasonics and Sonochemistry. Springer, Singapore, 2015. [https://doi.org/10.1007/978-981-287-470-2\\_63-1](https://doi.org/10.1007/978-981-287-470-2_63-1).
6. ა. თხელიძე, გ. დანელია. სოფლის მეურნეობის ქიმიზაცია და გარემოს დაცვა. თბ., 2000, გვ. 134-167.
7. გ. დანელია. კვების პროდუქტების ექსპერტიზის საფუძვლები. სტუ, 2000, გვ. 25-30.
8. გ. დანელია, თ. ფალავანდიშვილი. კვების პროდუქტების სასაქონლო ექსპერტიზა და სამართლებრივი საფუძვლები, . თავი 9, სტუ, 2017, გვ. 253-275.
9. <https://ods.od.nih.gov/factsheets/VitaminC-HealthProfessional/>.
10. Institute of Medicine. Food and Nutrition Board. Dietary Reference Intakes for Vitamin C, Vitamin E, Selenium, and Carotenoidsexternal link disclaimer. Washington, DC: National Academy Press, 2000.

**PROCESSING OF BIOLOGICALLY PERFECT AND ECOLOGICALLY PURE  
TOMATO PASTE FROM THE RAW MATERIALS OF TOMATOES (*SOLANUM  
LYCOPERSICUM*) WIDESPREAD IN GEORGIA USING INNOVATIVE  
TECHNOLOGICAL METHOD**

**G. Andriadze**

(Georgian Technical University)

**Resume.** The latest modern science considers vegetables as a vital product, which is an important part of any country's agricultural policy. Vegetable has an important place in Georgia too. The research is focused on the most popular vegetable – tomato, which is used by the public throughout the year both raw and canned. Attention should be paid to technical ripening and canning processes of tomato, where sanitary-hygienic conditions, must be followed which are developed by regulations and have certain requirements. The aim of the research is to analyze current innovative non-thermal processing technologies of tomato paste processing, to characterize their effectiveness in ensuring the quality and shelf life of tomato paste, aspects of technology sustainability and new trends. Using advanced technology. During the research biologically perfect and ecologically pure tomato paste without emulsifiers was developed. It is already known the productivity of tomato culture, which is rich in important mineral and biochemical compounds. Because of this circumstances, it plays a major role in the production of food products, and for this reason it was carefully noted, that the main goal of this research was to study its biological completeness which is a necessary factor for human health, using innovative method.

**Keywords:** sterilization; tomato; tomato paste; ultrasound; vitamin C.

## შურმნის დურდოს საჭრები ანგამატიკური ფონი

გიგი გოლეთიანი, ზურაბ ლაზარაშვილი, თამაზ ისაკაძე, გიგი გუგულაშვილი  
(საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი)

**რეზიუმე:** განხილულია დვინის წარმოებაში ყურმნის დურდოს საწნეები მოწყობილობები. აღსანიშნავია, რომ წნევის პროცესში გამოყოფილი ყურმნის წვენის ხარისხის შენარჩუნების თვალსაზრისით ყველაზე უკეთესი პნევმატიკური წნევებიც კი გარკვეული უარყოფითი მაჩვენებლებით ხასიათდება.

ნაშრომში წარმოდგენილია ყურმნის დურდოს საწნეები ახალი პნევმატიკური წნევის პრინციპები სქემა, რომელიც უზრუნველყოფს მწარმოებლურობის გაზრდას, მომსახურების გამარტივებას, მექანიზაციისა და ავტომატიზაციის შესაძლებლობების გაუმჯობესებას.

**საკანონო სიტყვები:** დურდო; მწარმოებლურობა; პნევმატიკური წნევი; ყურძენი; წვენი.

## შესავალი

დვინისა და წვენების წარმოებაში ყურმნის გადამუშავების ტექნოლოგიური პროცესი მოიცავს ყურმნის დაჭყლებას, დაწრებას და დაწნევას. ამ პროცესების მიზანია ყურმნის მარცვლებიდან მაქსიმალური რაოდენობის წვენისა და რბილობის გამოდევნა კლერტის, წიპწისა და ჩენჩოს დაუზიანებლად ან მათი მინიმალური დაზიანების პირობებში.

ამ თვალსაზრისით განხატულებული მნიშვნელობა ენიჭება დურდოს დაწნევის ოპერაციას, რადგანაც იგი გულისხმობს მყარი და თხევადი ფაზების გაყოფისათვის დაჭყლებისა და დაწრების პროცესებში წვენის ძირითადი ნაწილის გამოყოფის შემდეგ დარჩენილ მასაზე ისეთი მექანიკური ზემოქმედების განხორციელებას, რომელიც უზრუნველყოფს ამ მასიდან რაც შეიძლება მეტი რაოდენობის ნარჩენი წვენის გამოდევნას. ეს კი შესაძლებელია დურდოზე მექანიკური ზემოქმედების გაძლიერებით, თუმცა კლერტის, წიპწისა და ჩენჩოს დაზიანების თავიდან ასაცილებლად აუცილებელია აღნიშნული მექანიკური ზემოქმედების შესუსტება. შესაბამისად, ამ ორი ურთიერთსაპირისაპირო ამოცანის ერთდროულად გადასაწყვეტად საჭიროა დაწნევის ახალი, ოპტიმალურ რეჟიმებში სხვადასხვა პრინციპით მომუშავე, მოწყობილობის გამოყენება.

დურდოს საწნეები მომწოდილობებს შორის ყველაზე უკეთესად (სავსებით სამართლიანად) ითვლება პნევმატიკური წნევები. ამ მოწყობილობების მნიშვნელოვანი უპირატესობა ისაა, რომ მათში მიმდინარეობს ლითონის ბადისებრ ცილინდრსა და რეზინის გასაბერ ცილინდრს შორის მოხვედრილი დურდოს რბილ რეჟიმში დაწნევის პროცესი. მაგრამ პნევმატიკურ წნევებს უარყოფითი მხარეებიც გააჩნია. ესაა დაბალი მწარმოებლურობა, მომსახურების გაზრდილი შრომატევადობა, მექანიზაციისა და ავტომატიზაციის შეუძლებლობა.

არსებულ ცნობილ მოწყობილობებში ნედლეულის ახალი ულუფის მიწოდება შესაძლებელია მხოლოდ წინა ულუფიდან წვენის მთლიანად გამოდევნის შემდეგ. დაწნევა კი მოიცავს ისეთ ოპერაციებს, როგორიცაა:

- მასის დამუშავება გასაბერ ცილინდრში ჰაერის სხვადასხვა წნევის პირობებში;

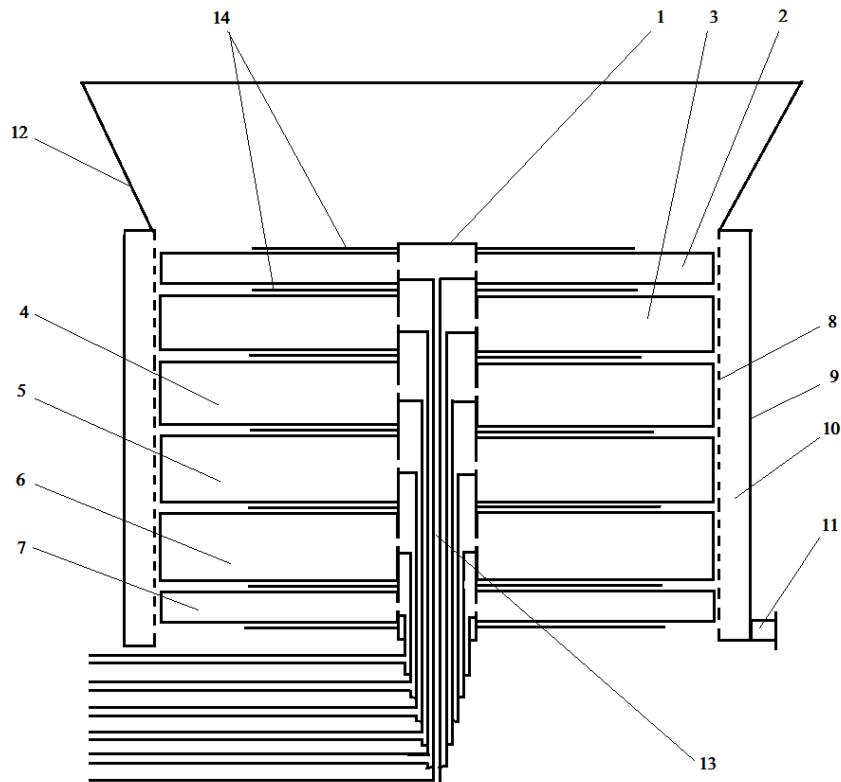
- დაწერებებს შორის ნედლეულის გადაჩენისათვის ჰაერის ცილინდრიდან გამოშვება;
- პერფორირებული კორპუსის ბრუნვით მოძრაობაში მოყვანა.

უკელა ეს ოპერაცია განაპირობებს მოწყობილობის მომსახურების გართულებას და მისი მწარმოებლურობის საგრძნობლად ზემცირებას. ამ საწერს მოწყობილობებში გამოყენებულია ერთი მთლიანი გასაბერი ცილინდრი. წნევის მუშაობის პროცესში საჭირო ხდება გასაბერ ცილინდრში ჰაერის მიწოდება (სხვადასხვა წნევით) ან ამოტუმბვა. შესაბამისად, ასეთ ცილინდრში მუშა წნევის შესაქმნელად საჭიროა დიდი რაოდენობის ჰაერის მიწოდება, რაც ზრდის რეზინის ცილინდრის გაბერვისა და დაშვების ხანგრძლივობას (მწარმოებლურობის შესაბამისი შემცირებით) და ართულებს მთლიანად მოწყობილობის მუშაობის პროცესს.

არსებული მოწყობილობების მუშაობის პროცესში მიმდინარეობს კორპუსის შევსება დასაწერი მასით, გასაბერ ცილინდრში ჰაერის მიწოდება სხვადასხვა წნევით და პერიოდულად, რამდენჯერმე, ამ ჰაერის გამოშვება, ცილინდრის ზუსტად დაყენება მისი შევსებისა და დაცლის უზრუნველსაყოფად. ყოველივე ეს, ერთი მხრივ, ართულებს მოწყობილობის მუშაობას და მნიშვნელოვნად ზრდის შრომით დანახარჯებს, მეორე მხრივ, მუშა ოპერაციების ცვლილება (დაწერის სხვადასხვა სტადიის გათვალისწინებით) გამორიცხავს პროცესის მექანიზაციისა და ავტომატიზაციის შესაძლებლობას.

## ძირითადი ნაწილი

აღნიშნული ნაკლოვანებების თავიდან აცილების მიზნით დამუშავებულია დურდოს პნევმატიკური წნევის ახალი კონსტრუქცია, რომლის პრინციპული სქემა წარმოდგენილია ნახაზზე.



პნევმატიკური წნევის პრინციპული სქემა: 1 – ვერტიკალური მილი; 2, 3, 4, 5, 6, 7 – რეზინის ბალონები; 8 – პერფორირებული კედელი; 9 – მთლიანი კედელი; 10 – წვენის არხი; 11 – მილუელი; 12 – ბუნკერი; 13 – მილები; 14 – ფირფიტები

პნევმატიკური წნები შეიცავს ვერტიკალურ მილს (1), რომელზეც დასმულია ერთმანეთისაგან ჰერმეტულად იზოლირებული, რეზინისაგან დამზადებული ცილინდრული ბალონები, რომლებიც ერთმანეთის თავზეა განლაგებული. ზედა და ქვედა ბალონები შედარებით ვიწროა (ცილინდრების სიმაღლე მცირეა). ყველაზე ზედა ბალონი (2) წარმოადგენს დაწნების ზონის სახურავს და ასრულებს დასაწნები დურდოს მიმღები სარქელის როლს. ყველაზე ქვედა ბალონი (7) წარმოადგენს დაწნების ზონის ძირს და ასრულებს დაწნების შედეგად დარჩენილი ჭაჭის გამომშვები სარქვლის როლს. დანარჩენი ოთხი ბალონი (3, 4, 5, 6) ერთნაირია, შედარებით განიერია და ასრულებს დაწნების ფუნქციას.

ყველა ბალონი ერთნაირი დიამეტრისაა და ჩასმულია კორპუსში, რომელიც შედგება შიგა ჰერცორირებული (8) და გარე მთლიანი (9) კედლებისაგან, რომელთა შორის დატოვვბულია ნაწნები წვენის მიმღები არხი (10). აღნიშნული არხი აღჭურვილია ერთი ან რამდენიმე მილუელით, რომელთა დანიშნულება ნაწნები წვენის გამოყვანა.

კორპუსის თავზე განლაგებულია დასაწნები დურდოს მიმღები ბუნკერი (12) ისე, რომ მისი გამავალი კვეთი მთლიანად იფარება ყველაზე ზედა ბალონის (2) გაბერვის შემთხვევაში.

ვერტიკალური მილის (1) შიგნით განლაგებულია ჰაერის მიმყვანი მილების სისტემა (13), რომელიც უზრუნველყოფს (სხვა ბალონებისაგან დამოუკიდებლად) ყოველ ბალონში სასურველი წნევით ჰაერის მიწოდებას ან ამოტუმბვას საჭირო მომენტში. ამისათვის აღნიშნული მილების სისტემა დაკავშირებულია კომპრესორებთან, ვაკუუმ-ტუმბოებთან და შესაბამის რესივერებთან, რომლებიც უზრუნველყოფს ბალონებში სასურველი წნევის არსებობას. მაგალითად, მე-(3) ბალონში მაქსიმალური წნევა შეადგენს 0,2 მეგა-ს, ბალონში (4) – 0,4 მეგა-ს, ხოლო ქვედა ბალონებში (5 და 6) – 0,6 მეგა-ს. თუმცა, საჭიროების შემთხვევაში, ტექნოლოგიური მოთხოვნებიდან გამომდინარე, აღნიშნულ ბალონებში წნევები შეიძლება განსხვავდებული იყოს. რაც წევება ყველაზე ზედა (2) და ყველაზე ქვედა (7) ბალონებს, აქ წნევა მაქსიმალური უნდა იყოს, რათა უკეთესად შესრულდეს სარქვლის ფუნქცია და არ მოხდეს არასასურველ დროს დასაწნები დურდოს ჩაღვრა დასაწნებ ზონაში ან გამონაწნები ჭაჭის გამოყვანა მოწყობილობიდან. მეზობელ ბალონებს შორის, ასევე ზედა ბალონის (2) თავზე და ქვედა ბალონის ქვეშ ვერტიკალურ მილზე დადუღებულია უჯანგავი ფოლადისაგან დამზადებული წრიული ფირფიტები (14), რომელთა დანიშნულებაა ბალონების ღერძული მიმართულებით გაბერვის თავიდან აცილება. ეს ფირფიტები უზრუნველყოფს ყოველ ბალონის გაბერვას მხოლოდ რადიალური მიმართულებით.

მოწყობილობა მუშაობს შემდეგი პრინციპით:

მუშაობის დაწყების წინ ყველა ბალონში მიწოდებულია შეკემშული ჰაერი, რის შედეგად მათი ჰერიფერიული ნაწილი მიბრჯენილია კორპუსის შიგა ჰერცორირებულ კედელზე (8).

დასაწნები მასა (დურდო) ჩაიტვირთება ბუნკერში (12), რომლის ძირს ამ შემთხვევაში წარმოადგენს მაქსიმალურად გაშლილი ყველაზე ზედა ბალონი (2). იწყება ჰაერის ამოტუმბვა ერთდროულად ყველაზე ზედა (2) და მის ქვეშ განლაგებული დამწნები (3) ბალონებიდან. ამის შედეგად აღნიშნული დამზადებული წრიული ფირფიტები (14), რომელთა დანიშნულებაა ბალონების ღერძული მიმართულებით გაბერვის თავიდან აცილება. ეს ფირფიტები უზრუნველყოფს ყოველ ბალონის გაბერვას მხოლოდ რადიალური მიმართულებით.

