

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

ISSN 0130-7061

Index 76127

# მეცნიერება და ტექნოლოგიები

სამეცნიერო რევიზირებადი ჟურნალი

## SCIENCE AND TECHNOLOGIES

SCIENTIFIC REVIEWED MAGAZINE

№1(744)



თბილისი – TBILISI  
2024

**დაფუძნებლები:**

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

გ. აბდუშელიშვილი, ა. აბშილავა, პ. ალბრეხტი (გერმანია), რ. არველაძე, ნ. ბაღათური, გ. ბიბილეიშვილი, პ. ბიელიკი (სლოვაკეთი), ვ. ბურკოვი (რუსეთი), მ. ბურჯანაძე, გ. გავარდაშვილი, ზ. გასიტაშვილი, თ. გელაშვილი, ბ. გუსევი (რუსეთი), დ. დზინსი (პოლონეთი), მ. ზგუროვსკი (უკრაინა), პ. ზუნკელი (ავსტრია), დ. თაგხელიძე, ა. თოფჩიშვილი, ზ. კაკულია, დ. კაპანაძე, ვ. კვარაცხელია, ლ. კლიშიაშვილი, გ. კობახიძე, კ. კობალიანი, მ. კოსიორ-კაზბერუკი (პოლონეთი), მ. კუხალეიშვილი, თ. ლომინაძე, ზ. ლომსაძე, დეკანოზი ლ. მათეშვილი, ვ. მატვეევი (რუსეთი), ნ. მახვილაძე, ე. მექმარიაშვილი, მ. მექმარიაშვილი, ნ. მითაგვარია, თ. უვანია, გ. სალუქვაძე, თ. სულაბერიძე, ფ. უნგერი (ავსტრია), ა. ფაშაევი (აზერბაიჯანი), ნ. ყავლაშვილი, თ. ცინცაძე, თ. წერეთელი, ზ. წვერაიძე, თ. წიგნაძე, ა. ხვედელიძე, 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. Medzmariashvili, M. Medzmariashvili, N. Mitagvaria, A. Pashaev (Azerbaijan), G. Salukvadze, T. Sulaberidze, D. Tavkhelidze, A. Topchishvili, T. Tsereteli, T. Tsignadze, T. Tsintsadze, Z. Tsvraidze, P. Unger (Austria), M. Zgurovski (Ukraine), T. Zhvania, H. Zunkel (Austria).



# სარჩევნი

## ინფორმაცია

ა. ჩიკაშუა, მ. არჩუაძე, მ. ცინცაძე, მ. ხაჩიძე. ქართული ხელნაწერი ტექსტების ამომცნობი სისტემები.....7

## მეცნიერების ზოგადი საკითხები

ნ. სიღამონიძე, ლ. ჯიქიძე. ტექნოლოგიური (ვიზუალური) და ბიოლოგიური ფენომენების ურთიერთგავლენა და მათი სინთეზის შედეგების კვლევა .....20

## ენერგეტიკა

მ. ფირცხელანი. ენერგეტიკის დარგის ბაზანსაღების შესაძლებლობა საქართველოში.....24

## მეტალურგია

ს. მეზონია, გ. თათრაშვილი, თ. ცერცვაძე, ნ. კენჭიაშვილი. დეტალების განმტკიცება კლასტიკური დეფორმირებით.....32

## მასალათმცოდნეობა

გ. გორდეზიანი, რ. ხარატი, თ. ლოლაძე, ნ. კენჭიაშვილი, ნ. კანთელაძე. Fe-Cr სისტემის არარეზულარული მყარი ხსნარის ორ ფაზად განშრევა.....41

## სატრანსპორტო მშენებლობა

პ. ნადირაშვილი, ხ. ირემაშვილი. კვრისაღვი მღბრადი ნახევრად ხისტი საბზარო სამოსები.....46

## რკინიბზის ტრანსპორტი

ბ. დიდებაშვილი, გ. კვანტალიანი, ტა. კოტრიკაძე, ლ. ლომსაძე, მ. გრიგორაშვილი, მ. ჩალაძე. რკინიბზის ხაზების ბადაზიდვის უნარის ბაზრდა მატარებელთა მასის ბადაზიდვით.....51

მ. ჩალაძე, მ. პაპასკირი, გ. ჩალაძე, ლ. გოგალაძე, შ. ლომსაძე. ავტოსტოპების ასინქრონული სამფაზა კრავების მართვის ხუთსაღენიანი ელექტრული სქემების მოღერნიზება.....55

## შრომის უსაფრთხოება

ნ. რაზმაძე, ნ. რატინი, მ. ქიტოშვილი, ა. კორკოტაძე. უბელური შემთხვევებისა და პროფდაავადებების რისკ-ვაქტორები მშენებლობაში.....58

**ფარმაცია**

ქ. ბაციკაძე, ი. ცომაია. ბუნებრივი ნაერთების შემცველი ფიტოკოსმეტიკური საშუალებები და ალამიანის ჯანმრთელობა.....66

ნ. ტაბატაძე, ი. ცომაია, ქ. ბაციკაძე. საქართველოში მოზარდი ეთერზეთების შემცველი მცენარეების ფიტოქიმიური შედგენილობა.....72

**არქეოლოგია**

ნ. გუგუშვილი. ბზიანბრინჯაოს ხანის საყოფაცხოვრებო კულტურა – კურის საცხოვრობი ღუმელები (შიდა ქართლი).....78

**სპელეოლოგიის ისტორია**

კ. წიქარიშვილი, ზ. ლეჟავა, ლ. ასანიძე, თ. თოღორდავა. ქართული სპელეოლოგიური მემკვიდრეობა 85 წლისაა.....84

**ტიჰნიკის ისტორია**

თ. კუპატაძე, ნ. კუპატაძე. ვაჰტები მსოფლიოში რკინიგზების განვითარების ისტორიიდან.....93

**საერთაშორისო ურთიერთობები**

ნ. ფირცხელანი. რუსეთ-უკრაინა-ევროკავშირის ენერგეტიკული პარადიგმის სამხედრო-პოლიტიკური ასპექტები.....98

ავტორთა საქუთაღლეობა.....109

# CONTENTS

## INFORMATICS

<b>A.Chikashua, M. Archuadze, M. Tsintsadze, M. Khachidze.</b> ON GEORGIAN HANDWTITTEN TEXT RECOGNITION SYSTEM.....	7
---	---

## GENERAL ISSUES

<b>N. Sidamonidze, L. Jikidze.</b> MUTUAL INFLUENCE OF TECHNOLOGICAL (DIGITAL) AND BIOLOGICAL PHENOMENA AND RESEARCHES DONE BY THE STUDIES OF SYNTHESIS RESULTS.....	20
--	----

## ENERGETICS

<b>M. Pirtskhelani.</b> AN OPPORTUNITY TO IMPROVE THE ENERGY SECTOR IN GEORGIA .....	24
--	----

## METALLURGY

<b>S. Mebonia, G. Otarashvili, T. Tsertsvadze, N. Kenchiashvili.</b> HARDENING OF DETAILS BY PLASTIC DEFORMATION.....	32
---	----

## MATERIALS SCIENCE

<b>G. Gordeziani, R. Kharati, T. Loladze, N. Kenchiashvili and N. Kanteladze.</b> TWO PHASE SEPARATION OF IRREGULAR SOLID SOLUTION OF FE-CR SYSTEM.....	41
---	----

## CIVIL ENGINEERING

<b>P. Nadirashvili, Kh. Iremashvili.</b> SHEAR STRAIN RESISTANT SEMI-RIGID ROAD PAVEMENT .....	46
--	----

## RAILWAY TRANSPORT

<b>B. Didebashvili, G. Kvantaliani, T. Kotrikadze, L. Lomsadze, M. Grigorashvili, M. Chaladze.</b> ENHANCEMENT OF CAPABILITY OF THE RAILWAY LINES CONVEYANCE BY THE INCREASE OF TRAIN MASSES .....	51
<b>M. Chaladze, M. Papaskiri, G. Chaladze, L. Gogaladze, Sh. Lomsadze.</b> MODERNIZATION OF FIVE-WIRE ELECTRICAL CIRCUITS FOR CONTROLLING ASYNCHRONOUS THREE-PHASE HITCHHING MOTORS .....	55

## LABOUR SAFETY

<b>N. Razmadze, N. Ratiani, M. Qitoshvili, A. Korkotadze.</b> RISK FACTORS OF ACCIDENTS AND OCCUPATIONAL DISEASES IN CONSTRUCTION .....	58
---	----

## **PHARMACY**

- K. Batsikadze, I. Tsomaia.** PHYTOCOSMETIC PRODUCTS CONTAINING NATURAL  
COMPAUNDS AND HUMAN HEALTH .....66
- N. Tabatadze, I. Tsomaia. K. Batsikadze.** PHYTOCHEMICAL COMPOSITION OF ESSENTIAL  
OIL-CONTAINING PLANTS IN GEORGIA.....72

## **ARCHAEOLOGY**

- N. Gugushvili.** HOUSEHOLD CULTURE OF THE LATE BRONZE AGE – BREAD BAKING OVENS  
(SHIDA KARTLI).....78

## **HISTORY OF SPELEOLOGY**

- K. Tsikarishvili, Z. Lezhava, L. Asanidze, T. Tolordava.** GEORGIAN SPELEOLOGICAL SCIENCE  
IS 85 YEARS OLD .....84

## **THE HISTORY OF TECHNOLOGY**

- T. Kupatadze, N. Kupatadze.** FACTS ABOUT THE HISTORY OF RAILWAYS WORLDWIDE .....93

## **INTERNATIONAL RELATIONS**

- N. Pirtskhelani.** POLITICAL ASPECTS OF THE ENERGY PARADIGM OF RUSSIA – UKRAINE  
AND THE EUROPIAN UNION.....98

- TO THE AUTHORS ATTENTION** .....109

## ქართული ხელნაწერი ტექსტების ამომცნობი სისტემები

### ანა ჩიკაშუა, მაია არჩუაძე, მაგდა ცინცაძე, მანანა ხაჩიძე

(ივ. ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი)

**რეზიუმე:** განხილულია OCR (ოპტიკური სიმბოლოების ამოცნობა) მანქანური სწავლების ერთ-ერთი ყველაზე გავრცელებული ტექნოლოგიური პროცესი, რომელსაც აქვს უამრავი აპლიკაცია რეალურ სამყაროში, სავაჭრო ცენტრებში – ფასების ტეგების სკანირებით დაწვებული და გზებზე სანომრე ნიშნების ამოცნობით დამთავრებული. წლების განმავლობაში ღრმა სწავლის პროცესში ჩართული ტექნიკის მიღწევების გამო OCR სისტემა გამოიყენება უამრავ სფეროში. იგი საკმაოდ ზუსტი აღმოჩნდა დოკუმენტებისათვის მათი გაციფრულების შემთხვევაში, რადგან ისინი უფრო მარტივად ხელმისაწვდომი გახდნენ გამოყენებისა და ძებნის თვალსაზრისით.

OCR არის სისტემა, რომელმაც უნდა განასხვავოს დაბეჭდილი ან ხელნაწერი ტექსტის სიმბოლოები ისეთი ფიზიკური დოკუმენტების ციფრულ გამოსახულებებში, როგორცაა სკანირებული ქაღალდის დოკუმენტი.

ნაშრომში საუბარია OCR სისტემის სამი მოდელით შექმნის თაობაზე და შემდეგ გაკეთებულია შედეგების შედარებითი ანალიზი, რომელმაც აჩვენა YOLOv8-ის უპირატესობა დანარჩენ ორ მოდელთან შედარებით. ეს მოდელებია: CNN (კონვოლუციური ნეირონული ქსელები) და ResNet (რეკურენტული ნეირონული ქსელები).

ნაშრომში წარმოდგენილი მეთოდოლოგია არის ქართული ენისათვის YOLOv8-ის პლატფორმაზე დაფუძნებული OCR სისტემის შექმნის პირველი მცდელობა.

**საკვანძო სიტყვები:** CNN; OCR; Resnet; YOLOv8; ხელნაწერი ტექსტების ამოცნობა.

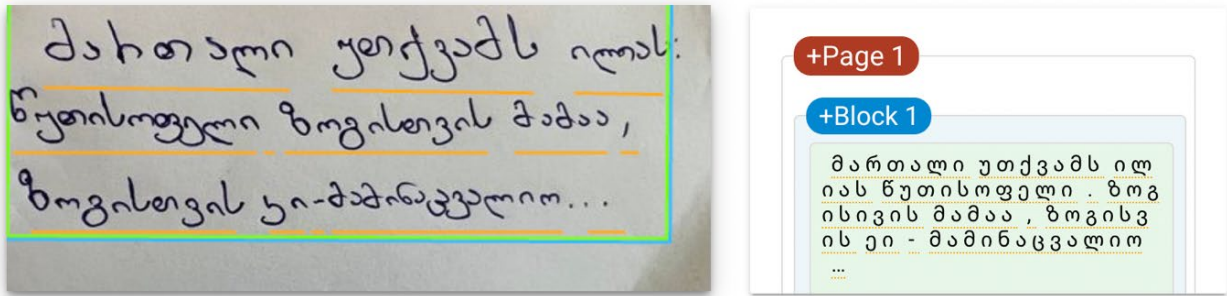
### შესავალი

დღეს ხელმისაწვდომია სხვადასხვა opensource OCR ინსტრუმენტი. გარდა ამისა, აღსანიშნავია კომერციული OCR სისტემები, კერძოდ Azure OCR, Amazon Textract და Google OCR. მიუხედავად იმისა, რომ ეს არის უახლესი ტექნოლოგია, ჯერ კიდევ არ არსებობს OCR პროდუქტები, რომლებსაც შეუძლია ყველა სახის ტექსტის 100 %-იანი სიზუსტით ამოცნობა. Pytesseract წარმოადგენს პითონის პაკეტს და აადვილებს Tesseract-ის გამოყენებას. მას შეუძლია წაიკითხოს ყველა სახის სურათი, რომელსაც მხარს უჭერს Pillow და Leptonica ვიზუალიზაციის ბიბლიოთეკები, მათ შორის: jpeg, png, gif, bmp, tiff და სხვ. EasyOCR-ს ამჟამად შეუძლია ტექსტის ამოცნობა 80-ზე მეტ ენაზე (ინგლისური, გერმანული, პინდი, რუსული და სხვ.). აღმოჩნდა, რომ opensource OCR სისტემების უმეტესობას (მაგალითად, FineReader/ABBYY Cloud OCR SDK, OnlineOCR.net) საერთოდ არ შეუძლია ქართული ენის ამოცნობა. ჩვენ მიერ ჩატარებული ექსპერიმენტების საფუძველზე შეიძლება ითქვას, რომ ის სისტემები, რომლებსაც აქვს ქართული ენის მხარდაჭერა, ხასიათდება ამოცნობის დაბალი სიზუსტით.

## ძირითადი ნაწილი

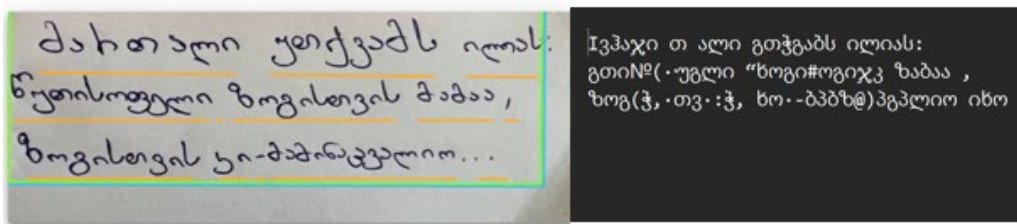
ქვემოთ წარმოდგენილია ქართულ ტექსტზე განხორციელებული ექსპერიმენტის შედეგები იმ OCR სისტემებისათვის, რომლებსაც აქვს მხარდაჭერა ქართული ხელნაწერების ამოცნობის მიმართ.

Google Cloud Vision-ის გამოყენებისას ქართული ხელნაწერების ამოცნობის დროს გარკვეულ პრობლემებს ჰქონდა ადგილი. მაგალითად, აღმოჩნდა, რომ სიმბოლოები იყო ან დაკარგული, ან შეცდომით ამოცნობილი (ნახ 1).



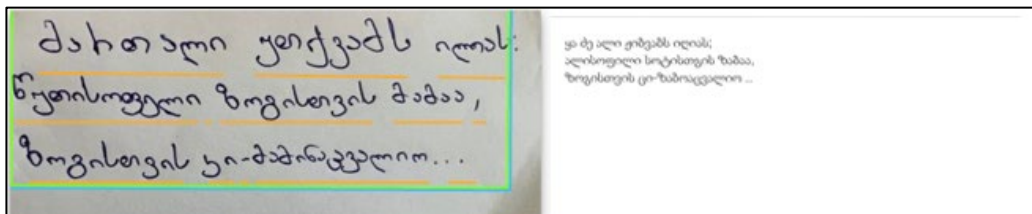
ნახ. 1. Google Cloud Vision-ის შედეგად ამოცნობილი ტექსტი

Tesseract OCR-ის გამოყენებისას კი საერთოდ გაუგებარი იყო ტექსტის სტრუქტურაც და შინაარსიც (ნახ. 2).



ნახ. 2. Tesseract OCR-ის მიერ ამოცნობილი ტექსტი

iOCR-ის გამოყენების შემთხვევაშიც, რა თქმა უნდა, უზუსტობები საკმაოდ ბევრია (ნახ. 3).



ნახ.3. iOCR-ის მიერ ამოცნობილი ტექსტი

ფართოდ გამოყენებადი პროგრამული უზრუნველყოფაა Nebo [1], რომელიც წარმოადგენს whiteboard-ის ტიპის აპლიკაციას როგორც ანდროიდისა და iOS-ის, ისე ვებ-გვერდებისათვის და აქვს მხარდაჭერა ქართული ენის მიმართაც. აღსანიშნავია გამოთვლის სიჩქარე და სიზუსტე, თუმცა Nebo მოითხოვს, რომ ჩვენ მიერ შეყვანილი ჩანაწერები შეიქმნას პირ-



დაპირ სამუშაო ეკრანზე. ეს არ არის იგივე, რაც OCR, რომლის გამოყენების დროსაც პროგრამული უზრუნველყოფა იღებს არსებული ტექსტის ჩანაწერებს და გარდაქმნის მას რედაქტირებად ფორმატში. Nebo იყენებს ICR-ს (Intelligent Character Recognition) და არა OCR-ს.

თუ გადავხედავთ სამეცნიერო კვლევებს, დავინახავთ, რომ აღნიშნული ამოცანა განხორციელებულ იქნა ქართული ენისათვის 200000 მონაცემით გაწვრთნილი კონვოლუციური ნეირონული ქსელით (VGG 16 და GoogleNet არქიტექტურით), განსხვავებით ჩვენი კვლევისა, რომელშიც გამოყენებულია CNN, ResNet და YOLOv8. ეს უკანასკნელი წარმოადგენს ენის მოდულების უახლეს ვერსიას, რომელიც 2023 წელს გამოვიდა და საკმაოდ კარგი შედეგი აჩვენა. ზემოაღნიშნული კვლევის პრობლემაა ის ფაქტი, რომ იგი მხოლოდ სიმბოლოებზე მუშაობს და არ გულისხმობს თუნდაც სიტყვის წაკითხვას ან მთლიანი სურათის განხილვას.

OCR სისტემების მიერ ქართულენოვანი ტექსტების ამოცნობის დაბალი სიზუსტე, ჩვენი აზრით, განპირობებულია რამდენიმე ფაქტორით. ერთ-ერთია, მაგალითად, ენის თავისებურება, ქართული ენის დამწერლობა ხომ სამი სხვადასხვა დამწერლობის (ასომთავრულის, ნუსხურისა და მხედრულის) მემკვიდრეა. თითოეულ მათგანს თავისი გრაფიკული დამახასიათებელი სტილი აქვს, რაც, თავის მხრივ, ქმნის პრობლემებს ხელნაწერი სტილის განსხვავებული ვარიაციების გამო. ამ თავისებურებიდან გამომდინარე, ხელნაწერ ტექსტში სიმბოლოების მოყვანილობებს შორის განსხვავება დამოკიდებულია იმაზე, თუ ვინ წერს და რამდენად ადვილად წაკითხვადია ნაწერი. შესაბამისად, სიმბოლო შეიძლება იყოს დახრილი, შებრუნებული, ან, საერთოდ, სხვადასხვა ვარიანტად წარმოდგენილი. შესაძლებელია სხვადასხვა ასოს ჰქონდეს ერთმანეთის მსგავსი მოხაზულობა, რაც ხელნაწერ ტექსტში ძნელად გასარჩევია. მაგალითად, „დ“ და „დ“, „უ“ და „უ“, „ვ“ და „ვ“. ამასთან, გასათვალისწინებელია სიმბოლოების პოზიციაც. რადგან ქართულში სიმბოლოები ხაზის ზევით და ხაზის ქვევით იწერება, ამიტომ მათ სხვადასხვა მნიშვნელობა ენიჭებათ. სხვადასხვა შრიფტის ვარიაცია კი გავლენას ახდენს სისტემის სიზუსტეზე.

### **მეთოდოლოგია**

**პროცესის აღწერა და შეზღუდვები.** სისტემის წარმატებული მუშაობა დამოკიდებულია რამდენიმე შეზღუდვაზე:

- დასამუშავებელი სურათი არის სრული, სწორი (საკმაოდ), არის სტანდარტული ზომის ფურცელი მკვეთრი საზღვრებით;
- ტექსტი იწერება ჰორიზონტალურად, არაგადამკვეთი საზღვრებით;
- სიტყვებს შორის მანძილი არ არის გათვალისწინებული;
- სიმბოლოები ერთმანეთთან არ არის გადაბმული.

**პროექტის განხორციელების ფაზები.** პროექტი დაყოფილია ორ ნაწილად. პირველი ნაწილი არის დასწავლის პროცესი, რომელიც მოიცავს შემდეგ ეტაპებს:

- მონაცემთა შეგროვება და მარკირება;
- მონაცემების დამუშავება (გამოსახულებების დაფორმატება მოდელის სისტემაში შეყვანისათვის);
- მონაცემების აუგმენტაცია;
- მონაცემების დაყოფა ტრენინგის, ვალიდაციის და ტესტირების მონაცემების ნაკრებებად;
- მოდელის სწავლება, ვალიდაცია და ტესტირება;
- შედეგების ანალიზი;
- მოდელის განვითარება.

ჩამოთვლილი პროცესების საფუძველზე იქმნება ისეთი მოდელი, რომელსაც შეუძლია იმუშაოს სისტემაში შეყვანის განსხვავებული ტიპის მონაცემებზე (კონკრეტულად, რიცხვებზე, სიმბოლოებზე, სიტყვებზე).

პროექტის მეორე ნაწილში ხორციელდება ტექსტის ცალკეულ სიმბოლოებად სეგმენტირება. მიუხედავად თითოეული ნაბიჯის სირთულისა, ჩვენი მიზანია მოდელმა შეძლოს გადაცემული სიმბოლოების ზუსტი ინტერპრეტაცია.

**მონაცემთა შეგროვება.** კვლევის პროცესი იწყება მონაცემთა შეგროვებით. მოდელის მოსამზადებლად საჭიროა ქართული სიმბოლოების მონაცემთა ბაზა. მონაცემთა ბაზა წარმოდგენილია ცხრილის სახით, რომელიც შევსებულია სხვადასხვა ადამიანის მიერ. ბაზა შედგება 48625 სიმბოლოსაგან.

ა	ბ	გ	დ	ე	ვ	ზ	თ	ი	კ	ლ
მ	ნ	ო	პ	ჟ	რ	ს	ტ	უ	ფ	ქ
ღ	ყ	შ	ჩ	ც	ძ	წ	ჭ	ხ	ჯ	ჰ
ჭ	ვ	პ	რ	ტ	კ	ღ	უ	ჰ	ჯ	ფ
ნ	ბ	ყ	ო	ც	ა	ლ	ხ	ჟ	ი	ბ
ზ	დ	ე	ჩ	შ	თ	ძ	მ	წ	ს	ქ
კ	ქ	ჩ	ჟ	ი	ძ	ყ	წ	პ	ხ	მ
დ	თ	ვ	ჰ	ფ	ს	ღ	გ	ა	ო	ზ
ნ	ჯ	შ	ლ	ჭ	ბ	უ	ც	ტ	ე	რ

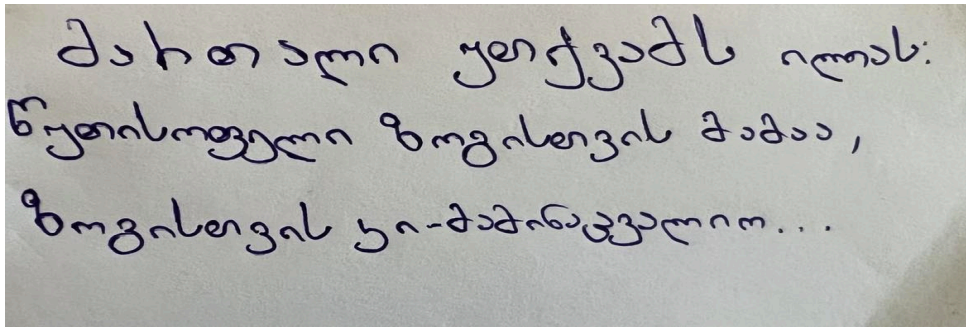
ნახ. 4. მონაცემების შესაგროვებელი ცხრილი

რიცხვების ამოსაცნობად გამოყენებულ იქნა MNIST (Modified National Institute of Standards and Technology-ის ბაზა), რომელიც შედგება 70000 სურათისაგან. მოდულების გაწვრთნისათვის შეირჩა 80 %, ვალიდაციისათვის – 10 % და ტესტირებისათვის – 10 %.

**წინასწარი დამუშავების პროცესი** არის სამუშაოს დაწყების მომენტი. წინასწარი დამუშავების სისტემა იღებს სრული ხელნაწერი გვერდის სურათს და აბრუნებს სიტყვების სურათებს. ცალკეული სიტყვების გამოსახულებები საკმაოდ მნიშვნელოვანია, რადგან ამ სურათების მიწოდება შესაძლებელია ხელნაწერი ტექსტის ამოცნობის (HTR) სისტემებში.

პრეპროცესირება შედგება რამდენიმე ეტაპისაგან; კერძოდ:

**საწყისი სურათის დამუშავება.** წარმოდგენილია ორიგინალი სურათი (ნახ. 4). იდეალურ შემთხვევაში ეს სურათი უნდა იყოს მთლიანი გვერდი, სადაც ჩანს გვერდის ყველა საზღვარი. გვერდი ასევე უნდა იყოს რაც შეიძლება სწორი და კარგად განათებული. ე. ი. გამოსახულება არ უნდა იყოს ძალიან ბნელი, მაგრამ არც ზედმეტი სიკაშკაშეა საჭირო.



ნახ. 1. ორიგინალი სურათი

თავდაპირველად ხდება სურათის დამუშავება. დამუშავების პროცესი მოიცავს კიდურების ამოცნობას, სურათის განაცრისფერებას (Gray-scaling), ზედმეტი ხმაურის მოცილებას და მხოლოდ ამოცნობისათვის აუცილებელი კომპონენტების დატოვებას. განვიხილოთ თითოეული მათგანი უფრო დეტალურად:

**საზღვრების მოშორება.** წინასწარი დამუშავების პირველი ნაბიჯია გვერდის ჩარჩოს პოვნა, გვერდის შემოხაზვა (მხოლოდ ფურცლის დატოვება). ეს შეიძლება გაკეთდეს საკმაოდ მარტივად `cv2.findContours`-ით [2] და `cv2.approxPolyDP`-ის საშუალებით ყველაზე დიდი კონტურის პოვნით, რომლის სავარაუდო ფორმა არის კვადრატი. `cv2.approxPolyDP` არის OpenCV ბიბლიოთეკის ფუნქცია, რომელიც გამოიყენება კონტურის გამარტივებისათვის წერტილების რაოდენობის შემცირებით და კონტურის მთლიანი ფორმის შენარჩუნებით. ეს უზრუნველყოფს გამოთვლითი სირთულის შემცირებას, ეფექტურობის გაუმჯობესებას. `approxPolyDP`-ის მიზანია მრავალკუთხედის შეცვლა სხვა, უფრო მარტივი (ნაკლები წიბოს მქონე), მრავალკუთხედით.