საშუალებით. უკვე ნაწერი მასა კი საწყისი წევის (0,2 მეგპა) პირობებში რჩება ზემო-აღნიშნულ სივრცეში.

ამის შემდეგ ხდება ჰაერის სწრაფი გამოდევნა მეზობელი (3 და 4) ბალონებიდან, რაც განაპირობებს მათ შეკუმშვას და ბალონებსა და პერფორირებულ კედელს (8) შორის ღრებოს გაჩენას. ამ ღრებოში სიმძიმის ძალის გავლენით ზევიდან ქვევით მიმდინარეობს აღნიშნული ნაწერი მასის ჩამოტვირთვა. ბალონში (3) სწრაფად მიეწოდება ჰაერი და ხდება მისი პერი-ფერიული ნაწილის კვლავ შეხება პერფორირებულ ზედაპირთან (8). ბალონში (4) კი ნელა მიეწოდება ჰაერი დამწერი წევით (0,4 მეგპა), რაც განაპირობებს ბალონებს (3, 5 და 4) და პერფორირებულ კედელს (8) შორის წარმოქმნილ სივრცეში მოქცეული დურდოს განმე-ორებით დაწერებას (ამ შემთხვევაში გადიდებული წევის 0,4 მეგპა-ის პირობებში). გამოყო-ფილი წვენი პერფორირებული კედლის (8) გავლით გადადის არხში (10), საიდანაც გამოუ-დინება მიღებელების (11) საშუალებით.

უკვე ორჯერ დაწერილი დურდო ბალონების (4 და 5) შეკუმშვის შედეგად ჩამოიტვირ-თება პერფორირებულ კედელსა (8) და ბალონებს (4, 6 და 5) შორის არსებულ სივრცეში და ბალონში (5) მიწოდებული დამწერი წევის (0,6 მეგპა) გავლენით განიცდის მესამეჯერ დაწერებას. ამ დროს ბალონში (4) უკვე მაღალი წევაა მიწოდებული და მას გადაკეტილი აქვს სივრცე. ამიტომ შესაძლებელი ხდება ბალონის (3) მიერ ბუნკერიდან (12) ახლად მიწო-დებული მასის (დურდოს) დაწერება. ეს პროცესი ისევე მიმდინარეობს, როგორც ზემოთაა აღწერილი.

ბალონის (5) მიერ დაწერების შესრულების შემდეგ ჰაერი სწრაფად გამოიდევნება ბა-ლონებიდან (5 და 6), რის შედეგადაც უკვე სამჯერ დაწერილი მასა ჩამოდის უფრო ქვევით და ბალონში (5) სწრაფად მიწოდებული ჰაერის ზემოქმედებით ამ უკანასკნელის პერიფე-რიული ნაწილის პერფორირებულ კედელთან (8) შეხების შემდეგ აღმოჩნდება ბალონებსა (5, 7 და 6) და პერფორირებულ კედელს (8) შორის წარმოქმნილ სივრცეში. ამ შემთხვევაშიც ჰაერი სწრაფად მიეწოდება ბალონში (5) და მისი პერფორირებული ნაწილის მიერ კედლის (8) გადაკეტვის შემდეგ ბალონში (6) ჰაერი მიეწოდება დაწერებისათვის საჭირო წევით (0,6 მეგპა) და იწყება მასის მეოთხეჯერ დაწერება.

დაწერების დასრულების შემდეგ ჰაერი გამოიტუმბება ბალონებიდან (6 და 7) და იწყება უპყე მოლიანად წვენგამოცლილი მასის (მშრალი ჭაჭის) მოწყობილობიდან გამოტვირთვა. ასე რომ, დასაწერები მასის გადაადგილება ხორციელდება მოწყობილობაში ზევიდან ქვევით ორი მეზობელი ბალონიდან ერთდროულად ჰაერის სწრაფი გამოტუმბვის შედეგად. ამის შემდეგ აღნიშნული ორი ბალონიდან ზევით მყოფ ბალონს ასევე სწრაფად მიეწოდება ჰაერი, ხოლო მეორე (ქვევით მყოფ) ბალონში ხდება ჰაერის შედარებით უფრო ნელი მიწოდება დაწერების განხორციელების მიზნით. ამასთან, მოწყობილობის ნედლეულით შევსების შემდეგ ზევიდან მესამე დამწერე ბალონში (5) მუშა პროცესის დაწყებასთან ერთად უკვე იქმნება ყველაზე მაღლა მყოფი ბალონის (3) მიერ მუშა პროცესის განხორციელების შესაძლებლობა. ამის შემდეგ მუშა პროცესი უწყვეტად მიმდინარეობს იმ პირობით, რომ ყველაზე ზედა ბალონი დაწერებას იწყებს ზევიდან მესამე ბალონის პარალელურად.

როგორც ვხედავთ, წარმოდგენილ კონსტრუქციაში დასაწერები ნედლეული გადაადგი-ლდება ზევიდან ქვევით. ყველაზე ზედა (პირველ) სექციაში მიწოდებული დურდო დაწერების შემდეგ თვითდინებით ჩამოდის ქვედა (მეორე) სექციაში, სადაც უფრო მეტი ძალით დაწერების შემდეგ ჩამოედინება კიდევ უფრო ქვევით განლაგებულ (მესამე) სექციაში. ყველაზე ქვედა სექციაში საბოლოო ძალით (0,6 მეგპა) დაწერებილი და, პრაქტიკულად, წვენგამოცლილი მასა გამოიტვირთება მოწყობილობიდან. ამასთან, ყველაზე ზედა სექციაში დურდოს მიწოდების განხელება ხდება მაშინ, როდესაც საწყისი (პირველად მიწოდებული) მასა ჩამოდის მესამე სექციაში. შესაბამისად, მოწყობილობის მუშაობისას დაჭყლების პროცესი მიმდინარეობს

ერთდროულად ყველა სექციაში, რაც მნიშვნელოვნად ზრდის მოწყობილობის მწარმოებლურობას.

წარმოდგენილ კონსტრუქციაში გასაბერი ცილინდრი შესრულებულია ცალკეული ბალონების სახით. მცირე ზომისა და მოცულობის მქონე ბალონებში წნევის მისაღებად ჰაერის საჭირო რაოდენობაც, შესაბამისად, მცირეა. მართალია, ცალკეული ბალონების სახით გასაბერი ცილინდრის დამზადება და ჰაერით მომარაგება გარკვეულ კონსტრუქციულ სირთულეებთანაა დაკავშირებული, მაგრამ ასეთი კონსტრუქციული გადაწყვეტა მნიშვნელოვნად აუმჯობესებს მოწყობილობის მუშაობას და ხელს უწყობს მწარმოებლურობის გაზრდას.

ახალ მოწყობილობაში დასაწეხები დურდოს ზევიდან (ბუნკერიდან) მიწოდება, ამ მასის ზევიდან ქვევით თანდათანობით გადაადგილება (რასაც თან სდევს მასის გადაჩეჩვა), სხვადასხვა სექციაში განსხვავებული (ოპტიმალური) წნევით დაწეხება და გამოწურული ჭაჭის მოწყობილობიდან გამოტვირთვა ხორციელდება მეზობელ სექციებში არსებულ გასაბერ ბალონებში ჰაერის პერიოდული მიწოდებისა და ამოტუმბვის ხარჯზე, რაც სრულდება ადამიანის ჩარევის გარეშე. ამიტომ წარმოდგენილი მოწყობილობა უზრუნველყოფს შრომითი დანახარჯების მნიშვნელოვნად შემცირებას და პროცესის ავტომატიზაციის შესაძლებლობას.

## დასკვნა

ამრიგად, დურდოს საწეხები მოწყობილობის წარმოდგენილ კონსტრუქციაში ნედლეული გადაადგილდება ზევიდან ქვევით და ამ დროს განიცდის ერთმანეთის მიყოლებით განხლა-გებულ სხვადასხვა სექციაში დაწეხებას ოპტიმალური პარამეტრების პირობებში. დამწეხე პნევმატიკურ ბალონებში სასურველი წნევა წინასწარად დადგენილი და წნეხის მუშაობის პროცესში მის ცვლილებას არ საჭიროებს. ეს აუმჯობესებს მოწყობილობის მომსახურების პირობებს, ზრდის მის მწარმოებლურობას, ამაღლებს დაწეხების შედეგად გამოყოფილი წვენის ხარისხს და ქმნის მოწყობილობის კომპლექსური მექანიზაციისა და ავტომატიზაციის შესაძლებლობას.

## ლიტერატურა – REFERENCES

1. ს. მესარქიშვილი. ღვინისა და კონიაკის ქარხნების მანქანა-აპარატები. თბ.: განათლება, 1973. - 347 გვ.
2. ზ. ჯაფარიძე. ყურძნის გადამუშავების ახალი მეთოდების და რეჟიმების დასაბუთება. ტექნ. მეც. ღოქ. დისერტაცია. თბ., 2006. – 243 გვ.
3. ზ. ჯაფარიძე. ღვინის საწარმოთა მოწყობილობები. თბ.: ტექნიკური უნივერსიტეტი. 2020. - 168 გვ.
4. Зайчик Ц. Р. Оборудование предприятий винодельческой промышленности. М.: Пищевая промышленность, 1968. - 372 с.
5. Зайчик Ц. Р., Трунов В. А., Яшин В. К. Машины для фасования пищевых жидкостей в бутылки. М.: ВО Агропромиздат, 1989. - 239 с.
6. Харитонов Н. Ф., Ярмолинский Д. А. Автоматы и поточные линии розлива вин. М.: Машиностроение, 1967. - 248 с.
7. Яковлев П. М., Харитонов Н. Ф., Алексеенко М. К., Кантур Г. Е. Технологическое оборудование винодельческих предприятий. М.: Пищевая промышленность, 1975.- 333 с.

**GRAPE MUST PNEUMATIC PRESS**

**G. Goletiani, Z. Lazarashvili, T. Isakadze, G. Gugulashvili**

(Georgian Technical University)

**Resume.** Grape must pressing devices in wine production are discussed. It should be noted that in terms of maintaining the quality of the grape juice released during the pressing process, even the best pneumatic presses are characterized by certain disadvantages.

The paper presents the principle scheme of the new pneumatic press for grape must, which provides increased productivity, simplified service, and improved mechanization and automation capabilities.

**Keywords:** grapes juice; must; pneumatic press; productivity.

## შურმნის პლატფორმა და საღუდარი ჰურკლის გავლენა ლგინის ხარისხზე

ნუგზარ ბადათურია, მარიამ ლოლაძე, გეგა ბადათურია

(საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის კვების მრეწველობის სამეცნიერო-კვლევითი ინსტიტუტი)

**რეზიუმე:** გამოკვლეულია ყურძნის კლერტისა და საღუდარი ჰურკლის (ქვევრი, მიწის-ზედა საღუდარი ჰურკელი) გავლენა სუფრის დვინის ქიმიურ შედგენილობასა და ორგანოლებრივ მაჩვენებლებზე. ნაჩვენებია, რომ კლერტი უარყოფით გავლენას ახდენს მზა პროდუქციის ხარისხზე. წარმოდგენილია ექსპერიმენტული მასალები, რომელთა შესაბამისად კახური და იმერული ტიპის დვინო შეიძლება დამზადდეს როგორც ქვევრში, ისე მიწის-ზედა საღუდარ ჰურკელში.

**საკანძო სიტყვები:** კლერტი; საღუდარი ჰურკელი.

### შესავალი

საფრანგეთში საკონიაკე ლვინომასალის მისაღებად გადარჩეულ კარგი ხარისხის ყურძნის მოკრეფისთანავე ჰყლებენ რაც შეიძლება ფრთხილად, რათა წიპტა და კლერტი არ დაზიანდეს და ტებილს არ შეერთოს წიპტისა და კლერტის წვენი. დაჭყლებილ მასას 1 სთით ჰაერზე აჩერებენ ჰაჭის ფერმენტაციისათვის, შემდეგ ნელ-ნელა 8 სთ-ს ხელის წნეხებით წნეხები, ბოლოს აურევენ და ისევ წნეხები 10–12 სთ-ის განმავლობაში. მიღებულ ტებილს აღუდებენ უჭაჭოდ, დაღუდებისთანავე ლექიდან მოხსნიან და გამოხდიან.

კალიფორნიაში საკონიაკე ლვინომასალის მისაღებად ყურძნის ჰყლებენ, კლერტს აცლიან და ტებილს ყურძნის კანზე აღუდებენ საფუვრის წმინდა კულტურის დამატებით.

საქართველოში ქვევრის დვინის დაყენებისას ტრადიციულად იყენებდნენ კლერტიან დურდოს. ბოლო დროს ჩატარებული გამოკვლევებით დადგინდა, რომ კლერტი უარყოფით გავლენას ახდენს წითელი დვინის ხარისხზე. ამასთან, გამოითქვა აზრი იმის შესახებ, რომ კახური ტიპის თეთრი დვინის წარმოება კლერტის გამოყენების გარეშე წარმოუდგენელია, რომ სწორედ კლერტი განაპირობებს კახური ტიპის დვინის ორგანოლებრივ მაჩვენებლებს. ამ მოსაზრების ავტორებს თავისი მტკიცების დასადასტურებლად არანაირი ექსპერიმენტული მონაცემები არ წარმოუდგენიათ.

### ძირითადი ნაწილი

1-ლი ცხრილის მონაცემებიდან ჩანს, რომ კლერტი უარყოფით გავლენას ახდენს კახური წესით დამზადებული საფერავის ჯიშის ყურძნისაგან მიღებული დვინის ხარისხზე.

## ცხრილი 1

### საფერავის ჯიშის ყურძნისაგან მიღებული მშრალი დვინის ფიზიკურ-ქიმიური მაჩვენებლები

	ალკოჰოლური დუღილის პირობები			
მაჩვენებლები	კლერტ-გაცლილ დურდოზე	კლერტპ-ბიან დურდოზე	გაორმაგებული რაოდენობის კლერტებიან დურდოზე	გაორმაგებული რაოდენობის დურდოზე
სიმკვრივე 20 °C	0,9939	0,9942	0,9950	0,9960
სიმაგრე, მოც., %	-	11,9	11,0	10,5
აქროლადი მჟავიანობა, გ/ლ	0,27	0,27	0,33	0,65
ტიტრული მჟავიანობა, გ/ლ	7,8	7,7	-	7,6
დვინის მჟავა, გ/ლ	2,80	2,64	2,57	2,20
შაქარი, გ/ლ	0,34	0,72	1,05	0,68
ტანინი, გ/ლ	2,87	3,53	3,64	3,00
გლიცერინი, გ/ლ	6,85	7,35	6,99	7,17
ექსტრაქტი, გ/ლ	26,04	27,4	28,2	28,15
ნაცარი, გ/ლ	2,46	2,64	3,18	3,37
ნაცრის ტუტიანობა, მლ.ექვ. 100 მლ დვინოზე	3,18	2,88	4,02	3,78
ორგანოლეპტიკური შეფასება, ბალი	7,6	7,5	7,0	7,6

კლერტი ასევე უარყოფით გავლენას ახდენს იმერული ტიპის თეთრი დვინის ხარისხები, რაზედაც მეტყველებს მე-2 ცხრილის მონაცემები. კერძოდ, კლერტის გარეშე დამზადებული იმერული ტიპის დვინო შეიცავს ნაკლები რაოდენობის ფენოლურ ნაერთებს, მონომერულ ფლავონოიდებს. კლერტზე დამზადებული დვინო შედარებით უფრო გამდიდრებულია აზოტოვანი ნივთიერებებით. ყოველივე ამის შედეგად, კლერტის გარეშე დამზადებულმა იმერული ტიპის დვინომ მიიღო უფრო მაღალი სადეგუსტაციო შეფასება კლერტით დამზადებულ დვინოსთან შედარებით.

## ცხრილი 2

### კლერტის გავლენა ცოლიკოურის ჯიშის ყურძნისაგან მიღებული იმერული ტიპის დვინის ხარისხზე

მაჩვენებლები	ცდის ვარიანტი	
	იმერული ტიპის დვინის დაყენება კლერტის გარეშე	იმერული ტიპის დვინის დაყენება კლერტით
ფენოლური ნივთიერებების ჯამი, მგ/ლ	1248	1314
მონომერული ფლავონოიდები, მგ/ლ	689,1	715,8
ლეიკოანთოციანები, მგ/ლ	722,3	770,2
კატექინები, მგ/ლ	149,2	150,8
გლიცერინი, მგ/ლ	6,6	6,9

აზოგი, მგ/ლ:	-	-
საერთო	204	222
ამინური	95,8	90
ცილის	38,3	48,3
სადეგუსტაციო შეფასება, ბალი	8,2	7,7

მე-3 ცხრილის მონაცემებიდან ჩანს, რომ კახური წესით ყურძნის გადამუშავებისას (იმავე ტემპერატურულ პირობებში, როგორიც ქვევრში) ორივე შემთხვევაში მიიღება ერთნაირი ხარისხის დონო. მაშასადამე, გადამუშავები მნიშვნელობა კახური ტიპის დონის დამზადებისას აქვს არა საღუდარ ჭურჭელს, არამედ ყურძნის გადამუშავების ხერხს. ამასთან, უნდა აღინიშნოს, რომ კატექინების რაოდენობა ორივე ნიმუშში დაახლოებით ერთი და იგივეა.

### ცხრილი 3

#### რქაწითელის დონომასალის ქიმიური შედგენილობა დონის სხვადასხვა ჭურჭელში კახური წესით დაყენებისას

ცდის გარიანტი	ქიმიური მაჩვენებლები	დაკვირვების ვადები			
		შემცველობა საწყის ნედლეულ- ში	შემცველობა დონომასალა- ში, დუღილის დასრულების შემდეგ	3 თვის განმაგ- ლობაში	5 თვის განმაგ- ლობაში
ტემპოს დუღილები დადუღება და დონომასალის თერმოსადუ- დარში დუღილები დაყოვნება	ფენოლური ნივთი- ერების ჯამი, მგ/ლ	3640	3070	2680	2640
	ლეიკოანთოციანუ- ბი, მგ/ლ	2419	2010	1570	1445
	მონომერები, მგ/ლ	2275	1787	1325	1244
	საერთო ექსტრაქტი, გ/ლ	-	21,5	22,0	21,7
	შაქარი, %	19,9	2,47	-	0,25
	სპირტი, მოც., %	-	10,88	-	11,3
	ტიტრული მჟავები, გ/ლ	6,66	6,50	6,31	6,04
	PH	3,68	3,65	3,61	3,58
ტემპოს დუღილები დადუღება და მასზე დონომასა- ლის შემდგომი დაყოვნება ქვევრში	ფენოლური ნივთიერების ჯამი, მგ/ლ	3640	2990	2710	2590
	საერთო ექსტრაქტი, გ/ლ	-	21,4	21,8	21,3
	შაქარი, %	19,9	1,68	-	0,21
	სპირტი, მოც., %	-	10,9	-	11,4
	ტიტრული მჟავები, გ/ლ	6,66	6,52	6,26	5,92
	PH	3,68	3,64	3,60	3,56

მე-4 ცხრილის მონაცემებიდან ჩანს, რომ დადუღებული დონის შემდგომი შენახვისას როგორც კლერტზე დადუღებულ, ისე უკლერტოდ დადუღებულ დონოებში მნიშვნელოვნად

მცირდება ძირითადი კომპონენტების შემცველობა. კერძოდ, ფენოლური ნაერთების საერთო რაოდენობა უკლერტოდ დაღუდებულ დვინოში მცირდება 15 %-ით, კლერტით დაღუდებულში – 26 %-ით, მონომერული ფლავონოიდების შემცველობა უკლერტოდ დაღუდებულში – 39 %-ით, კლერტით დაღუდებულში – 24 %-ით და ა.შ. განსაკუთრებით დიდი ფენოლური დანაკარიბებია კატექინების შემცველობაში (უკლერტოდ დაღუდებულში – 98 %, კლერტით დაღუდებულში – 74 %).

#### ცხრილი 4

#### კახური ტიპის დვინის ქიმიური შედგენილობის ცვლილებები ერთწლიანი შენახვის შემდეგ

მაჩვენებლის დასახელება	ცდის ვარიანტი					
	უკლერტოდ დაღუდებული დვინო			კლერტით დაღუდებული დვინო		
	ახლად დამზადე- ბული	ერთწლი- ანი შენა- ხვის შემ- დეგ	კლება, %	ახლად დამზადე- ბული	ერთწლი- ანი შენა- ხვის შემ- დეგ	კლება, %
საერთო ფენოლები, მგ/ლ	1624	1384	15	1962	1444	26
მონომერული ფლავონოიდები, მგ/ლ	516	316	39	741	564	24
ლეიკოანთოციანები, მგ/ლ	707	588	17	834	710	15
კატექინები, მგ/ლ	385	15	98	186	48	74
ექსტრაქტი, გ/ლ	20,5	19,2	16	21,3	20,5	4
საერთო აზოტი, მგ/ლ	280	265	5	292	271	7
ამინური აზოტი, მგ/ლ	123	120	2	138	132	4
ცილის აზოტი, მგ/ლ	28	24	13	20	16	20
ალდეჰიდები, მგ/ლ	-	36,4		-	38,3	
აცეტალები, მგ/ლ	-	16,1		-	15,8	
საერთო ეთერები, მგ/ლ	-	364		-	384	
გლიცერინი, გ/ლ	7,9	7,8	1	7,9	7,8	1
სიმაგრე, მოც.%	11,3	11,1	2	11,2	11,0	
ტიტრული მჟავიანობა, გ/ლ	5,8	5,5	5	5,9	5,6	2
აქროლადი მჟავიანობა, გ/ლ	0,47	0,72	მატება, % 53	0,45	0,79	მატება, % 75

მე-5 ცხრილში ნაჩვენებია საღუდარი ჭურჭლის გავლენა ცოდიკოურის ჯიშის ყველნისაგან მიღებული იმერული ტიპის დვინის ხარისხები. კვლევის შედეგების ანალიზმა ცხადყო, რომ ერთი და იმავე რაოდენობის (5 %) ჭაჭის დამატებისას უფრო კარგი შედეგი იქნა მიღებული დვინის ქვევრში დაღუდებისას, ვიდრე მიწისზედა საღუდარ ჭურჭლში დაღუ-

დების დროს, რაც, სავარაუდოდ, გამოწვეული უნდა იყოს იმით, რომ მიწისზედა საღუდარ ჭურჭელში დუღილის ტემპერატურა არ რეგულირდებოდა, მაშინ როდესაც, მიწაში ჩაფლულ ქვევრში მეტნაკლებად შენარჩუნებული იყო მუდმივი ტემპერატურული რეჟიმი.

### ცხრილი 5

#### საღუდარი ჭურჭლის გავლენა ცოლიკოურის ჯიშის ყურძნისაგან მიღებული იმერული ტიპის ღვინის ხარისხზე

მაჩვენებლები	ცდის ვარიანტი				
	ღვინის დაყენება ჭაჭაზე უკლერტოდ მიწისზედა საღუდარ ჭურჭელში (დამატებული ჭაჭის რაოდენობა, %)	4	5	6	7
ფენოლური ნივთიერებების ჯამი, მგ/ლ	1105	945	1078	1248	1368
მონომერული ფლავონიდები, მგ/ლ	580	510,4	617	689,1	734,2
ლეიკოანთოციანები, მგ/ლ	678,5	625,4	670,2	722,3	784,8
კატექინები, მგ/ლ	108,5	102,8	124,7	149,2	168,9
გლიცერინი, მგ/ლ	6,1	6,5	6,6	6,6	6,8
აზოტი, მგ/ლ:					
საერთო	192	175	182	204	215
ამინური	80,9	84,2	88,4	95,8	92,3
ცილის	25,2	29,4	34,5	38,3	44,2
სადეგუსტაციო შეფასება, ბალი	8,1	7,8	7,9	8,2	7,8

### დასკვნა

კლერტი უარყოფით გავლენას ახდენს ღვინოზე ყურძნის როგორც კახური, ასევე იმერული მეთოდით გადამუშავებისას. იმ შემთხვევაში, თუ მიწისზედა საღუდარ ჭურჭელში არის ტემპერატურის რეგულირების შესაძლებლობა, მასში შეიძლება დამზადდეს მაღალი ხარისხის როგორც კახური, ისე იმერული ტიპის ღვინოები.

### ლიტერატურა – REFERENCES

- ა. ლაშხი. კონიაკის წარმოება. თბ.: განათლება, 1967, გვ. 56-65.
- თ. დლონიტი, ზ. დლონიტი. ქვევრი და კახური ღვინო. თბ., 2018.
- Папунидзе Г.Р. Усовершенствование технологии приготовления столовых вин имеретинского типа. Канд. дис., 1978.

4. Сирбидадзе А.Л. Сырьевая база коньячного производства Грузии и разработка методов усовершенствования технологических процессов коньяка. Докт., дис., 1975.
5. Табатадзе Т. Г. Разработка усовершенствованной технологии приготовления столовых вин кахетинского типа. Канд. дис.Тб., 1981.

## FOOD INDUSTRY

### THE EFFECT OF GRAPE RACHIS AND FERMENTATION TANKS ON WINE QUALITY

**N. Bagaturia, M. Loladze, G. Bagaturia**

(Research Institute of Food Industry of the Georgian Technical University)

**Resume.** The effect of the grape rachis and fermentation tank (kvevri, elevated thermo broom) on the chemical composition and organoleptic properties of table wines was investigated. It is shown that the grape rachis have a negative impact on the quality of the finished product. Experimental data are also presented, according to which both the Kakhetian and Imeretian types of table wines can be made both in earthenware jugs (kvevri) buried in the ground, and in above-ground thermal separators.

**Keywords:** combs; fermentation tanks.

## შურმნის გადამუშავების ხერხის გავლენა ლონისა და ლონის დისტილატის ხარისხზე

მარიამ ლოლაძე, ნუგზარ ბალათურია

(საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის კვების მრეწველობის სამეცნიერო-კვლევითი  
ინსტიტუტი)

**რეზიუმე:** გამოკვლეულია კახური, იმერული და ევროპული ტიპის ღვინოებისა და მათ-  
გან მიღებული ღვინის დისტილატების ქიმიური შედგენილობა და ორგანოლეპტიკური მაჩ-  
ვენებლები. დადგენილია, რომ იმერული ტიპის ორგორც ღვინომასალამ, ასევე მისგან წარმო-  
ებულმა ღვინის დისტილატმა მიიღო უფრო მაღალი საღეგუსტაციო შეფასება.

**საკვანძო სიტყვები:** ღვინო; ღვინის დისტილატები.

### შესავალი

1989 წელს მიღებულმა საქართველოს კანონმა „ვაზისა და ღვინის შესახებ“ აკრძალა  
ტერმინის „ქართული კონიაკი“ გამოყენების შესაძლებლობა და ქართველი მეწარმეები აიძულა  
ტერმინი „ქართული კონიაკი“ ნაცვლად გამოყენებინათ დასახელება „ქართული ბრენდი“. ქართული  
სასმელების მირითად ბაზრებზე არ სცნეს ეს დასახელება, რადგანაც ბრენდი  
განეკუთვნება დაბალი ხარისხის სასმელების კატეგორიას.

ამასთან დაკავშირებით საქართველოს კვების მრეწველობის სამეცნიერო-კვლევითი ინს-  
ტიტუტის ინიციატივით კანონში „ვაზისა და ღვინის შესახებ“ შეტანილ იქნა ცვლილებები  
ქართული ჭაჭის არყის განმარტებაში. ამ განმარტების მიხედვით ქართული ჭაჭის არაყი  
შეიძლება დამზადდეს ორგორც ყურძნის გადამუშავების ნარჩენებისაგან (მაგალითად, ჭაჭი-  
საგან), ასევე კახური ტიპის ღვინისაგან, რომელიც მიიღება ტკბილის ჭაჭაზე დადუღებით.  
ამით ქართული ჭაჭის არაყი თავისი ხარისხით დაუახლოვდა კონიაკს, რომელიც, როგორც  
წესი, მიიღება ევროპული ტიპის ღვინისაგან, ანუ ყურძნის ტკბილის უჭაჭოდ დადუღებული  
ღვინის გამოხდითა და მიღებული დისტილატის მუხის ტკეჩზე შემდგომი დავარგებით. უნდა  
აღინიშნოს ისიც, რომ მთელ რიგ ქვეყნებში კონიაკიც ასევე ჭაჭაზე დადუღებული ღვი-  
ნომასალების გამოხდით მიიღება.

წინამდებარე ნაშრომში წარმოდგენილია ქვევრში დაყენებული კახური, იმერული და  
ევროპული ტიპის ღვინოებისა და მათგან მიღებული დისტილატების ქიმიური შედგენილობები.

აქვე შევნიშნავთ, რომ კახური ტიპის ღვინო მიიღება ყურძნის კლერტგაცლილი სრული  
დურდოს დადუღებით, ხოლო კოლხური, ანუ იმერული ტიპის ღვინის დამზადებისას დუღილის  
დაწყების წინ ტკბილში უმატებენ უმნიშვნელო რაოდენობის (5–6 %) ჭაჭას, ევროპული ტიპის  
ღვინის მისაღებად კი ახდენებ ტკბილის უჭაჭოდ დადუღებას.

უჭაჭოდ დადუღებული ღვინის დისტილატისაგან მიღებულ ყურძნისეული წარმოშობის  
ალკოჰოლიან სასმელს უწოდებენ კონიაკს, კახური ტიპის ღვინისა და იმერული ტიპის ღვი-  
ნისაგან მიღებულ ალკოჰოლიან სასმელებს – ჭაჭის არყებს, რადგანაც ისინი ჭაჭის გამო-  
ყენებითაა დამზადებული. მით უფრო, რომ ჭაჭის არაყის (გრაპას) იტალიელები ამ დასა-

ხელების პროდუქციის ასორტიმენტის გაფართოების მიზნით ასევე ეძახიან, მაგალითად, მოვის წვენშერებულ ჭაჭის არაყსაც.

### ძირითადი ნაწილი

დვინომასალის მიღების ტექნოლოგიური წესის გავლენის დასადგენად ახალი ტიპის ჭაჭის არაყზე, როგორც აღვნიშნეთ, გამოკვლეული იყო ყურძნის გადამუშავების ევროპული, იმერული და კახური წესით მიღებული დვინომასალები და მათგან დამზადებული დვინის დისტილატები. კახური და იმერული წესით დაყენებული დვინის გამოხდის შედეგად მიღებულ სასმელებს ვუწოდეთ ჭაჭის არაყი, ევროპულიდან მიღებულს – კონიაკი.

1-ლ ცხრილში მოცემულია კახური, იმერული და ევროპული ტიპის დვინოების ქიმიური შედგენილობები. წარმოდგენილი მონაცემების ანალიზი ცხადყოფს, რომ ტკბილის უჭაჭოდ დაღულებული ევროპული ტიპის დვინოები გაცილებით ნაკლები რაოდენობით შეიცავს ექსტრემულ ნივთიერებებს და მათ შორის ტანინს. ევროპული ტიპის დვინოებში ასევე მცირე რაოდენობითაა აცეტალები, მეთილის სპირტი და საერთო აზოტოვანი ნივთიერებები.

ჭაჭაზე დაღულებული იმერული და კახური ტიპის დვინოები ევროპულთან შედარებით მეტი რაოდენობით შეიცავს აცეტალებს; ამასთან, იმერული დვინოები გამდიდრებულია რახის ზეთებით.