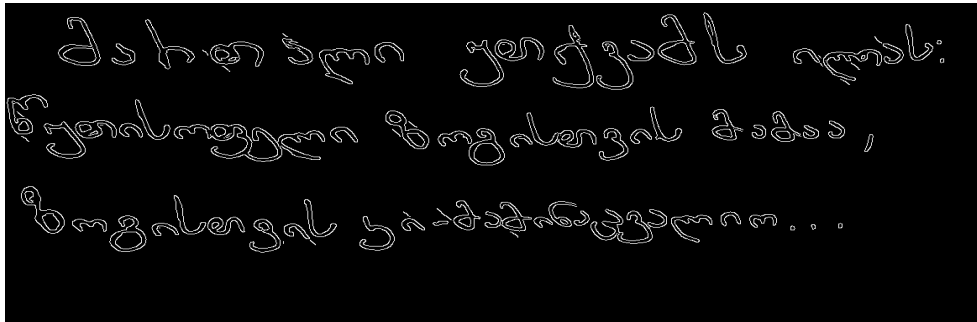
**ხაზების მოშორება.** დახაზულ გვერდზე ხაზების ამოღება გადამწყვეტია, რადგან ამ ხაზებს შეუძლია ერთმანეთთან დაკავშირება. დაკავშირებულ კომპონენტებში (ეს კომპონენტები განხილულია ქვემოთ) მათი გაფილტვრა შეუძლებელია. აღნიშნული მეთოდოლოგია იყენებს `hough` ხაზებს და ფურიეს ტრანსფორმაციას ხაზების მოსაშორებლად. ამის გაკეთება რამდენჯერმე აუმაჯობებს `cv2.canny`-ის შედეგს (Invalid source specified). ამიტომ დასაწყისშივე საჭიროა მათი მოცილება. აღნიშნული მეთოდი მთლიანად არ შლის ხაზებს, მაგრამ მნიშვნელოვნად წყვეტს გვერდის ხაზის კომპონენტებს (მართალია, ჩვენ მიერ განხილულ მაგალითში ხაზიანი ფურცელი არ გამოიყენება, მაგრამ, მიუხედავად ამისა, ის მაინც ხელსაყრელია, რადგან საკმაოდ კარგ შედეგს იძლევა ხმაურის მოსაშორებლად).

**განაცრისფერება და დაბუნდოვნება.** შემდეგ ეტაპზე სურათი ხდება ნაცრისფერი და ბუნდოვანი `cv2.canny`-ის შემთხვევაში. დაბუნდოვნებისთვის გამოსახულების დამუშავების თვალსაზრისით გამოყენებულ იქნა Gaussian blurring (`cv2.GaussianBlur`). ამ დროს სურათების ნებისმიერი მკვეთრი კიდე გლუვდება, ხოლო ზედმეტი დაბინდვა მინიმუმამდეა დაყვანილი [3]. ხმაურის მოსაშორებლად კი გამოიყენება gaussian smoothing, რომელიც დაახლოებით გაუსის განაწილების პარალელურად მიმდინარეობს.

საბოლოოდ სურათი ნაკლებად ბუნდოვანი ხდება, მაგრამ უფრო "ბუნებრივად ბუნდოვანი", ვიდრე სხვა მეთოდების გამოყენებისას.

**ტექსტის სეგმენტაცია.** ეს პროცესი იძლევა ტექსტის ლოკალიზაციის შესაძლებლობას და ვდებულობთ მკვეთრ კონტურებს ტექსტის გარშემო. ამისათვის გამოიყენება `cv2.canny`-ის გამოსახულების კიდურების მისაღებად. ეს კარგი გზაა სურათზე ტექსტის აღმოსაჩენად. ამ პროცესში გამოიყენება უცვლელი პარამეტრები მთელი ტექსტის ამოღების მიზნით. ასე რომ,

ნებისმიერი ტექსტი, რომელიც არ იქნება ამოღებული, საბოლოო შედეგამდე ვერ მივა, ამიტომ ყველაფრის ამოღება, თუნდაც ხმაურის, იდეალურია. შედეგად მიიღება მე-5 ნახ-ზე მოცემული ტექსტი.



ნახ. 5. სეგმენტაციის შედეგად მიღებული ტექსტი

**დაკავშირებული კომპონენტების გაფილტვრა.** გამოსახულების დამუშავებისას დაკავშირებული კომპონენტები ეხება განსხვავებულ რეგიონებს ან პიქსელების კომპლექტს ბინარულ სურათში. ისინი დაკავშირებული არიან ერთმანეთთან გარკვეული კრიტერიუმის საფუძველზე. ამ დაკავშირებულ კომპონენტებს შეუძლია გამოსახულების ცალკეული ობიექტების, რეგიონების ან ნაწილების წარმოდგენა.

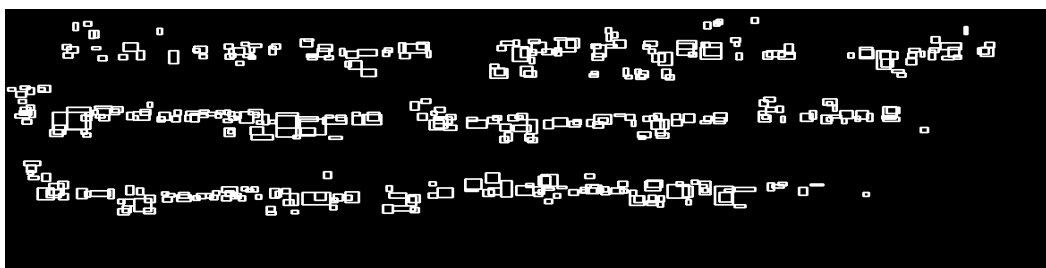
კომპონენტების მოსაძებნად გამოიყენება penCV-ის ფუნქცია `connected Components With Stats`.

ფილტრების გამოყენება დაფუძნებულია მიღებული გამოსახულებების სიმაღლეზე, სიგანესა და ფართობზე. ფილტრაცია ხორციელდება სხვადასხვა კომპონენტის მიხედვით; კერძოდ:

**ფართობის გაფილტვრა** გამოიყენება სურათში დაკავშირებული კომპონენტების (რეგიონების) გასაფილტრად მათი ფართობის მიხედვით. იგი ეხება პიქსელების რაოდენობას თითოეულ კომპონენტში. იდენის არსი ის არის, რომ შენარჩუნებული უნდა იქნეს კომპონენტები, რომლებიც აკმაყოფილებს სპეციფიკური ზომის კრიტერიუმს და წაშლის იმ კომპონენტებს, რომლებიც ძალიან მცირეა ან – ძალიან დიდი.

**ზომების მიხედვით დაკავშირებული კომპონენტის საზღვრების გაფილტვრა.** ამ ტიპის ფილტრაციის შემდეგ რჩება მხოლოდ ის დაკავშირებული კომპონენტები, რომლებიც გამოსადეგია ტექსტის ხაზების დასადგენად/განცალკევებისათვის.

**ცალკე მდგომი „მაწანწალა“ კომპონენტების ფილტრაცია.** ესაა პროცესი, როდესაც კვლავ ხორციელდება დაკავშირებული კომპონენტების ფილტრაცია, ამჯერად მოხდა „მაწანწალა“ კომპონენტების (დამატებით ხაზების) წაშლა  $y$  ღერძის მიხედვით. მიუხედავად იმისა, რომ მარტივია და ბევრი კომპონენტის ამოღება ნაკლებად სავარაუდოა, ეს ფილტრაცია ძალზე მნიშვნელოვანია ტექსტის ხაზების გამოვლენისას.



ნახ. 6. ჩარჩოთი შემოსაზღვრული კომპონენტები

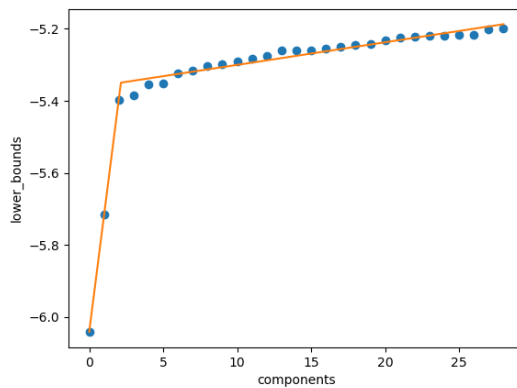
სტრიქონებად სეგმენტაცია არის პროცესი, როდესაც ხდება `sklearn.mixture.Gaussian Mixture` ფუნქციის გამოყენება. ამ დროს დგინდება, თუ რამდენია და სად არის ტექსტის ჰორიზონტალური სტრიქონები (ივარაუდება "ჰორიზონტალური ხაზები"). ჰორიზონტალური ხაზები არ არის ტექსტური შინაარსის ნაწილი და მათი იგნორირება შესაძლებელია ამოცნობის პროცესში. ეს ხელს უწყობს OCR შედეგების სიზუსტის გაუმჯობესებას და ხელს უშლის ჰორიზონტალური ხაზების შეცდომით ტექსტად გადაქცევას. მისი გამოყენებით მოხდა ტექსტის ხაზების დაჯგუფება მათი  $y$  მნიშვნელობების მიხედვით.



ნახ. 7. ტექსტის ხაზების დაჯგუფება მათი  $y$  მნიშვნელობების მიხედვით

Gaussian Mixture Model (GMM) ალბათური მოდელია, რომელიც გამოიყენება კლასტერიზაციისა და განაწილების შესაფასებლად. ეს არის გენერაციული მოდელი, რომელიც ვარაუდობს, რომ მონაცემთა წერტილები წარმოიქმნება რამდენიმე გაუსის განაწილებიდან. თითოეული გაუსის განაწილება წარმოადგენს ერთ კლასტერს მონაცემებში. იგი მიზნად ისახავს გაუსის განაწილების იმ პარამეტრების პოვნას, როგორცაა საშუალო და კოვარიაცია, რომლებსაც შეუძლია საუკეთესოდ ახსნას დაკვირვების შედეგად მიღებული მონაცემები.

**კლასტერების შერჩევა.** კლასტერების რაოდენობის შესარჩევად საჭიროა "elbow" მეთოდის მსგავსი მიდგომა lower bound (error-ების) შემცირებით. იგი გამოიყენება კლასტერების ოპტიმალური რაოდენობის დასადგენად კლასტერიზაციის ალგორითმში, elbow მეთოდის იდეა არის within-cluster sum of squares (WCSS)-ის გამოსახვა  $k$ -ს სხვადასხვა მნიშვნელობისთვის. იგულისხმება კლასტერების რაოდენობა და გრაფიკზე "elbow" წერტილის იდენტიფიცირება. ჩვენს შემთხვევაში ოპტიმალური კლასტერების რაოდენობა და შერჩეულ იქნა – სამი.



ნახ. 8. კლასტერების შერჩევის დიაგრამა

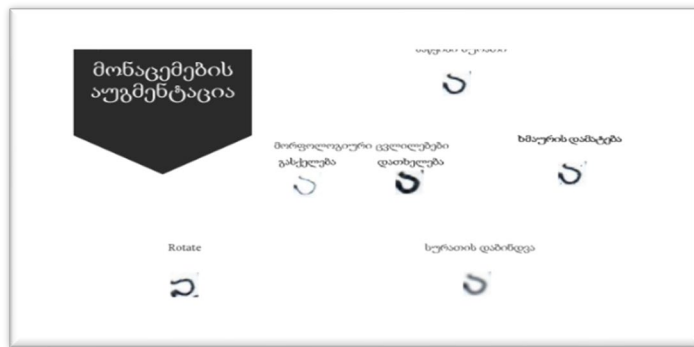
დამუშავების პროცესში ერთ-ერთი მთავარი გამოწვევა იყო სიტყვებად სეგმენტაცია.

**სიტყვებად სეგმენტაცია.** დოკუმენტის ხაზებად დაყოფის შემდეგ ტექსტი უნდა დაიყოს სიტყვებად. ამისათვის საჭიროა მინიმალური ინტერვალის პოვნა სტრიქონებში ორ სიტყვას შორის გვერდის სიგანისა და სიტყვების პროპორციით და ამ მნიშვნელობის მიხედვით განხორციელდეს წინადადების სიტყვებად დაყოფა. ამ დროს წარმოიშობა ორი ძირითადი გამოწვევა. ერთია, იმის განსაზღვრა, თუ სად არის გამყოფი სივრცეები და, მეორე, საბოლოო სიტყვების სურათების მიღება, რომლებიც შეიძლება გახდეს შემავალი მნიშვნელობები HTR-ისათვის (Handwriting text recognition).

**მონაცემთა აუგმენტაცია**

ტრენინგის დროს იყო მონაცემების ნაკლებობა, რამაც, ბუნებრივია, მნიშვნელოვანი გავლენა მოახდინა მოდელის სიზუსტეზე (CNN, ResNet50). საჭირო გახდა მონაცემთა აუგმენტაცია შემდეგი ტექნოლოგიების გამოყენებით:

- მორფოლოგიური ცვლილებები, მისი განხორციელება აუცილებელი იყო ტექსტის ხაზების გამოსასწორებლად;
- ხმაურის დამატება, რაც გულისხმობს შავი პიქსელების ამოღებას ან სურათზე თეთრი პიქსელების დამატებას. კვლევის პროცესში გამოყენებულ იქნა სხვადასხვა მეთოდი და კონკრეტული მეთოდის შემთხვევაში მივიღეთ შემდეგი შედეგები: RandomRain შავი წვეთით დიდად აზიანებს გამოსახულებას. ძნელია გარჩევა. ამიტომ შევეცადეთ მის ნაკლებად გამოყენებას. RandomShadow დაბინდავს ტექსტს სხვადასხვა ინტენსიურობის ხაზებით. PixelDropout აშავებს შემთხვევით პიქსელებს;
- Rotate-ShiftScaleRotate. რადგან ეს პარამეტრი საკმაოდ პრობლემურია, შევეცადეთ თავიდან ავიცილოთ ტექსტის საწყისი ფორმიდან ამოჭრა. ამ პროცესის დროს ხდება როგორც ფორმის შეცვლა, ასევე როტაცია. ჩვენ მივაქციეთ ყურადღება, რომ ბრუნვის შედეგად მიღებული გამოსახულება შეესაბამება წინასწარ განსაზღვრულ ზომებს, რაც უნდა ჰქონდეს მოდელის შეყვანის გამოსახულებას;
- გამოსახულების დაბინდავა, რაც ნიშნავს გამოსახულების მუქი პიქსელების გაღივებას (ნახ. 9).



ნახ. 9. აუგმენტაცია

რაც შეეხება YOLOv8-ს, აღარ არის საჭირო აუგმენტაციის პროცესის გავლა, რადგან ის თავად ასრულებს ამ პროცესს და იყენებს Mosaic Data Augmentation-ს მონაცემთა გაზრდისთვის. Mosaic Data Augmentation არის მონაცემთა გაზრდის მარტივი ტექნიკა, რომელშიც ოთხი განსხვავებული სურათია გაერთიანებული და გადადის მოდელზე. ეს აიძულებს მოდელს ისწავლოს რეალური ობიექტები სხვადასხვა პოზიციიდან.

**შედეგები.** ჩვენ მიერ ჩატარებული კვლევის მიზანი იყო ქართული ენისათვის ისეთი OCR სისტემის შექმნა, რომელიც შედეგების თვალსაზრისით იქნებოდა გაუმჯობესებული ზემოთ განხილულ სისტემებთან შედარებით. ამისათვის განხორციელდა უკვე არსებული

მოდელისაგან განსხვავებული ახალი მოდელის გამოყენება, რაც ამავე დროს იყო პირველი მცდელობა ასეთი ტიპის სისტემების შექმნისათვის არა მარტო ქართული ენისათვის, არამედ სხვა ენებისთვისაც. შესაბამისად, სხვა მოდელების პარალელურად ჩატარებული კვლევაც საინტერესო იყო მოდელის ეფექტიანობის განსაზღვრისათვის მსგავსი ტიპის ამოცანებში.

დასკვნის სახით შეიძლება ითქვას, რომ YOLOv8 მოდელმა შედეგების მაღალი სიზუსტე აჩვენა CNN-თან და ResNet-თან შედარებით. [4].

დასწავლა განხორციელდა სამი მოდელით (CNN, ResNet და YOLOv8).

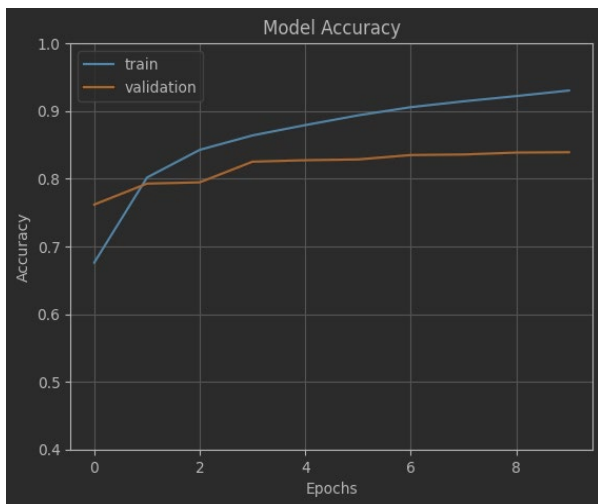
კონვოლუციური ნეირონული ქსელი აგებულ იქნა რამდენიმე კონვოლუციური ქსელის, dropout-ისა და maxpooling-გან. Loss-ისათვის გამოყენებულ იქნა sparse\_categorical\_crossentropy, ხოლო ოპტიმიზაციისთვის – Adam.

ექსპერიმენტი ჩატარდა აგრეთვე ResNet50-ზე, რომელიც 50-ფენიან ნეირონულ ქსელს წარმოადგენს [5] და მოხდა მისი ზემოაღნიშნულ ქართულ ხელნაწერთა მონაცემებზე გადაწერა. 30 იტერაციის შემდეგ ორივე მოდელისათვის მიღებული შედეგი წარმოდგენილია 1-ლ ცხრილში

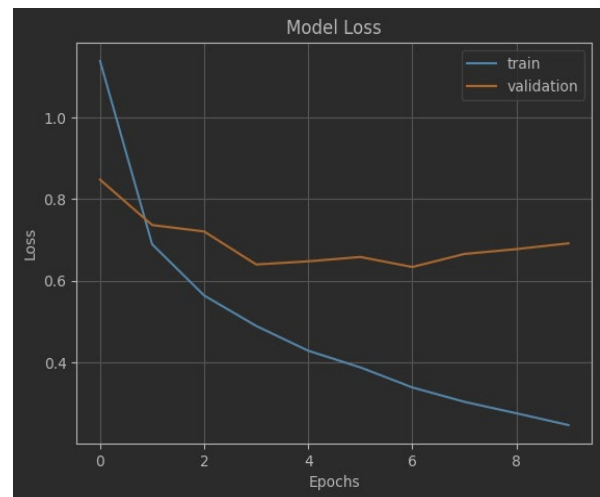
**ცხრილი 1**

**30 იტერაციის შემდეგ CNN და ResNet მოდელებისათვის მიღებული შედეგები**

Model	CNN	ResNet
Loss:	0.2507	0.2456
Accuracy:	0.923	0.9302
Val_loss:	0.9264	0.6916
Val_accuracy:	0.8018	0.8391



ნახ. 10. სიზუსტის დამოკიდებულება ეპოქაზე



ნახ. 11. დანაკარგის ფუნქცია

**YOLOv8**

YOLOv8 არის მოდელების უახლესი ვერსია, რომელიც ოფიციალურად გამოვიდა 2023 წლის 10 იანვარს [6 – 9]. ეს არის უახლესი მოდელები, რომლებსაც აქვს მაღალი ხარისხის შესრულება ყველა სხვა მოდელს შორის. აღსანიშნავია, რომ YOLOv8 წარმატებით იქნა გამოყენებული საპაერო გამოსახულების აღმოჩენისათვის უპილოტო საფრენ აპარატებში და

ანენა საკმაოდ მაღალი შედეგი სხვა ექსპერიმენტებთან შედარებით (aerial image detection) [10-11].

YOLO ოჯახის წინა მოდელების გამოყენებით განხორციელდა ოპტიკური სიმბოლოების ამომცნობი ამოცანა სხვადასხვა ენისათვის (ინგლისური, გერმანული, ფრანგული, ლათინური და ა.შ.) [12–16], თუმცა YOLOv8 მოდელის გამოყენება OCR სისტემისათვის პირველი მცდელობაა.

ჩვენი პროექტისთვის მოხდა YOLOV8N-CLS მოდელის ზემოაღნიშნულ მონაცემებზე გადაწერონა.

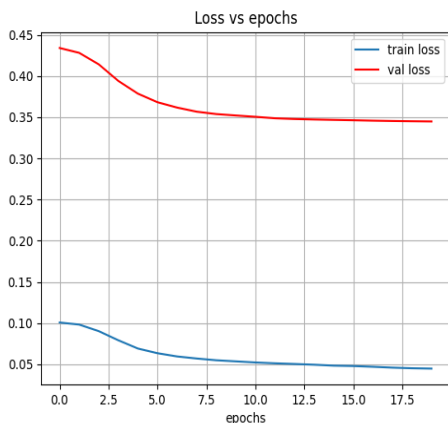
ვინაიდან აუგუმენტაციის პროცესი ჩაშენებულია მოდელში, ამიტომ დამატებით მისი გამოყენება აღარ არის საჭირო. შედეგად, რამდენიმე იტერაციის შემდეგ, მიიღებულ იქნა მოდელის წონები, მათ შორის საუკეთესო წონა. საბოლოოდ, მომხმარებელს შეუძლია თავად აირჩიოს სასურველი მოდელი. გარდა ამისა. მიღებულ იქნა შედეგების CSV ფაილიც, რომელსაც ჩვენი პროექტის შემთხვევაში შემდეგი სახე აქვს (ცხრილი 2).

## ცხრილი 2

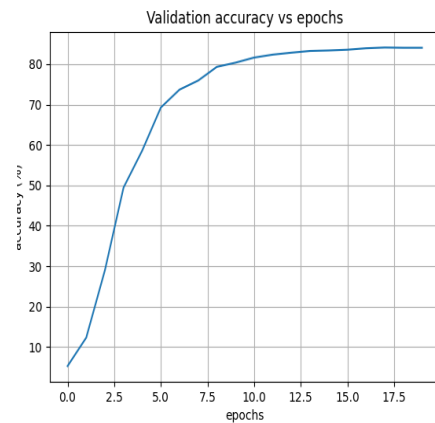
რამდენიმე იტერაციის შემდეგ CSV ფაილის სახით მიღებული შედეგები

epoch	train/loss	metrics/accuracy_top1	metrics/accuracy_top5	val/loss	lr/pg0	lr/pg1	lr/pg2
0	0.10073	0.05273	0.22727	0.43404	0.070001	0.0033332	0.0033332
1	0.09822	0.12303	0.34606	0.42814	0.039671	0.0063365	0.0063365
2	0.09025	0.2897	0.68061	0.41418	0.0090113	0.0090099	0.0090099
3	0.07916	0.49455	0.88727	0.39405	0.008515	0.008515	0.008515
4	0.06912	0.58606	0.94667	0.37859	0.008515	0.008515	0.008515
5	0.06345	0.69273	0.96121	0.36818	0.00802	0.00802	0.00802
6	0.05953	0.73697	0.97091	0.3617	0.007525	0.007525	0.007525
7	0.05703	0.75939	0.97879	0.35671	0.00703	0.00703	0.00703
8	0.0549	0.79333	0.98242	0.35381	0.006535	0.006535	0.006535
9	0.05356	0.80364	0.98364	0.3521	0.00604	0.00604	0.00604
10	0.05222	0.81636	0.98606	0.35049	0.005545	0.005545	0.005545
11	0.0512	0.82364	0.98545	0.3487	0.00505	0.00505	0.00505
12	0.05039	0.82848	0.98545	0.34782	0.004555	0.004555	0.004555
13	0.04951	0.83273	0.98485	0.34724	0.00406	0.00406	0.00406
14	0.04835	0.83394	0.98545	0.34676	0.003565	0.003565	0.003565
15	0.04791	0.83576	0.98606	0.34631	0.00307	0.00307	0.00307
16	0.047	0.83939	0.98727	0.3458	0.002575	0.002575	0.002575
17	0.04595	0.84121	0.98788	0.3454	0.00208	0.00208	0.00208
18	0.0452	0.84061	0.98848	0.3451	0.001585	0.001585	0.001585
19	0.04479	0.84061	0.98848	0.34484	0.00109	0.00109	0.00109

ანალიზის შედეგად შესაძლებელია მოდელის წვრთნის შედეგების ჩვენება პითონის ბიბლიოთეკის matplotlib გამოყენებით:



ნახ. 12. Epochs დამოკიდებულება დანაკარგზე

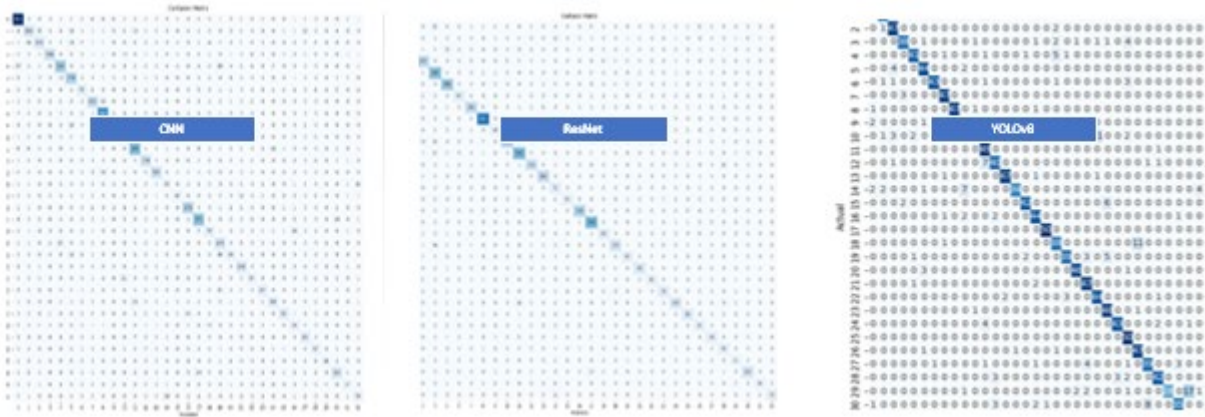


ნახ. 13. Epochs დამოკიდებულება სიზუსტეზე

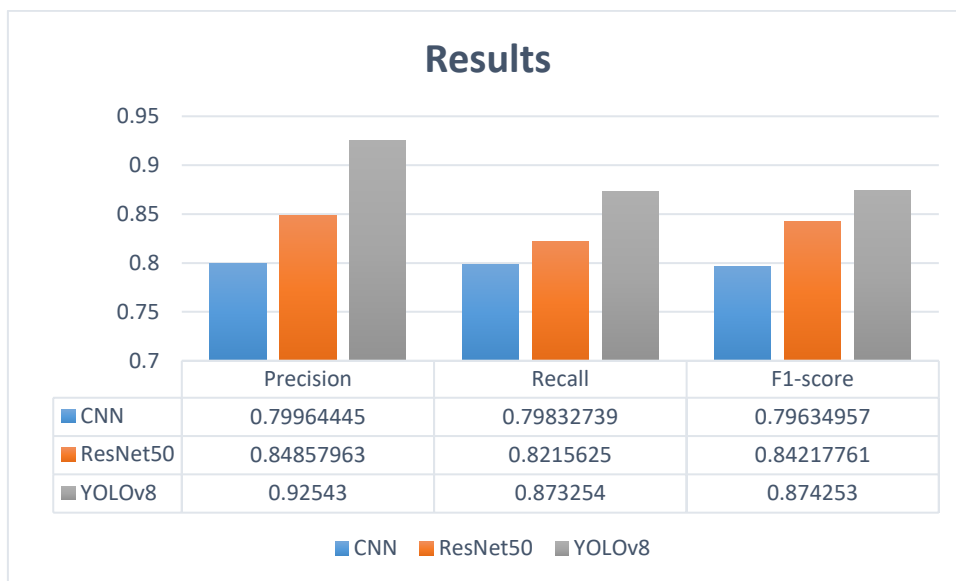


## სისტემის შეფასება

OCR სისტემის შეფასებისათვის სამივე მეთდის შემთხვევაში Confusion Matrix-ის საფუძველზე გამოთვლილ იქნა სიზუსტე, სისრულე და F1 ზომა (ნახ.14), ხოლო შედეგების შედარება მოცემულია მე-15 ნახ-ზე წარმოდგენილ დიაგრამაზე.



ნახ. 14. Confusion მატრიცა



ნახ. 15. შედეგების შედარება

## დასკვნა

მიუხედავად იმისა, რომ ეს არის უახლესი ტექნოლოგია, ჯერ კიდევ არ არსებობს OCR პროდუქტები, რომლებსაც შეუძლია ყველა სახის ტექსტის 100 %-იანი სიზუსტით ამოცნობა. დასკვნის სახით შეიძლება ითქვას, რომ აღნიშნული პროექტის მიზანი იყო გარკვეულწილად კომპიუტერული ხედვის (vision) ერთ-ერთი საინტერესო მიმართულება OCR-ის გამოკვლევა და იმ გამოწვევებზე პასუხის გაცემა, რომლებიც უკავშირდება ქართული ხელნაწერი ტექსტის ამოცნობას.

დღეისათვის არსებულ whiteboard-ის მსგავს ინსტრუმენტებს აქვს ხმაური, მკვეთრი ფერები და ა.შ. აღნიშნულმა მოდელმა ხელნაწერი ტექსტების შემთხვევაში კარგი შედეგი აჩვენა; ამასთან, გარკვეული სიზუსტით ფურცელზე დაბეჭდილ ტექსტზეც მუშაობს. მიღებული შედეგების შედარებით მაღალი სიზუსტის ერთ-ერთი გამომწვევი მიზეზი მთლიანი დოკუმენტის ანალიზისა და დამუშავების პროცესია, თუმცა, ეს უკანასკნელი კვლავ საჭიროებს განვითარებას.