### ცხრილი 1

#### კახური, იმერული და ევროპული ტიპის დვინოების ქიმიური შედგენილობა

მაჩვენებლები	დვინომასალის დამზადების ხერხი		
	ევროპული	იმერული	კახური
კუთრი წონა 20 °C-ზე	0,9929	0,9939	0,9961
ეთილის სპირტის შემცველობა, მოც. %	11,9	12,1	11,9
აქროლადი მჟავები, გ/ლ	0,840	0,873	0,571
საერთო მჟავები, მგ/ლ	5,816	5,600	6,230
დვინის მჟავა, გ/ლ	3,45	3,15	3,72
ტანინი, მგ/ლ	600,0	990,0	1050,0
აქროლადი ეთერები, მგ/ლ	93,6	79,2	158,4
ექსტრაქტი, მგ/ლ	17330,0	18310,0	21310,0
ალდეჰიდები, მგ/ლ	32,56	26,40	53,68
აცეტალები, მგ/ლ	12,44	14,16	25,96
საერთო აზოტი, მგ/ლ	175,6	226,2	275,1
ცილის აზოტი, მგ/ლ	17,3	18,3	19,1
მეთილის სპირტი, მგ/ლ	65,5	117,2	194,0
აცეტალდეჰიდი, მგ/ლ	56,7	13,5	27,0
ეთილაცეტატი, მგ/ლ	230,0	196,0	234,0
pH	3,28	3,25	3,42
ნ-პროპილის სპირტი, მგ/ლ	24,4	25,5	57,1
იზოპუტილის სპირტი, მგ/ლ	83,0	71,7	44,7
იზოამილის სპირტი, მგ/ლ	284,2	268, 6	206,4
რახის ზეთები (უმაღლესი სპირტები), გ/ლ	391,6	365,8	308,2
სადეგუსტაციო შეფასება, ბალი	7,5	7,7	7,5

გარკვეული კანონზომიერებები შეიმჩნევა ასევე აღნიშნული ტიპის დვინოებისაგან მიღებული დვინის დისტილატების ქიმიურ შედგენილობებშიც (ცხრილი 2). კერძოდ, ეპროპული ტიპის დვინის დისტილატები უფრო მეტად საერთო მჟავებითა და აცეტალებითა გამდიღ-რებული. ჭაჭაზე დაღუდებული იმერული და კახური ტიპის დვინოების დისტილატები ეპროპულთან შედარებით უფრო მეტ საერთო ეთერებს შეიცავს, მასში გაცილებით მეტი რაოდენობითაა წარმოდგენილი ეთილაცეტატი და მეთილის სპირტი.

ჭაჭის მონაწილეობით დაღუდებული დვინომასალების დისტილატების ერთმანეთთან შედარებამ დაადასტურა, რომ იმერული ტიპის დვინის დისტილატი უფრო ალდეჰიდებით, ეთილაცეტატით, უმაღლესი სპირტებითა გამდიღრებული. კახური ტიპის დვინო გამოირჩევა საერთო მჟავების, საერთო ეთერების, აქროლადი ეთერების, მეთილის სპირტის მაღალი შემცველობით.

## ცხრილი 2

### დვინის დაყენების ხერხის გავლენა დვინის ახლად გამოხდილი დისტილატის ქიმიურ შედგენილობაზე

მაჩვენებლები	დვინომასალის დამზადების ხერხი		
	ეპროპული	იმერული	კახური
ეთილის სპირტის შემცველობა, მოც. %	65,1	70,7	67,7
აქროლადი მჟავები, გ/ლ	0,089	0,067	0,089
საერთო მჟავები, მგ/ლ	123,35	61,67	112,14
საერთო ეთერები, გ/ლ	131,61	139,85	148,00
ალდეჰიდები, მგ/ლ	29,48	34,32	26,40
აქროლადი ეთერები, მგ/ლ	93,6	79,2	158,4
აცეტალები, მგ/ლ	24,22	18,35	19,50
აცეტალდეჰიდი, მგ/ლ	63,0	72,0	74,5
ეთილაცეტატი, მგ/ლ	31,6	163,2	80,0
მეთილის სპირტი, მგ/ლ	249,6	374,4	729,3
ნ-პროპილის სპირტი, მგ/ლ	154,4	204,6	275,9
იზოპროპილის სპირტი, მგ/ლ	345,0	404,0	217,0
იზოამილის სპირტი, მგ/ლ	1267,2	1468,8	1195,2
რახის ზეთები (უმაღლესი სპირტები), მგ/ლ	1766,6	2077,4	1688,1
pH	4,90	4,95	3,97
სადეგუსტაციო შეფასება, ბალი	7,72	7,90	7,70

საერთო ჯამში, იმერული ტიპის როგორც დვინომასალამ, ასევე მისგან მიღებულმა დვინის დისტილატმა მიიღო უფრო მაღალი სადეგუსტაციო შეფასება დანარჩენ ორ ნიმუშთან შედარებით.

## **დასკვნა**

დვინის დაყენების ხერხი (ევროპული, იმერული, კახური) მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს დვინის შედგენილობაზე. თავის მხრივ, დვინის შედგენილობა განაპირობებს მისგან გამოხდილი დვინის ღისტილატის ხარისხსაც. საუკეთესო შედეგი მიიღება ყურძნის იმერული წეით გადამუშავებისას.

## **ლიტერატურა – REFERENCES**

1. ა. ლაშხი კონიაკის წარმოება. თბ.: განათლება. 1967, გვ. 56-65.
2. მ. დლობები, ზ. დლობები. ქვევრი და კახური დვინო. თბ., 2018.
3. Папунидзе Г. Р. Усовершенствование технологии приготовления столовых вин имеретинского типа. Канд. дис. 1978.
4. Сирбладзе А. Л. Сырьевая база коньячного производства Грузии и разработка методов усовершенствования технологических процессов коньяка. Док. дис. 1975.
5. Табатадзе Т. Г. Разработка усовершенствованной технологии приготовления столовых вин кахетинского типа. Канд. дис.Тб., 1981.

## **FOOD INDUSTRY**

### **THE INFLUENCE OF THE METHOD OF PROCESSING GRAPES ON THE COMPOSITION AND QUALITY OF WINE DISTILLATE**

**M. Loladze, N. Bagaturia**

(Research Institute of Food Industry of the Georgian Technical University)

**Resume.** The chemical composition of Kakhetian, Imeretian and European wines and wine distillates obtained from them, as well as organoleptic properties have been studied. It was established that the highest tasting assessment was received by wine and wine distillate made from grapes processed by the Imeretian method (i.e., during the fermentation of the mash on the part of the pulp - 5-6% by weight of the pulp).

**Keywords:** wine; wine distillate.

სიგნალიზაციის, ცენტრალიზაციის, ბლოკირებისა (სცბ) და  
პატიორგაბმულობის მოწყობილობების განვითარების ეფაკების განხილვა  
მერაბ ჩალაძე, თენგიზ ტაბიძე, ლევან ლომსაძე, მიხეილ გრიგორაშვილი,  
გიორგი ჩალაძე

(საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი)

**რეზიუმე:** ნაშრომში განხილულია სარკინიგზო სიგნალიზაციის, ცენტრალიზაციისა და  
ბლოკირების მოწყობილობების (სცბ) მეშვეობით ტრანსპორტის უსაფრთხოების უზრუნველ-  
ყოფის საკითხი. გაანალიზებულია არსებული სასიგნალო სისტემების დაარსების წინა პი-  
რობა, მათი წარმოშობის მიზეზები და განვითარების ძირითადი მიმართულებები. გარდა  
ამისა, მოცემულია რკინიგზის ტრანსპორტის მოძრაობის უსაფრთხოებისა და სიგნალიზა-  
ციის უზრუნველყოფის საშუალებებში მაღალი ხარისხის გადასვლების ძირითადი ეტაპების  
დახასიათება.

**საკვანძო სიტყვები:** რკინიგზის ტრანსპორტი; სადგურის მორიგე; სასიგნალო მოწყო-  
ბილობა; სასიგნალო სისტემები; სემაფორი; შუქნიშანი.

## შესავალი

ამჟამად რკინიგზა, საავტომობილო და სხვა სატრანსპორტო საშუალებებისგან განსხვა-  
ვებით, გადაადგილების შედარებით უსაფრთხო და ეფექტური საშუალებაა, თუმცა ყოველთვის  
ასე არ იყო. უკეთესობისკენ ცვლილებები ერთ დამეში არ მომხდარა. ეს უშუალოდ რკი-  
ნიგზაზე მომუშავე ადამიანების მრავალი თაობის, მათ შორის უცხოელების, დაუდალავი  
შემოქმედებითი შრომის შედეგია.

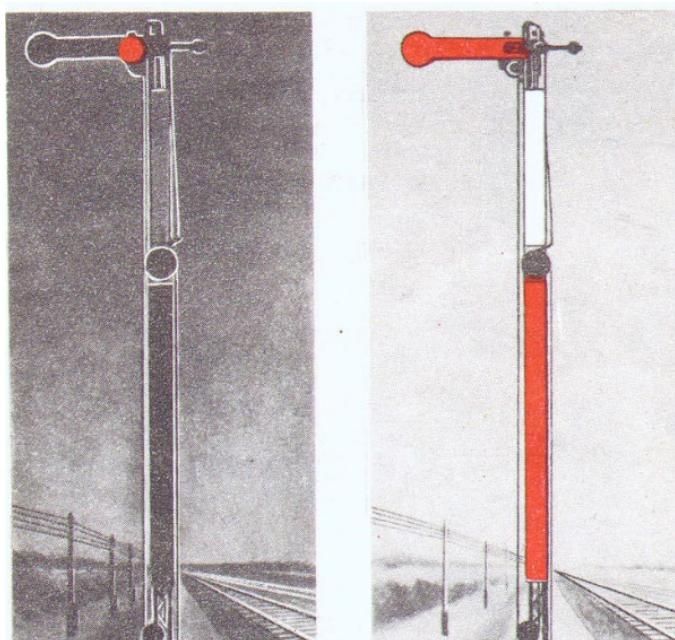
რას წარმოადგენს სიგნალიზაციის, ცენტრალიზაციისა და ბლოკირების (სცბ) მოწ-  
ყობილობები? – ეს არის ტექნიკური საშუალებების ნაკრები, რომელიც გამოიყენება მატა-  
რებლების მოძრაობის დასარეგულირებლად და უსაფრთხოების უზრუნველსაყოფად (იგუ-  
ლისხმება მატარებლების შეჯახების, რელეებიდან აცდენის და სხვა უბედური შემთხვევების  
ან ავარიების თავიდან აცილება). როგორც ცნობილია, სცბ-ის სისტემის ისტორია დაიწყო  
1920 წელს, როდესაც სატელეფონო და ელექტროკვერტხის სისტემები ვერ აკმაყოფილებდა  
გაუმჯობესებული რკინიგზის მოთხოვნილებებს. პირველი, ვინც შეიმუშავა რეგულაციები  
რკინიგზაზე ავტომატური ბლოკირების გამოყენების შესახებ, იყო პროფესორი ი. გორდიენკო.  
მან შექმნა ოთხი სექციის სისტემა, რამაც შესაძლებელი გახდა მატარებლების გამტა-  
რუნარიანობის გაზრდა. შემდეგ კი განვითარდა ელექტრული სიგნალიზაციისა და დისპეტ-  
ჩერული ცენტრალიზაციის სისტემების შედეგის პრიციპები.

საინტერესოა, როგორი იყო მდგომარეობა მგზავრთა მასობრივი გადაადგილებისა და  
ტვირთის გადაზიდვების უსაფრთხოების უზრუნველყოფის კუთხით, როდესაც ცხენოსან და  
წყლის (მდინარის) ტრანსპორტს გამოუწნდა დირსეული კონკურენტი – რკინიგზა.

## ძირითადი ნაწილი

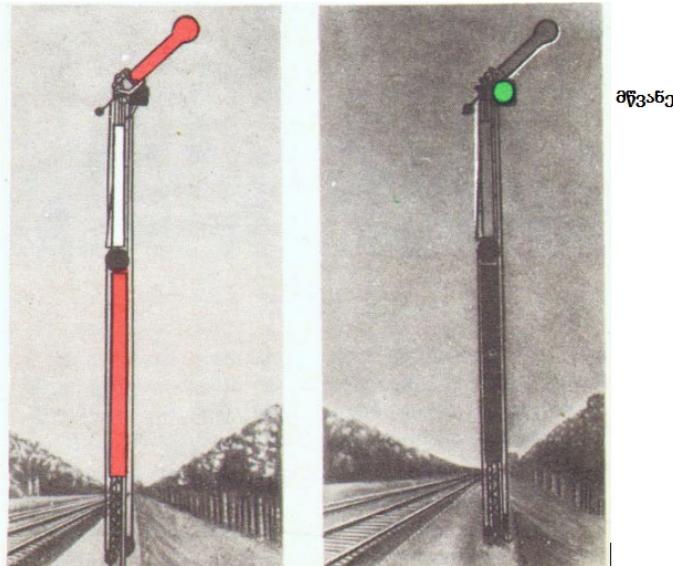
მატარებლების უსაფრთხო მოძრაობის უზრუნველსაყოფად სუდ პირველად 1836 წელს იქნა გამოყენებული ხმოვანი სიგნალი „ცარსკოე სელოს“ ოკინიგზაზე. ორთქლმავალ ვაგონებს აუცილებლად უნდა ჰქონოდა ზარები ან სხვა რამ მოწყობილობა გამვლელების გასაფრთხილებლად. ზარების ხმას მცირე მანძილის დიაპაზონი ჰქონდა და თანაც მას თავად ორთქლმავლის ხმაური ახშობდა. ამიტომ გამოიყენეს ორთქლმავლის სასტაციები, რომლებიც ბევრად უფრო ეფექტური იყო, რადგან მისი ხმა მრავალჯერ აღემატებოდა ზარის ხმას, თუმცა იგი იმდენად შემზარავი იყო, რომ არავის მოსწონდა. შემდგომში სასტაციების ხმა შეცვალეს საყვირის ხმით და დატოვეს სარკინიგზო ლოკომოტივებში. იმ პერიოდში მატარებლების რაოდენობა იმდენად მცირე იყო და თანაც ისეთი დაბალი სიჩქარით მოძრაობდნენ, რომ ეს ხმოვანი სიგნალები აკმაყოფილებდა მოთხოვნებს. მაგრამ მალე მდგომარეობა შეიცვალა და საჭირო გახდა რკინიგზის ლიანდაგზე საფრთხესთან დაკავშირებული გამაფრთხილებელი მოწყობილობების დაყენება. შეიქმნა პირველი ოპტიკური (ხილული) სიგნალები თეთრი ბურთების სახით, რომლებსაც მართავდნენ „სიგნალისტები“ (ლიანდაგის დარაჯები) ჯალაშბარებზე მათი აწევით. ამის შემდეგ, 1841-1842 წლებში გამოჩნდა სემაფორები, რომელთა გამომგონებლად ითვლება ინგლისელი გ. გრიგორი. სემაფორები იყო სხვადასხვა ფორმის (დისკოსებრი, ორფრთიანი, სამფრთიანი) და წარმოადგენდა სვეტს, რომელზეც სხვადასხვა ფერის „ფრთები“ იყო მიმაგრებული. ეს ფრთები იწვეოდა მაღლა და ეშვებოდა დაბლა ან იყო ჰორიზონტალურ მდგომარეობაში მექანიკური ამძრავის საშუალებით, რაც მიანიშნებდა მემანქანეს, დაკეტილი იყო თუ დია გზა მატარებლისთვის. სემაფორებით გადაიცემოდა შემდეგი სიგნალები:

- დღისით სემაფორის ფრთა ჰორიზონტალურ მდგომარეობაში იყო, ხოლო დამით ენთო ერთი წითელი შუქი; რაც ნიშნავდა: „სდექ! გავლა აკრძალულია“ (ნახ. 1);



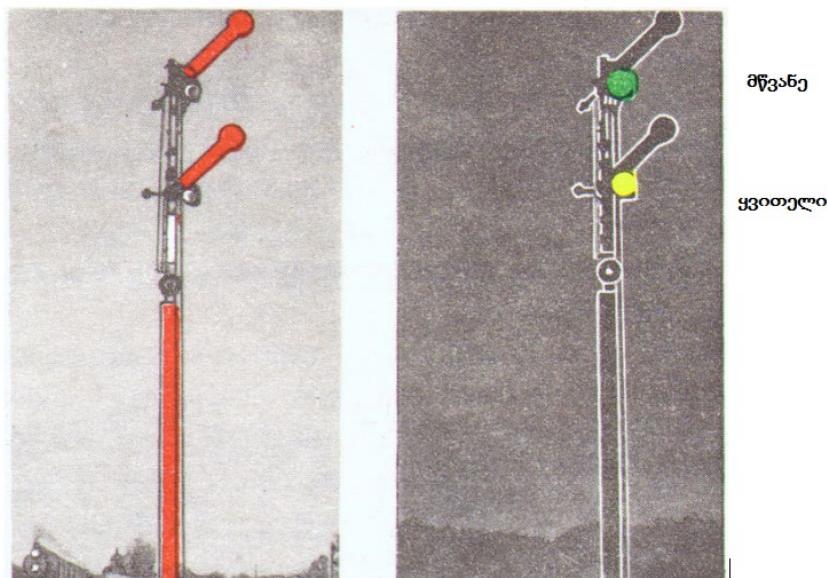
ნახ. 1. სდექ! გავლა აკრძალულია

- დღისით სემაფორის ფრთა აწეული იყო 135°-იანი კუთხით, ხოლო დამით ენთო ერთი მწვანე შუქი, რაც ნიშნავდა: ლიანდაგი თავისუფალია და გავლა ნებადართულია (ნახ. 2);



ნახ. 2. ლიანდაგი თავისუფალია

- შესასვლელ სემაფორს ჰქონდა ორი აწეული ფრთა, რომლებიც დღისით აწეული იყო  $135^0$ -იანი კუთხით, ხოლო დამით ენთო ერთი მწვანე და ერთი ყვითელი შუქი; რაც იმას ნიშნავდა, რომ მატარებლისათვის ნებადართული იყო სვლა სადგურისაკენ; ამასთან, შეეძლო გვერდითა ლიანდაგზე გადახვევა და სადგურზე გაჩერება (ნახ. 3).



ნახ. 3. ნებადართულია მატარებლის სვლა სადგურისაკენ, გვერდითა ლიანდაგზე გადახვევა და სადგურზე გაჩერება

ყველაზე ხშირად რეგულირდებოდა სადგურის შესასვლელი. ცხადია, ეს დაკავშირებული იყო ისრების შესაბამის მდგომარეობაში გადაყვანასთან, რაც იმის შესაძლებლობას იძლეოდა, რომ ნებადართული იყო მატარებლები შეეყვანათ შესაბამის ლიანდაგზე. ისრების გადაყვანა ყველგან ხორციელდებოდა მექანიკურად (ხელით). სადგურის ტერიტორიაზე შესვლის შემდეგ მატარებელი თვითნებურად ვერ გადადგილდებოდა სხვა ლიანდაგზე და თავისთავად ვერ დატოვებდა სადგურს. მისი გაშვება შეეძლო მხოლოდ სადგურის მორიგის მოვალეობის შემსრულებელს, ე. ი. კაცს „წითელი ქუდით“. წინათ ეს იყო სადგურიში „ზარის

დარეკვის“ ცერემონია, რომელიც სრულდებოდა სამგზავრო მატარებლებისათვის. მაგალითად, ზარის პირველი დარეკვა (ერთხელ დარეკილი მოკლე ზარი) იმას ნიშნავდა, რომ მატარებლის გამგზავრებამდე დარჩენილი იყო 5 წთ, შემდეგი (ორჯერ დარეკილი ზარი) – დარჩა 2 წთ და ბოლო (ხანგრძლივი ზარი) – მატარებელი უნდა გამგზავრებულიყო, რასაც მოჰყვებოდა ჯერ მთავარი კონდუქტორის სასტაციი და შემდეგ – ორთქლმავლის სასტაციი. სადგურის მორიგე, ან მისი თანაშემწევი – „სიგნალისტი“, ყოველთვის გამოდიოდა მატარებლის გასაცილებლად.

დრო გადიოდა და XIX საუკუნის 70-იან წლებში პროფესორმა ი. გორდიენკომ შექმნა და დანერგა ისრებისა და სიგნალების პირველი მექანიკური ბლოკირება. სადგურის სემაფორებს ასევე დაემატა ყვითელი გამაფრთხილებელი დისკი, რომელიც მდებარეობდა სემაფორის წინ ხახევარი მილის დაშორებით. ყვითელი დისკის დანახვისას მემანქანემ იცოდა, რომ სემაფორი დაკეტილი იყო და, თუ ეს დისკო არ ჩანდა (ანუ ყვითელი დისკი იდო გვერდულად კიდეზე), მაშინ სადგურში შესასვლელი სემაფორი იყო დია (გავლისათვის ნებადამრთველი სიგნალი) და მას შეეძლო სადგურში შესვლა. სადგურის გვერდის ავლით მატარებლის გადაადგილებისათვის ინგლისში, ინჟინერმა ჰენრი ვუდსონმა 1849 წელს ერთლიანდაგიან მონაკვეთზე, სადაც იყო გვირაბის მონაკვეთი, შეიქმნა პირველი კვერთხული სისტემა, რომელიც გვირაბში შესვლის უფლებას აძლევდა მატარებელს. აღნიშნულ სისტემას მართავდა მემანქანე, რომელიც ფლობდა ერთადერთ კვერთხ-გასაღებს ამ მონაკვეთზე, მაგრამ წარმოიქმნა სირთულეები მატარებლების ერთი მიმართულებით მიყოლებით გაგზნისას. შემდეგ, 1883 წლამდე, მატარებლის მოძრაობა რეგულირდებოდა მხოლოდ ტელეგრაფით (მორზეს კოდის გამოყენებით). ტელეგრაფის სისტემა იყო პროგრესული, მაგრამ არასანდო, რაღაც გაუგებრობების გამო მეზობელი სადგურების მორიგის მემსრულებელმა პერსონალმა რამდენჯერმე მატარებლები ერთმანეთის შემხვედრი მიმართულებით გაგზნის, რამაც აგარიული შემთხვევები გამოიწვია.

კვერთხულ სისტემას ალტერნატივა არ ჰქონდა. მისი გააუმჯობესა შეძლო რუსმარკინიგზის მუშაქმა დანიილ ტრეგერმა 1924 წელს. მან შექმნა ელექტროკვერთხის აპარატი, რომელმაც დამსახურებული აღიარება მოიპოვა მთელ მსოფლიოში და დაიწყო მისი მასობრივი წარმოება. სისტემის ფუნქციონირებისათვის საჭირო იყო მეზობელი სადგურების მოწყობილობების ქსელთან ელექტრონულად დაკავშირება. კვერთხ-გასაღების ამოღება მოწყობილობიდან შესაძლებელი იყო მხოლოდ მეზობელი სადგურიდან მორიგის (ელექტრონული) თანხმობის მიღების შემდეგ. ამან პრაქტიკულად აღმოფხვრა მატარებლების ავარიული შემთხვევები ლიანდაგის ერთლიანდაგიან მონაკვეთზე შემხვედრი მიმართულებით მოძრაობისას.

ამჟამად, მატარებლების მოძრაობის უსაფრთხოების უზრუნველსაყოფად, საჭიროა უფრო მეტი მოთხოვნილებების დაკმაყოფილება, რაღაც მატარებლებს აქვს გაცილებით დიდი სიჩქარეები და მემანქანეებმა არ იციან რა ელით მათ გზის ამა თუ იმ მონაკვეთებში. თანამედროვე დისპეციერული ცენტრალიზაცია საშუალებას აძლევს ერთ ადამიანს აკონტროლოს ყველა სადგურის სიგნალები და ისრები, რომლებიც შედის დისპეციერიზაციის წრეში. ეს თანამედროვე მოწყობილობები საშუალებას იძლევა მინიმუმამდე იქნეს დაყვანილი მოსამზადებელი დრო იმისათვის, რომ მატარებელი დროულად იქნეს სადგურიდან გამგზავრებული. მაგალითად, სადგურის მორიგე მართვის პულტიდან ისრების გადაყვანით ამზადებს მარშრუტს – გეზს მატარებლის სადგურიდან გასამგზავრებლად. ამ დროს ძალიან იზრდება სადგურის მორიგის პასუხისმგებლობა, რომელიც ინდივიდუალურად იღებს გადაწყვეტოლებას და, რა თქმა უნდა, შესაბამისად იზრდება მისი გონქბრივი დატვირთვაც, ამიტომ მორიგეების ჯანმრთელობის მდგომარეობაზე განსაკუთრებული კონტროლია დაწესებული.

1980–1990-იანი წლების პერიოდი ცნობილია სარკინიგზო ცენტრალიზაციის მიკროპროცესორული და კომპიუტერული საშუალებების დანერგვით. მიკროპროცესორული ბაზის გაჩენამ გაააქტიურა ახალი საღგურების სისტემების მშენებლობა. პირველი სცბ-ის სისტემა კომპიუტერების გამოყენებით აშენდა შვედეთში გოტენბურგის სადგურზე (1975 წ.). სისტემა შეიქმნა Telefon ABM Ericsson in Mölndal-ის კომპანიის მიერ და დაეფუძნა რეალურ დროში ორი კომპიუტერის მუშაობას. ერთი კომპიუტერი იყო ჩართული, მეორე – მხად იყო მუშა პროცესისათვეს.

კომპიუტერული სცბ-ის სისტემის შემუშავებაში მონაწილეობდა ასევე კომპანიები: Ericsson (შვედეთი), SEL, SEG, Siemens (გერმანია), Alcatel (საფრანგეთი), JNR (იაპონია), DSI (დანია).

სარელსო წრედები, როგორც ყველაზე არასანდო და საშიში სცბ-ის მოწყობილობები, შეიცვალა მიკროპროცესორებზე დაფუძნებული მოწყობილობებით ლიანდაგის მონაკვეთების მონიტორინგისთვის, მოძრავი შემადგენლობის დერძების დათვლის საფუძველზე (თუმცა ამ უკანასკნელსაც აქვს, თავის მხრივ, მთელი რიგი ნაკლოვანებები, კერძოდ, არ კონტროლდება რელსის სიმრთელე); ისრების, სიგნალებისა და გადასასვლელების მოწყობილობათა მართვა უზრუნველყოფილია მიკროპროცესორული ობიექტების კონტროლერებით. ფუნქციონალური და ლოგიკური უსაფრთხოება უზრუნველყოფილია მრავალარხიანი სათადარიგო სტრუქტურის სამრეწველო კომპიუტერების კონტროლის საფუძველზე.

## დასკვნა

სცბ-ის მოწყობილობების მოქმედებით სრულდება მატარებლების მოძრაობის მართვის სისტემების მოთხოვნები და ასევე თვითდიაგნოსტირება. სცბ-ის სისტემა ახორციელებს გადაწყვეტილებების ფართო სპექტრს მაგისტრალური რკინიგზის, ჩქაროსნული ხაზების, სამრეწველო რკინიგზის, მეტროსა და მსუბუქი რკინიგზის ტრანსპორტის სისტემებისათვის. ასეთ სისტემას შეუძლია დააკმაყოფილოს ხებისმიერი მომხმარებლის მოთხოვნა და შეასრულოს ყველა დავალება საველე და საგვირაბო მოწყობილობების უსაფრთხო კონტროლისათვის სადგურებსა თუ გადასარბენებზე.

სისტემის მოქნილი არქიტექტურა სხვადასხვა ზომისა და კონფიგურაციის სადგურებისათვის ოპტიმალური გადაწყვეტილების მიღების საშუალებას იძლევა.

რკინიგზისა და მეტროპოლიტენის საექსპლუატაციო საქმიანობა ხასიათდება ტვირთების გადაზიდვებისა და მგზავრთა გადაყვანის ხარისხის გაზრდით. ასეთი მზარდი მოთხოვნები მუდმივად ცვლის უსაფრთხოების სისტემებისა და მათი ფორმირების პრიციპებს.

## ლიტერატურა – REFERENCES

1. ა. ა. დუნდუა. ავტომატიკისა და ტელემექანიკის სასადგურო და საგადასარბენო სისტემები, ნაწ. I, 2008.
2. Фадеев Г. М. История Железных Дорог. 2020.
3. Сапожников Вл. В., Елкин Б. Н., Кокурин И. М. Станционные системы автоматики и телемеханики. М.: Транспорт, 2000.

## **RAILWAY TRANSPORT**

### **DISCUSSION OF THE STAGES OF SIGNALIZATION CENTRALIZATION BLOCKING (SCB) AND COMMUNICATION DEVICES**

**M. Chaladze, T. Tabidze, L. Lomsadze, M. Grigorashvili, G. Chaladze**

(Georgian Technical University)

**Resume.** The issue of ensuring the safety of railway transport through signaling, centralization and blocking devices (SCB) is discussed. The establishment of the existing signaling systems, the reasons for their origin and the main directions of development were analyzed. The main stages of high-quality transitions in means of ensuring traffic safety and signaling in railway transport are mentioned.

**Keywords:** railway transport; semaphore; signaling equipment; signaling systems; station attendant; traffic light.

## შერილობითი მემკვიდრეობის კონსერვაცია-რესტავრაციის საკითხები

ასმათ გვაზაფა, რევაზ კლდიაშვილი

(პ. კეკელიძის სახელობის ხელნაწერთა ეროვნული ცენტრი)

**რეზიუმე:** განხილულია წერილობითი მემკვიდრეობის კონსერვაცია-რესტავრაციის ეტაპები, მასალის თავისებურება და ქიმიის როლი სარესტავრაციო ერთეულების მოვლისა და შენახვის პროცესში. საუბარია აგრეთვე ქადალდსაფუძვლიანი ობიექტების დაზიანების გამომწვევა კერებზე, გადამუშავებული ხის მასით დამზადებული ქადალდის თვისებებსა და თავისებურებებზე, ტემპერატურისა და ტენიანობის გავლენაზე, ცეცხლის ალით მიყენებულ ზიანსა და ენტომოლოგიური დაზიანების საფრთხეებზე.