მიუხედავად იმისა, რომ გარკვეული მიღწევები უკვე არსებობს ამ მიმართულებით, რთულია ისეთი სისტემის პოვნა, რომელიც ყველა ამოცანას მოერგება და შედეგებიც უფრო ზუსტი იქნება, ამიტომ საჭიროა მუშაობის გაგრძელება აღნიშნული პრობლემის მოსაგვარებლად.

## ლიტერატურა – REFERENCES

1. "NEBO," Microsoft, 2023. [Online]. Available: <https://apps.microsoft.com/>.
2. Satoshi Suzuki and K. Abe. Topological structural analysis of digitized binary images by border following. *Computer Vision, Graphics, and Image Processing*, vol. 30, no. 1, 1986, pp. 32-46.
3. A. Zare. THE EFFECT OF APPLYING GAUSSIAN BLUR FILTER ON CAPTCHA'S SECURITY, *Computer Science & Information Technology (CS & IT)*, 2014, pp. 161-165.
4. D. Soselia, M. Tsintsadze, L. Shugliashvili, I. Koberidze, S. Amashukeli and S. Jijavadze. *Georgian Handwritten Character Recognition*. Elsevier, 2018.
5. Kaiming He, Xiangyu Zhang, Shaoqing Ren and Jian Sun. *Deep Residual Learning for Image Recognition*, Microsoft Research, 2015.
6. S. Srivastava, A. Verma and S. Sharma. Optical Character Recognition Techniques . In A Review. In *Proceedings of the 2022 IEEE International Students Conference on Electrical, Electronics and Computer Science (SCEECS)*. Bhopal, India, 19-20, February, 2022.
7. Richeng Cheng. A survey: Comparison between Convolutional Neural Network and YOLO in image identification. *Journal of Physics: Conference Series*, vol. 1453, no. 012139, 2020.
8. Mukilan Krishnakumar. A Gentle Introduction to YOLOv8, weights & Biases Fully Connected, 2023.
9. Glenn-jocher, Laughing-q and sergiuwaxmann. *Ultralytics YOLOv8 Docs*. Ultralytics, 08. 05. 2023. [Online]. Available: <https://docs.ultralytics.com/datasets/classify/imagenet/>.
10. Yiting Li, Qingsong Fan, Haisong Huang, Zhenggong Han and Qiang Gu. A Modified YOLOv8 Detection Network for UAV Aerial Image Recognition. *Drones*, vol. 7, no. 304, 2023, pp. 2-26.
11. J. Red1, 1. mon and A. Farhadi. YOLO9000: Better, Faster, Stronger, in *Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, Honolulu, HI, USA. 2017, pp. 1-23.
12. Arindam Chaudhuri, Krupa Mandaviya, Pratixa Badelia and Soumya K Ghosh. *Optical Character Recognition Systems for Different Languages with Soft Computing*. In *Studies in Fuzziness and Soft Computing book series.*, Springer, 2016.
13. Salah Alghyaline. A Printed Arabic Optical Character Recognition System using Deep Learning// *Journal of Computer Science*, vol. 18, 2022, pp. 1038-1050.
14. Srividya Subramanian, Vineet Kekatpure, Gladina Raymond, Kapil Parab, Shashikant Dugad and Archana Shirke. TEYSuR-Text Extraction with YOLO and Super Resolution. In *International Conference for Advancement in Technology (ICONAT)*, Goa, 2022.
15. Joseph Redmon and Ali Farhadi. YOLOv3: An Incremental Improvement, arxiv preprint arxiv:1804.02767, 2018.
16. J. Redmon and A.Farhadi, Yolov3: An incremental improvement., arxiv preprint. arxiv:1804.02767, 2018.

## ON GEORGIAN HANDWRITTEN TEXT RECOGNITION SYSTEM

**A.Chikashua, M. Archuadze, M. Tsintsadze, M. Khachidze**

(I. Javakhishvili Tbilisi State University)

**Resume.** OCR (Optical Character Recognition) is one of the most common machine learning processes that we deal with almost every day. OCR has many real-world applications, from scanning price tags in shopping malls to recognizing license plates on the road. With advances in deep learning techniques over the years, OCR has become quite accurate, especially for documents. OCR is used in many fields to digitize documents to make them more usable and searchable.

OCR is a technology that must distinguish printed or handwritten text characters within digital images of physical documents, such as scanned paper documents. While high progress is gained for English language based texts, languages like Georgian are staying in the minority not having adequate tools for OCR processing.

The OCR system for Georgian Texts consumes various models and then makes a comparative analysis of the results, which showed the superiority of Yolov8 compared to the rest of the models. Experiments were done using three models: Convolutional Neural Networks (CNN), ResNet and Yolov8. The methodology presented in the paper is the first attempt to create an OCR system based on the Yolov8 platform for the Georgian language.

**Keywords:** CNN; handwritten text recognition; OCR; ResNet.

**ტიქნოლოგიური (ციფრული) და ბიოლოგიური ფენომენების  
ურთიერთგავლენა და მათი სინთეზის შედეგების კვლევა**

**ნატალი სიღამონიძე, ლევან ჯიქიძე**

(საქართველოს მეცნიერებათა ეროვნული აკადემია, საქართველოს ტექნიკური  
უნივერსიტეტი)

**რეზიუმე:** განხილულია ისეთი ბიოლოგიური ფაქტორები (მაგალითად, შავი ჭირი), რომლებმაც განაპირობა მნიშვნელოვანი საზოგადოებრივ-პოლიტიკური ცვლილებები მსოფლიოში. ასეთ ფაქტორად შეიძლება ჩაითვალოს კოვიდ 19-ის პანდემიით გამოწვეული ეკონომიკური თუ საზოგადოებრივი დეფორმაცია. ამ ფაქტორების ანალიზი ცხადყოფს, რომ თანამედროვე ცივილიზაციაში სწორედ ბიოლოგიური ფაქტორი იმსახურებს განსაკუთრებულ ყურადღებას.

ნაშრომში წარმოდგენილია ანრი ბერგსონის მიერ დანახული სიცოცხლის, როგორც განსხვავებული ფენომენის, მნიშვნელობა. ამიტომაც დადგა დღის წესრიგში ბიოლოგიური ფაქტორის (დამოუკიდებელი გლობალური ფენომენის) კვლევის აუცილებლობა და ტექნოლოგიურ სისტემებთან სინთეზის პერსპექტივის თვალსაზრისით მისი შესწავლა.

**საკვანძო სიტყვები:** ბიოლოგიური ფაქტორი; გლობალური ბიოლოგიური კრიზისი; კონცეპტი; ხელოვნური ინტელექტი.

**შესავალი**

თანამედროვე მეცნიერება დარგობრივ სპეციფიკურ განვითარებასთან ერთად ინტენსიურად განიხილავს კაცობრიობის მომავლის ზოგად ტენდენციებს. აღორძინების პერიოდიდან დღემდე განვითარების ერთიანი თეორიის შემუშავების ყველა მცდელობა უშედეგოდ დასრულდა, თუმცა კულტურის ტრანსფორმაცია გარკვეულ გავლენას ახდენს ცივილიზაციაზე და უდავოდ ზოგად კანონზომიერებად უნდა ჩაითვალოს. ამ პროცესში განსაკუთრებულ როლს ასრულებს სამეცნიერო-ტექნიკური პროგრესი, რაც ადამიანის სიცოცხლის ხარისხის გაუმჯობესებაში ვლინდება. პარალელურად, სულ უფრო ინტენსიურად იჩენს თავს ნეგატიური მოვლენები (ეკოლოგიური პრობლემები, ბირთვული იარაღი, ფსიქომორალური დეგრადაცია და ა.შ.), რომლებიც გლობალურ საფრთხეს უქმნის მსოფლიოს მოკლე და გრძელვადიან პერსპექტივაში.

როგორც სამეცნიერო-ტექნიკური პროგრესი, ისე გლობალური სისტემური კრიზისი თავისი არსით ადამიანის აქტიურობის შედეგი და მისი ხელოვნური საარსებო სივრცის შემადგენელი ნაწილია. შესაბამისად, დღემდე ჩატარებული ყველა ფუნდამენტური კვლევა პრაქტიკულად ამ პარადიგმის ჩარჩოშია მოქცეული და არ განიხილავს მას ბუნებრივი სამყაროს მომავალზე გავლენის მქონე აქტიურ ფაქტორად. მაგრამ კოვიდ 19-ით გამოწვეულმა ვირუსულმა პანდემიამ კარდინალურად შეცვალა აღნიშნული დამოკიდებულება ბუნებრივი, კერძოდ ბიოლოგიური, ფაქტორების მიმართ.

კაცობრიობის ისტორიაში არის მრავალი ისეთი შემთხვევა, როდესაც ბიოლოგიურმა ფაქტორმა განაპირობა შესაბამისი საზოგადოებრივ-პოლიტიკური შედეგის მომტანი კონკრეტული ისტორიული პროცესი.

ცნობილია, რომ 1348-1349 წლებში ინგლისში მიმდინარე შავი ჭირის ეპიდემიამ მკვეთრად შეცვალა სოციალური სტრუქტურის მდგომარეობა და მისი ფუნქციონირების ეფექტი [1], რადგან ეპიდემიამდე არსებული სამეფო მართვის დომინანტური ფორმა ვეღარ უზრუნველყოფდა სოციალურ და ეკონომიკურ მდგრადობას. უოტ ტაილერის მეთაურობით 1381 წლის საყოველთაო აჯანყებამ განაპირობა სამეფო ხელისუფლების მკვეთრი ტრანსფორმაცია საკონსტიტუციო მონარქიის მიმართულებით. შესაბამისად, გაფართოვდა თავისუფლების ქარტიის როგორც შინაარსი, ისე მისი სოციალურ-პოლიტიკური და ეკონომიკური შესაძლებლობები ყოველდღიურ ყოფაში. თანამედროვე ევროპული პარლამენტარიზმის პრაქტიკულად ყველა ძირითადი დებულება სწორედ ამ პროცესის უშუალო (ლოგიკური) შედეგია.

ასეთივე მნიშვნელოვან დამოუკიდებელ ბიოლოგიურ ფაქტორად უნდა განვიხილოთ ამერიკის კონტინენტის აბორიგენული მოსახლეობის იმუნოლოგიური დაუცველობა მათი ევროპელების მიერ კოლონიზაციის პროცესში ყოფნისას [2].

## ძირითადი ნაწილი

XX საუკუნის მეორე ნახევრიდან დიდი მნიშვნელობა შეიძინა ბუნებრივი ფაქტორების მრავალმხრივმა ანალიზმა სასიცოცხლო რესურსების რაციონალური მართვის კუთხით, რაც „ეკოლოგიური აზროვნების“ აუცილებელი ბრენდი გახდა. ამ თვალსაზრისით შეფასებული ბუნებრივი ფაქტორები ხელოვნურად შემოიფარგლებოდა უტილიტარული და კულტუროლოგიური ამოცანებით.

აღნიშნული მიდგომა დიდწილად დღემდეა შენარჩუნებული და დაუშვებელ უზუსტობად უნდა ჩაითვალოს. თანამედროვე მეცნიერებისა და ტექნოლოგიების განვითარების ანალიზი ცხადყოფს, რომ ახალი საეტაპო გარდევვა მოითხოვს ტექნოლოგიური და ბიოლოგიური სისტემების მაქსიმალურ ურთიერთადაპტირებას ერთიანი ფენომენის პარადიგმაში.

კოვიდ 19-ის პანდემიამ გამოავლინა ბიოლოგიური და ტექნოლოგიური ფაქტორების სარწმუნო და მრავალფექტორული კავშირი, რაც, ციფრული სივრცის სოციალურ-პოლიტიკური მნიშვნელობის მკვეთრ ზრდაში აისახა. საზოგადოებრივი აქტიურობისა და პრაქტიკულად ყველა სახის კავშირის ფორმამ ხანგრძლივი პერიოდის განმავლობაში ციფრულ სამყაროში გადაინაცვლა, ხოლო შეზღუდვებმა ცივილიზებულ და ყველაზე განვითარებულ ქვეყნებში მკვეთრი საზოგადოებრივი პროტესტი გამოიწვია [3].

დღეს აუცილებელია შეიცვალოს ბუნებრივი ფაქტორების როგორც პასიური ფენომენის შეფასების პრაქტიკა, ისე მათი გავლენა კაცობრიობის პროგნოზირებულ მომავალზე და განისაზღვროს დამოუკიდებელი და ძლიერმოქმედი ფაქტორები.

აღნიშნული საკითხი განსაკუთრებით მიესადაგება ბიოლოგიურ ფაქტორს, როგორც დამოუკიდებელ ფენომენს, სამყაროს სტრუქტურის ჩამოყალიბებასა და ფუნქციონირებაში. ამ მხრივ ბიოლოგიური ფაქტორი, ანუ სიცოცხლე, წარმოადგენს ისეთივე უნივერსალურ კანონზომიერებას, როგორც, მაგალითად, გრავიტაციაა. ამიტომ მისი სისტემური გავლენა გლობალურ პროცესებზე მოითხოვს სიღრმისეულ ანალიზს. იმის გამო, რომ დღეს ტექნოლოგიური და ბიოლოგიური სისტემების სინთეზი არაბიოლოგიურთან წარმოადგენს სამეცნიერო-ტექნიკური განვითარების პერსპექტიულ მიმართულებას, ასეთი ანალიზის არარსებობა დაუშვებელია რთულად პროგნოზირებადი ნეგატიური შედეგების თვალსაზრისით.

ჩვენ მიერ ჩატარებულმა კვლევამ ცხადყო, რომ ამ კუთხით დღეს სამეცნიერო სივრცეში არავითარი აქტიურობა არ შეინიშნება.

მაგალითისთვის საკმარისია განვიხილოთ ხელოვნური ინტელექტის შექმნის პროცესი, როდესაც ბიოლოგიური და ტექნოლოგიური სისტემები დიდი ალბათობით გაერთიანდება ახალ ხელოვნურ ფენომენში, რომლის გაგენაც ცივილიზაციის ყველა ელემენტზე იქნება ძალზე ინტენსიური და, რა თქმა უნდა, ამის შეფასებაც უმნიშვნელოვანესია.

სიცოცხლის ფენომენის ამ კუთხით ანალიზისათვის განსაკუთრებით საინტერესოა ფრანგი მეცნიერის ანრი ბერგსონის ფილოსოფიური სისტემა, რომელიც დღეს ახალ მნიშვნელობას იძენს. ა. ბერგსონის მიერ გააზრებული როგორც დამოუკიდებელი უნივერსალური გლობალური ფენომენი „სასიცოცხლო სწრაფვის“ ფორმულირებით, და ამ თვალსაზრისით დანახული სამყაროს ყველა ფუნდამენტური თვისება დღეს მოითხოვს ახალ, სიღრმისეულ გააზრებას. ამ ფენომენის პირდაპირი ბმა სივრცისა და დროის სტრუქტურასთან „განგრძობადობის“ პრინციპის შემოტანით ემთხვევა ჩვენს მოსაზრებას სიცოცხლის ფენომენის განსაკუთრებული და გლობალური მნიშვნელობის თაობაზე [4].

ელემენტარული ნაწილაკების ფიზიკაში ამ ბოლო პერიოდში მიღებული შედეგები ადასტურებს ფუნდამენტური ფენომენების საერთო საწყის ბუნებას და თვისებებს. ციფრული სამყარო „არამატერიალური“ მოცემულობის სახით წარმოადგენს მატერიალური (ტექნოლოგიური) სისტემის პროდუქტს და წარმოქმნის მატერიალურზე გავლენის მომხდენ ახალ ფორმებს ტექნოლოგიური შესაძლებლობების განვითარების კუთხითაც. მისი სინთეზი ბიოლოგიურ ფაქტორთან ადასტურებს მათ საერთო საწყის ბუნებას მრავალი ტრანსფორმაციის პოტენციალით სწორი ალგორითმების პირობებში. თუ რა ფორმით მოხდება ამ პოტენციალის რეალიზება, წარმოადგენს აუცილებელი კვლევის მიზანს როგორც ინფორმატიკისა და ბიოლოგიის ჩარჩოში, ისე, ზოგადად, ფილოსოფიური აზროვნების კონტექსტში.

თანამედროვე სტრუქტურალიზმის მიხედვით (მიშელ ფუკო) დამუშავებული ახალი ინტელექტუალური პრაქტიკა – განიხილოს ადამიანის „დამატებითი თვისებები“, როგორც სტიგმატიზაციის საშუალება, და კუმინტარული ვალდებულებით აქციოს ამის ნებისმიერი ფორმის საზოგადოებრივი ლეგალიზაცია, ზრდის ბიოლოგიურისა და ტექნოლოგიური სინთეზის შედეგების საფუძვლიანი გააზრების აუცილებლობას [5]. ცხადია, რომ ბიოტექნოლოგიური სისტემების ინტენსიური გამოყენება (მაგალითად, მედიცინაში, შეიარაღებაში და ა.შ.) მოსალოდნელია არც ისე შორეულ პერსპექტივაში, მაგრამ ამის გლობალური „თანმსლები“ გამოვლინებები შეიძლება ანალიზის მიღმა დარჩეს. ყოველივე ეს, დიდი ალბათობით, განაპირობებს მარგინალიზაციისა და სტიგმატიზაციის ახალი ვექტორის შექმნას. ამ ვითარებაში ზღვარი ხელოვნურ და „ბუნებრივ“ სიცოცხლეს შორის შეიძლება სერიოზულ საზოგადოებრივ პრობლემად ჩამოყალიბდეს. დღეს უკვე ადვილი შესაძინებია ადამიანის უფლებათა დაცვის პრაქტიკაში დადგენილი ნორმების მუდმივი ტრანსფორმაცია შეზღუდვების მაქსიმალური გაუქმების მიმართულებით (მაგალითად, ადამიანის ფსიქიკური ჯანმრთელობის შეფასება). ამიტომ აუცილებელია შეთანხმებული მეთოდოლოგიის გამოყენებით მიღებული დასკვნების საფუძველზე სავარაუდო სცენარების მოდელირება.

როგორც საწყისი კონცეპტი ა. ბერგსონის ფილოსოფია იმის საშუალებას იძლევა, რომ თანამედროვე სამეცნიერო შედეგების გათვალისწინებით მოიძებნოს კვლევის ახალი მეთოდოლოგიური ვექტორი და ორიენტირები. მაგალითად, დღეს პოსტმოდერნისტული ფილოსოფია ასევე აქტიურად იძიებს მატერიალურისა და არამატერიალურის ურთიერთზეგავლენის გააზრების ახალ ფორმებს.

## დასკვნა

ზემოაღნიშნულიდან გამომდინარე, შეიძლება ითქვას, რომ თანამედროვე მეცნიერება ინტენსიურად შეისწავლის კაცობრიობის მომავლის ზოგად ტენდენციებს, რისთვისაც აუცილებელია ბიოლოგიური ფაქტორის, როგორც დამოუკიდებელი გლობალური ფენომენის, კვლევა მისი ტექნოლოგიურ სისტემებთან სინთეზის კუთხით, რაც სრულიად ახალი მიმართულებაა მეცნიერებაში.

## ლიტერატურა – REFERENCES

1. Ben Johnson. Wat Tyler and the Peasants Revolt. Historic UK. The history Magazine and accommodation Guide. <https://www.historic-uk.com/HistoryUK/HistoryofEngland/Wat-Tyler-the-Peasants-Revolt/>
2. A. Zambas, I. Shelaine; Дженнифер Райт. Влияние колониализма на доступ к медицинскому обслуживанию маори и аборигенов: дискуссионный документ. 52 (4): 398-409. DOI: 10.1080/10376178.2016.1195238. ISSN1037-6178. PMID 27260472. S2CID 37030796.
3. Dr Baris Bekir Çiftçi. Potential impact of COVID-19 on steel industry trends. Worldsteel Association. 2020. <https://worldsteel.org/media-centre/blog/2020/potential-impact-of-COVID-19-on-steel-industry-trends/>
4. John Meechan. Mechanics that Triumph Over Mechanism: Bergson on the Meaning of Life. Human Affairs 29, 2019, pp. 479-488. DOI: 10.1515/humaff-2019-0043.
5. Johanna Oksala. Post-Structuralism Michel Foucault. 2011. [https://www.researchgate.net/publication/327513618\\_Post-Structuralism\\_Michel\\_Foucault](https://www.researchgate.net/publication/327513618_Post-Structuralism_Michel_Foucault)

## GENERAL ISSUES

### MUTUAL INFLUENCE OF TECHNOLOGICAL (DIGITAL) AND BIOLOGICAL PHENOMENA AND RESEARCHES DONE BY THE STUDIES OF SYNTHESIS RESULTS

**N. Sidamonidze, L. Jikidze**

(Georgian National Academy of Sciences, Georgian Technical University)

**Resume.** Some biological factors (for example, the Plague) that led to significant social and political changes in the world are discussed in the article. Economic or public deformation caused by the Covid-19 pandemic can be considered as such a factor. The analysis of these factors reveals that in modern civilization it is the biological factor that deserves special attention.

The importance of life as a different phenomenon seen by Henri Bergson is presented. That is why the need to research the biological factor as an independent global phenomenon and to study it from the point of view of synthesis with technological systems has been put on the agenda.

**Keywords:** artificial intellect; biological factor; concept; global biological crisis.

**ენერგეტიკის ღირბის ბაჟანსაღების უმსაძლებლობა საქართველოში**

**მირონ ფირცხელანი**

(საქართველოს მეცნიერებათა ეროვნული აკადემიის მთის პრობლემათა შემსწავლელი კომისია)

**რეზიუმე:** საბჭოთა კავშირი, რომელშიც 15 მოკავშირე ქვეყანა იყო გაერთიანებული, 1989 წელს დაიშალა. მანამდე ერთიან სახელმწიფოს ერთიანი ენერგოსისტემა ჰქონდა, რომელიც სახელმწიფო საკუთრებას წარმოადგენდა. სახელმწიფოს დაშლის შემდეგ ერთიანი ენერგოსისტემაც დაიშალა, შეიცვალა საკუთრების ფორმა და თვით ქვეყნის ცხოვრების წესი. ამიტომ, ბუნებრივია, საქართველოში დღის წესრიგში დადგა რეფორმების ჩატარების აუცილებლობა.

ნაშრომში სიღრმისეულად არის გაანალიზებული ჩატარებული რეფორმების დადებითი და უარყოფითი მხარეები. აღწერილია ენერგეტიკის განვითარების შესაძლებლობები და გაკეთებულია დასკვნები, რამაც, საბოლოო ჯამში, საჭირო გახადა დარგის მართვის ახალი სისტემის შექმნა.

**საკვანძო სიტყვები:** ენერგეტიკა; ენერგოსადგური; ენერგოსისტემა; სუფთა გარემო; უსაფრთხოება.

**შესავალი**

თანამდროვე ცხოვრებაში ელექტროენერგია ნებისმიერი სხვა დარგის განვითარების წყაროა და, აქედან გამომდინარე, საერთაშორისო გაგებით, ქვეყნის ეროვნული უსაფრთხოების საფუძველსაც წარმოადგენს. ენერგოუსაფრთხოება სხვადასხვა განზომილებებით განიხილვა. ეს განზომილებებია:

**ეკონომიკური განზომილება,** რომლის მთავარი მახასიათებელი გამართულად ფუნქციონირებადი ენერგეტიკული ბაზრის არსებობაა [1];

**გეოპოლიტიკური განზომილება** ენერგოუსაფრთხოებასთან და უშუალოდ ელექტროენერჯის ტრანსპორტირებასთანაა დაკავშირებული. ტრანსპორტირება კი მრავალი ქვეყნის საზღვრების გადაკვეთით ხდება. ენერგოუსაფრთხოების უზრუნველყოფის საუკეთესო საშუალებაა საერთაშორისო სავაჭრო სისტემის ჩამოყალიბება, მაგრამ რამდენადაც ასეთი ორგანიზაცია არ არსებობს, ყველაზე კარგი გამოსავალი ისეთი ერთიანი წესებისა და რეგულირების შემუშავებაა, როგორც, მაგალითად, ევროპის ენერგეტიკული ქარტიის ხელშეკრულებაა. ამ შემთხვევაში ქვეყნებს შორის ტერორიზმთან და მეკობრეობასთან დაკავშირებით აუცილებელია ურთიერთშორის თანამშრომლობის ხელშეკრულების გაფორმება და ერთიანი სტრატეგიული კონცეფციების შემუშავება. ამ კუთხით ძალზე მნიშვნელოვან როლს ასრულებს ნატო, ევროკავშირი და ეუთო [1].

**უსაფრთხოების პოლიტიკის განზომილება** გულისხმობს ქვეყნის დაცვას საერთაშორისო ტერორიზმისა და მეკობრეობისაგან მხოლოდ საერთაშორისო ორგანიზაციების ძალისხმევით. ამ დროს აუცილებელია ქვეყნების მხრიდან კონკურენტული უსაფრთხოების პოლიტიკის შემუშავება და გატარება, რათა თავიდან იქნეს აცილებული ტერორისტული აქტები, ენერგო-



რესურსების დატაცება, თავდასხმები ენერგეტიკულ ინფრასტრუქტურაზე. ამასთან, საჭიროა რისკების შეფასება, კრიზისული სიტუაციების ერთობლივი მართვა, ხელშეკრულების მონაწილე ქვეყნებს შორის ინფორმაციების გაზიარება და ა.შ. [1].

**შიდა პოლიტიკური განზომილება** მოიაზრებს ქვეყნის შიდა ენერგეტიკული სისტემის გამართული ფუნქციონირების უზრუნველყოფას (უწყვეტი ელექტრომომარაგება, რეზერვების არსებობა და სხვ.) [1].

**ეკოლოგიური განზომილება**, რომლის მიხედვით შემუშავებული და დანერგილი უნდა იქნეს ენერგორესურსების სუფთად გამოყენების ხელშემწყობი ტექნოლოგიები.

ენერგოუსაფრთხოება, როგორც აღნიშნეთ, საფუძველია თვით ეროვნული უსაფრთხოებისა. საერთაშორისო გაგებით უსაფრთხოება არის „ქვეყნის და ამ ქვეყანაში მცხოვრები მოსახლეობის (საზოგადოების) შესაძლებლობა, უზრუნველყოს თავისი დამოუკიდებლობა და შეინარჩუნოს თვითმყოფადობა მტრულად განწყობილი ძალების მიერ გამოწვეული ცვლილებების წინააღმდეგ“ [2].

## ძირითადი ნაწილი

ენერგეტიკა არის დარგი, რომელიც მონაწილეობს ნებისმიერი სხვა დარგის განვითარებაში. ამდენად, ენერგეტიკული უსაფრთხოების შენარჩუნება ნიშნავს სხვა დარგების შენარჩუნებასაც და მთლიანობაში – ქვეყნის უსაფრთხოების დაცვას. ქვეყნის უსაფრთხოების შესახებ არსებობს ორგვარი მიდგომა: კონსერვატიული და ახალი. კონსერვატიული მიდგომით ეროვნული უსაფრთხოება გულისხმობს ძირითადად სამხედრო უსაფრთხოების უზრუნველყოფას, ხოლო ახალი, თანამედროვე გაგებით, სამხედროსთან ერთად – ეკონომიკურ, სოციალურ, პოლიტიკურ, ეკოლოგიურ და სხვა დარგების უსაფრთხოებასაც [1].

ყოველივე ზემოთქმულის გათვალისწინებით, ენერგეტიკული უსაფრთხოება თავისი მრავალმხრივი განშტოებებით ეროვნული უსაფრთხოების ერთ-ერთ ძირითად განზომილებას წარმოადგენს [1].

რა წინაპირობაა აუცილებელი და საჭირო იმისათვის, რომ ზემოთ ჩამოყალიბებული მოთხოვნები შესრულდეს?

ქვეყნის ენერგოუსაფრთხოების უზრუნველყოფის ერთ-ერთი მთავარი მამოძრავებელი ძალაა ენერგეტიკული სიმძლავრეების ჭარბი რაოდენობით არსებობა. ამ შემთხვევაში ელექტროენერგია გამოიყენება როგორც პირდაპირი მნიშვნელობით, ისე, როგორც შემოსავლის საუკეთესო წყარო ექსპორტის სახით.

რას ნიშნავს ჭარბი ელექტროენერგია? ეს არის:

- ენერგოსისტემის საიმედოობის გაძლიერება;
- შიდა ბაზრის გაიაფება;
- მსხვილი და წვრილი მეწარმეობის განვითარების ხელშეწყობა;
- ექსპორტის გაზრდა;
- გადასახადების სახით ბიუჯეტში დამატებითი შემოსავლების მიღება.

ცნობილი ფაქტია, რომ სახელმწიფოებრივი მიდგომის შემთხვევაში ელექტროენერგიის გამომუშავების გაზრდით მიღებული შემოსავლები საკმაოდ დიდია [4].