**საკვანძო სიტყვები:** ბიოლოგია; კონსერვაცია-რესტავრაცია; კულტურული მემკვიდრეობა; ქიმია; ხელნაწერი წიგნი.

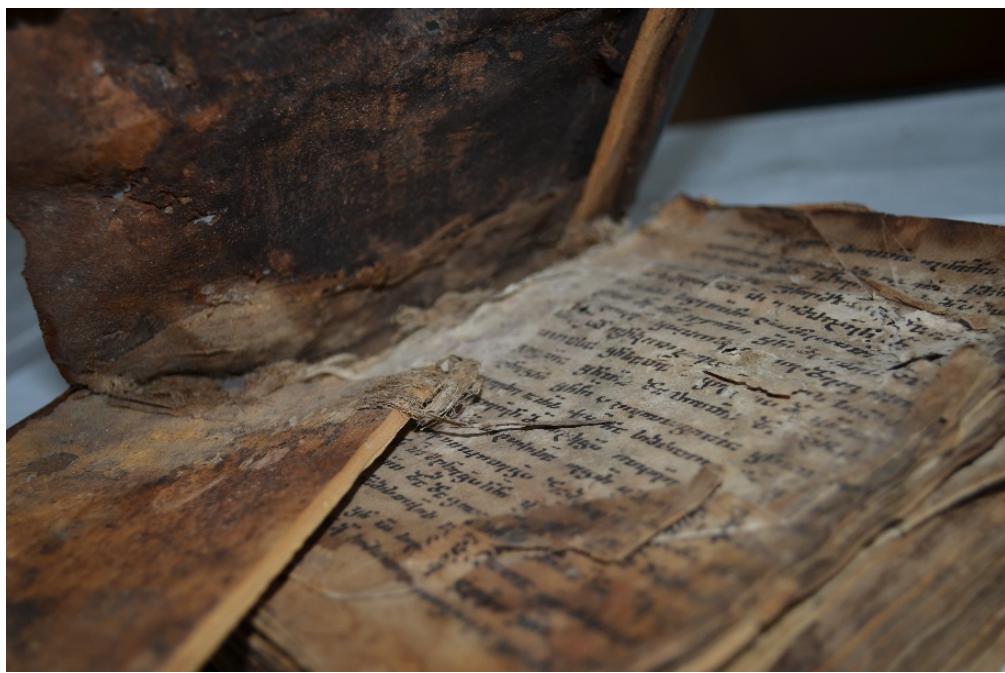
### შესავალი

ხელნაწერი და ძველნაბეჭდი წიგნის, ისტორიული დოკუმენტისა და საარქივო მასალის კონსერვაცია და მათი აღდგენა-განახლება განსაკუთრებით საყურადღებოა, რადგან სარესტავრაციო ობიექტები მასალის მრავალფეროვნებითა და დაზიანების სიმრავლით გამოიჩინა. თითოეულ ერთეულზე მუშაობისას რესტავრატორის წინაშე ისახება მიზანი, რომ ჩაატაროს ისეთი სამუშაო, რაც გულისხმობს დაზიანებული ხელოვნების ნიმუშის აღდგენას ორიგინალის ზუსტი ასლის ან მასთან მიახლოებული ვიზუალით. ეს მიზანი არც თუ ადგილად მისაღწევია, რადგან პროცესის მიმღინარეობის დროს განსაკუთრებულ მნიშვნელობას იძენს ის ფაქტი, რომ რესტავრატორის მცდელობით შენარჩუნებული უნდა იყოს ნიმუშის ისტორიული თუ მხატვრული დირექტულება და თან შეასრულოს თავისი არსებითი ფუნქცია. სახელდობრ ის, რომ არ შეიზღუდოს მკითხველი წიგნის კითხვის შესაძლებლობისაგან, ხოლო მკვლევარს ჰქონდეს მისი შინაარსობრივი, მხატვრული თუ ვიზუალური შესწავლის საშუალება. ეს, ერთი შეხედვით მარტივი ჭეშმარიტება, პრაქტიკაში არც თუ ისე ადგილად შესასრულებელია განსაკუთრებით მაშინ, როცა ხელოვნების ნიმუში და ამ შემთხვევაში წერილობითი მემკვიდრეობა მრავალფეროვანი მასალითა და დაზიანების სირთულით გამოირჩევა. ამიტომ ძნელია იმ ოქროს შუალედის პოვნა, რომელიც თანაბრად პასუხობს დასახული მიზნისა და ამ მიზნამდე მისასვლელი ყველა საშუალების მართებულობას.

წერილობითი მემკვიდრეობის თუ ბეჭდური ერთეულების რესტავრაცია, მისი განახლებისა და შეკეთების პროცესი სხვადასხვა აუცილებელ ეტაპებს მოიცავს და სწორედ ამ ეტაპების თანმიმდევრობის დაცვა და ზედმიწევნით შესრულება ხდის ობიექტის ავთენტურობის, ისტორიული თუ მხატვრული დირექტულების შენარჩუნებისა და, რაც მთავარია, ერთეულის გადარჩნისა და ხანგრძლივი შენახვის შესაძლებლობას. თუმცა, აქვე უნდა ითქვას ისიც, რომ კონსერვაცია-რესტავრაცია გაცილებით კომპლექსურ პროცესებს გულისხმობს, ვიდრე უბრალოდ აღდგენითი სამუშაოებია, რადგან დაზიანების აღმოფხვრამდე უპირობოდ

მნიშვნელოვანია ამ მიზეზების შესწავლა და პრევენცია. კონსერვაცია-რესტავრაციის პროცესი და თავად ეს მიმართულება შემდეგ აუცილებელ პუნქტებს მოიცავს:

- ერთეულის (ექსპონატის) ვიზუალურ თუ ლაბორატორიულ შესწავლას, რაც თავის-თავად გულისხმობს როგორც დაზიანების მდგომარეობის განსაზღვრას, ისე ჩასატარებელი სამუშაოების გეგმის შედგენას;
  - ტექნიკის შემუშავებას, რაც ითვალისწინებს ერთეულის გაწმენდას და ქიმიურ დამუშავებას – იქნება ეს მელნის მდგრადობის კვლევა თუ pH-ის დადგენა, მისი განეიტრალებისა თუ მელნის გამაგრების პროცესები და სხვ.;
  - ფოტო დოკუმენტირებას, როდესაც ხდება რესტავრატორის ყველა ქმედების, დაზიანებული და შემდეგ უკვე აღდგენილი კერების დაფიქსირება და ციფრულად ასახვა;
  - ერთეულის დაზიანებული დეტალების კონსერვაცია-რესტავრაციას, როდესაც სრულდება ყდის (ტყავის, ლითონის საკეტების, ყუის თასმების), დაშლილი ბლოკის, კაპტალის, ფურცლების ნაკლებლი აღგილების შევსება, დეფორმაციის აღმოფხვრა, ყუის კონსერვაცია, ფერწერის გამაგრება, ადრეულ წლებში რესტავრირებული და დაზიანებული მასალის მოხსნა თუ სხვა უამრავი დეტალის გათვალისწინება და საჭირო სამუშაოების ჩატარება;
  - წიგნთსაცავების, ბიბლიოთეკებისა და მუზეუმების თანამედროვე ტექნოლოგიებით აღჭურვას, სტელაჟებზე ერთეულების სწორ განლაგებას, შესაბამისი გარემო პირობების შექმნას, ტემპერატურის, ტენიანობისა და განათების კონტროლს და სხვ.
- იმისათვის, რომ ერთეულის სრული კონსერვაცია-რესტავრაცია ჩატარდეს და რესტავრატორმა დასახულ მიზანს მიაღწიოს არსებითად მნიშვნელოვანია ყველა ზემოთ ჩამოთვლილი ეტაპის გათვალისწინება და ზედმიწევნით დაცვა (ნახ. 1 – ნახ. 4).



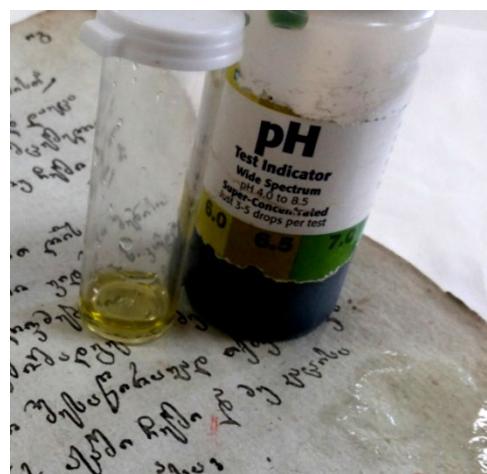
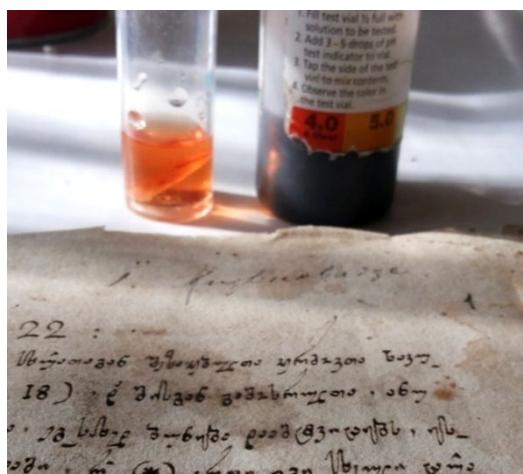
ნახ. 1. სარესტავრაციო ერთეული მექანიკურად დაზიანებული ფურცლებით,  
ნის დაფებითა და ყდით



ნახ. 2. სარესტავრაციო ერთეულის მშრალი და სველი წესით გაწმენდის პროცესი



ნახ. 3. ხელნაწერის ფურცლების ქიმიურად დამუშავების  
პროცესი განეიტრალიზაციის I და II ეტაპზე



ნახ. 4. სიგელ-გუჯრების (Qd-9134 – Qd-9147) pH-ის განსაზღვრა  
ხელნაწერის ფურცლების განეიტრალიზაციის I და II ეტაპზე

რესტავრაციის პირველი ეტაპი რამდენადმე განსაზღვრავს სასურველი შედეგის დადგომის შესაძლებლობას, რადგან სარესტავრაციო ერთეულის შესწავლით ხდება მისი დაზიანების სიმრავლისა და სირთულის განსაზღვრა. ეს არის საფუძველი იმისა, რომ დაიგეგმოს სარესტავრაციო მეთოდი, მასალა, შეფასდეს საჭიროებს თუ არა ობიექტი ქიმიურ დამუშავებას, გაწმენდას და ა.შ. როგორც წესი, რესტავრატორს ძირითადად ერთ მასალაზე შესრულებული ნიმუშის შეკეთება უხდება. ერთ მასალაზე (მაგალითად, ეტრატი, ქალალდი, ტყავი, ხე ან ლითონი) მუშაობა, მეთოდური თვალსაზრისით, შედარებით ადვილად დასაძლევია, თუმცა ხშირია კომბინირებული მასალების თანხვედრაც განსაკუთრებით მაშინ, როდესაც საქმე ხელნაწერი წიგნის რესტავრაციას ეხება, რადგან რესტავრაციისას მეტწილად ჩამოთვლილი მასალებიდან თითქმის ყველა სახეობა გვხვდება, ანუ წიგნის ფურცლები შეიძლება იყოს ეტრატი ან ქალალდი ფერწერული ფენით, ერთ ბლოკად შეკრული რვეულები აკინძული თასმებზე, ძვირფასი ქვებით შემკული ხის დაფაზე შემოკრული ტყავის ყდა, ლითონის საკეტებით ან დეტალებით დატვირთული. ამდენად რესტავრატორის ამოცანა – შეუნარჩუნოს მას ავთენტურობა და დაუბრუნოს პირვანდელი ფუნქცია – რთულია, მაგრამ არა შეუძლებელი. ასეთ დროს ჩასატარებელი სამუშაოების გათვალისწინებით ორიენტირება ძირითადად კონსერვაციაზე ხდება. თუმცა არსებობს ისეთი შემთხვევებიც, როცა რესტავრაცია-კონსერვაციისათვის ყველა შესაძლო ხერხი გამოინახა, მაგრამ დაბერების პროცესი იმდენად დაჩქარებული და შეუძლებელია, რომ დაზიანება ვრცელდება და შესაძლოა ერთეულის ფურცელი, ფერწერა ან მელანი წაიშალოს და დაიკარგოს. ეს ის იშვიათი და განსაკუთრებული შემთხვევებია, როცა რესტავრატორი უძლებელი და ასეთ შემთხვევაში ერთადერთ აღტერნატიულ საშუალებად გაციფრულდება რჩება, ამიტომ მხოლოდ მაღალი ხარისხის ფოტოფიქსაციით შეიძლება ნიმუშის ვიზუალური მხარის შენარჩუნება.

ფოტოფიქსაციი უშუალოდ რესტავრაციის პროცესშიც ხშირად გამოიყენება. ფოტოზე აღიბეჭდება ყველა ის პროცესი, რასაც გადის ერთეული აღდგენა-განახლების განმაფლობაში. ფიქსირდება ყველაფერი, თუ როგორ მდგომარეობაში იყო ერთეული პირველადი აღწერილობის დროს: განსაკუთრებით დაზიანებული დეტალები, სველი წესით ან მშრალი გაწმენდით მიღებული კონტრასტი და საბოლოოდ ის, თუ რა შედეგი მიიღო რესტავრატორმა.

ფონდების დამუშავებისა თუ უშუალოდ რესტავრაციის პროცესში განსაკუთრებული მნიშვნელობა ენიჭება ქიმიისა და ბიოლოგიის დარგების ჩართვას. მასალის სტრუქტურული ცვლილებებისა და შორსწასული პროცესების გარდა, ხშირია მელნის ჟანგვის, ქალალდის pH-ის მომატების, ობის სოკოს სპორების კვალი ერთეულის ფურცლებზე, ყუასა და ტყავის ყდაზე. აქედან გამომდინარე, თითქმის ყველა ქმედება, რასაც რესტავრატორი ახორციელებს ერთეულის მდგომარეობის გასაუმჯობესებლად ან მის შესანარჩუნებლად, მჭიდროდ არის დაკავშირებული ქიმიურ პროცესებთან და თამამად შეიძლება ითქვას, რომ ეს სფერო კონსერვაცია-რესტავრაციის განუყოფელი ნაწილია.

## ძირითადი ნაწილი

როგორც უკვე აღვნიშნეთ წერილობითი მემკვიდრეობის შენარჩუნება, მისი კონსერვაცია-რესტავრაცია და თითოეული ერთეულის გადარჩენა მთელ რიგ მოქმედებებთან არის დაკავშირებული. არც თუ ისე იშვიათად, მხოლოდ კომპლექსური გადაწყვეტილებების მიღების საფუძველზე, ხდება ამა თუ იმ დამაზიანებელი ფაქტორის აღმოფხვრა. ამიტომ თანაბრად მნიშვნოლოვანია მომიჯნავე დარგების ჩართულობა, თუმცა ზოგიერთი მათგანი მხოლოდ კონკრეტული პრობლემის აღმოსაფხვრელად გამოიყენება, ქიმია კი აღდგენა-განახლების, შენახვისა თუ მოვლის ყველა ეტაპზე მნიშვნელოვანია მაშინაც კი, თუ კონსერ-

ვაციას და რესტავრაციას ერთმანეთისაგან გავმიჯნავთ და ცალ-ცალკე ჭრილში განვიხილავთ.

კონსერვაცია გულისხმობს მასალის დაცვას, სტაბილიზაციას მის ამჟამინდელ მდგომარეობაში და ორიენტირება ხდება ორიგინალური მასალის შენარჩუნებაზე. რესტავრაცია კი გულისხმობს წიგნის ან ხელნაწერის აღდგენას, მისთვის პირველდელი სახისა და ფუნქციის დაბრუნებას ინვაზიური ტექნიკის გამოყენებით, სადაც ორიგინალ მასალასთან ერთად სარესტავრაციო მასალის კომბინირება ხდება. მიუხედავად ამ განმასხვავებელი ნიშნებისა, ხელნაწერი წიგნის, პერიოდული გამოცემებისა და საარქივო მასალაზე მუშაობისას კონსერვაცია-რესტავრაცია ურთიერთშენაცვლებით გამოიყენება, რადგან რესტავრაცია მასალის შენარჩუნების მცდელობის ერთ-ერთი საშუალებაა და იგი შეიძლება ჩაითვალოს კონსერვაციის ქვეკატეგორიად.

კონსერვაციაში ხშირად მოიაზრება დაცვის სტრატეგიები; კერძოდ, სათანადო შენახვა, სტელაჟებზე ერთეულების სწორად განლაგება, ტემპერატურისა და ტენიანობის დაცვა, გარემოს მონიტორინგი და უსაფრთხოება. თანამედროვე მიღგომებით კონსერვაციის მთავარი მიზანია ობიექტის თავდაპირველი მასალის მთლიანობის შენარჩუნება, ხოლო რესტავრაციის დროს გამოყენებული ნებისმიერი დანამატი იყოს შექცევადი და უსაფრთხო. თავის მხრივ, კონსერვაცია იყოფა ორ კატეგორიად. ერთია, აქტიური, ანუ ინტერვენციული კონსერვაცია და, მეორე, პასიური, ანუ პრევენციული კონსერვაცია. აქტიური კონსერვაცია მოიცავს ობიექტის მდგომარეობის შეფასებას და მკურნალობას (გაწმენდა, შეკეთება და, საჭიროების შემთხვევაში, აღდგენა). შემდგომი გაფუჭების თავიდან აცილების მიზნით. პრევენციული კონსერვაციის ძირითადი აზრი კი კულტურული მემკვიდრეობის ნიმუშებზე მოქმედი გარემო პირობების კონტროლში მდგომარეობს. თუმცა როგორც არ უნდა გავმიჯნოთ კონსერვაცია და რესტავრაცია ერთმანეთისგან, დარგის სპეციალისტი იცნობს და იყენებს ყველა ნორმას, რადგან ორივე შემთხვევაში მიზანი ერთია, შენარჩუნდეს კულტურული მემკვიდრეობის თოთოველი ნიმუში და მაქსიმალურად გახანგრძლივდეს მათი არსებობის დრო.

ზოგადად კონსერვაციას შეიძლება დაექვემდებაროს ნებისმიერი მასალით შესრულებული ნიმუში, მაგრამ ამ შემთხვევაში ყურადღებას გავამახვილებთ ქაღალდსაფუძვლიან ობიექტზე. დარგის სპეციალისტისთვის მნიშვნელოვანია ცოდნა იმ აგენტების შესახებ, რომლებიც იწვევს ქაღალდის სტრუქტურის დაშლას. ეს შეიძლება იყოს ქიმიური ან ბიოლოგიური დამაზიანებლები, არასწორი მოპყრობა, სინათლე, ცვალებადი ტენიანობა, მტვერი და დაბინძურების კერები, ხანძარი, წყალი და სხვა უამრავი რამ, რისი ჩამოთვლაც თითქმის შეუძლებელია, რადგან არსებობს თანდაყოლილი ნაკოლვანებაც – მასალის შექმნის დროს გამოყენებული ნედლეული, მეორეული მასალა ან ქიმიური დანამატები, რაც მასალას ფაქტობრივად თვითგანადგურებისკენ მიღრეკილს ხდის და ხშირად დაბერების ისეთ პროცესებს იწვევს, რომ ობიექტი რთულად შესანარჩუნებელია. ამის თვალსაჩინო მაგალითია ქაღალდზე დაწერილი ხელნაწერები, კოდექსები, საარქივო მასალები და გაზეთები. აქვე უნდა ითქვას ისიც, რომ ადრეული მასალა, ანუ ხელნაკეთი ქაღალდი, რომელიც მზადდებოდა მცენარეული ბოჭკოსაგან (ხელი, კანაფი, ბამბა, ლერწამი და სხვ) გაცილებით გამდლეა და, თუ არა შეუფერებელი გარემო-პირობები, არასწორი მოპყრობა ან ენტომოლოგიური დაზიანების ფაქტები, ბოჭკოს სტრუქტურული შლა, ანუ თვითგანადგურება ნაკლებად მოსალოდნელია, რასაც ვერ ვიტყვით XIX საუკუნის შუა ხანებში მანქანური წარმოების ქაღალდზე, როდესაც ხის რბილობი იქცა ყველაზე გავრცელებულ, ნაკლებად ძვირ და ხელმისაწვდომ ინგრედიენტად.



**ნახ. 5. ხის ცელულოზით დამზადებული ქაღალდი.  
ფურცლების მშრალი წესით გაწმენდის პროცესი**

ხის რბილობისგან დამზადებულ ქაღალდს გარკვეული თავისებურება ახასიათებს, რაც დროთა განმავლობაში მისი დაზიანების ეწ. თვითგანადგურების მიზეზი ხდება. მის ერთ-ერთ გამომწვევა მიზეზად ხის მერქანში შემავალი ლიგნინი მიიჩნევა. ამ შემთხვევაში მნიშვნელობა არა აქვს ქაღალდი წიწვოვანი თუ ფოთლოვანი ხისგანაა დამზადებული, რადგან ორივე სახეობის ხის ორგანულ ნაწილს დაახლოებით ერთნაირი შედგენილობა აქვს.

ხე ბიოლოგიური წარმოშობის მასალაა და მისი ნივთიერების უმეტესობა შედგება მაღალი მოლეკულური წონის ნაერთებისაგან. აბსოლუტურად მშრალი ხე შეიცავს საშუალოდ 49–50 % ნახშირბადს (C), 43-44 % ჟანგბადს (O), დაახლოებით 6 % წყალბადს (H) და 0,1–0,3 % აზოტს (N). მის ორგანულ ნაწილს ქმნის ლიგნინი, ცელულოზა, ჰემიცელულოზა, ექსტრაქციული ნივთიერებები (ფისი, ცხიმები, რეზინა, ტანინები, ჰექტინები და სხვ.). ცელულოზა ის მნიშვნელოვანი კომპონენტია, რაც მასობრივი წარმოების ქაღალდის მნიშვნელოვან ნაწილს წარმოადგენს, რადგან იგი მცენარის უჯრედის კედლების მთავარი კომპონენტად ითვლება და უზრუნველყოფს როგორც მცენარეთა ქსოვილების მექანიკურ სიმტკიცეს, ისე ელასტიკურობას. თავის მხრივ, ჰემიცელულოზა შეიცავს ჰენტოზანებს და გენქსოზანებს. ხის ორგანული ნაწილის, ჰემიცელულოზის კიდევ ერთი კომპონენტია ხაზოვანი პოლიმერები, პოლისაქარიდები, რომლებიც უჯრედის კედლის ნაწილია. მიუხედავად იმისა, რომ ხის სახეობების ორგანული შედგენილობა ერთნაირია, მაინც არის მათ შორის განსხვავება შემცველობის ოდენობით. მაგალითად, წიწვოვან სახეობებს ორგანულ ნაწილში მეტი ცელულოზა აქვს, ხოლო ფოთლოვან სახეობებს – მეტი ჰენტოზანები, ამიტომ ქაღალდის წარმოებაში წიწვოვანი ხე უფრო ინტენსიურად გამოიყენებოდა. ხის რბილობის ქაღალდის მასად გადამუშავება ცხადია მთელ რიგ პროცედურებთან იყო დაკავშირებული და ეს პროცედურები, დანამატები თუ თავად ხედლეულის თვისებები განსაზღვრავს როგორც ქაღალდის სიმტკიცეს, ისე თვითგანადგურებისაკენ მიღრეკილებას.

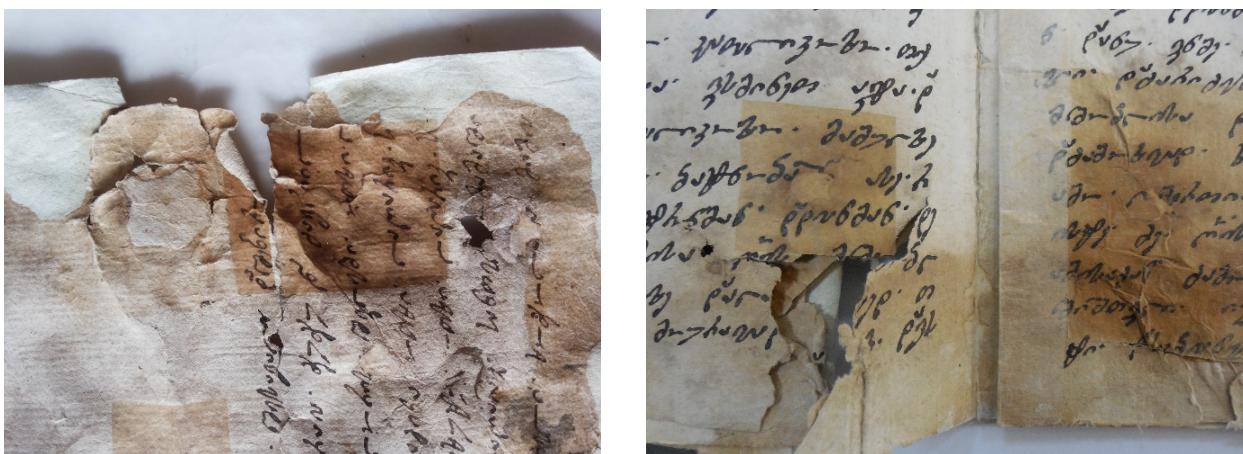
ცელულოზა მჟავებით დამუშავებისას პიდროლიზდება ეთერების წარმოქმნით, გარდა ამისა, ცელულოზის პიდროლიზის დროს წარმოიქმნება შაქარი, მაღალი დუღილის პირობებში კი ეთილის სპირტი. ცელულოზის დამუშავების პროცესში მიიღება ლიგნინი – მოყვითალო-ყავისფერი ამორფული პოლიმერული ნივთიერება. ლიგნინის ყველაზე დიდი რაო-

დენობა (50 %-მდე) წარმოქმნება წიწვოვანი ხის დამუშავებისას, ხოლო მისი სიხისტის მაჩვენებელი დაახლოებით 20–30 %-ს შეადგენს.

ხის მერქნის ქაღალდში ლიგნინის არსებობა ხელს უწყობს მჟავას გამოყოფას და ცელულოზის დაშლას, რაც, თავის მხრივ, ქაღალდის მტკრევადობის გამომწვევი მიზეია, გარდა ამისა, ის დროთა განმავლობაში ქაღალდს ფერს უცვლის და მუქი მოყავისფრო-მოწითალო შეფერილობის ხდება. ასეთი მყიფე და მსხვრევადი ერთეულის რესტავრაცია ხშირად ინგაზიური მეთოდებით სრულდება და, თუ მეღანი წყლის მიმართ მდგრადია, შეიძლება სხვადასხვა აბაზანის გამოყენება, რაც ხელს შეუწყობს ქაღალდის სტრუქტურის გამაგრებას.



ნახ. 6. (S-1245), ხელნაწერის მყიფე და დაზიანებული ფურცლები



ნახ. 7. სიგელ-გუჯრები (Qd-9134 – Qd-9147), ქაღალდის სტრუქტურის დაზიანება, მაღალი ტენიანობით გამოწვეული დეფორმაცია და მეღნის გაუფერულება

ცელულოზაში ლიგნინის არსებობის გარდა, ქაღალდის დაზიანების გამომწვევი მიზეზი შეიძლება იყოს მისი ბუნებრივი თვისება – ატმოსფეროდან ზთანთქას და შეინარჩუნოს ტენიანობა, რაც მას მიღრეკილს ხდის ობის სოკოებისა და ბაქტერიების ზრდისაკენ. ცვალებადი ტენიანობა უკიდურესად საზიანოა განურჩევლად იმისა მაჩვენებელი დაბალია, თუ მაღალი. მაღალმა ტემპერატურამ და დაბალმა ტენიანობამ შეიძლება გამოიწვიოს ქაღალდის მტკრევადობა, ხოლო მაღალი ტემპერატურა და მაღალი ტენიანობა ხელს უწყობს ობის სოკოს ზრდას, მეღნის ხსნადობას, ზედაპირული ლაქების წარმოქმნას და ლპობის პროცესის დაწყებას. ტემპერატურისა და ტენიანობის მერყეობამ ასევე შეიძლება გამოიწვიოს

ფურცლის დეფორმაცია, მელნის გაფხვიერება, ფერწერული ფენის საღებავის ჩამოშლა და ქაღალდის სტრუქტურის შეცვლა. მაღალი ტენიანობა განსაკუთრებით მაშინ არის საზიანო, თუ მას ახლავს მტვრისა და დაბინძურების კერები, რადგან მტვერი შთანთქავს ტენიანობას, რაც, თავის მხრივ, შესაფერის გარემოს ქმნის ობის სოკოს ზრდისა და მწერების მოსაზიდად. გარდა ამისა, მტვერი ასევე შეიძლება გახდეს ქაღალდის ზედაპირზე არსებული მუავების სტრუქტურაში შეტანის ერთ-ერთი საშუალება.

დაზიანების კიდევ ერთ წყაროა ბიოლოგიური ფაქტორები. ქაღალდი ბუნებრივად იზიდავს მწერებსა და მავნებლებს, რადგან იგი დამზადებულია ცელულოზის, სახამებლისა და ცილისგან. მასაღებისაგან, რომლებიც უზრუნველყოფს კვების წყაროებს ისეთი გავრცელებული მავნებლებისათვის, როგორიცაა ტარაკანი,<sup>1</sup> ვერცხლის თევზი<sup>2</sup>, სხვადასხვა სახის ხოჭოები და მღრღნელები. ცელულოზითა და ნახშირწყლებით მკვებავი არსებები ქაღალდზე შესამჩნევ კვალს ტოვებენ, მაგრამ არსებობს სხვადასხვა სახის ხოჭოები, რომლებიც იკვებებიან ქაღალდზე ან მუჟაოზე არსებული ობის სპორებით და მიუხედავად იმისა, რომ ისინი არ იწვევენ ხილულ ზიანს, თავად ხოჭოების დაშლამ და ექსკრემენტებმა შეიძლება გამოიწვიოს ქაღალდის ზედაპირის შეღებვა. მღრღნელებისაგან და ხოჭოებისაგან მიუხებული ზიანი გაცილებით თვალსაჩინოა, მართალია, დაზიანება მექანიკურია და ქაღალდის აღდგენა შესაძლებელია, თუმცა რთულია თავად დანაკარგის შეფასება, რადგან მღრღნელები, როგორც წესი, წიგნის ბლოკის კიდეებსა და ყუას აზიანებს. თუ საქმე ხის ხოჭოს<sup>3</sup> მიერ მიუხებულ ზიანს ეხება, ეს ის შემთხვევაა, როდესაც დაზიანება წვრილ ხვრელებად ვითარება და აღდგენას შეიძლება აღარ დაექვემდებაროს.



ნახ. 8. ხელნაწერის (Sir-3) ყდის ენტომოლოგიურად დაზიანებული ქაღალდი, ქსოვილი და ხის დაფები

<sup>1</sup> ტარაკანები – Cockroaches (Blattaria) – მწერები, რომლებიც მიუკუთვნებიან ბლატოდეას წესრიგს. 4600-დან დაახლოებით 30 ტარაკანი ასოცირდება ადამიანის პაბიტაცებთან. ამათგან ზოგიერთი სახეობა ცნობილია, როგორც მავნებლები. ტარაკანები ზოგადად ყოვლისმჭამელები არიან. ამერიკული ტარაკანი (Periplaneta Americana), მაგალითად, იკვებება მრავალფეროვანი საკვებით, მათ შორის პურით, ხილით, ტყავით, სახამებლით, ქაღალდით, წებოთი, კანის ფანტელებით, თმით, მკვდარი მწერებით და დაბინძურებული ტანსაცმლით.

<sup>2</sup> ვერცხლის თევზი The silverfish (Lepisma saccharinum) – პატარა, პრიმიტიული უფრთო მწერის სახეობა. მისი საერთო სახელწოდება მომდინარეობს მწერის ვერცხლისფერი და ნაცრისფერი შეფერილობისაგან, რომელიც შერწყმულია მისი მოძრაობების თევზის მსგავს გარეგნობასთან. იგი, როგორც წესი, იკვებება ნახშირწყლებით (შაქარი ან სახამებელი).

<sup>3</sup> Xylophagy - ხის მერქნით მკვებავი ხოჭო, ტერმინი მომდინარეობს ბერძნული სიტყვიდან ხულიფაგის (xulophagos), ξύλον (xulon) „ხის“, φαγεῖν (phagein) „ჭამა“.