აღსანიშნავია, რომ საბჭოთა კავშირის ერთიანი ენერგოსისტემის დაშლის შემდგომ, მაშინდელი საქართველოს მთავრობა ქვეყნის კონსტიტუციის მოთხოვნების [3] საწინააღმდეგოდ, 90-იანი წლებიდან მოყოლებული, გადავიდა ენერგეტიკული ობიექტების (სადგურების, ქვესადგურების, ელექტროგადამცემი ხაზების) გასხვისებაზე, ანუ საკუთრების ფორმის შეცვლაზე. თუ მანამდე ერთიანი ენერგოსისტემის, როგორც სტრატეგიული დარგის განმკარ-

გავი, დამფინანსებელი და მოგების მიმღები სახელმწიფო იყო, შემდეგ მაღალი რანგის ჩინოვნიკთა თვითნებური გადაწყვეტილებით დაიწყო სახელმწიფო ენერგეტიკული ობიექტების დაბალ ფასებში გაყიდვა – ე.წ. „პრივატიზაცია“, ხოლო ახალი სიმძლავრეების ათვისებაზე სახელმწიფომ უარი თქვა და ესოდენ უაღრესად მნიშვნელოვანი ღირებულების განვითარება კერძო „ინვესტორს“ (ძირითადად უცხოელებს) გადააბარა.

დღევანდელი მდგომარეობით საქართველოში არსებული ელექტროსადგურები (შესაბამისად, ქვესადგურები და ელექტროგადამცემი ხაზები), გარდა ენგურჰესისა, კერძო სტრუქტურის (ძირითადად უცხოელების) საკუთრებაში გადავიდა [6], რაც ეწინააღმდეგება ზემოთ მოყვანილ ეროვნული უსაფრთხოების პრინციპებს. თუ იმ ფაქტსაც აღვნიშნავთ, რომ ჩვენი ქვეყნის ენერგეტიკული სიმძლავრეების მთავარი მესაკუთრე და ასევე ელექტროენერჯის დეფიციტის პირობებში ამ ეტაპზე მთავარი მომმარაგებელი რუსეთია, რომელსაც ჩვენი ქვეყნის ტერიტორიის 20 %-ზე მეტი ოკუპირებული აქვს, კატეგორიულად ეწინააღმდეგება როგორც ეკონომიკურ, ისე გეოპოლიტიკურ და ეროვნულ უსაფრთხოებას. რომელ მთავრობას შეუძლია აიღოს პასუხისმგებლობა იმაზე, რომ დაპირისპირების შემთხვევაში რუსეთი ჩვენ წინააღმდეგ კვლავ არ გამოიყენებს ენერგეტიკულ ბერკეტს (როგორც ეს წინა წლებში მოხდა).

ცნობილი ფაქტია, რომ საქართველოს სამრეწველო რესურსებიდან ყველაზე მოჭარბებულად ენერგეტიკული რესურსები გააჩნია, რომლის გეგმაზომიერად გამოყენების შემთხვევაში ქვეყნის ბიუჯეტი ერთი ორად შეიძლება გაიზარდოს [4].

ქვემოთ წარმოდგენილი ცხრილის მიხედვით უახლოეს სამ-ხუთ წელიწადში, სახელმწიფოს მხრიდან სწორი მიდგომების პირობებში, შესაძლებელია ათვისებულ იქნეს საშუალოდ 3000 მეგავტ ახალი სიმძლავრე, რომლის საშუალო წლიური გამომუშავება 13 მლრდ კვტ.სთ-ს გაუტოლდება. თუ დღევანდელი სატარიფო მდგომარეობით 1 კვტ.სთ-ის საშუალო ღირებულებად 20 თეთრს ჩავთვლით და ახლად ათვისებული სიმძლავრეების მიერ გამოიმუშავებული ელექტროენერჯის ღირებულებაზე გაავამრავლებთ, მივიღებთ საშუალო წლიურ შემოსავალს, რაც თანხობრივად 2,6 მლრდ ლარს შეადგენს. მთლიანობაში, თუ ამჟამად არსებულ სიმძლავრეებსაც გავითვალისწინებთ, შემოსავალი ერთი-ორად გაიზარდება, რაც ისეთი ღარიბი ქვეყნისათვის, როგორც საქართველოა და, რომლის მოსახლეობის უდიდესი ნაწილი სიღარიბის ზღვარზეა, ერთი ღარიბიდან მიღებული შემოსავლის კვალობაზე ნამდვილად ცოტა არ არის.

**სამ-ხუთ წელიწადში ასათვისებელი სიმძლავრის გამომუშავების შესაძლებლობა**

№	ელ.სადგურის დასახელება	სიმძლავრე მეგავტ.	გამომუშავება მლნ კვტ.სთ	ელ.ხაზის სიგრძე კმ	მიმართულება
1	ლატალი ჰესი	100	480	18	ლატალი-ფარი
2	ფარიჰესი	500	2400	20	ფარი-ტობარი
3	ნენსკრაჰესი	500	2400	10	ტობარი-ხაიში
4	ტობარიჰესი	600	2500	130	ხაიში-ნამახვანი-ჯვარი
5	ნამახვანიჰესი	300	1500	60	ნამახვანი-კოხრა
6	მდ. მტკვარზე	150	800	არსებული	არსებული
7	მდ. რიონზე მცირე და საშ.	400	1600	50	ონი-ხესტაფონი
8	თბოსადგურები	300	1500	არსებული	არსებული
9	ქარის ენერჯია	300	500	70	არსებული
10	მზის ენერჯია	200	200	20	არსებული
11	ჯამი	3250	13,880	388	

რაც შეეხება სახელმწიფო ბიუჯეტს, ქვეყნის განვითარებისათვის ძირითადი 16 დარგიდან მინიმუმ 10 დარგის სწორად დაგეგმარებისას, თითოეული არანაკლებ მომგებიანი იქნება, ვიდრე ენერგეტიკაა. ასეთ შემთხვევაში ქვეყნის საერთო შემოსავალი იმდენად შთამბეჭდავი უნდა იყოს, რომ ერთ სულ მოსახლეზე წლიური შემოსავლის ნორმა ევროპულ დონეს არ უნდა ჩამორჩებოდეს. საქართველოს ეკონომიკას ნამდვილად შეუძლია ამის მიღწევა.

აქვე შევნიშნავთ, რომ ცხრილიში მოყვანილი მონაცემები წლების განმავლობაში ჩატარებული კვლევის შედეგებს ემყარება და რეალურად შესრულებადია, თუ, რა თქმა უნდა, ორგანიზაციულად (პირველ რიგში, სახელმწიფოს მხრიდან) სწორი საპროექტო, სამშენებლო და საექსპლუატაციო მიდგომები იქნება განხორციელებული.

საზგასანმელია სახელმწიფოს განსაკუთრებული როლი ენერგეტიკის დარგის განვითარებაში, რადგან კერძო კომპანიებს, ჯერ ერთი, არ ძალუძთ ცხრილიში წარმოდგენილი მასშტაბური სიმძლავრეების დროულად ათვისება და, მეორე, მიგვაჩნია, რომ საქართველოს ბუნების სიკეთე, პირველ რიგში, საკუთარ მოსახლეობას უნდა მოხმარდეს და არა მხოლოდ ე. წ. უცხოელ „ინვესტორს“; ბოლოს და ბოლოს, ეს ხომ ქვეყნის საერთო-სახალხო დოვლათია. როგორ გაეზრდება პენსიონერს პენსია, სტუდენტს – სტიპენდია, მასწავლებელს, მეცნიერს და, თუნდაც, საჯარო მოხელეს – ხელფასი, ობოლს, ხეიბარს და ნებისმიერ გაჭირვებულს – დახმარების თანხა, თუ ასეთი შემოსავლები გასხვისდება? დროა, ქართულმა საზოგადოებამ ისწავლოს საკუთარი შემოსავლების დათვლა. წინააღმდეგ შემთხვევაში მოსახლეობის დიდი ნაწილი მუდმივ სიღარიბეში იცხოვრებს, რაც ხელოვნურად ჩამოყალიბებულ მდიდარ და ღარიბ ფენებს შორის მუდმივი დაპირისპირების საბაზი გახდება. ეს კი იმას ნიშნავს, რომ საქართველოს მოსახლეობამ მუდმივად რევოლუციების, ანუ კრიზისების პირობებში უნდა იცხოვროს, რაც არავის მოუტანს სიკეთეს.

კვლევის თანახმად, საქართველოს ენერგოსისტემის გასაძლიერებლად, ზემოთ განხილული დასკვნებიდან გამომდინარე, აუცილებელია ახალი სიმძლავრეების ათვისება. იმისათვის, რომ ცხრილიში წარმოდგენილი სიმძლავრეები იქნეს ათვისებული, საჭიროა:

- მოწვესრიგდეს კანონი „ელექტროენერგეტიკის და ბუნებრივი გაზის შესახებ“, კერძოდ, წახალისდეს და შეღავათიანი პირობები მიეცეს ენერგეტიკული ობიექტების (ელექტროსადგურების, ელექტროგადამცემი ხაზების, ქვესადგურების) საკუთარი ძალებით მშენებლობას;
- ადგილობრივ მოსახლეობას (ვისაც წყალსაცავი ზიანს აყენებს) აქციების სახით საკუთრებაში გადაეცეს ახლად აშენებული ელექტროსადგურებიდან ელექტროენერგიის გამო-მუშავების გარკვეული პროცენტი და, საერთოდ, შემოღებულ იქნეს ამა თუ იმ ობიექტის აქციონირების გზით მშენებლობის განხორციელება, რაშიც აქტიურად ჩაებმებიან ჩვენი ქვეყნის მოქალაქეები;
- კონსტიტუციასთან მიმართებაში დაზუსტდეს ენერგეტიკული ობიექტების საკუთრების ფორმა;
- შეიქმნას ელექტროენერგიის ყიდვა-გაყიდვის (სამართლიანი, წმინდა საბაზრო პრინციპებზე დაფუძნებული) სისტემა;
- მარეგულირებელი კომისია რეალურად გახდეს ნეიტრალური არბიტრი, რომელიც თავის გადაწყვეტილებებს მიიღებს არა პოლიტიკური ან „ჩინოვნიკური“ ნიშნით, არამედ სამართლიანობის პრინციპით;

- ხელისუფლებამ, ზემოთ ჩამოთვლილი საკითხების დროულად მოგვარების მიზნით, უზრუნველყოს წინა წლებში გაუმართლებლად გაუქმებული ენერგეტიკის სამინისტროს აღდგენა, რომელმაც ყველაფერი უნდა გააკეთოს იმისათვის, რომ საქართველოს ენერგეტიკა განავითაროს, რაც გულისხმობს: ახალი სიმძლავრეების იმ დონეზე ათვისებას, რომ, უპირველეს ყოვლისა, მოიხსნას ქვეყანაში არსებული დეფიციტი და, შემდეგ, საქართველო გახდეს არა მარტო სხვისი ელექტროენერჯის გამტარი, არამედ ახალი სიმძლავრეების ათვისების ხარჯზე მიღებული ჭარბი ენერჯის ექსპორტიორი ქვეყანა;
- ენერგეტიკაში მომუშავე მეცნიერთა და ღვაწლმოსილ ენერგეტიკოსთა ბაზაზე შეიქმნას საზოგადოებრივი ორგანიზაცია, რომელიც კონტროლს გაუწევს ზემოთ ჩამოყალიბებული საკითხების დროულად შესრულებას და დარგში მიმდინარე პროცესების შესახებ პერიოდულად გამოაქვეყნებს მიღწეულ შედეგებს. ყოველივე ეს ხელს შეუწყობს დარგის გაჯანსაღებას.

ზემოთ ჩამოთვლილი მოთხოვნების შესრულების შემთხვევაში უახლოეს სამ-ხუთ წელიწადში მოსალოდნელია, სულ მცირე, სამ მდინარეზე (ენგური, რიონი, მტკვარი) გახდეს შესაძლებელი ცხრილში წარმოდგენილი სიმძლავრეების ათვისება. აქვე კიდევ ერთხელ ესვამთ კითხვას: ვისთვისაა საჭირო ახალი სიმძლავრეების ათვისება და ქვეყანაში ჭარბი ელექტროენერჯის არსებობა, თუ საკუთარი ხალხის საკეთილდღეოდ არ იქნება გამოყენებული? მით უმეტეს როცა ქვეყნის მოსახლეობის უმეტესი ნაწილი სიღარიბეშია (მათ შორის ელექტროენერჯიაზე მაღალი საგადასახადო ტარიფების გამოც) და ამ დროს მათი კუთვნილი სიკეთით უცხოელები, ან თუნდაც ერთეული ადგილობრივი კერძო მესაკუთრეები სარგებლობენ. ასეთ დროს სახელმწიფო ვალდებულია დაიცვას საკუთარი მოქალაქეების უფლებები. ამდენად, ქვეყნის სიმდიდრე და მათ შორის ელექტროენერჯიდან მიღებული შემოსავლებიც, პირველ რიგში, ამ ქვეყნის მოქალაქეებს უნდა მოხმარდეს.

რა შემთხვევაში შეიძლება აშენდეს ჰესები?

საქართველოს ბუნება, განსაკუთრებით დასავლეთ საქართველოს მთიანეთი (ენგურის, რიონის, კოდორის, ბზიფის, ცხენისწყლის, ტეხურის, ბჟუჟის, ყვირილას, აჭარის წყლის, ჭოროხის და მათი შენაკადების ხეობები) საუკეთესო პირობას ქმნის ჰესების მშენებლობისათვის, კერძოდ, ღრმა და მყარი ხეობები, რომელთა დონეთა სხვაობა მოკლე მანძილზე სწრაფად იცვლება, და თანაც წყლის სიუხვით გამოირჩევა [5]. სწორედ ეს განაპირობებს ამ მხარეში ჰესების მშენებლობის უპირატესობას. თუმცა, სიკეთესთან ერთად ბუნებაზე ნებისმიერ ზემოქმედებას თან ახლავს უარყოფითი ფაქტორები (გარკვეული ფართობის დატბორვა, ტენიანობის გაზრდა, მოსახლეობის გადასახლება, ტყის გაჩეხა და ა.შ.), რაც ყველა შემთხვევაში ადგილობრივ მოსახლეობაზე უარყოფითად აისახება. ამიტომ, ბუნებრივია, რომ მოსახლეობა პირობულად ეწინააღმდეგება (ხშირად მათი შემოფოთება არც თუ უსაფუძვლოა), მაგრამ რა ვუყოთ იმ ფაქტს, რომ ქვეყანას და, მათ შორის, მოსახლეობას უწყვეტად სჭირდება ელექტროენერჯია? მიგვაჩნია, რომ ერთ-ერთი რეალური (ნებაყოფლობითი) გამოსავალი მათი დაინტერესებაა. კერძოდ, სახელმწიფომაც და კერძო დამფინანსებელმაც, როგორც აღვნიშნეთ, უპირატესობა ყველა შემთხვევაში ადგილობრივ მოსახლეობას უნდა მიანიჭონ და ის მაინც შესთავაზონ, რომ მშენებლობის დამთავრებისა და ექსპლუატაციაში გაშვების შემდეგ იქაური მაცხოვრებლები გარკვეული შემოსავლის (საშუალოდ მოგებიდან 5 – 10 %-ის) მეწილე გახადონ. მხოლოდ ამ შემთხვევაში შეიძლება დაეთანხმონ ისინი ელექტროსადგურების მათ ტერიტორიაზე აშენებას. ყოველივე ამის მიღწევა კი შესაძლებელია შესაბამისი კანონის მიღების პირობებში.

ასე რომ, ხელისუფლება უნდა დაინტერესდეს ამ საკითხით, რადგან იგი ისედაც ვალდებულია ბიუჯეტიდან დააფინანსოს ამ მოსახლეობის სოციალური თუ სხვა მოთხოვნები,

რაც გაცილებით უფრო ძვირი დაუჯდება, ვიდრე აღნიშნული წინადადება. ამდენად, მორალურადაც და ეკონომიკურადაც გამართლებული იქნება ხელისუფლების ქმედება. სხვა შემთხვევაში ის, რაც წინა წლებში მოხდა ხუდონჰესთან და ნამახვანჰესთან მიმართებაში, დაახლოებით იმავე სცენარით წარიმართება სხვა დანარჩენი ჰესების მშენებლობაც.

ბოლო ხუთი წლის განმავლობაში ჩვენ მიერ შესწავლილ იქნა ზემოთ დასახელებული მდინარეების ხეობები. კვლევის შედეგად მიღებულ იქნა დასკვნა, რომ სამ-ხუთ წელიწადში ამ მდინარეებზე შესაძლებელი გახდება საშუალოდ 2000 მეგვტ სიმძლავრის ათვისება და, შესაბამისად, 10 მლრდ კვტ.სთ-ის წლიური გამომუშავება. საყურადღებოა ის ფაქტიც, რომ რეჟიმულად აღმოსავლეთ და დასავლეთ საქართველოში ენერგეტიკული ბალანსის მეტნაკლებად შესანარჩუნებლად საჭიროა აღმოსავლეთ საქართველოში, კერძოდ მდ. მტკვარზე, იორსა და არაგვზე დამატებით გარკვეული სიმძლავრეების ათვისება (მდ. მტკვარზე, ჯამური 150 მეგვტ-ის ფარგლებში, ხოლო გარდაბნის თბოელექტროსადგურზე – საშუალოდ 300 მეგვტ-იანი ახალი ბლოკის დამატებით).

მუდმივად მზარდი ენერგოსისტემის უზრუნველსაყოფად, ცხადია, მხოლოდ ელექტროსადგურების მშენებლობა არ არის საკმარისი. საჭიროა ახალი ქვესადგურებისა და ელექტრომაგისტრალების (ელექტროგადამცემი ხაზების) მშენებლობა როგორც სატრანზიტო, ისე შიდა გადაცემებისათვის. ამჟამად სახელმწიფო ელექტროსისტემა ახორციელებს თურქეთის მიმართულებით 500 კვტ-იანი ელექტროგადამცემი ხაზით და 500/400 ქვესადგურით, ელექტროენერჯის ექსპორტს. ცნობისათვის, თურქეთში საქართველოდან მიწოდებული ენერჯის მესაკუთრე ძირითადად მეზობელი ქვეყნებია (რუსეთი, აზერბაიჯანი). საქართველოდან ელექტროენერჯია (გარდა თურქეთისა) შეიძლება მიეწოდოს აზიის, არაბეთისა და ევროპის ქვეყნებს. ამჟამად მიმდინარეობს შავი ზღვის წყალქვეშა მაგისტრალით ელექტროენერჯის ევროპისათვის მიწოდების პროექტის განხილვა.

სამომავლოდ, რუსეთ-უკრაინის ომის დამავრების შემდეგ, აუცილებელი იქნება რუსეთისა და უკრაინის გავლით ევროპაში ჭარბი ელექტროენერჯის მიწოდება. რაც უფრო მრავალსახოვანი იქნება ელექტროენერჯის მიწოდებული მაგისტრალური ხაზები, მით უფრო მომგებიან ფინანსურ შედეგს მიაღწევს ყველა მონაწილე ქვეყანა.

აღსანიშნავია, რომ საქართველო მდიდარია არა მარტო ჰიდრორესურსებით, არამედ ქარისა და მზის ენერჯიებითაც. ჩატარებული კვლევის საფუძველზე შეიძლება ითქვას, რომ ქარის ჯამური ენერჯია უახლოეს სამ წელიწადში შესაძლებელია ათვისებულ იქნეს საშუალოდ 300 მეგვტ-ის ოდენობით. ამ საკითხზე საქართველოში მუშაობენ ცალკეული მეცნიერები და ჯგუფები, რომლებიც იკვლევენ, თუ, სად (რომელ ადგილას) რა სიმძლავრის ქარის ელექტროსადგურების აშენებაა შესაძლებელი, მაგრამ ჯერჯერობით, სამწუხაროდ, ეს საკითხი სახელმწიფოს მხრიდან გადაუჭრელია.

რაც შეეხება მზის ენერჯიას, მისი გამოყენებით კიდევ უფრო მეტი სიმძლავრის მიღება შეიძლება, ვიდრე ცხრილშია მოცემული.

ზემოთქმულიდან გამომდინარე, ცხადია, რომ ენერგეტიკის მომავალი, წყალთან და ქართან ერთად, მზის ენერჯიის მაქსიმალურად ათვისებასთანაა დაკავშირებული. ჩვენი კვლევით მტკიცდება, რომ ყოველი საცხოვრებელი მაღლივი კორპუსის სახურავი ექვემდებარება მზის პანელების დამონტაჟების პირობებს, საიდანაც მიღებული ენერჯიის მოცულობა როგორც ქლაქების, ისე სოფლებისათვის საერთო მოხმარების 20–30 %-ს გაუტოლდება. ეს უკვე რეალობაა, რადგან განვითარებულ ქვეყნებში დიდი ხანია ამ მიმართულებით მუშაობენ და უკვე დადებით შედეგებსაც აღწევენ. უნდა გვახსოვდეს, რომ ადამიანის ნორმალური არსებობისათვის მთავარია სუფთა გარემო, რაც უშუალოდ არის დამოკიდებული გამომუშავებული ენერჯიის წყაროებზე. დღეის მდგომარეობით დედამიწის ატმოსფერო იმდენ

ნად არის დაბინძურებული მავნე ნივთიერებებით, რომ მოსალოდნელია ისეთი უარყოფითი პროცესების განვითარება, რომელიც საფრთხეს შეუქმნის ადამიანის ნორმალურ არსებობას.

დროა, თითოეულმა ადამიანმა და გარკვეულმა სტრუქტურებმა (ვისაც ეს ხელეწიფება) უფრო მეტად იზრუნონ ეკოლოგიურად სუფთა გარემოს შენარჩუნებასა და მომავალი თაობების გადარჩენაზე.

საქართველოს მოსახლეობას დედაბუნებამ ყველაფერი მისცა იმისათვის, რომ სუფთა გარემოში იცხოვროს. ამიტომ, თუ გვინდა გადავრჩეთ, ანუ სუფთა გარემოში ვიცხოვროთ, აუცილებელია საკუთარი, ეკოლოგიურად გამართლებული, ელექტროენერჯის მოპოვება და მოხმარება ვისწავლოთ.

## დასკვნა

ელექტროენერჯიაზე მზარდი მოთხოვნებიდან გამომდინარე, აუცილებელია ახალი სიმძლავრეების ათვისება, რაც ხელს შეუწყობს არა მარტო საკუთარი მოხმარების უზრუნველყოფას, არამედ საექსპორტო ენერჯის იმ რაოდენობით გამომუშავებას, რაც შემოსავლების სახით ქვეყნის ბიუჯეტში მნიშვნელოვან ადგილს დაიკავებს.

ახალი სიმძლავრეების ათვისების პროგრამა უნდა გულისხმობდეს როგორც ჰიდრო- და თბოსადგურების მშენებლობას, ისე ქარისა და მზის ენერჯების გაცილებით მეტი რაოდენობით ათვისებას, რაც გარკვეულწილად შეამცირებს დარგში არსებულ რისკ-ფაქტორებს და რუსეთის მხრიდან ენგურჰესთან დაკავშირებულ არაჯანსაღ დამოკიდებულებას.

საქართველოს ენერჯეტიკის განვითარება უშუალოდ ხელისუფლების ერთ-ერთი მთავარი საზრუნავია. პირველ რიგში, საჭიროა ენერჯეტიკის სამინისტროს აღდგენა, რომელმაც უნდა უხელმძღვანელოს ახალი სიმძლავრეების დროულად ათვისებას და სხვა ტექნიკური და ეკონომიკური პროცესების განვითარებას.

წარმოდგენილი მასალა ეყრდნობა როგორც მეცნიერულ კვლევებს, ასევე მრავალწლიან გამოცდილებას. თუ ჩვენი საზოგადოება სწორად არ განსაზღვრავს ცხოვრების წესებს და არ მიიღებს სწორ გადაწყვეტილებებს, მხოლოდ მეცნიერული კვლევები (რაც არ უნდა მაღალხარისხის იყოს) ქვეყნის მოსახლეობის კეთილდღეობას ვერ უზრუნველყოფს.

## ლიტერატურა – REFERENCES

1. Florian Baumann. Energy Security as multidimensional concept. C.AP. Policy Analysis N1, March, 2008, pp. 4-9.
2. Nana Pirtskhelani, Problems of Prioritization National Security interest of Energy import-dependent States (Case studies: Georgia and Lithuania), Journal of GEORGIAN SCIENTISTS, vol. 3, No. 4, 2021, <https://doi.org/10.52340/g. 2021.11.06> ; published: 2021-12-21.
3. საქართველოს კონსტიტუცია, მე-3 მუხლი, „ი“ პუნქტი.
4. გ. ჩოგოვაძე, ნ. ჩიხლაძე, გ. ყიასაშვილი. საქართველოს ელექტროენერჯეტიკის ისტორია, თბ., 1998.
5. ო. სოლომონია, მ. დადიანი, ნ. ცაბაძე და სხვ. საქართველოს მდინარეების მცირე ჰიდრო-ენერჯეტიკული ტექნიკური პოტენციალის კადასტრი. თბ., 2006, გვ. 14-480.
6. დ. ჩომახიძე. საქართველოს ენერჯეტიკული უსაფრთხოება, თბ., 2003, გვ. 41-70.

### AN OPPORTUNITY TO IMPROVE THE ENERGY SECTOR IN GEORGIA

**M. Pirtskhelani**

(Learned Secretary of the Commission for Studying Mountain Problems of the Georgian National Academy of Sciences)

**Resume.** The Soviet Union, which included 15 allied countries, collapsed in 1989. Before that, the unified state had a unified energy system, which was state property. After the collapse of the state, the unified energy system also collapsed, the form of ownership and even the country's lifestyle changed. Therefore, naturally, the need to carry out reforms was on the agenda in Georgia.

The positive and negative sides of the carried out reform is analyzed in depth. Possibilities of energy development are described and conclusions are made, which ultimately made it necessary to create a new management system for the field.

**Keywords:** clean environment; energy; power plant; power system; safety.

**დეტალების განმტკიცება პლასტიკური დეფორმირებით**

**სლავა მებონია, გელა ოთარაშვილი, თამარ ცერცვაძე, ნინო კენჭიაშვილი**

(რ. დვალის მანქანათა მექანიკის ინსტიტუტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი)

**რეზიუმე:** განხილულია მეტალურგიული დანადგარების დეტალების განმტკიცების პროცესები ზედაპირული პლასტიკური დეფორმირებით, შესრულებულია მათი ანალიზი და გამოვლენილია დადებითი და უარყოფითი მხერგები. მოყვანილია განმტკიცების ხერხების და შესაბამისი მოწყობილობების სქემები, რომლებიც დეტალების ზედაპირული განმტკიცების, მათი საიმედოობის გაზრდისა და მუშაობის გახანგრძლივების საშუალებას იძლევა.

**საკვანძო სიტყვები:** გამტკიცება; დეტალი; პლასტიკური დეფორმაცია.

**შესავალი**

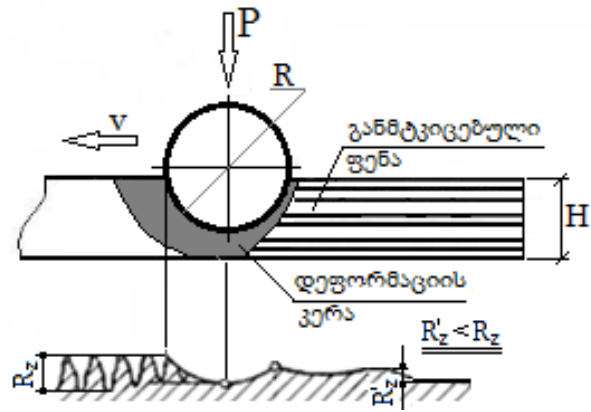
მეტალურგიული მანქანა-დანადგარების მუშაობის რესურსი ბევრადაა დამოკიდებული დეტალების სიმტკიცეზე და ცვეთამდეგობაზე. ამ დანადგარების საიმედო მუშაობისათვის და ნორმალური ექსპლუატაციისათვის გადამწყვეტი მნიშვნელობა აქვს სარემონტო სამუშაოების სათანადო დონეზე ჩატარებას, რაც მოითხოვს მოსამზდებელ პერიოდში ნამუშევარი დეტალების აღდგენას სხვადასხვა მეთოდებით, რომელთა შორის მნიშვნელოვანი ადგილი უკავია პლასტიკური დეფორმირებით დეტალების ზედაპირულ განმტკიცებას [1-4].

პლასტიკური დეფორმირების მეთოდებით დეტალების განმტკიცება დამყარებულია ლითონების თვისებაზე – რღვევის გარეშე შეინარჩუნოს დატვირთვის შემოქმედებით მიღებული ფორმა და ზომები. პლასტიკური დეფორმაციის დროს ლითონის ნაწილაკები გადაადის დაუზიანებელი უბნებიდან გაცვეთილ უბნებზე, რაც ხელს უწყობს დეტალის ზომების აღდგენას და ზედაპირის განმტკიცებას.

**ძირითადი ნაწილი**

ზედაპირული პლასტიკური დეფორმაციის მეთოდებით დეტალების განმტკიცება იწვევს მათი სიმტკიცისა და ცვეთამდეგობის გაზრდას. ამ მეთოდის სიკეთე იმაში მდგომარეობს, რომ მადეფორმირებელი ინსტრუმენტის შემოქმედებით დეტალის ზედაპირული მიკროუსწორობები პლასტიკურად დეფორმირდება და ხდება მათი ღრმულების შევსება, რის შედეგადაც დეტალის ზედაპირული ფენა უფრო მტკიცე ხდება. მიკროუსწორობების ლითონის გამონაშვებები გადაადგილდება ორივე მიმართულებით და მიიღება ზედაპირის ახალი პროფილი მიკროუსწორობების ნაკლები სიმაღლით (ნახ. 1).



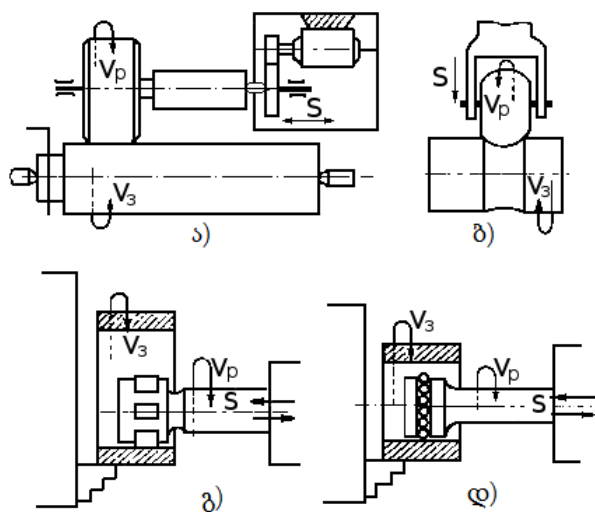


ნახ. 1. ზედაპირის პლასტიკური დეფორმირება

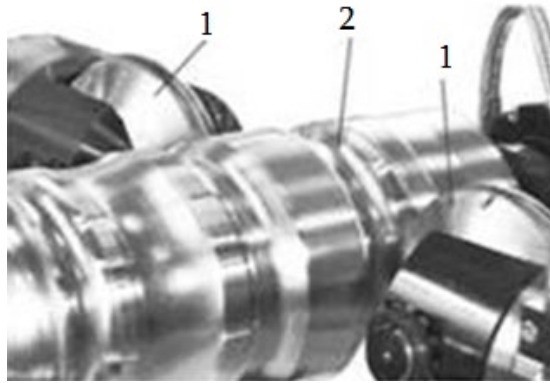
ზედაპირის პლასტიკური დეფორმირების შედეგად იზრდება დეტალის ზედაპირის სისაღე, დაღლილობის ამტანობა (30 – 70 %-ით) და ცვეთამდედგობა (1,5–2-ჯერ).

ზედაპირული პლასტიკური დეფორმირების მეთოდს მიეკუთვნება ბურთულებით და გორგოლაჭებით დეტალების მუშა ზედაპირის მოგორვა, ალმასით გაუთოება, საფანტჭავლური დამუშავება.

ბურთულებით და გორგოლაჭებით ზედაპირის მოგორვა ხდება სახარატო ჩარხებზე სპეციალური სამარჯვებით. სახარატო ჩარხზე მოგორვის პროცესი მოცემულია მე-2 ნახ-ზე, ხოლო სქემები – მე-3 ნახ-ზე. დამუშავებული ზედაპირის სიმქისე, განმტკიცების ხარისხი და პროცესის მწარმოებლურობა დამოკიდებულია დამუშავების რეჟიმზე – მოგორვის სინქარეზე, ინსტრუმენტის მოწოდებაზე, დამუშავების ნამეტზე და ინსტრუმენტზე მოქმედ ძალაზე. ინსტრუმენტზე მოქმედი ძალა კი დამოკიდებულია ლითონის სისაღეზე, პლასტიკურობაზე, ზედაპირის ხორკლიანობაზე, დეტალისა და ინსტრუმენტის კონსტრუქციის თავისებურებაზე. თუ ინსტრუმენტის დაწოლა დეტალზე ძალიან მცირეა, ვერ მოხდება მიკროუსწორებების სრულყოფილი გაუთოება, მაგრამ, თუ დაწოლის ძალა ძალიან დიდია, ამან შეიძლება გამოიწვიოს დეტალის ზედაპირული ფენების რღვევა და ინსტრუმენტის გამოსადეგობის ვადის შემცირება [5].



ნახ. 2. მოგორვის სქემები: ა – გარე ცილინდრული ზედაპირის მოგორვა გორგოლაჭით; ბ – ფასონური ზედაპირის მოგორვა გორგოლაჭით; გ – შიგა ცილინდრული ზედაპირის მოგორვა გორგოლაჭიანი სუპარატორით; დ – შიგა ცილინდრული ზედაპირის მოგორვა ბურთულებიანი სუპარატორით



ნახ. 3. დეტალის ზედაპირის მოგორვა სახარატო ჩარხზე;  
1 – საგორავი ინსტრუმენტი; 2 – დეტალი

ზემოთ მოყვანილი სქემების მიხედვით მოგორვით დამუშავება გამოიყენება ცილინდრული და ფასონური ზედაპირებისათვის, კალტელებისათვის, განივი და გრძივი ღარებისათვის. რადგანაც დამუშავების პროცესს თან ახლავს მნიშვნელოვანი დაწოლა, ამიტომ რეკომენდებულია მრავალი გორგოლაჭით აღჭურვილი ისეთი ხელსაწყო გამოიყენება, რომელშიც ძალების მოქმედება დაბალანსებულია. ერთი გორგოლაჭით მოგორვა შეიძლება გამოიყენებულ იქნეს მხოლოდ ძალიან ხისტი დეტალების დასამუშავებლად. გორგოლაჭებითა და ბურთულებით აღჭურვილი ზედაპირების მოგორვის მოწყობილობა, როგორც წესი, წარმოადგენს უნივერსალურ ლითონსაჭრელ ჩარხებს. მაგალითად, გარე ზედაპირების მოგორვისას გამოიყენება სახარატო, რევოლვერული, კარუსელური ჩარხები; შიგა ზედაპირების მოგორვისას – საბურღი ჩარხები და ბრტყელი ზედაპირების მოგორვისას – განივსარანდი ჩარხები.

მოგორვის ძალის დადგენა შესაძლებელია ექსპერიმენტული გზით ან გაანგარიშებით. თუ ზედაპირის მოგორვა ბურთულებით ხდება, მოგორვის ძალის ფორმულა იქნება:

$$P = \left( \frac{dq}{0,54E} \right)^2 q,$$

მაგრამ, თუ ზედაპირის მოგორვა გორგოლაჭებით ხორციელდება, მაშინ მოგორვის ძალის ფორმულა იქნება:

$$P = \frac{Dbq^2}{0,126E \left( \frac{D}{d} + 1 \right)},$$

სადაც  $d$  არის ბურთულის ან გორგოლაჭის დიამეტრი, მმ;

$q$  – კუთრი წნევის უდიდესი მნიშვნელობა, ნ/მმ<sup>2</sup>;

$E$  – დასამუშავებელი მასალის დრეკადობის მოდული, ნ/მმ<sup>2</sup>;

$D$  – დეტალის დიამეტრი, მმ;

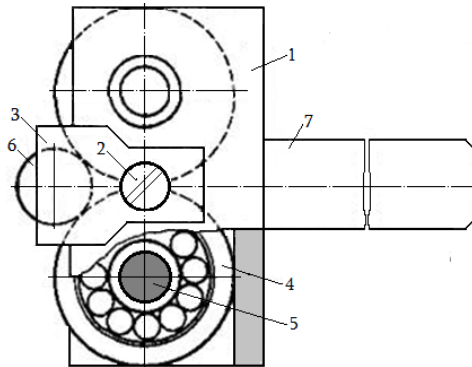
$b$  – დეტალის და გორგოლაჭის კონტაქტის სიგრძე, მმ.

კუთრი წნევის უდიდესი მნიშვნელობაა:  $q = (1,8 - 2,1)\sigma_s$ .

ინსტრუმენტის გრძივი მიწოდება მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს ზედაპირის სიმკისეზე, სისაღესა და პროცესის მწარმოებლურობაზე. ინსტრუმენტის გრძივი მიწოდება ბურთულით ან სფერული გორგოლაჭით მუშაობის დროს უდრის 0,1–0,3 მმ/ბრუნს და ცილინდრული გორგოლაჭის შემთხვევაში – 0,2–0,6 მმ/ბრუნს.

მოგორვის სიჩქარე არსებით გააღვანას არ ახდენს ზედაპირის სიმქისეზე, მაგრამ მასზე დამოკიდებულია პროცესის მწარმოებლურობა და ამიტომ იგი მაქსიმალური უნდა იყოს. მოგორვის ნამეტი  $\delta$  დამოკიდებულია საწყისი და დამუშავებული ზედაპირების სიმქისეზე. მოგორვის ნამეტია  $\delta = 1,35(R_z - R'_z)$ , სადაც  $R_z, R'_z$ , შესაბამისად, საწყისი და დამუშავებული ზედაპირების სიმქისეა.

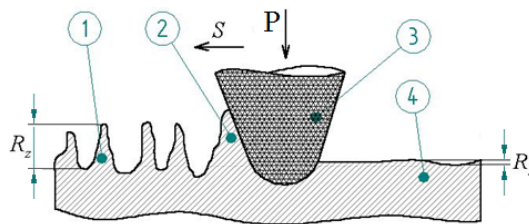
დასამუშავებული ზედაპირების სახეობებიდან გამომდინარე, გამოიყენება სხვადასხვა კონსტრუქციის საგორავები [6]. ლილვების მოგორვა ხდება ბურთულიანი საგორავით, რომლის კონსტრუქცია მოცემულია მე-4 ნახ-ზე.



ნახ. 4. ბურთულიანი საგორავი: 1 – კორპუსი; 2 – ჭანჭიკი; 3 – სეპარატორი; 4 – საკისარი; 5 – საგორავი; 6 – ბურთულა; 7 – საჭერელა

მოწყობილობა შეიცავს კორპუსს (1), რომელშიც ღერძებზე (5) დაყენებულია ორი ბურთულა-საკისარი (4). მოწყობილობა მაგრდება სახარატო ჩარხის სუპორტში საჭერელათი (7). 15-16 მმ დიამეტრის მქონე მადეფორმირებელი ბურთულა (6) დგას სეპარატორში (3), რომელიც მუშაობის დროს მიჭერილია ნამზადთან.

აღმასით გაუთოება გულისხმობს დეტალის ზედაპირული ფენის პლასტიკურ დეფორმირებას ინსტრუმენტით, რომლის მუშა ელემენტიცაა აღმასი ან ზესალი მასალა – ბორის ნიტრიდი. პროცესის სქემა მოცემულია მე-5 ნახ-ზე.



ნახ. 5. ზედაპირული ფენის დეფორმირების სქემა: 1 – საწყისი ზედაპირის მიკროუსწორობები; 2 – ლითონის თია; 3 – ინდენტორი; 4 – ზედაპირი გაუთოების შემდეგ

ამ პროცესის დროს ინსტრუმენტისა და დეტალის კონტაქტის, ანუ დეფორმაციის ზონაში ხდება ლითონის ლოკალური გადასვლა პლასტიკურ მდგომარეობაში, რის შემდეგაც იცვლება ზედაპირული ფენის მექანიკური მახასიათებლები; კერძოდ, იმატებს სისალე, დაღლილობითი სიმტკიცე და ცვეთამდეგობა [7].

პროცესის ძირითადი პარამეტრებია აღმასის ინდენტორის სფერული ზედაპირის რადიუსი  $R$ , მოგორვის სიჩქარე  $v$ , ინსტრუმენტის მოწოდება  $S$ , გატარებათა რაოდენობა  $Z$ , დამუშავების ნამეტი  $\Delta$  და ინსტრუმენტზე მოქმედი ძალა  $P$ .

აღმასის ინდენტორის სფერული ზედაპირის რადიუსს იღებენ დასამუშავებელი მასალის სისაღის მიხედვით (რაც მეტია ეს სისაღე, მით ნაკლებია ინდენტორის რადიუსი). ცხრილში მოყვანილია აღმასის რადიუსების მნიშვნელობები.

### აღმასის რადიუსების მნიშვნელობები

№	დასამუშავებელი მასალის სისაღე	აღმასის რადიუსი, მმ
1	HB<300	2,5 – 3,5
2	HRC 35 - 50	1,5 - 2,5
3	HRC 50 - 65	1,3 - 2,2

გაუთოების ძალა დამოკიდებულია ლითონის ფიზიკურ-მექანიკურ თვისებებზე, დასამუშავებელი ზედაპირის ზომებსა და ფორმაზე; ასევე ინსტრუმენტის, ანუ აღმასის, რადიუსზე. თუ ინსტრუმენტის დაწოლა დეტალზე ოპტიმალურზე ნაკლებია, მიკროუსწორობების სრულყოფილი გაუთობა არ მოხდება. ძალიან დიდი დაწოლის ძალა კი გამოიწვევს დეტალის ზედაპირული ფენების რღვევას. გაუთობის ძალა, ჩვეულებრივ, 150–300 ნ-ს შეადგენს. ოპტიმალურად მიიჩნევა ისეთი ძალა, რომლის მოქმედების დროს მიიღება მინიმალური ხორკლიანობა. ოპტიმალური ძალა გამოითვლება ფორმულებით:

ნაწრთობი ფოლადებისათვის:

$$P_{opt} = 0,013HV \left( \frac{DR_{atm}}{D + R_{atm}} \right)^2;$$

უწრთობი ფოლადებისა და ფერადი ლითონებისათვის:

$$P_{opt} = 0,08HV \left( \frac{DR_{atm}}{D + R_{atm}} \right)^2,$$

სადაც  $HV$  არის დასამუშავებელი მასალის სისაღე ვიკერსის მიხედვით, ნ/მმ<sup>2</sup>;

$D$  – დეტალის დიამეტრი, მმ;

$R$  – აღმასის რადიუსი, მმ.

ინსტრუმენტის გრძივი მოწოდება ისეთი უნდა იყოს, რომ დეტალის ზედაპირზე არ დარჩეს არცერთი დაუმუშავებელი უბანი. ძალიან მცირე მიწოდება არ არის სასურველი, ვინაიდან ამ შემთხვევაში ძალების მოდების ჯერადობა იზრდება და ამის გამო ზედაპირის ხარისხი უარესდება. ნაწრთობი ფოლადებისათვის მისაღები მიწოდებაა 0,02–0,05 მმ/ბრუნე (აღმასის  $R = 1,3 \div 2$  მმ), ხოლო უწრთობი ფოლადებისა და ფერადი ლითონებისათვის – 0,03–0,06 მმ/ბრუნე (აღმასის  $R = 2,5 \div 3,5$  მმ). გაუთობის სიჩქარე 10–100 მ/წთ ფარგლებშია და ის პრაქტიკულად გავლენას არ ახდენს ზედაპირის ხარისხზე.

აღმასით გაუთობა უზრუნველყოფს დეტალების ზედაპირის მიღებას  $R_a = 0,04 \div 0,08$  მკმ სიმქისის ფარგლებში. ამ დროს სისაღე იზრდება 25–30 %-ით, ცვეთამედგობა – 40–60 %-ით და დაღლილობითი ამტანობა – 30–60 %-ით.

გაუთობის შემდეგ მიღებული სიმქისე გამოითვლება ფორმულით:

$$R_z' = R - \sqrt{R^2 - \frac{S^2}{4}},$$

სადაც  $R$  არის აღმასის ინდენტორის სფერული ზედაპირის რადიუსი;

$S$  – ინსტრუმენტის მიწოდება, მმ/ბრუნე.

გაუთობის შედეგად განმტკიცებული ფენის სისქეა

$$\delta = \left( 1 - \frac{\sigma_b}{\sigma_b'} \right) \cdot \frac{d}{2},$$

სადაც  $d$  არის დეტალის დიამეტრი, მმ;

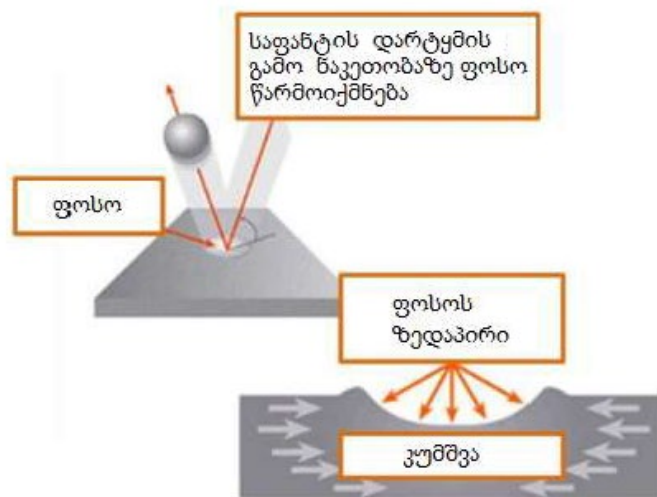
$\sigma_b$  – დეტალის სიმტკიცე, მეგპა;

$\sigma'_b$  – დეტალის ზედაპირული ფენის სიმტკიცე გაუთოების შემდეგ, მეგპა

ლითონის ძირითადი დეფორმაცია მიმდინარეობს პირველი გატარების დროს; ამასთან, გატარებათა რიცხვის გაზრდა უმნიშვნელოდ მოქმედებს ზედაპირის სიმქისეზე. ამიტომ უმეტეს შემთხვევაში დეტალის დამუშავება ხდება ერთი გატარებით.

საფანტავლური დამუშავება განკუთვნილია რესორების, ზამბარების, ლილვების, კბილანებისა და შედუღების ნაკერების განმტკიცებისათვის. საფანტავლური დამუშავება (განმკიცება) მდგომარეობს დეტალის ზედაპირის პლასტიკურ დეფორმირებაში დიდი სიჩქარით (30 – 90 მ/წმ) მოძრავი საფანტის ნაკადით. ასეთი დამუშავების შედეგად დეტალში წარმოიქმნება 0,5–0,7 მმ სისქის განმტკიცებული ზედაპირული ფენა [8].

პლასტიკური დეფორმაცია იწვევს როგორც კუმშვის ნარჩენ ძაბვებს გამაგრებულ ზედაპირზე (ნახ. 6), ისე შიგა გაჭიმვის ძაბვებსაც. ზედაპირული მკუმშავი ძაბვები იწენს წინააღმდეგობას ლითონის დაღლილობის მიმართ. გაჭიმვის ძაბვები დეტალის სიღრმეში არ არის ისეთი პრობლემური, როგორც გაჭიმვის დაძაბულობა ზედაპირზე, რადგან ნაკლებად სავარაუდოა, რომ ბზარები შიგნიდან იწყებოდეს [9, 10].



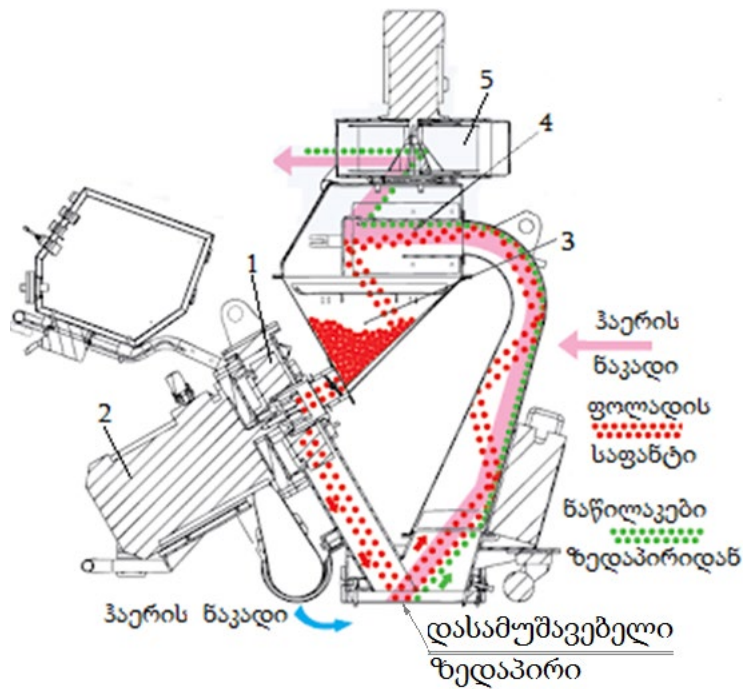
ნახ. 6. განმტკიცებული ფენის ფორმირება

საბოლოო ჯამში, დეტალზე წარმოიქმნება ზედაპირული ფენა კუმშვის ნარჩენი ძაბვების ხელსაყრელი სქემით, რომლის გავლენა ძირითადად განსაზღვრავს ზედაპირის პლასტიკური დეფორმაციით განმტკიცების დიდ ეფექტს და დეტალის გამოსადეგობის ვადის გაზრდას.

საფანტის ზომა და მასალა შეირჩევა დეტალის ზომისა და დამუშავებული ზედაპირის სასურველი სიმქისის მიხედვით. ფოლადის დეტალების დამუშავება ხდება თუჯის ან ზამბარული ფოლადისაგან დამზადებული საფანტით, ხოლო ფერადი შენადნობებისა – ალუმინის ან ფოლადის საფანტით.

საფანტისადმი კინეტიკური ენერჯის მინიჭების ხერხის მიხედვით განასხვავებენ პნევმატიკურ (საფანტავლური დამუშავება) და მექანიკურ (საფანტმფრქვევით დამუშავება) დანადგარებს. პნევმატიკურ დანადგარებში საფანტი ენერჯიას იღებს 0,5–0,6 მეგპა წნევამდე შეკუმშული ჰაერის ჭავლიდან, ხოლო მექანიკურ დანადგარებში – მბრუნავი როტორისაგან [11].

მე-7 ნახ-ზე წარმოდგენილია საფანტავლური დანადგარის სქემა. დანადგარი შეიცავს ჰაერის ტურბინას, ბუნკერს საფანტით, სეპარატორს, გამწოვ ვენტილატორს.



ნახ. 7. საფანტავლური დანადგარი: 1 – როტორი; 2 – ელექტროძრავა; 3 – ბუნკერი საფანტით; 4 – სეპარატორი; 5 – ვენტილატორი

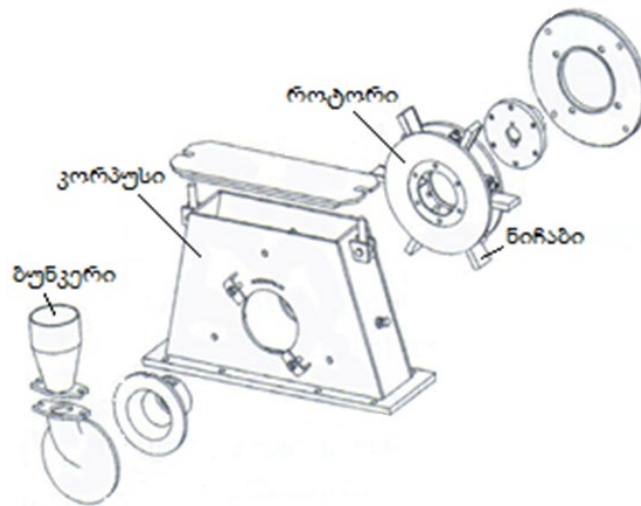
საფანტავლური დანადგარი მუშაობს შემდეგი პრინციპით: ტურბინის როტორი (1) წარმოქმნის ჰაერის ნაკადს, რომელიც იტაცებს ბუნკერიდან საფანტს (3). საფანტი დიდი სიჩქარით ეჯახება დასამუშავებელ ზედაპირს, რომელიც განიცდის პლასტიკურ დეფორმაციას. ზედაპირიდან არეკლილი საფანტი და მოშორებული ნაწილაკები (ხენჯი, უანგი, საღებავი და სხვ.) ჰაერის ნაკადთან ერთად შედის სეპარატორში (4), სადაც ხდება საფანტის განცალკევება და ბუნკერში დაბრუნება. ვენტილატორი (5) უზრუნველყოფს ჰაერის ნაკადის განუწყვეტლივ მოძრაობას.

მექანიკური საფანტმფრქვევი დანადგარების არსებული კონსტრუქციებიდან აღსანიშნავია დოლური ტიპის დანადგარი, რომელიც კომპაქტურია და გამოირჩევა საიმედო მუშაობით (ნახ. 8).



ნახ. 8. დოლური ტიპის საფანტმფრქვევი დანადგარი

მექანიკური საფანტმფრქვევი დანადგარების მთავარი კვანძია საფანტმფრქვევი აპარატი (ნახ. 9).



ნახ. 9. საფანტმფრქვევი აპარატი

საფანტმფრქვევი აპარატის ძირითადი დეტალია ნიჩბიანი როტორი. მას აქვს ექვსი ნიჩბი საფანტის გასაფრქვევად. როტორი მოთავსებულია კორპუსში, რომელიც შიგნიდან ამოგებულია ცვეთამედვი მასალით. როტორი სტატიკურად და დინამიკურად დაბალანსებული უნდა იყოს. აპარატის ყველა დეტალი, რომელიც განიცდის ინტენსიურ ცვეთას მზადდება უხვად ლეგირებული თუჯისაგან, რომელიც გამოირჩევა ცვეთამედვობით.

### დასკვნა

ზედაპირული პლასტიკური დეფორმირებით დეტალების განმტკიცებით შესაძლებელია მათი დაღლილობითი სიმტკიცისა და ცვეთამედვობის გაზრდა მინიმალური დანახარჯებით; ამასთან, იზრდება დეტალის ზედაპირის სისაღე, ზედაპირულ ფენებში წარმოიქმნება ხელსაყრელი მკუმშავი ძაბვები, დაღლილობის ამტანობა იმატებს 30–70 %-ით, ხოლო ცვეთამედვობა – 1,5–2-ჯერ. ზედაპირული პლასტიკური დეფორმირების მეთოდთაგან განსაკუთრებული უპირატესობით სარგებლობს ალმასით გაუთოების მეთოდი. ამ მეთოდის გამოყენების დროს სისაღე იზრდება 25–30 %-ით, ცვეთამედვობა – 40–60 %-ით და დაღლილობითი ამტანობა – 30–60 %-ით.

### ლიტერატურა – REFERENCES

1. Целиков А.И., Полухин П.И., Гребенник В.М. Машины и агрегаты металлургических заводов. Т. 3. М.: Металлургия, 1976. - 670 с.
2. ს. მებონია, თ. ნატრიაშვილი, ზ. ლომსაზე. ლითონების წნევით დამუშავების მანქანების ექსპლუატაცია და რემონტი. თბ.: სტუ, 2017. - 386.
3. Сарамутин В.И. Технология ремонта и монтажа машин и агрегатов металлургических заводов. М.: Металлургия, 1991. - 238 с.
4. Филонов И.П., Баршай И.Л. Инновации в технологии машиностроения. Минск.: Высшая школа, 2009. - 110 с.
5. Пантелеенко Ф. И., Ивашов В.П. Восстановление деталей машин. М.: Машиностроение, 2003. - 672 с.

6. Самойлов С.И. Технология тяжелого машиностроения. М.: Машгиз, 1962. - 678 с.
7. Горохов В.А., Спиридонов Н.В. Способы отделочно-упрочняющей обработки материалов. Минск.: Техпринт, 2003. - 96 с.
8. Саверин М. М. Дробеструйный наклеп: теоретические основы и практика применения. М.: Машгиз, 1955. -125 с.
9. Чуженькова С. А. Упрочнение деталей дробеструйной обработкой. М.: РУТ (МИИТ), 2023. teh-mash.remontps@yandex.ru.
10. Бобровский Н. М. Разработка научных основ процесса обработки деталей поверхностно-пластическим деформированием без применения смазочно-охлаждающих жидкостей. Тольятти: ТГУ, 2008. - 170 с.
11. Попова В. В. Поверхностное пластическое деформирование и физико-химическая обработка. М.: Машиностроение, 2013. - 99 с.

## METALLURGY

### HARDENING OF DETAILS BY PLASTIC DEFORMATION

**S. Mebonia, G. Otarashvili, T. Tsertsvadze, N. Kenchiashvili**

(R. Dvali Institute of Machine Mechanics, Georgian Technical University)

**Resume.** The processes of strengthening metallurgical equipment details by surface plastic deformation are discussed, their analysis is performed and positive and negative sides are identified. Schemes of reinforcement methods and corresponding devices are given, which allow to make surface reinforcement of details and increase their reliability and service period.

**Keywords:** detail; hardening; plastic deformation.



**Fe-Cr სისტემის არარეგულარული მყარი ხსნარის ორ ფაზად განშრევა**

გიორგი გორდუხიანი, რამაზ ხარატი, თამარ ლოლაძე, ნინო კენჭიაშვილი, ნატო კანთელაძე

(საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, ფ. თავაძის მეტალურგიისა და მასალათმცოდნეობის ინსტიტუტი)

**რეზიუმე:** ბინარული არარეგულარული ხსნარების ორ ფაზად განშრევების პროცესების დასადგენად შემუშავდა კრიტიკული წერტილების საანალიზო თერმოდინამიკურ-მათემატიკური მეთოდი. აღნიშნული მეთოდის გამოყენებით Fe-Cr შენადნობთა სისტემაზე ჩატარდა თეორიული ხასიათის კვლევები და დადგინდა Fe-Cr სისტემის არარეგულარული  $\alpha$ -მყარი ხსნარის ორ იზომორფულ ფაზად ( $\alpha_1 + \alpha_2$ ) განშრევების ტემპერატურულ-კონცენტრაციული პირობები. განშრევებული ფაზებისათვის გამოთვლილია წონასწორული კონცენტრაციები და აგებულია შესაბამისი დიაგრამები.