ენტომოლოგიური დაზიანების თავიდან ასაცილებლად არსებობს გაყინვის მეთოდი, რაც საკმაოდ კარგ შედეგს იძლევა მწერებისა და ხოჭოების განაღენების თვალსაზრისით, მაგრამ ეს მეთოდი კულტურული მემკვიდრეობის კონსერვაციის დროს არ გამოიყენება ისეთი გვერდითი მოვლენების გამო, რამაც შესაძლოა გაცილებით მეტი ზიანი გამოიწვიოს განსაკუთრებით მაშინ, თუ საქმე ისეთ მასალას ეხება, როგორიცაა ტყავი. რადგან ტემპერატურის ასეთი ვარდნა იწვევს ცხიმის ზედაპირზე მობილიზებას, რის შედეგადაც წარმოიქმნება თეთრი ან ყვითელი შეფერილობის ლაქები. გარდა ამისა, ტემპერატურის საწყის ფაზაში დაბრუნებისას ზედაპირზე წარმოქმნილი ტენი ტყავის დეფორმაცის საშიშროებას ქმნის. მწერებთან გამკლავების საუკეთესო საშუალებაა ფონდებიდან დასნებოვნებული ერთეულების განცალკევება და ლოკალურად დამუშავება. პრევენციული ზომების მიღება ბევრად უფრო ეფექტური საშუალებაა, ვიდრე ინგაზიური მეთოდები, რადგან ეს მეთოდები ორიგინალი მასალის დაზიანების ალბათობას ზრდის.

ქაღალდი მგრძნობიარეა ყველა სახის სინათლეზე იქნება ეს მზის სხივები, თუ ხელოვნური განათება. სინათლემ შეიძლება გამოიწვიოს მელნის გაქრობა, ქაღალდის ფერის გამუქება ან გაუფერულება და ცელულოზის დაშლაც კი. იმის გამო, რომ ზოგიერთი მელანი და პიგმენტი განსაკუთრებით მგრძნობიარეა განათების ყველა ტიპზე, საცავებსა და საგამოფენო სივრცეებში იზღუდება ან მინიმუმადევა დაყვანილი ულტრაიისფერი (UV) სხივების შემოდინება და ფლუორესცენციური ნათურები არასდროს არის მიმართული ექსპონატის ზედაპირისაკენ, რადგან სინათლის ნებისმიერმა ზემოქმედებამ შეიძლება ზიანი მიაყენოს ექსპონატს და შედეგი შეიზღება კუმულაციური და შეუქცევადი აღმოჩნდეს.

ქაღალდი მოწყვლადია ცეცხლის მიმართაც. მართალია დღევანდევლ რეალობაში ხანძრის შემთხვევები უფრო იშვიათია, რადგან ბიბლიოთეკები, მუზეუმები და წიგნთსაცავები აღჭურვილია თანამედროვე ხანძარსაწინააღმდეგო სისტემებით და ცეცხლის ლოკალიზება მის გავრცელების საშიშროებას ამცირებს. მაგრამ, თუ უსაფრთხოების ზომები დაირღვა, შედეგი შეიძლება ბევრად უფრო საგალალო იყოს, ვიდრე სხვა ნებისმიერი დამაზიანებებით აგენტის ზემოქმედება. როდესაც ხანძარზე ვსაუბრობთ, უნდა გავითვალისწინოთ ის, რომ თავად ალი არ არის ერთადერთი რამ, რამაც შეიძლება ზიანი მიაყენოს ობიექტს. არსებობს კიდევ ხანძრის კვამლი, რომელიც ტოვებს წებოვან ნარჩენებს ფურცლის კიდეებსა და ზედაპირზე. ჭვარტლი, რომელიც აღწევს წიგნის ყველა ნაპრალში, ედება ქაღალდის ზედაპირს, ფარავს ტექსტს და მჭიდროდ ჯდება ქაღალდის სტრუქტურაში. მართალია, ასეთი ჭუჭუის მოცილება შესაძლებელია, მაგრამ სრულად აღმოფხვრა ქიმიური ხსნარების ან მათეთრებელის გარეშე – თითქმის შეუძლებელი. ეს კი ხელს შეუწყობს დაბერების პროცესს, ან ჯაჭვური რეაქციით წარმოქმნის ახალ დამაზიანებელ ფაქტორებს.

სტიქიაზე საუბრის დროს გვერდს ვერ ავუკლით წყლით გამოწვეულ საშიშროებას. ყველაზე ხშირია საცავებში წყალგაყვანილობის მიღების ან სახურავის დაზიანება, სარდაფების დატბორვა ძლიერი წვიმის შედეგად ან ხანძრის დროს სახანძრო შლანგებიდან მაღალი წნევით წყლის მიწოდება, ხანძარსაწინააღმდეგო გამფრქვევი სისტემის გაუმართაობა და სამშენებლო ავარიები. მსგავსი შემთხვევებით გამოწვეული დაზიანება იმდენად ძლიერი შეიძლება აღმოჩნდეს, რომ მასალა აღდგენას აღარ დაექვემდებაროს, ამიტომ დანაკარგის თავიდან აცილების ერთადერთი გზა რისკების შეფასება და დროული რეაგირება შეიძლება იყოს.

და ბოლოს, მიზანშეწონილად მიგვაჩნია გამოვყოთ ქაღალდის დაზიანების კიდევ ერთი მიზეზი, რასაც მელნის დაზიანება იწვევს. ეს ის შემთხვევაა, როდესაც დარგის სპეციალისტისათვის ორივე მასალის შენარჩუნება თანაბრად მნიშვნელოვანია, რადგან ქაღალდი თუ ფუძეა, მელანი გამოხატვის საშუალებაა და ამ ორი მასალის თანაფარდობით

იქმნებოდა წერილობითი მემკვიდრეობის ყველა ის წყარო, რასაც ჩვენი თემა შეეხება. VIII საუკუნიდან XIX საუკუნის ბოლომდე ხელნაწერ წიგნებსა და დოკუმენტებში გამოყენებული ზოგიერთი მელანი (მაგალითად, რკინაგალური მელანი) შეიცავს მჟავას და მაღალი ტენიანობის პირობებში შეუძლია ქაღალდის კოროზია გამოიწვიოს. კოროზიული კერები კი იწვევს ქაღალდის სტრუქტურის დაშლას. პრაქტიკაში ხშირია ისეთი შემთხვევები, როდესაც ფორმატი ნაკლულია მხოლოდ მელნით დაწერილ უბნებში. მელნის ჟანგვის პროცესის შეჩერება შესაძლებელია ცარცის სუსპენზიის გამოყენებით და, თუ პროცესი შორსწასული არ არის, განეიტრალიზების ეს მეთოდი ტექსტისა და ფუძის (ქაღალდის) შენარჩუნების საშუალებას იძლევა.



ნახ. 9. პარხლის ოთხთავი (X–XI სს. ეტრატი, S-4927), ხელნაწერის  
ფურცლებზე რკინაგალური მელნით გამოწვეული კოროზია

## დასკვნა

ზემოთ განხილული საკითხები უპირობოდ მიუთითებს იმაზე, რომ ქაღალდსაფუძლიანი დოკუმენტების აღდგენის, მათი მოვლისა და ხანგრძლივად შენახვისთვის უპირობოდ მნიშვნელოვანია ხელნაწერის შემადგენელი ელემენტების შესწავლა, მისი კონსისტენცია და შეძლებისდაგვარად იმ გარემოს ცოდნა, სადაც ინახებოდა ესა თუ ის ერთეული. ეს ის ერთადერთი გზაა, რისი საშუალებითაც შეიძლება დადგინდეს ხელნაწერის აღდგენისათვის ყველაზე შესაფერისი მეთოდები. “აღდგენა” პირველ რიგში გულისხმობს ერთეულის დაბერების პროცესის შესწავლას, მისი გამომწვევი მიზეზების გაანალიზებას და ისეთი პირობების შექმნას, რაც მინიმუმადე დაიყვანს ან სრულებით აღმოფხვრის დაბერების პროცესს. ამ მიზნის მისაღწევად კი, როგორც უკვე აღვნიშნეთ, ტარდება მთელი რიგი პროცედურები, რაც უშუალო გავლენას ახდენს დოკუმენტის მასალის სტრუქტურაზე გაწმენდის (მექანიკური ან წყლის საფუძველზე), ბზარების შევსების, ნაკლული ფორმატის რესტარაციის, ხელნაწერის ბლოკის აღდგენისა და დეფორმირებული ფურცლის გასწორების სახით. ეს მცირე ჩამონათვალი სინამდვილეში კონსერვაციის ხანგრძლივ პროცესს გულისხმობს და მხოლოდ ყველა დეტალის გათვალისწინება იძლევა საბოლოო შედეგს. ამიტომ რესტარაციონი არის ადამიანი, რომელსაც, სხვა უნარებთან ერთად აქვს ფართო თვალსაწიერი და ცოდნა, გადადგას ნაბიჯები დესტრუქციული ან დაზიანებული ობიექტის აღსაღენად. მათი უმთავრესი მიზანია დაუბრუნონ თბიექტს პირვანდელი სახე და გადაარჩინონ იგი მომავალი დაზიანებისაგან. გარდა ამისა, რესტარაციონი პასუხისმგებელია მასა-

ლისა და მეთოდის არჩევაზე, რომელიც უნდა შეესაბამებოდეს თითოეული ერთეულის კონკრეტული მკურნალობის მიზნებს და მიღებულ პრაქტიკას. უნდა იცნობდეს როგორც მასალების უპირატესობას, აგრეთვე მონაწილეობდეს კვლევით პროექტებში მასალის პოტენციური გვერდითი მოვლენების დასადგენად.

## ლიტერატურა – REFERENCES

1. Richard Schweid, The Cockroach Papers: A Compendium of History and Lore, Published by University of Chicago Press, 2015. pp. 69.
2. Etherington. Historical Background of Book Conservation, Collection Management Vol. 31:1-2, 2007.
- 3 .Core Documents: American Institute for Conservation of Historic and Artistic Works" American Institute of Conservation. Retrieved 24 February, 2020.
4. Harris, Kenneth. A Brief History of Preservation and Conservation at the Library of Congress, Library of Congress, 2018.
5. Dava Tobey. Preserving History, Minnesota Historical Society, Accessed on 13 April 2014.
6. Irene Brücke. The practice of looking in paper conservation, The Paper Conservator, 2001, Published online: 21 Sep., 2010.

## PROTECTION OF WRITTEN HERITAGE

### ISSUES OF CONSERVATION-RESTORATION OF WRITTEN HERITAGE

**A. Gvazava, R. Kldiashvili**

(K. Kekelidze National Center for Written Heritage)

**Resume.** The stages of conservation-restoration of written heritage, the peculiarity of the material and the role of chemistry in the process of care and storage of the units being restored are discussed in the article. The sources causing damage to paper-based objects, the properties and peculiarities of the paper made from the recycled wood pulp, the effects of temperature and humidity, damage caused by the flame of fire and the dangers of entomological damage are also discussed in the main text.

**Keywords:** biology; chemistry; cultural heritage; conservation-restoration; manuscript books.

## ავტორთა საჭურადლებოდ

ქართულენოვანი მრავალდარგობრივი სამეცნიერო რევურირებადი ჟურნალი „მეცნიერება და ტექნოლოგიები“ არის პერიოდული გამოცემა და გამოდის წელიწადში სამჯერ.

1. ავტორის/ავტორთა მიერ სტატია წარმოდგენილი უნდა იყოს მთავარი რედაქტორის სახელზე ქართულ ენაზე და თან ახლდეს:

- აკადემიის წევრის, წევრ-კორესპონდენტის ან კოლეგიის წევრის წარდგინება ან დარგის სპეციალისტის რეცენზია (ორი მაინც);
- რეზიუმე ქართულ და ინგლისურ ენებზე;
- ცნობები ავტორის/ავტორების (მათი რაოდენობა არ უნდა აღემატებოდეს ხუთს) შესახებ; მითითებული უნდა იყოს ავტორის/ავტორების გვარი, სახელი, მამის სახელი (სრულად), დაბადების თარიღი, საცხოვრებელი ბინისა და სამსახურის მისამართები, E-mail, სამეცნიერო წოდება და საკონტაქტო ტელეფონები (ბინის, სამსახურის), მობილური.

2. სტატია ამობეჭდილი უნდა იყოს A4 ფორმატის ფურცელზე. მოცულობა ფორმულების, ცხრილებისა და ნახაზების (ფოტოების) ჩათვლით არ უნდა იყოს ხუთ გვერდზე ნაკლები და არ უნდა აღემატებოდეს 15 ნაბეჭდ გვერდს; სტატია შესრულებული უნდა იყოს doc და docx ფაილის სახით (MS Word) და ჩაწერილი ნებისმიერ მაგნიტურ მატარებელზე. ინტერვალი – 1,5; არები – 2 სმ; ქართული ტექსტი აკრეფილი უნდა იყოს Acadnusx შრიფტით, ინგლისური – Times New Roman-ით, ზომა – 12.

3. სტატია გაფორმებული უნდა იყოს შემდეგნაირად:

- რუბრიკა (მეცნიერების დარგი);
- სტატიის სათაური;
- ავტორის/ავტორების სახელი და გვარი (სრულად);
- სად დამუშავდა სტატია;
- ქართული რეზიუმე და საკვანძო სიტყვები უნდა განთავსდეს სტატიის დასაწყისში, ინგლისური რეზიუმე საკვანძო სიტყვებთან ერთად – სტატიის ბოლოში. საკვანძო სიტყვები ორივე ენაზე დალაგებული უნდა იყოს ალფაბეტის მიხედვით. რეზიუმე შედგენილი უნდა იყოს 100 – 150 სიტყვისაგან; უნდა ასახავდეს სტატიის ძირითად შინაარსსა და კვლევის შედეგებს (არ უნდა შეიცავდეს ზოგად სიტყვებსა და ფრაზებს); უცხო ენაზე თარგმანი უნდა იყოს ხარისხიანი და ეყრდნობოდეს სპილურ დარგობრივ ტერმინოლოგიებს;
- საერთაშორისო სამეცნიერო ჟურნალების მონაცემთა ბაზების რეკომენდაციით დამოწმებული ლიტერატურის რაოდენობა სასურველია იყოს ათი და მეტი. ლიტერატურა ტექსტიში უნდა დალაგდეს ციტირების თანმიმდევრობის მიხედვით და აღინიშნოს ციფრებით კვადრატულ ფრჩხილებში, ხოლო ლიტერატურის სია უნდა ითა-

რგმნოს ინგლისურ ენაზე და დაერთოს სტატიას ბოლოში; თან მიეთითოს რომელ ენაზე იყო გამოქვეყნებული სტატია.

- ნახაზები (ფოტოები) და ცხრილები თავის წარწერებიანად უნდა განთავსდეს ტექსტში. მათი კომპიუტერული ვარიანტი უნდა შესრულდეს ნებისმიერი გრაფიკული ფორმატით;
- რედაქტირებული და კორექტირებული მასალის გამოქვეყნებაზე თანხმობა ავტორმა უნდა დაადასტუროს ხელმოწერით (რედაქტირებული გერსია ან სარედაქციო კოლეგიის მიერ დაწუნებული სტატია ავტორს არ უბრუნდება).

დამატებითი ცნობებისათვის მიმართეთ შემდეგ მისამართზე: 0108 თბილისი, რუსთაველის გამზირი 52, საქართველოს მეცნიერებათა ეროვნული აკადემია. IV სართული, ოთახი 434, ტელ.: 299-58-27.

ელ.ფოსტა: metsn.technol@gmail.com

რედაქტორები: ლ. გორგობიანი, ა. ეგოროვი  
კომპიუტერული უზრუნველყოფა ქ. ფხავაძის

გადაეცა წარმოებას 01.11.2023. ხელმოწერილია დასაბეჭდად 21.12.2023. ქაღალდის  
ზომა 60X84 1/8. პირობითი ნაბეჭდი თაბახი 6,5.

საგამომცემლო სახლი „ტექნიკური უნივერსიტეტი“, თბილისი, კოსტავას 77