**საკვანძო სიტყვები:** გიბსის პოტენციალი; კრიტიკული წერტილები; სპინოდალური დაშლა; ურთიერთქმედების პარამეტრები; ფაზური განშრევა.

**შესავალი**

თანამედროვე მასალათმცოდნეობაში ფართოდ გამოიყენება თერმოდინამიკური კვლევისა და რიცხვითი ანალიზის მეთოდები, რომლებიც არა მარტო აადვილებს ექსპერიმენტებს, არამედ მთელ რიგ შემთხვევებში კვლევის ერთადერთ საშუალებას წარმოადგენს. მაგალითად, ლითონური ხსნარების ფაზური განშრევების პროცესების პრაქტიკულად დადგენა შესაძლებელია გისოსის პარამეტრების ერთმანეთთან შედარებით მატრიციდან ფაზის გამოყოფამდე და გამოყოფის შემდეგ. თუ პროცესი წარმართა გისოსის პარამეტრების (სტრუქტურის) შეუცვლელად, მაშინ ფაზური გარდაქმნა მუხრუჭდება, საკვლევი ხსნარი (ფაზა) გადადის არასტაბილურ მდგომარეობაში და შეურევლობის არეების წარმოქმნით განშრედება მსგავსი სტრუქტურული აგებულების და განსხვავებული კონცენტრაციული შედგენილობის იზომორფულ ფაზებად.

აღნიშნული პროცესების დადგენა და შესწავლა მეტად აქტუალურ საკითხს წარმოადგენს, რადგან ამ საკითხის გადაწყვეტით შესაძლებელია ლითონურ შენადნობთა სისტემების მიზანმიმართულად შერჩევა და სხვადასხვა დანიშნულებით გამოყენება. მაგალითად, განშრევების პროცესები უარყოფით ზეგავლენას ახდენს საკონსტრუქციო შენადნობებზე; ამავდროულად, ეს პროცესები წარმატებით გამოიყენება კომპოზიციური მასალების შესაქმნელად.

განშრევების წინაპირობაა გადაჯერებული ლითონური ხსნარის კრიტიკულ ტემპერატურამდე გადაცივება მაღალი სიჩქარით, რაც განაპირობებს სისტემის მდგომარეობის უეცარ შეცვლას არამდგრადობისაკენ. ასეთ პირობებში ხდება ნაჯერი ხსნარის კრიტიკულზე დაბალ ტემპერატურაზე თერმოდინამიკურ წონასწორობაში მყოფი ორი ან სამი ხსნარის ნა-

რევად (ორფაზა ან სამფაზა განშრევება) დაშლა და მატრიცულ საწყის ხსნარზე ნაკლები თავისუფალი ენერჯის მქონე შეურეველობის არეების წარმოქმნა.

განშრევების პროცესები სპინოდალური დაშლის მექანიზმით მიმდინარეობს [1], რომლის თანახმად გადაცივებული ხსნარი იზომორფულ ფაზებად განშრეველება, თუ მისი კრიტიკული წერტილები აღმონდება თავისუფალი ენერჯის მრუდის შეხნექილობით ქვევით მიმართულ ნაწილში, რომლის გადაღუნვის წერტილებისათვის მართებულია ტოლობა:

$$\delta^2 G(T, x_1, x_2) / \delta(x_1, x_2)^2 = 0, \quad (1)$$

სადაც  $G$  გიბსის ენერჯიაა,

$T$  – ტემპერატურა,

$x_1, x_2$  – კონცენტრაციები.

### ბირითადი ნაწილი

ჩვენ მიერ შემუშავებულია თერმოდინამიკურ-მათემატიკური კვლევის მეთოდი, რომელიც საშუალებას იძლევა თეორიულად დადგინდეს ბინარული არარეგულარული ხსნარების ორ ფაზად განშრევების ტემპერატურულ-კონცენტრაციული პირობები შესაბამისი ლითონური სისტემებისათვის. კვლევისათვის შეირჩა Fe-Cr სისტემის არარეგულარული  $\alpha$ -მყარი ხსნარი, რისთვისაც შედგენილ იქნა გიბსის ( $G$ , ჯოული) თერმოდინამიკური პოტენციალის გამომსახველი ფუნქცია (2), რომლის სიზუსტე უზრუნველყოფილია მისი ენთალპიური მახასიათებლის გაზრდილი პოლინომის რიგით:

$$\begin{aligned} G(x_1, x_2, T) = & x_1 x_2 [\alpha_0 + \alpha_1(x_2 - x_1) + \alpha_2(x_2 - x_1)^2 + \alpha_3(x_2 - x_1)^3 + \alpha_4(x_2 - x_1)^4] + \\ & + x_1 x_2 [b_0 + b_1(x_2 - x_1) + b_2(x_2 - x_1)^2 + b_3(x_2 - x_1)^3 + (x_2 - x_1)^4] + x_1 x_2 [c_0 + \\ & + c_1(x_2 - x_1) + c_2(x_2 - x_1)^2 + c_3(x_2 - x_1)^3 + c_4(x_2 - x_1)^4] + RT[x_1 \ln(x_1) + x_2 \ln(x_2)] \end{aligned} \quad (2)$$

მოცემულ ფუნქციაში  $x_1$  და  $x_2$  ცვლადები, შესაბამისად, რკინისა და ქრომის კონცენტრაციებია;  $T$  – ტემპერატურა;  $\alpha_i, b_i, c_i$  – ორ ელემენტს შორის ურთიერთქმედების ხუთწევრიანი პარამეტრებია (ჯოული), რომლებიც შედგება ტემპერატურაზე წრფივად დამოკიდებული და დამოუკიდებელი წევრებისაგან:  $\alpha_i = \alpha_{i0} + \alpha_{iT}$ ,  $b_i = b_{i0} + b_{iT}$ ,  $c_i = c_{i0} + c_{iT}$ ;  $R$  – უნივერსალური მუდმივაა და 8,31 ჯოული-კელვინის ტოლია.

კრიტიკულ ტემპერატურასა და კრიტიკულ კონცენტრაციებს შორის დამოკიდებულების დადგენა მოითხოვს სისტემის თავისუფალი ენერჯის (გიბსის პოტენციალის) მინიმიზაციას [2], ანუ მეორე რიგის კერძო წარმოებულების განულებას:

$$\partial^2 G / \partial x_1^2 = 2b + RT_{კრ.} (1/x_{2კრ.} + 1/x_{1კრ.}) = 0, \quad (3)$$

$$\partial^2 G / \partial x_2^2 = -2a + RT_{კრ.} (1/x_{2კრ.} - 1/x_{1კრ.}) = 0, \quad (4)$$

$$\partial^2 G / \partial x_1 \partial x_2 = c - a - b + RT_{კრ.} / x_2 x_{1კრ.} = 0. \quad (5)$$

მიღებული (3), (4) და (5) განტოლებებიდან მახასიათებლებს შორის მიიღება შემდეგი დამოკიდებულება:

$$RT_{კრ.} = 2(c - b - a) / (1/x_{2კრ.} - 1/x_{1კრ.}) \quad (6)$$

ჩვენს შემთხვევაში, საქმე ეხება არარეგულარული ხსნარის არასიმეტრიულ შედგენილობას ( $x_1 \neq x_2 \neq 0,5$  და  $b > c < a$ ), ანუ ისეთ შედგენილობას, რომლის კრიტიკული წერტილები გადაგვარებულია. აქედან გამომდინარე, კრიტიკული კონცენტრაციებისათვის ვერ ამოიხსნება  $\partial^2 G / \partial x_1^2, \partial^2 G / \partial x_2^2$  და  $\partial^2 G / \partial x_1 \partial x_2$  ფუნქციები, ან კიდევ ამონახსნს მრავალი მნიშვნელობა

ექნება. უმარტივესი ტიპის არამდგრადობა მოსალოდნელია, როცა მდგრადობის მატრიცა მხოლოდ ერთი საკუთრივი მნიშვნელობით განისაზღვრება, ანუ არამდგრადობა გავლენას ახდენს მხოლოდ ერთ ცვლადზე. ამ შემთხვევაში აღნიშნული ცვლადი, მნიშვნელოვანია მახასიათებლების შემდგომი განხილვისათვის. ამიტომ მართებულად მიგვაჩნია მოცემული პოტენციალის გარდაქმნა ძირითადი ცვლადის ფუნქციად, სხვა ცვლადებით მათ ჩასანაცვლებლად და ამ სტანდარტული მათემატიკური პროცედურისათვის ლაგრანჟის გარდაქმნის გამოყენებით. ფაქტობრივად ეს პროცედურა შესაძლებელია იმ ტიპის პოტენციალებისათვის, რომელთა ცვლადებს საერთო არეში აქვს ძირითადი გეომეტრიული სტრუქტურა (ადგილობრივი და მმართველი პარამეტრების ჩათვლით), რომელსაც კონტაქტურ სტრუქტურას უწოდებენ. ლაგრანჟის გარდაქმნის გამოყენება კრიტიკული მახასიათებლების მოძიების საშუალებას იძლევა, რაც, თავის მხრივ, ორფაზა განშრეგების დადგენაში გვეხმარება გარდაქმნით მიღებული შემდეგი გამოსახულებების საშუალებით:

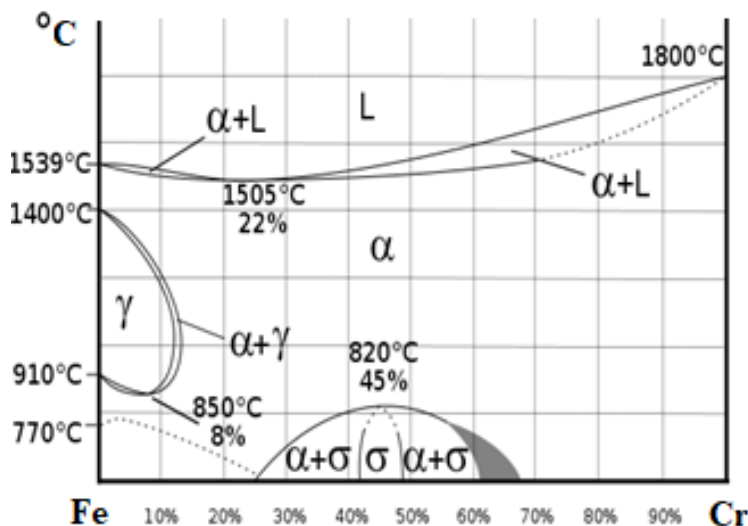
$$\Phi_x^T = (\partial^2 G^T / \partial x_1 \partial x_2) / (\partial^2 G^T / \partial x_2^2) = T(c - a - b) / (2a), \quad (7)$$

$$\Phi_x = (\partial^2 G / \partial x_1 \partial x_2) / (1 - \Phi_x^{0,2})(1 + \Phi_x^{0,2}) = x_1 x_2 / (1 - x_2)(1 + x_2). \quad (8)$$

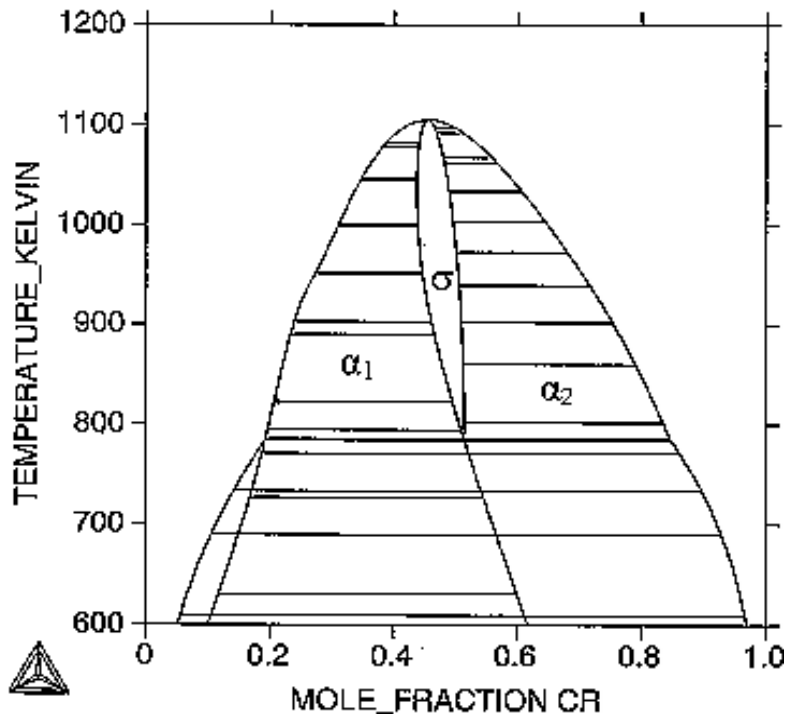
მიღებულ გამოსახულებებში ელემენტებს (Fe-Cr) შორის ურთიერთქმედების პარამეტრების ( $\alpha_i, b_i, c_i$ ) რიცხვითი მნიშვნელობები აღებულია პროგრამა "Thermo-Calc"-ის მონაცემთა ბაზებიდან [3]. შესაბამისად, აღნიშნულ გამოსახულებებში მათი ჩასმით მიიღება T,  $x_1$ ,  $x_2$ , რიცხვითი მნიშვნელობები.

ჩატარებული გათვლებით მიღწეულ იქნა დადებითი შედეგი Fe-Cr სისტემის არარეგულარული  $\alpha$  მყარი ხსნარისთვის (სივრცით ცენტრირებული კუბური კრისტალური გისოსით). დადგინდა, რომ T = 820 °C კრიტიკულ ტემპერატურაზე გარკვეული სიჩქარით გადაცივებისას,  $\alpha$  ხსნარი კონცენტრაციული შედგენილობით ( $X_{Fe} = 0.55, X_{Cr} = 0.45$ ) გადადის არასტაბილურ მდგომარეობაში და ორ იზომორფულ ფაზად განშრეგდება:  $\alpha_1 + \alpha_2$ .

დადგენილი მონაცემებისა და ფაზური დიაგრამების საანგარიშო „CALPHAD“ [4] მეთოდის გამოყენებით აგებულ იქნა Fe-Cr სისტემის მდგომარეობის (ნახ. 1) და არარეგულარული  $\alpha$  მყარი ხსნარის განშრეგების ფაზური დიაგრამები (ნახ. 2).



ნახ. 1. Fe-Cr შენადნობთა სისტემის ფაზური მდგომარეობის დიაგრამა



ნახ. 2. Fe-Cr სისტემის ორ ფაზად განშრევებული არარეგულარული  $\alpha$  მყარი ხსნარის დიაგრამა

### დასკვნა

ჩვენ მიერ წარმოდგენილი თერმოდინამიკური ანალიზი საშუალებას იძლევა განშრევების მიმართულებით კვლევები ჩაუტარდეს ბინარული შენადნობების ფართო სპექტრს, რომელთაგან შეირჩა Fe-Cr სისტემის კლასიკური მაგალითი, სადაც  $\sigma$  ფაზის არსებობა განაპირობებს განშრევების პროცესების მიმდინარეობას. კვლევის შედეგად დადგინდა, რომ Fe-Cr სისტემის არარეგულარული მყარი ხსნარი კონცენტრაციული შედგენილობით ( $X_{Fe} = 0,55$ ,  $X_{Cr} = 0,45$ ) გარკვეული სიჩქარით 820 °C ტემპერატურაზე გადაცივებისას, შეურევლობის არის წარმოქმნით ორ იზომორფულად ერთგვაროვან ფაზად ( $\alpha_1 + \alpha_2$ ) განშრევედება, რომლებიც ერთმანეთთან თერმოდინამიკურ წონასწორობაშია. კვლევის აღნიშნული მეთოდიკა შესაძლებლობას იძლევა თეორიულად დადგინდეს განშრევების პროცესების მიმდინარეობა გამოთვლებით მიღებულ ტემპერატურულ-კონცენტრაციულ ინტერვალში.

### ლიტერატურა – REFERENCES

1. Harald P. C. Schaftenaar. Theory and Examples of Spinodal Decomposition in a Variety of Materials. Utrecht University, Padualaan 8, 3584 CH Utrecht, Netherlands, 2008.
2. გ. ა. გორდეზიანი. ლითონურ მრავალკომპონენტოვანი სისტემებში თერმოდინამიკური და ფაზური წონასწორობის გამოკვლევა და ხსნარების განშრევების პროცესების პროგნოზირება, დისერტაცია ტ.მ.კ. ხარისხის მოსაპოვებლად, თბ., 2005.
3. B. Sundman. Thermo-Calc Software, SSOL, TCA, PKP Databases, Royal Institute of Technology, Div of Computational Thermodynamics, Dept of Materials Science and Engineering, Stockholm, Sweden, 2006.

4. N. Saunders, A. Miodownik, „CALPHAD“ (Calculation of Phase Diagrams): A Comprehensive Guide (Pergamon Press, Oxford) Materials Series, vol.1, New-York,; 2004, pp. 97-139.

## MATERIALS SCIENCE

### TWO PHASE SEPARATION OF IRREGULAR SOLID SOLUTION OF Fe-Cr SYSTEM

**G. Gordeziani, R. Kharati, T. Loladze, N. Kenchiashvili and N. Kanteladze**

(Georgian Technical University, F. Tavadze Metallurgy and Materials Science Institute)

**Resume.** For definition of two-phase separation processes of irregular binary solutions the critical point analyzing thermodynamical-mathematical method is elaborated. Using this method the theoretical researches were carried out on Fe-Cr alloys system. As the result of researches the temperature-concentration conditions were determined for separation processes into two isomorphic phases ( $\alpha_1 + \alpha_2$ ) of irregular  $\alpha$ -solid solution of Fe-Cr system. For separated phases the equilibrium concentrations were calculated and corresponding diagrams were constructed.

**Keywords:** critical points; Gibbs potential; interaction parameters; phase separation; spinodal decomposition.

**ძვრისადმი მდგრადი ნახევრად ხისტი საბზაო სამოსები**

**პეტრე ნადირაშვილი, ხეიჩა ირემაშვილი**

(საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი)

**რეზიუმე:** განხილულია ძვრის დეფორმაციებისადმი მდგრადი ნახევრად ხისტი საბზაო სამოსის მოწყობის საკითხები. ამ ტიპის საბზაო სამოსები, რომლებიც წარმოდგენილია ღორღისებრი ნაწილაკებისა და ცემენტ-ქვიშის ხსნარის კომპოზიციით, გამოირჩევა სატრანსპორტო და ტემპერატურული დატვირთვების მიმართ მდგრადობით. მათი დრეკადობის მოდული 1,5-ჯერ აღემატება ტრადიციული ასფალტბეტონის სამოსის დრეკადობის მოდულს.

წარმოდგენილია ასფალტბეტონის ან შავი ღორღის კონსტრუქციულ ფენაში ცემენტ-ქვიშის ხსნარის გამანაწილებელ-ჩამტკეპნი აგრეგატი, რომლის გამოყენებით შესასძლებელია ცემენტ-ქვიშის ხსნარის საბზაო სამოსზე თანაბარი განაწილება და ფხვიერ ფუძეში ჩატკეპნა.

**საკვანძო სიტყვები:** ასფალტბეტონი; დრეკადობის მოდული; ნახევრად ხისტი საბზაო სამოსი; საავტომობილო გზა.

**შესავალი**

ნახევრად ხისტი საბზაო სამოსი წარმოადგენს ასფალტბეტონისა და ცემენტბეტონის კომპოზიციურ კონსტრუქციას, რომელშიც გარკვეული სტრუქტურის სახით შერწყმულია ბიტუმინერალური მასალა და ცემენტ-ქვიშის ხსნარის კონსტრუქციული სასრული ელემენტები. ბიტუმისა და ცემენტის ერთობლივი გამოყენება საშუალებას იძლევა შეიქმნას დეფორმაციებისადმი მდგრადი ახალი სახეობების ნახევრად ხისტი ფენილები, რომლებიც განკუთვნილი იქნება ექსპლუატაციის სპეციფიკური პირობებისათვის.

ცემენტ-ქვიშის ნარევის შეტანა სამოსის არახისტ კონსტრუქციაში საჭიროებს მის მოდიფიკაციას, სადაც უზრუნველყოფილი იქნება ხისტი და არახისტი ელემენტების დრეკადულასტიკური ურთიერთქმედება. ამგვარ კომპოზიციურ კონსტრუქციებში მოსაზღვრე ელემენტების დრეკადობის მოდულები მკვეთრად არ უნდა განსხვავდებოდეს ერთმანეთისაგან და მათ შორის არსებული სასაზღვრო ფენები უნდა უზრუნველყოფდეს არამკვეთ ძალთა გადასვლას არახისტიდან ხისტზე და პირიქით. აღნიშნული ურთიერთქმედება შეიძლება მიღწეულ იქნეს შემკვრელად ბიტუმის მასტიკის გამოყენებით, რომელიც საგრძნობლად ზრდის ფენილის დრეკად მახასიათებლებს და აუმჯობესებს სატრანსპორტო საექსპლუატაციო თვისებებს.

**ძირითადი ნაწილი**

კომპოზიციურ მასალებში იგულისხმება ასფალტბეტონის ან შავი ღორღის შემკვრივებული ფენა, რომელიც შეიცავს შუალედურ ფენებს. გაზრდილი სიხისტე იმის საფუძველს იძლევა, რომ ამ ტიპის საფარს ეწოდოს ნახევრად ხისტი, ვინაიდან ჰორიზონტალური მიმართულებით ახასიათებს ხისტი ფენილის ანალოგიური მდგრადობა, ხოლო ვერტიკალური მიმართულებით – არახისტი ფენილის თვისებები. ნახევრად ხისტ ფენილებში ცემენტ-

ქვიშის ხსნარის ელემენტები განკუთვნილია საგზაო ფენილის დრეკად-ხისტი ჩონჩხის შესაქმნელად, რომელიც კარგად ეწინააღმდეგება ავტომობილის თვლისაგან გადაცემულ დამუხრუჭების ძალებს და ცხელი კლიმატის პირობებში პრაქტიკულად გამორიცხავს ფენილების ძვრის დეფორმაციებს. ნახევრად ხისტი კომპოზიციური სამოსების შექმნისა და მასში განსხვავებული მასალების ერთობლივი მუშაობის აუცილებელი პირობაა ახალი გაუმყარებელი ცემენტ-ქვიშის ხსნარის დაკონტაქტება ბიტუმინერალურ ნარევეთა და მათი ერთობლივი დატკეპნა საგზაო სამოსის მოწყობის პროცესში.

გამოკვლევებმა დაადასტურა, რომ ჯერ კიდევ სველი გაუმყარებელი ცემენტ-ქვიშის ხსნარი ჰიდრატაციის დროს კარგად ეკვრის ბიტუმინერალურ მასალას. მათი ურთიერთშეკავშირების ძალები განპირობებულია ცემენტის ჰიდრატაციის შედეგად წარმოქმნილი კავშირებით, აღსორბციული ძალებით და სხვ.

ნახევრად ხისტი საფრის შექმნა დაკავშირებულია შემდეგი ორი ძირითადი საკითხის გადაწყვეტასთან. ერთია საფრის შემადგენელ კომპონენტებს შორის შინაგანი შეჭიდულობის უზრუნველყოფა და მეორე – ძალური ველის რაციონალური გადანაწილება ხისტ და არახისტ ელემენტებს შორის, რათა მოხდეს აღნიშნული კონსტრუქციის დრეკად-პლასტიკური სუბსტანციების ძვრის დაბეჭდვისაგან განტვირთვა.

ტექნოლოგიური მოსაზრებებიდან გამომდინარე, განსაზღვრულ იქნა ბიტუმის აღსორბცია მშრალი და ტენიანი ცემენტის, ცემენტ-ქვიშის ხსნარისა და ცემენტის ქვის ზედაპირზე. აღსორბციის აქტიურობის მიხედვით ისინი განლაგდნენ შემდეგი თანამიმდევრობით:

1. ცემენტის ქვა ( $A=21.9 \times 10^{-3}$ );
2. ცემენტის-ქვიშის ნარევი ( $A=18.6 \times 10^{-3}$ );
3. წინასწარ დატენიანებული ცემენტი 2 სთ-ის შემდეგ ( $A=9.2 \times 10^{-3}$ );
4. მშრალი ცემენტი ( $A=10 \times 10^{-3}$ ).

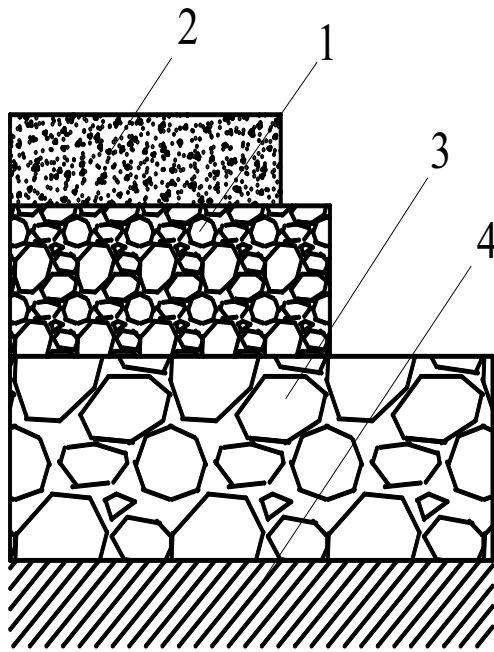
შედარებისთვის შესაძლებელია აღსორბციის მაჩვენებლების მოყვანა, მაგალითად, მიწერალური ფხენილისათვის ( $A=12.8 \times 10^{-3}$ ) და კვარცული ფხენილისათვის, რომელიც  $<0.071$  მმ-ზე ( $A=4.4 \times 10^{-3}$ ).

ექსპერიმენტებით დადგინდა, რომ აღსორბცია იწყება ცემენტის ჰიდრატაციის დაწყებიდან და გრძელდება საკმაოდ დიდხანს – მის სრულ გამყარებამდე.

ხისტ და არახისტ ფაზებს შორის ძალოვანი ველის გადანაწილების საკითხების გადაჭრა და, შესაბამისად, კომპოზიციური მასალებისა და კონსტრუქციების ოპტიმალური სტრუქტურის შექმნა საკმაოდ რთული ამოცანაა, სადაც გათვალისწინებული უნდა იქნეს ის გარემოება, რომ საგზაო ცემენტის (მინერალური შემკვრელის) დამატებამ არ უნდა გამოიწვიოს ტემპერატურული ნაკერების მოწყობის საჭიროება (ამასთან, იგი უნდა მიეკუთვნებოდეს არახისტი სამოსის ტიპს).

ჩვენ მიერ შემოთავაზებული ნახევრად ხისტი საგზაო ფენილი შეიცავს ღორღის არახისტ ნამტვრევებს, რომელთა შორის დარჩენილი მიკროფორები შევსებულია ცემენტ-ქვიშის გამყარებული ხსნარით. ასეთი კომპოზიციური ფენილი ვერტიკალურად მოქმედი ძალის გავლენით მუშაობს, როგორც არახისტი, ხოლო ჰორიზონტალურად მოქმედი ძალის მიმართ – როგორც ხისტი ცემენტბეტონის ფენილი.

1-ლ ნახ-ზე წარმოდგენილია ნახევრად ხისტი საგზაო სამოსის კონსტრუქცია.



ნახ. 1. ნახევრად ხისტი საგზაო სამოსის კონსტრუქცია: 1 – ასფალტბეტონის ან შავი ღორღის მარცვლები; 2 – ცემენტ-ქვიშის ხსნარი; 3 – ღორღის საფუძვლის ზედა ფენა; 4 – ქვიშა-ხრეშოვანი საფუძვლის ქვედა ფენა

კომპოზიციური მასალის ძერის მოდული გამოიხატება შემდეგი დამოკიდებულებით:

$$G = \frac{\tau}{\gamma} t^p,$$

სადაც:

$\tau$  არის ძერის ძაბვა. პა;

$\gamma$  – ძერის ფარდობითი დეფორმაცია;

$t$  – დატვირთვის მოქმედების დრო. წმ;

$p$  – პლასტიკურობის ინდექსი, რომელიც იცვლება  $0 \leq p \leq 1$ -ის საზღვრებში და დამოკიდებულია კომპოზიციურ მასალაში ცემენტ-ქვიშის ხსნარის შემცველობაზე.

ზოგადად კომპოზიციური მასალის სიმტკიცე შეიძლება განისაზღვროს შემდეგი ტოლობით:

$$R_K = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot R_C,$$

სადაც

$R_K$  და  $R_C$  არის კომპოზიციური მასალისა და ცემენტ-ქვიშის ნარევის სიმტკიცე;

$K_1$  – მასალის მაკროსტრუქტურის კოეფიციენტი;

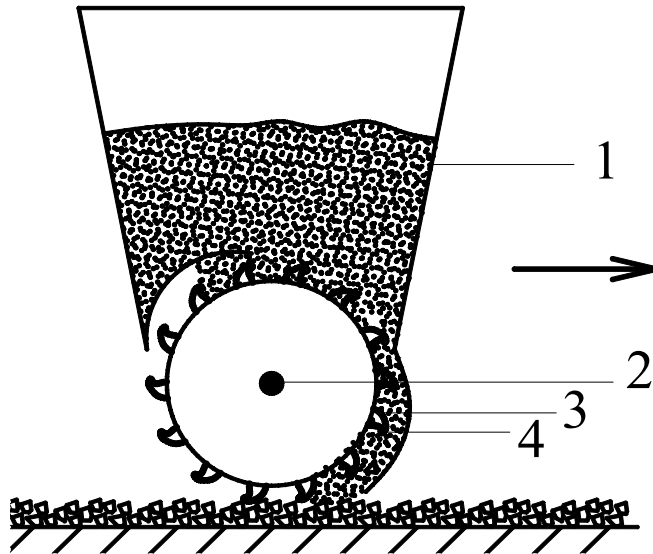
$K_2$  – კოეფიციენტი, რომელიც ითვალისწინებს ბიტუმის შემკვრელ თვისებებს;

$K_3$  – კოეფიციენტი, რომელიც ითვალისწინებს დატვირთვის სახეობას.

გარკვეულ სირთულესთანაა დაკავშირებული ხსნარის თანაბარი განაწილება სამოსის კონსტრუქციულ ფენაში.

წინამდებარე სტატიაში წარმოდგენილია ასფალტბეტონის ან შავი ღორღის ფენაში ცემენტ-ქვიშის ხსნარის გამანაწილებელ-ჩამტკეპნი ავრევატი (ნახ. 2).





ნახ. 2. აგრეგატის საერთო ხედი და კონსტრუქციული ელემენტები: 1 – ხვიშირი ცემენტ ქვიშის ხსნარისათვის; 2 – ცილინდრული დოლი-სატკეპნი; 3 – სამკუთხა ფორმის თამასები; 4 – ხსნარის ფენის მიმართველი ფარი

აღნიშნული აგრეგატის გამოყენებით შესაძლებელია ცემენტ-ქვიშის ხსნარის ფენილზე განაწილება თანაბარი სისქის ფენად და ფხვიერ ფუძეში ჩატკეპნა. გარდა ამისა, მისი საშუალებით მიიღწევა იმ პროცესების გამარტივება და გაიაფება, რომლებიც გამოიყენება ნახევრად ხისტი ფენილების შესაქმნელად.

აგრეგატი მუშაობს შემდეგი პრინციპით: მბრუნავი ცილინდრული დოლი და მის ზედაპირზე ხისტად დამაგრებული განივი, ერთმანეთისგან თანაბრად დაშორებული და ურთიერთპარალელურად განლაგებული სამკუთხა განივკვეთის მქონე ფორმის წიბოები (თამასები) განაპირობებს ხსნარის წატაცებას თანაბარი სისქის ფენის ცალკეულ ზოლებად და სპეციალური მიმართველი ფარის დახმარებით მათ განლაგებას ფუძის ზედაპირზე; მბრუნავი ცილინდრული დოლი იმავე წიბოების დახმარებით ახდენს ხსნარის ეფექტურად ჩატკეპნას ფხვიერი ფენის ფორმებში ყოველმხრივი დაწნევისა და განივად გადინების შეზღუდვის დროს.

## დასკვნა

ცხელი და ტენიანი კლიმატის შემთხვევაში, განსაკუთრებით მთაგორიანი რელიეფისათვის, სიმტკიცის ძირითად კრიტერიუმად საჭიროა შეირჩეს ძვრის დეფორმაციები. ასე რომ, ფენილების სიმტკიცის მახასიათებლების შერჩევისას გათვალისწინებული უნდა იქნეს ექსპლუატაციის პირობები – ვერტიკალური და ჰორიზონტალური ძალების ერთობლივი ზემოქმედების რეჟიმი. გაზრდილი ღერძული დატვირთვების პირობებში ფენილის სიმტკიცის კრიტერიუმად უნდა შეირჩეს როგორც დრეკადი ჩაღუნვა, ისე ფენილის ძვრის დეფორმაცია. აღნიშნულიდან გამომდინარე, ნახევრად ხისტ ფენილებში გაზრდილია ძვრის დეფორმაციებისადმი მდგრადობა. მსგავსი საგზაო სამოსების ექსპლუატაციის ვადები 2,3-ჯერ აღემეტება ჩვეულებრივი ასფალტბეტონის ნარევის გამოყენებით მოწყობილი სამოსის ექსპლუატაციის ვადებს.

## ლიტერატურა – REFERENCES

1. ვ. გოგლიძე. საავტომობილო გზების მშენებლობა. სტუ. თბ., 1997.
2. AUSTRROADS. Pavement Design Guide. AUSTRROADS Publication, No AP-17/92, Australia, 1992.
3. TRANSIT New Zealand. New Zealand SUPPLEMENT to AUSTRROADS Pavement Design Guide TNZ Publications, NZ; 1997.
4. Guide to Total Pavement Maintenance Management System (TMM). Proceedings IPENZ Annual Conference, July, 1999.
5. Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrsbau – STV Asphalt – StB 01/ Ausgabe. 2001.

## CIVIL ENGINEERING

### SHEAR STRAIN RESISTANT SEMI-RIGID ROAD PAVEMENT

**P. Nadirashvili, Kh. Iremashvili**

(Georgian Technical University)

**Resume.** Nowadays, one of the main directions in a new technological politic of building asphalt-concrete road pavements must be consider the shear strain resistant of semi-rigid materials. In this discussion, the case of semi-rigid surfaces is represented by the composition of asphalt-concrete and cement-sand solutions. The modulus of elasticity of such surfaces is 1.5 times higher than the modulus of elasticity of traditional asphalt-concrete road pavement.

A cement-sand distribution-compaction aggregate unit for the construction layer of asphalt concrete or black crash stone, using which it is possible to evenly distribute the cement-sand mix on the road surface and compact it into a granulated base, is also presented.

**Keywords:** asphalt concrete; modulus of elasticity; motorway; semi-rigid road surface.

**რკინიგზის ხაზების ბალანსირების უნარის გაზრდა მატარებელთა მასის გადინებით**

**ბეჟან დიდუბაშვილი, გულვერ კვანტალიანი, ტარიელ კოტრიკაძე,  
ლევან ლომსაძე, მიხეილ გრიგორაშვილი, მერაბ ჩალაძე**

(საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი)

**რეზიუმე:** განხილულია საქართველოს რკინიგზის ხაზების გადაზიდვის უნარის გაზრდის პერსპექტივები მატარებელთა მასის გადინებით. მომავალში აბრეშუმის გზისა და შუა დერეფნის ამოქმედების შემდეგ, რომლის ერთ-ერთი ხაზი საქართველოზეც გაივლის, დღის წესრიგში დადგება საქართველოს რკინიგზის ხაზების გადაზიდვის უნარის გაზრდის აუცილებლობა. ამ საკითხთან დაკავშირებით შემუშავებულია ტექნიკური საშუალებების სრულყოფისა და ერთ- და ორლიანდაგიანი შუალედური სადგურების ტიპობრივ სქემებზე ლიანდაგთა დაგრძელების შესაძლო (რაციონალური) ვარიანტები.

**საკვანძო სიტყვები:** გადაზიდვის უნარი; გამტარუნარიანობა; ვაგონი; ლიანდაგი; ლოკომოტივი; მატარებელი; რკინიგზა; შუალედური სადგური.

**შესავალი**

ცნობილია, რომ მსოფლიოში დღის წესრიგში დადგა აღმოსავლეთიდან დასავლეთისაკენ (შუა აზიიდან და ჩინეთიდან ევროპისაკენ) ჩრდილოეთის მარშრუტის ალტერნატიული მარშრუტით ჩანაცვლების საკითხი. ამ საკითხის გადაჭრის ვარიანტებიდან ერთ-ერთია აბრეშუმის გზის თემა, ე. წ. შუა დერეფანი, რომლის შემადგენელ ნაწილს საქართველოც წარმოადგენს. მოსალოდნელი გაზრდილი ტვირთაკადების პირობებში საქართველოს რკინიგზის ხაზების გადაზიდვის უნარის გაზრდის მიზნით საჭიროა რკინიგზის მაგისტრალისა და არსებული სადგურების სალიანდაგო სისტემის სრულყოფა და ტექნიკური საშუალებების მოდერნიზაცია. ერთ-ერთ ასეთ ღონისძიებას წარმოადგენს არსებული ერთ- და ორლიანდაგიანი შუალედური სადგურების შემდგომი მოდერნიზაცია და განვითარება.

**ძირითადი ნაწილი**

თანამედროვე პირობებში განსაკუთრებული ყურადღება ეთმობა შუალედურ სადგურთა სქემების განვითარებას, რათა შესაძლებელი გახდეს გაზრდილი მასის მატარებლების საუკეთესო მომსახურება.

მატარებელთა მასის გაზრდა მიჩნეულია რკინიგზის ხაზების გადაზიდვის უნარისა და საექსპლუატაციო მუშაობის ძირითად მაჩვენებელთა გაუმჯობესების მნიშვნელოვან ღონისძიებად.

ცნობილია, რომ მატარებელთა მასისა და სიგრძის მომატების დაყოვნების ძირითადი ფაქტორებია:

- სადგურის ღიანდაგთა შეზღუდული სიგრძე;
- სერიოზული ნაკლოვანებები სალოკომოტივო პარკის, ვაგონებისა და ღიანდაგის რემონტის ორგანიზაციაში;
- არსებული სერიის ლოკომოტივთა არასაკმარისი სიმძლავრე.

მატარებელთა მასის გაზრდის ღონისძიებათა პრაქტიკული განხორციელება შესაძლებელია მხოლოდ იმ შემთხვევაში, თუ უფრო სრულად და რაციონალურად იქნება გამოყენებული სადგურთა ღიანდაგების არსებული სიგრძე და წვეის გაძლიერების ეფექტური მეთოდები, დაინერგება მასის პარალელური ნორმები და გაუმჯობესდება საექსპლუატაციო მუშაობის ტექნოლოგია და ორგანიზაცია.

ახალ ზემდგომ რკინიგზის ხაზებზე აუცილებლად უნდა განხორციელდეს მძიმე მასის მქონე (6–8-ათასტონიანი) მატარებლების რეგულარული მოძრაობა 8–16 წთ-ის ინტერვალებით. შუალედური სადგურების ტექნოლოგიური ფუნქციები ამ შემთხვევაში იგივე რჩება, რაც ჩვეულებრივ რკინიგზის ხაზზე. იცვლება მხოლოდ მიმღებ-გამგზავნი ღიანდაგების სიგრძე; ამასთან, მოძრაობის მაღალი ინტენსიურობის პირობებში წარმოიქმნება იმის საჭიროება, რომ მთავარ ღიანდაგებზე გამოყენებულ იქნეს უფრო მისაღები და გაუმჯობესებული (მათ შორის 1/18, 1/22 მარკის) თანამედროვე საისრო გადაყვანები.

ეს პრობლემა კომპლექსურია და თანაც დამოკიდებულია მრავალ ფაქტორზე. ცალკეულ შემთხვევებსა და პირობებში მატარებელთა მასის გაზრდამ შეიძლება მართლაც გამოიღოს არსებითი ეფექტი, მაგრამ ზოგჯერ (ზოგ ადგილას) სრულებითაც არ გაამართლოს. ამიტომ ამ პრობლემის ოპტიმალურ გადაჭრას ნამდვილად სიღრმისეული მიდგომა და შესწავლა სჭირდება. მატარებელთა არასაკმარისი მასა კი, როგორც წესი, მიჩნეულია რკინიგზის ხაზების გამტარუნარიანობის გადაჭარბებით შევსების ერთ-ერთ სერიოზულ მიზეზად.

მატარებელთა საშუალო მასის გაზრდის ქმედით ღონისძიებად სადგურთა ღიანდაგების არსებული სიგრძის პირობებში მიჩნეულია ექსპლუატაციაში მყოფი სატვირთო ვაგონების ტვირთამწეობის გადიდება და კონსტრუქციის სრულყოფა. სატვირთო მატარებელთა საშუალო მასის გაზრდა მოითხოვს რკინიგზის სადგურთა შესაბამის განვითარებას, განსაკუთრებით იქ, სადაც ხორციელდება ასეთი მატარებლების ფორმირება და განფორმირება. რკინიგზის ყველა ტიპის და კატეგორიის სადგურზე უზრუნველყოფილი უნდა იყოს აღნიშნული მატარებლების სრულფასოვანი და ეფექტიანი მომსახურება.

აღსანიშნავია ის გარემოებაც, რომ არ შეიძლება მატარებელთა მასისა და შემადგენლობის უსასროლოდ გაზრდა, რადგან გარდა ორგანიზაციული და ეკონომიკური შეხედულებებისა, არსებობს ისეთი ტექნიკური ფაქტორებიც, რომლებიც ზღუდავს სატვირთო მატარებელთა მასას და სიგრძეს. ამ ფაქტორთაგან გამორჩეულია ლოკომოტივების წვეითი შესაძლებლობები (სიმძლავრე), ავტომუხრუჭების პარამეტრები, მატარებლებში გრძივი და დინამიკური დაჭიმულობა (დაძაბულობა) და სხვ.

სატვირთო მატარებელთა მასისა და სიგრძის გადიდებისას სადგურის ღიანდაგთა დაგრძელება, როგორც წესი, ხორციელდება არსებული (მოქმედი) ლოკომოტივების შეცვლით უფრო მძლავრი ლოკომოტივებით. ასეთი ლოკომოტივების გამოყენება კი ზრდის უბნის გამტარუნარიანობას როგორც მატარებლების მოძრაობის სიჩქარის, ისე ტონებით გამოსახული მასის მიხედვით.

ერთ- და ორღიანდაგიანი შუალედური სადგურების ტიპობრივ სქემებზე ღიანდაგთა დაგრძელების შესაძლო (რაციონალური) ვარიანტები მოცემულია 1-ლ და მე-2 ნახევარზე.

სადგურის მიმღებ-გამგზავნი ღიანდაგების დაგრძელება შესაძლებელია 720 მ-დან 850 მ-დე, 850 მ-დან 1050 მ-დე, 1050 მ-დან 1250 მ-მდე და ა. შ. ფარგლებში. ღიანდაგთა დაგრძე-



## დასკვნა

ევროპისა და აზიის დამაკავშირებელი ერთ-ერთი საკმაოდ მოსახერხებელი და ხელსაყრელი დერეფნის მიზანდასახულად და ეფექტურად გამოსაყენებლად საქართველოსათვის მოსალოდნელი გაზრდილი ტვირთნაკადების პირობებში მნიშვნელოვანია ჩვენი ქვეყნის რკინიგზის სახების გადაზიდვის უნარის გაზრდა. შემოთავაზებული ტექნიკური საშუალებების სრულყოფისა და ერთ- და ორლიანდაგიანი შუალედური სადგურების ტიპობრივ სქემებზე ლიანდაგთა დაგრძელების შესაძლო (რაციონალური) ვარიანტების გამოყენება ფრიად სასარგებლო იქნება აღნიშნული საკითხის გადაწყვეტისათვის.

## ლიტერატურა – REFERENCES

1. გ. თელია, ზ. მესხიძე, ბ. დიდებაშვილი, კ. შარვაშიძე. რკინიგზის გამყოფი პუნქტები. სახელმძღვანელო. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი. 2016. - 249 გვ.
2. ა. ჩხაიძე, გ. ჩხაიძე, გ. თელია. სარკინიგზო ტრანსპორტის სრულყოფისა და სადგურთა განვითარების აქტუალური პრობლემები. თბ.: ბონდო მაცაბერიძის გამომცემლობა „ბაკმი“, 2003. - 432 გვ.
3. ბ. დიდებაშვილი, მ. ჩალაძე, ტ. კოტრიკაძე, ვ. ვაშაკიძე. შუალედური სადგურების სასარგებლო სიგრძის დაგრძელება რკინიგზის სიმძლავრისა და მატარებელთა მოძრაობის სინქარის გაზრდის მიზნით//ქ. ”მეცნიერება და ტექნოლოგიები”, ISSN 0130-7061. №3(729), 2018, გვ. 70-74.
4. Правдин Н. В. и др. Железнодорожные стаенции и узлы (задачи, примеры, расчеты). М.: Транспорт, 2005. - 501 с.

## RAILWAY TRANSPORT

### ENHANCEMENT OF CAPABILITY OF THE RAILWAY LINES CONVEYANCE BY THE INCREASE OF TRAIN MASSES

**B. Didebashvili, G. Kvantaliani, T. Kotrikadze, L. Lomsadze, M. Grigorashvili, M. Chaladze**

(Georgian Technical University)

**Resume.** The prospects of capability enhancement of Georgian railway lines by the increase of train masses are considered in the paper. After putting in operation the Silk Road and Middle Corridor, one of the lines of which will pass through Georgia, necessity of enhancement of capability of Georgian railway lines conveyance will be on the agenda. In this regard, the possible (rational) variants of perfection of the technical means and elongation of railtracks on the typical schemes of the intermediate stations with one and two railtracks are offered.

**Keywords:** bandwidth; carrying capacity; intermediate station; locomotive; railway; track; train; train car.

**ავტოსტოპების ასინქრონული სამფაზა ძრავების მართვის ხუთსაფენიანი ელექტრული სქემების მოღერნიზება**

**მერაბ ჩალაძე, მურთაზ პაპასკირი, გიორგი ჩალაძე, ლაშა გოგალაძე, შალვა ლომსაძე**

(საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი)

**რეზიუმე:** განხილულია გარდამქმნელების მოქმედების ეფექტიანობის ერთ-ერთი ყველაზე მნიშვნელოვანი კრიტერიუმი, რომელიც გამოიყენება მაღალი სიმძლავრის დატვირთვებისათვის, კერძოდ, ელექტროამძრავის ძრავებისათვის. მაგალითად, ხიდური გარდამქმნელების გამოყენება ფართო შესაძლებლობებს ქმნის მრავალსაფენიანი ელექტრული სქემებით ძრავების მუშაობისათვის, რაც განსაკუთრებულ როლს ასრულებს მეტროპოლიტენის ელექტრომექანიკური ავტოსტოპების მართვის დროს, როდესაც გამოყენებულია ცალკეული სადენები მუშაობის სხვადასხვა მიმართულებისათვის.

**საკვანძო სიტყვები:** დენის შემზღვეველი დროსელები; მბრუნავი მაგნიტური ველი.

**შესავალი**

მეტროპოლიტენებში მატარებლების მოძრაობის ინტერვალების ავტომატური რეგულირების მოწყობილობების ერთ-ერთი ძირითადი სახეობაა ავტოსტოპი, რომლის ამძრავი მუშაობის სამფაზა ცვლადი ძაბვით. ამიტომ ამძრავის მართვის სქემა შეიძლება განხილულ იქნეს, როგორც მთლიანად ავტოსტოპის მართვის სქემა. ამძრავი უზრუნველყოფს ავტოსტოპის ორ მდგომარეობას: „ღია“ და „დაკეტილს“. ერთი მდგომარეობიდან მეორეში გადასვლა ხდება ამძრავის ძრავას მომჭერებზე ორი ფაზის ერთმანეთს შორის გადანაცვლებით, რაც იწვევს ძრავას ბრუნვის მიმართულების შეცვლას.

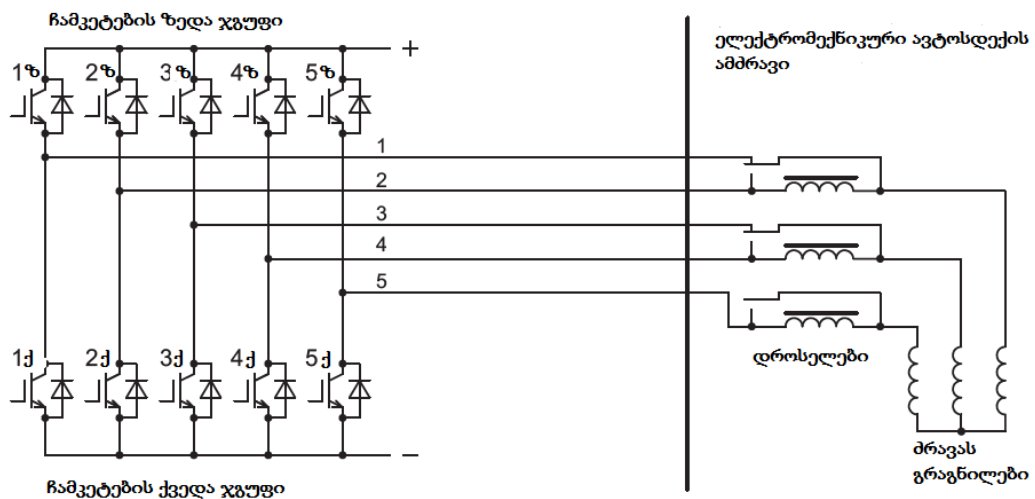
**ძირითადი ნაწილი**

ავტოსტოპებში ყველაზე ფართოდ გამოიყენება სამფაზა ასინქრონული ცვლადი დენის ძრავებზე დაფუძნებული ამძრავები, რომლებშიც არ არსებობს ნახშირი-კომუტატორი. ასეთი ძრავების განსაკუთრებული უპირატესობა ისაა, რომ როტორის ბრუნვა შესაძლებელია მხოლოდ მაშინ, როდესაც ალტერნატიული ძაბვა მიეწოდება ძრავას გრაგნილებს. უფრო მეტიც, ასეთი ძრავების ბრუნვა დატვირთვის ქვეშ შესაძლებელია მხოლოდ სამივე ფაზის მოქმედების შემთხვევაში, რაც ძრავას გრაგნილებში ქმნის მბრუნავ მაგნიტურ ველს. სამფაზა ასინქრონული ძრავების სწორედ ეს მახასიათებლები განაპირობებს ფუნქციონალური გარდამქმნელების გამოყენებას ელექტროძრავების სამართავად. ფუნქციონალური გარდამქმნელების სქემატური გადაწყვეტილება წარმოადგენს ჩვეულებრივ ინვერტორს, რომელიც გარდაქმნის მუდმივი ძაბვის ენერგიის წყაროს ცვლად სამფაზა ძაბვის ენერგიის წყაროდ და უზრუნველყოფს ძრავას ნორმალურ მუშაობას.

სამფაზა ხიდური ელექტრული სქემის გამოყენებისას საისრე ელექტროამძრავების სამართავად ძრავა დაკავშირებულია გარდამქმნელთან ავტოგადამრთველის კონტაქტების გა-

რეშე. ძრავას ბრუნვა ჩერდება მასზე მართვის სიგნალების მიწოდების შეწყვეტით, გარდაქმნელების ძალურ ჩამკეტებზე ისრის კალმის უკიდურესი პოზიციის (ჩარჩორელსთან მიბჯენა) კონტროლის მიღებისთანავე. ძრავას რევერსული ბრუნვის მიმართულება იცვლება იმ თანმიმდევრობით, რომლითაც მართვის სიგნალები მიეწოდება გარდაქმნელების ელემენტების ჩამკეტებს. ასეთი გადაწყვეტილების მიღების ნაკლს წარმოადგენს ის ფაქტი, რომ მოწყობილობების ერთი კომპლექტის გამოყენებით შეუძლებელია შეწყვილებული ისრების თანმიმდევრული გადაყვანა. ამის გამოსასწორებლად საჭიროა ხუთსადენიანი მუშა ელექტრული წრედის გამოყენება. ამასთან, არსებობს ისეთი ამძრავებიც, რომელთა მასხასიათებლებიდან გამომდინარე, საჭირო ხდება მრავალსადენიანი ელექტრული სქემების სავალდებულო ჩართვა. ასეთია, მაგალითად, ელექტრომექანიკური ავტოსტოპის ამძრავები, რომლებიც ფართოდ გამოიყენება მეტროპოლიტენებში.

აღნიშნულ ელექტროამძრავების ტიპურ ელექტრულ სქემებში ხუთი მუშა სადენი გამოიყენება იმის გამო, რომ ამავე ელექტრული წრედის ერთ-ერთი ელემენტია დენის შემზღუდველი დროსელები, რომლებიც ჩართულია ავტოსტოპის „ღია“ მდგომარეობაში ყოფნის დროს მოხმარებული სიმძლავრის შესამცირებლად და ავტოსტოპის კავის „ღია“ მდგომარეობაში შესაკავებლად. ასეთი ამძრავების სამართავად გამოიყენება მრავალფაზიანი ელექტრული წრედები. მაგალითად, ელექტრომექანიკური ავტოსტოპის სამართავად შემოთავაზებულია ხუთსადენიანი სამფაზა ელექტრული სქემა (იხ. ნახ.).



**ელექტრომექანიკური ავტოსტოპის (ავტოსტოპის) სამართავად გამოყენებული ხუთსადენიანი სამფაზა ელექტრული სქემა**

ელექტრული სქემის მნიშვნელოვანი ფუნქცია ისაა, რომ ხუთიდან სამი ჩამკეტი წყვილი მუშაობს ძრავაზე სამი ფაზის მისაწოდებლად. ამ შემთხვევაში, მეხუთე წყვილი საერთოა ძრავას ორივე მიმართულებით ბრუნვისათვის, ხოლო დარჩენილი წყვილები გამოიყენება ძრავას სასურველი მიმართულებით ბრუნვისათვის. ავტოსტოპის „ღია“ მდგომარეობაში გადაყვანისა და ამ მდგომარეობაში შეკავების ელექტრულ წრედში ჩართულია მე-2 და მე-4 წყვილი. ავტოსტოპის „დაკეტილ“ მდგომარეობაში გადასაყვანად კი გამოიყენება 1-ლი და მე-3 წყვილები. ამ დროს კვება მიეწოდება ძრავას ორ გრავანს, რომლებიც გვერდს უვლის დენის შემზღუდველ დროსელებს.



## დასკვნა

ძრავას მუშაობის ეფექტიანობის მაღალი დონის მისაღწევად და მასისა და ზომის მაჩვენებლების გასაუმჯობესებლად უნდა შეირჩეს ტექნიკური გადაწყვეტილებები, რომლებიც არ საჭიროებს ტრანსფორმატორების გამოყენებას, რათა თავიდან იქნეს აცილებული გადართვის ელემენტების მაღალი სიხშირე. ამის შესაბამისად, ყველაზე შესაფერისი გამოსავალია ელექტრული სქემების არსებობა. ამ კონცეფციის პრაქტიკული განხორციელების ერთ-ერთი მაგალითია უსაფრთხო შემაერთებელი მოწყობილობა МРЦ-МРК სისტემაში АС გადართველი ამძრავის სამართავად. იმპულსური მოდულაცია ითვალისწინებს ელემენტების მაღალი გადართვის სიხშირეს, რაც გამართლებულია მხოლოდ იმ შემთხვევებში, როდესაც ნამდვილად აუცილებელია კონკრეტული ამოცანების გადაჭრა: მაგალითად, ძაბვის მასშტაბირება ან ალტერნატიული ძაბვის სახით მგრძობიარე ელემენტების მუშაობის უზრუნველყოფა.

## ლიტერატურა – REFERENCES

1. Гавзов Д. В., Ковкин А. Н. Разработка и эксплуатация новых устройств и систем железнодорожной автоматизации и телемеханики. 2004, с. 66-69.
2. Воронин П. А. Силовые полупроводниковые ключи. 2001. - 384 с.
3. Готтлиб И. М. Источники питания. Инверторы, конверторы, линейные и импульсные стабилизаторы. 2000. - 552 с.
4. Семенов Б. Ю. Силовая электроника для любителей и профессионалов: 2001. - 327
5. Сапожников Вл. В, Никитин А. Б. Микропроцессорная система электрической централизации МРЦ-МРК. 2009, с.18-21.
6. ა. დუნდუა, ავტომატიკისა და ტელემექანიკის სასაღგურო და საგადასარბენო სისტემები, II ნაწილი. თბ., 2013. - 91 გვ.

## RAILWAY TRANSPORT

### MODERNIZATION OF FIVE-WIRE ELECTRICAL CIRCUITS FOR CONTROLLING ASYNCHRONOUS THREE-PHASE HITCHING MOTORS

**M. Chaladze, M. Papaskiri, G. Chaladze, L. Gogaladze, Sh. Lomsadze**

(Georgian Technical University)

**Resume.** One of the most important criteria for the efficiency of converters, which is based on the operating time of high-power loads, such as electric drive motors is considered. The use of bridge converters creates sample opportunities for multi-wire e-mail. To control engines using circuits, which is especially important when managing the capital's electromechanical bus stations, which require separate wires for different areas of work.

**Keywords:** rotating magnetic field, current limiting choke.

**უბედური შემთხვევებისა და პროფლაქსიების რისკ-ფაქტორები  
მშენებლობაში**

**ნანა რაზმაძე, ნინო რატიანი, მზია ქიტოშვილი, ალექსანდრე კორკოტაძე**

(საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი)

**რეზიუმე:** განხილულია ზოგადი უსაფრთხოების საკითხები, უბედური შემთხვევების სტატისტიკური მონაცემები, შრომის საერთაშორისო ორგანიზაციისა და საქართველოში არსებული მონაცემები.

ბოლო წლებში დასაქმების ადგილებზე მოსალოდნელი საფრთხეებისა და უბედური შემთხვევების პრევენცია გადაუჭრელ პრობლემად იქცა. მომეტებული საფრთხის შემცველ მიმღე, მანქანა და სახიფათო სამუშაოზე დასაქმებული პირები დღეს საქართველოში ერთ-ერთი ყველაზე დაუცველი ჯგუფია. შრომის უსაფრთხოების შესახებ კანონმდებლობის მიღებისა და შესაბამისი ზედამხედველობის მექანიზმის შემუშავების მიუხედავად, საფრთხის შემცველ სამუშაოზე ადამიანების სიცოცხლე და ჯანმრთელობა, ფაქტობრივად, ყოველდღიური რისკის ქვეშ დგას, საწარმოო ტრავმების შედეგად გარდაცვლილ და დასახიჩრებულ ადამიანთა რაოდენობა კი საგანგაშოა.

სტატიაში წარმოდგენილია მშენებლობაში არსებული საფრთხეებისა და რისკების განსაზღვრის თანმიმდევრობა, ასევე ადამიანთა მუშაობის ე.წ. კიბისებრი დაგეგმვა, სადაც უმნიშვნელოვანეს პირველ საფეხურს უსაფრთხოება იკავებს.

**საკვანძო სიტყვები:** პროფესიული დაავადებები; რისკები; სამშენებლო მოედანი; საფრთხეები; სიმაღლიდან ვარდნა; ტრავმატიზმი; ტოქსიკური ნივთიერებები; უბედური შემთხვევები.

**შესავალი**

ნებისმიერი ადამიანი, რომელიც ეძებს და პოულობს სამუშაოს მშენებლობაში, დაინტერესებულია იმით, რომ ეს სამუშაო იყოს უსაფრთხო, შრომის პირობები სამშენებლო მოედანზე ადამიანის სიცოცხლეს არ უქმნიდეს საფრთხეს; ამასთან, არ აზარალებდეს მუშაკის ჯანმრთელობასა და პროფესიულ კვალიფიკაციას [1].

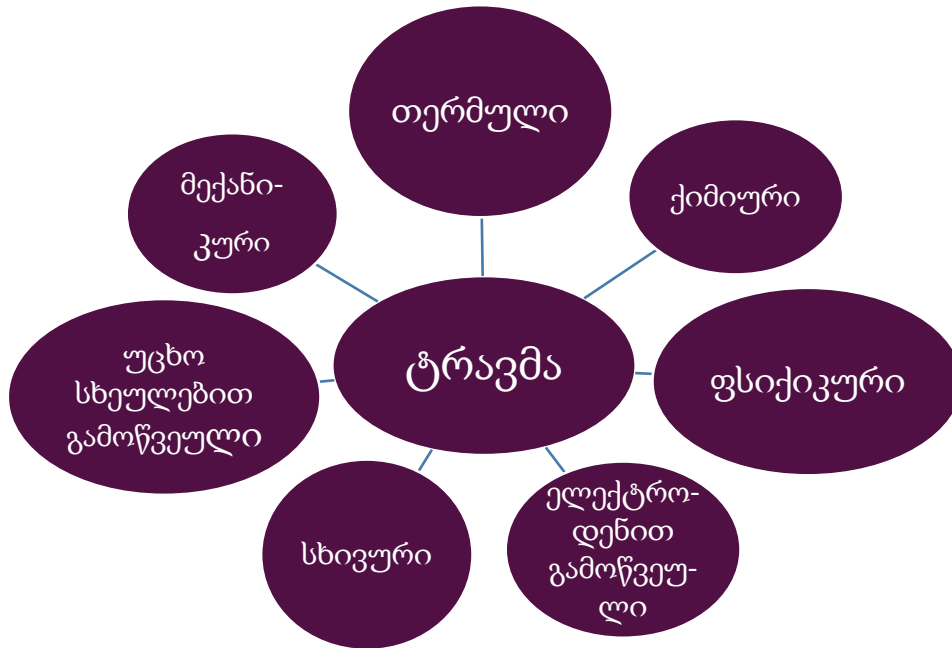
**ძირითადი ნაწილი**

მშენებლობაში მრავალი რისკ-ფაქტორი არსებობს, რომელთაგან განსაკუთრებული ადგილი უჭირავს:

- ფიზიკურ რისკ-ფაქტორებს (F);
- უბედურ შემთხვევათა რისკ-ფაქტორებს (T);
- ერგონომიკულ რისკ-ფაქტორებს (E);
- ქიმიურ რისკ-ფაქტორებს (K);

- ფსიქოლოგიურ რისკ-ფაქტორებს (H);

ჩამოთვლილთაგან მშენებლობაზე ყველაზე ხშირია ფიზიკური რისკ-ფაქტორები, რაც მომუშავეთა მიმღე დაშავებასა და გარდაცვალებას გულისხმობს. მშენებელთა შრომა მრავალ რისკთანაა დაკავშირებული და ტრავმატიზმის სხვადასხვა სახეობით ხასიათდება (ნახ. 1).



**ნახ. 1. მშენებლობაში გაგრძელებული ტრავმების სახეები**

ტრავმატიზმის მაღალ დონეს ხელს უწყობს მშენებლობის დარგის ის თავისებურებები, რომლებიც განასხვავებს მას საწარმოო სექტორის დანარჩენი ნაწილებისგან. ამ თავისებურებებს განეკუთვნება:

- მცირე ფორმებისა და თვითდასაქმებული პირების დიდი წილი;
- სამშენებლო მოედნების დიდი მრავალფეროვნება და არსებობის შედარებით მცირე პერიოდი;
- მუშახელის დიდი დენადობა;
- დიდი რაოდენობით სეზონური და მიგრირებული მუშაკები, რომელთა უმრავლესობისათვის უცნობია სამშენებლო პროცესები;
- ამინდის პირობების ზემოქმედებისაგან დაუცველობა;
- დიდი რაოდენობით სხვადასხვა სახეობის სამუშაოებისა და სპეციალობების არსებობა.

აღსანიშნავია, რომ ამ სფეროში დასაქმებულები ხშირად ავადდებიან სხვადასხვა პროფესიული დაავადებებით. ამ მხრივ საინტერესოა განვითარებული ეკონომიკის მქონე ქვეყნების სტატისტიკური მონაცემების გაცნობა. მაგალითად, 2021 წლის მონაცემების მიხედვით აშშ-ში 4609 უბედური შემთხვევა დაფიქსირდა, რომელმაც ადამიანის სიკვდილი გამოიწვია. აქედან 3 %-ია საგნებს შორის მოყოლით გამოწვეული; 9 % – ელექტრული დენით; 10 % – საგნების ჩამოვარდნით; 35 % – მომუშავეთა სიმაღლიდან ჩამოვარდნით და 43 % – სხვა შემთხვევებით.

ეს სტატისტიკა იმაზე მიუთითებს, რომ მშენებლობაზე სიმაღლიდან ჩამოვარდნა იყო მომუშავეთა გარდაცვალების ძირითადი მიზეზი. ისეთ განვითარებულ ქვეყანაშიც კი როგორც აშშ-ია, მიუხედავად იმისა, რომ სამშენებლო-სამონტაჟო სამუშაოების უსაფრთხოება

დაცულია საკანონმდებლო დონეზე (დიდი ჯარიმებით და პასუხისმგებლობის სხვა ფორმებით) [2], სიმაღლიდან ჩამოვარდნის შედეგად გარდაცვლილ მომუშავეთა რაოდენობა მაინც 35 %-ია.

სუსტი დემოკრატიის მქონე განვითარებად ქვეყნებში, სადაც არც საკანონმდებლო ბაზაა მოწესრიგებული და არც სამუშაო ადგილზე ტექნიკური უსაფრთხოების საკითხებია მოგვარებული (სათანადოდ მოწყობილი ხარახოები, დამცავი ბადე, სამონტაჟო ქამარი და სხვ.), სამშენებლო-სამონტაჟო სამუშაოები დაკავშირებულია დიდ რისკთან, ხასიათდება ტრავმატიზმის მაღალი მაჩვენებლით და ხშირად მთავრდება სიკვდილით.

ტრავმატიზმის პარალელურად უნდა განვიხილოთ არასასურველი სანიტარიულ-ჰიგიენური მდგომარეობა, რაც გამოიხატება ჰაერში, მიწაში, წყალარინების სისტემაში მტვრის, საწვავ-საპოხი მასალების, სხვადასხვა საღებავისა და მათი გამხსნელების მოხვედრა [3]. ყოველივე ეს პროფესიულ დაავადებებს იწვევს და ზემოქმედებას ახდენს არა მარტო უშუალოდ მომუშავეებზე, არამედ ყველა ჩვენგანზე, სრულიად ბიოსფეროზე, რომელსაც ისეთ დიდ ეკოლოგიურ ზიანს აყენებს, რომ შეიძლება გლობალურ კატასტროფაშიც გადაიზარდოს.

განვიხილოთ მშენებლობაში არსებული რისკ-ფაქტორები ცალ-ცალკე.

### **ფიზიკური რისკ-ფაქტორები (F):**

- F1. მუდმივი ხმაური;
- F2. იმპულსური ხმაური;
- F3. ჰაერის ტემპერატურა;
- F4. გამწოვი ვენტილაცია;
- F5. ორპირი ქარი;
- F6. ცივი და ცხელი საგნები;
- F7. ღია სივრცეში მუშაობა;
- F8. საერთო განათება [4];
- F9. ადგილობრივი განათება;
- F10. სავეაკუაციო განათება;
- F11. გარე განათება;
- F12-13. ვიბრაცია;
- F14. იონიზებული გამოსხივება;
- F15. ულტრაიისფერი გამოსხივება;
- F16. ლაზერული გამოსხივება;
- F17. ინფრაწითელი გამოსხივება;
- F18. ელექტრომაგნიტური ველი.

საფრთხეების ფიზიკური ფაქტორების აღმოფხვრა ყველაზე ეფექტური და ეკონომიკური ღონისძიებებია სამუშაო გარემოს გასაუმჯობესებლად.

### **უბედური შემთხვევების რისკ-ფაქტორები (T):**

- T1. მოცურების საშიშროება;
- T2. წაქცევის საშიშროება;
- T3. სიმაღლიდან ვარდნა, აღმართები, დაღმართები;
- T4. საგნებს შორის სიმჭიდროვე;
- T5. დახურულ სივრცეში დარჩენის საშიშროება;

- T6. ელექტრომოწყობილობები, სტატიკური ელექტრობა;
- T7. ტვირთის გადაზიდვა და სხვა მოძრაობები;
- T8. უჟანგბადობა ან ჟანგბადის უკმარისობა;
- T9. წყალში მოხვედრის საშიშროება;
- T10-16. საგნების ჩამოვარდნის საფრთხეები;
- T17. ინდივიდუალური და კოლექტიური დაცვის საშუალებების არარსებობა;
- T18. საშიში სამუშაოები და რისკები [5];
- T19. განსაკუთრებული სიტუაციები და ნაკლოვანებები;
- T20. ალკოჰოლისა და ნარკოტიკის მოხმარება;
- T21. სიგნალიზაციისა და სამაშველო სამუშაოების ნაკლოვანებები;
- T22. ნაკლოვანებები პირველადი დახმარების სისტემაში.

**ერგონომიკული რისკ-ფაქტორები (E):**

- E1. სისუფთავე და წესრიგი სამუშაო ადგილზე;
- E2. სამოძრაო და საევაკუაციო გზები და გასასვლელები;
- E3. ხელის პოზიცია; კიბეები, ბწკალები (გასაშლელი კიბეები) და პანდუსები;
- E4. სამუშაო ზედაპირის სიმაღლე;
- E5. დასაჯდომი ადგილი;
- E6. ეკრანები და მონიტორები;
- E7. ზურგის პოზიცია;
- E8. ხელის პოზიცია;
- E9. მტევნისა და თითების პოზიცია;
- E10. თავისა და კისრის პოზიცია;
- E11. ფეხების პოზიცია;
- E12. მუდმივად მდგომარე და მჯდომარე პოზიცია;
- E13. სამუშაო რიტმი და შესვენება;
- E14. ხშირად განმეორებადი მოძრაობები;
- E15. სიმძიმის აწევა, ტვირთის გადაზიდვა;
- E16. ინსტრუმენტები, დანადგარები და მოწყობილობები;
- E17. დასამუშავებელი დეტალები [6];
- E18. დამხმარე საშუალებები;
- E19. სამუშაო შენობის მოცულობა;
- E20. სამუშაო მდგომარეობის შეცვლის საშუალება.

**ქიმიური რისკ-ფაქტორები (K):**

- K1. სახიფათო და მავნე ქიმიური ნივთიერებები;
- K2. კიბოს გამომწვევი ნივთიერებები;
- K3. ალერგიის გამომწვევი ნივთიერებები;
- K4. ხანძარსაში და ფეთქებადი ნივთიერებები;
- K5. მტკერი და ბოჭკოვანი მინერალები;
- K 6. მავნე აირები;
- K7. ორთქლი, აეროზოლის კონდენსანტი და კვამლი;

- K8. აღნიშვნები ქიმიური ნივთიერებების შეფუთვაზე;
- K9. მონაცემები ქიმიურ ნივთიერებათა გამოყენების უსაფრთხოებაზე;
- K10. ინფორმაცია ქიმიურ ნივთიერებათა გამოყენებაზე;
- K11. ნივთიერებების შენახვა;
- K12. წუნდებული ქიმიური ნივთიერებები;
- K13. დამცავი საშუალებების გამართულობა და გამოყენება;
- K14. პირველადი დახმარების საშუალებათა გამართულობა;
- K15. ელექტროდანადგარების გამართულობა და გამოყენება [7];
- K16. ნებართვები ცეცხლსაშიშ სამუშაოებზე;
- K17. ცეცხლსაქრობები და მათზე აღნიშვნები;
- K18. ევაკუაციის გზები და მათი აღნიშვნები.

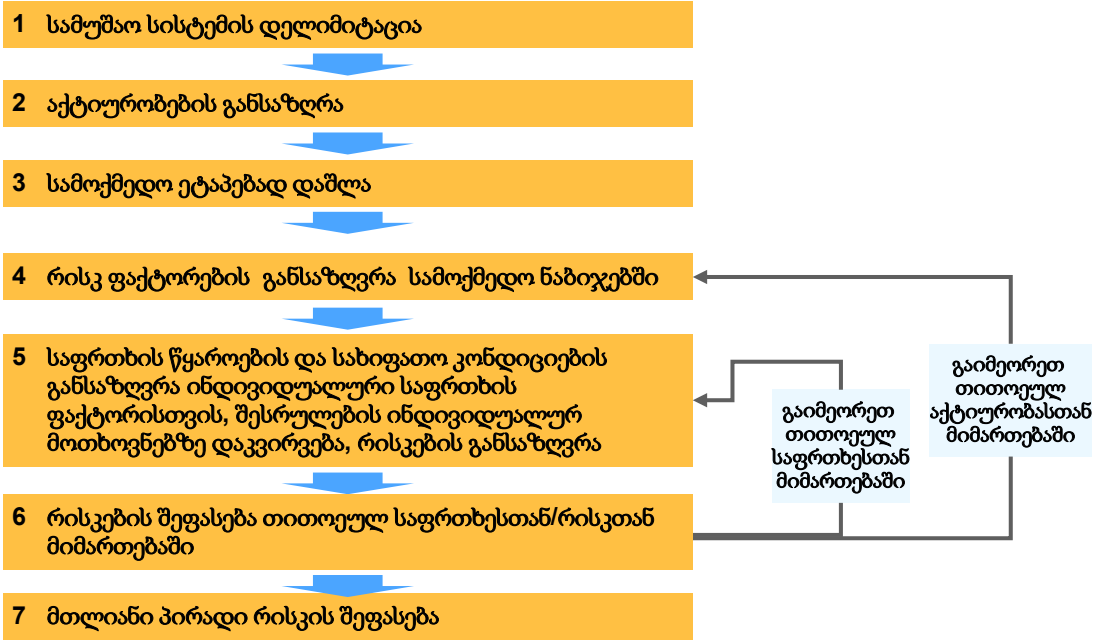
**საშიშროების ფსიქოლოგიური ფაქტორები (H):**

- H1. განმეორებადი ერთფეროვანი სამუშაო;
- H2. სამუშაო მართო და სამუშაო დამით;
- H3. ხანგრძლივი სიფხიზლე;
- H4. იძულებითი სამუშაო რიტმი;
- H5. დაძაბულობა ადამიანთა ურთიერთობაში;
- H6. სამუშაოს სისწრაფე;
- H7. ზედმეტად მკაცრი მოთხოვნები და/ან მიზნები;
- H8. პროფესიული ზრდის პერსპექტივის არარსებობა;
- H9. სამუშაოს გაცნობა და ინსტრუქტაჟი;
- H10. სამუშაო ეტაპები, დავალებებისა და პასუხისმგებლობის აღწერა;
- H11. სამუშაო დრო, ზეგანაკვეთური სამუშაო, სამუშაო ცვლები;
- H12. შრომითი ურთიერთობების არასანდლობა;
- H13. ნაკლოვანებები სამუშაოს ან ორგანიზაციის მართვაში;
- H14. არაჯანსაღი სამუშაო ატმოსფერო [8];
- H15. ინფორმაციის ნაკლებობა;
- H16. ძალადობის საშიშროება;
- H17. ურთიერთობის არასაქმიანი ფორმები;
- H18. სოციალური მხარდაჭერის უქონლობა;
- H19. ზემოქმედების შესაძლებლობების უქონლობა.

რაც შეეხება ბიოლოგიურ საფრთხეებს (B), ეს შეიძლება იყოს ობი, ხავსი, მწერებისა და ქვეწარმავლების ნაკბენი, ინიექცია და სხვ.

სამუშაოთა საფრთხეების განსზღვრა და რისკების შეფასება შემდეგი თანმიმდევრობით მიმდინარეობს:

# სამუშაოდან გამომდინარე საფრთხის განსაზღვრის და რისკის შეფასების თანმიმდევრობა



ნახ. 2. საფრთხეებისა და რისკების შეფასების თანმიმდევრობა

ადამიანების მუშაობის დაგეგმვა წარმოდგენილია სქემატური „კიბის“ სახით მე-3 ნახ-ზე. როგორც სქემიდან ჩანს, „კიბის“ საყრდენი საფეხური არის სამუშაოს უსაფრთხოება, შემდეგ მოდის სამუშაო ამოცანების შესრულება, სამუშაოს გონივრული მოცულობა, თანამშრომელთა კმაყოფილება, [9] სამუშაოს სოციალური თავსებადობა და მუშაკთა ჩართულობა დაგეგმვის პროცესში.

## ადამიანების მუშაობის დაგეგმვა



ნახ. 3. მუშაობის დაგეგმვა

მიუხედავად ახალი და თანამედროვე ტექნოლოგიების გამოყენებისა, ჯერ კიდევ ბევრი მძიმე სამუშაო სრულდება ხელით. ხშირად გამოიყენება მოძველებული ინსტრუმენტები, მან-

ქანები და მოწყობილობები, რომლებსაც არა აქვს კარგი დიზაინი და მათი ექსპლუატაცია ხდება ცუდი ტექნიკური მომსახურების თანხლებით. ბევრ მუშას სამშენებლო ობიექტზე არა აქვს სათანადო გამოცდილება. ხშირად ხდება აუცილებელი მძიმე ტვირთის გადატანა ზევით და ქვევით კიბეებზე, სამშენებლო ხარაჩოებსა და ბაქნებზე. ადამიანები, რომლებიც მუშაობენ სამშენებლო ობიექტებზე, ხშირად იტანჯებიან წელის ტკივილით, აგრეთვე, სახსრებისა და კუნთების დაზიანებით.

სამშენებლო მოედანზე მრავლადაა ისეთი სამუშაო, რომლის დროსაც მუშები განიცდიან მძიმე სტატიკურ დატვირთვას [10], როდესაც მიმდინარეობს კედლების და ჭერის მოპირკეთება, შედგება და ელექტროსადენების მონტაჟი, ხშირად ხელები მხრებზე მაღლა აქვთ აწეული. ამ შემთხვევაში სასურველია სამუშაო პოზის ხშირი ცვლა.

მოუხერხებელ სამუშაო პოზაში ყოფნა იწვევს სამუშაო დროის გახანგრძლივებასა და დაღლას. მაგალითად, ისეთი სამუშაოს შესრულება, რომლის დროსაც ხელები თავზე მაღლაა აწეული, მაღე იწვევს მხრების კუნთების დაღლას და, თუ ამას ემატება დახრა ან შემობრუნება, მაშინ შესაძლებელია ზურგის კუნთების დაჭიმვაც. უხერხული სამუშაო პოზა ხდება მიზეზი სამუშაო ოპერაციების შესრულების დროის თანდათანობით მომატებისა. ამ დროს იზრდება ტრავმების მიღებისა და მოწყობილობის დაზიანების ალბათობა.

ჟანგბადის ნაკლებობის შემთხვევაში, ასევე ტოქსიკური და მომწამვლელი აირების არსებობისას მოსალოდნელია საშიში საჰაერო სივრცის წარმოქმნა. ასეთი გარემო შესაძლებელია შეიქმნას მოწყობილობებისა და სატრანსპორტო საშუალებების გამონაბოლქვი აირებისაგან, ცარციან ნიადაგში ნახშირორჟანგიანი აირის წარმოქმნისას, საკანალიზაციო კოლექტორში დანალექის გახრწნისას, აირგაყვანილობის მილიდან აირის გაჟონვისას, ლითონის კონსტრუქციის კოროზიისას, საწარმოო და სავაჭრო საწარმოების სხვადასხვა ნარჩენისა და ბენზინის არსებობისას. დახურულ სივრცეში ჩატარებულმა სამუშაოებმა შესაძლოა ეს სივრცე გახადოს საშიში. მაგალითად, ზოგიერთი სახის სამღებრო სამუშაოებისა და იატაკის ფილების დაგებისას სპეციალური წებოს ხმარების შემთხვევაში, სარეცხი სითხეებისა და გამსხნელების გამოყენებისას და ა. შ.

## დასკვნა

ყოველწლიურად ხდება მძიმე სახის უბედური შემთხვევები, მათ შორის ისეთებისა, რომლებიც სიკვდილით მთავრდება იმის გამო, რომ მუშაკები შედიან დახურულ სივრცეში აუცილებელი წინასწარი შემოწმების ან შესაბამისი დამცავი და მაშველი მოწყობილობის გარეშე. საკმაოდ ხშირად ადამიანის დახმარებისა და გადარჩენის მცდელობა ისეთი ტრაგედიით მთავრდება, როდესაც იღუპება როგორც დაშავებული, ისე ცუდად ეკიპირებული მაშველი [11]. დახურული სივრცის ნათელი მაგალითია სათავსი ვიწრო გასასვლელით. ასეთ კატეგორიას ასევე შესაძლებელია მიეკუთვნოს ღია საძრომი და დასათვალიერებელი ჭები, საკანალიზაციო კოლექტორები, თხრილები, მილსადენები, საჰაეროები, დახურული სარდაფები და სხვა ადგილები, სადაც არ ხდება საკმარისი ვენტილაცია.

ბევრი ასეთი უბედური შემთხვევის თავიდან აცილება იქნებოდა შესაძლებელი, თუ სამუშაოს ხელმძღვანელობასა და მუშაკებს გავლილი ექნებოდათ შესაბამისი მომზადება და იმუშავებდა სამუშაოებზე დაშვების კონტროლის სისტემა.



## ლიტერატურა – REFERENCES

1. [https://www.ilo.org/moscow/areas-of-work/occupational-safety-and-health/WCMS\\_249278/lang-en/index.htm](https://www.ilo.org/moscow/areas-of-work/occupational-safety-and-health/WCMS_249278/lang-en/index.htm)
2. <https://publika.ge/blog/shromis-inspeqciis-istoria-saqartveloshi-ras-moicavs-samsakhuris-gazrdili/>
3. <https://moh.gov.ge/ka/723/>
4. <https://moh.gov.ge/ka/728/>
5. ლ. ჩხეიძე, ნ. ჟვარელია. საწარმოო გარემოს ჰიგიენური უსაფრთხოება. 2013.
6. <https://safco.ge/>
7. David A. Madsen, David P. Madsen. Modern Residential Construction Practices. 2017.
8. <https://www.vpgroundforce.com/gb/shoring-equipment/products/medium-duty-hydraulic-equipment/super-mega-brace/>
9. <https://www.theconstructionindex.co.uk/news/view/super-struts>
10. [https://bauerfoundations.com/en/construction\\_methods/ground-anchors/#:~:text=Permanent%20anchors%20are%20ground%20anchors,against%20corrosion%20by%20special%20measures.](https://bauerfoundations.com/en/construction_methods/ground-anchors/#:~:text=Permanent%20anchors%20are%20ground%20anchors,against%20corrosion%20by%20special%20measures.)
11. <https://www.vpgroundforce.com/gb/media-hub/articles/groundforce-blog/march-2011/hydraulic-struts-basic-principals/>

## LABOUR SAFETY

### RISK FACTORS OF ACCIDENTS AND OCCUPATIONAL DISEASES IN CONSTRUCTION

**N. Razmadze, N. Ratiani, M. Qitoshvili, A. Korkotadze**

(Georgian Technical University)

**Resume.** General safety matters, statistical data of accidents, international labour organization data and available data of Georgia is discussed.

Prevention of anticipated risks and accidents at the workplace has become an unsolved problem in the later years. People employed for heavy, harmful and hazardous work with increased risk are one of the most unprotected group of people in Georgia.

Despite the adoption of the law on labour safety and development of monitoring tools, human life and health is under the risk almost every day at dangerous workplaces. The number of people who have died or have been injured due to occupational injuries is alarming.

Risk factors in construction are of the following types: physical risk factors (F), accident risk factors (T), ergonomic risk factors (E), chemical risk factors (K), risk factors in construction (F), biological risk factors (B), psychological risk factors (H); The most common physical hazards in construction are those that lead to severe injuries and death to workers. The sequence of identifying threats and risks, as well as the so-called human work staircase planning where safety is the most important first step, are theoretically examined and visually presented.

**Keywords:** accidents; construction site; dangers; fall from height; injuries; occupational diseases; occupational safety; risk; toxic substances.

## ბუნებრივი ნაერთების შემცველი ფიტოკოსმეტიკური საშუალებები და ადამიანის ჯანმრთელობა

### ქეთევან ბაციკაძე, ირმა ცომია

(საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი)

**რეზიუმე:** სამკურნალო კოსმეტიკა არის მიმართულება, რომელიც ჩამოყალიბებულია კოსმეტოლოგიისა და ფარმაკოლოგიის საფუძველზე. თანამედროვე მსოფლიოში სამკურნალო კოსმეტიკური საშუალებების პოპულარობა ყოველწლიურად იზრდება. აღნიშნული საშუალებები ეფექტურად ფარავს კანის ზედაპირს თხელი ფენით, იცავს კანს გარემოს მავნე ზემოქმედებისაგან და უმკლავდება კანის ბევრ პრობლემას; გარდა ამისა, ინარჩუნებს კანის წყალ-მინერალურ ბალანსს.

სამკურნალო კოსმეტიკა შეიცავს მინიმალური რაოდენობით კონსერვანტს და სურნელოვან ნივთიერებას, რაც ამცირებს მისი შენახვის ვადას. ჩვეულებრივი მედიკამენტებისაგან განსხვავებით, სამკურნალო კოსმეტიკის გამოყენება შეუძლია ჯანმრთელ ადამიანსაც, რადგან სამკურნალო თვისებების გარდა, მას აქვს კარგი კოსმეტიკური და დეკორატიული თვისებებიც.

ფიტოკოსმეტიკა შეიცავს მცენარეული წარმოშობის ექსტრაქტებს, გამონაწვლილებს, ესენციებს, ვიტამინებს, ფიტოჰორმონებს და სხვ. სამკურნალო მცენარეები ავლენს ყველა სასარგებლო და სამკურნალო თვისებას მათში შემავალი ცილების, ცხიმების, ნახშირწყლების, ფერმენტების, ეთერზეთების, მინერალებისა და სხვა სასარგებლო ნივთიერებების გამო. ფიტოკოსმეტიკური საშუალებები ეფექტური და უსაფრთხოა ადამიანის ჯანმრთელობისათვის; ამასთან, გამოირჩევა კანისათვის აუცილებელი საკვები ნივთიერებების მიწოდებისა და რეგენერაციის უნარით. ისინი ხელს უწყობენ ფრჩხილის მიკოზების, პედიკულოზის, ჰერპესული გამონაყრის გაქრობას და წარმოადგენენ საუკეთესო საშუალებებს თმის ცვენის, დაბერებისა და სხვა პრობლემების პრევენციისათვის.

**საკვანძო სიტყვები:** ვიტამინი; მიკოზი; ფერმენტი; ფიტოკოსმეტიკა; ცილა.

### შესავალი

როგორც ცნობილია, ტერმინი „კოსმეციტიკა“ ეკუთვნის ცნობილ ამერიკელ დერმატოლოგს ალბერტ კლიგმანს, რომელიც ამ ტერმინს უკავშირებს სიტყვებს „კოსმეტიკას“ და „ფარმაცევტულ საშუალებებს“ (რომლებიც წარმოადგენს ახალ, მესამე კატეგორიის პროდუქტებს) და მათი შედარება შეიძლება თერაპიულ და პროფილაქტიკურ კოსმეტიკასთან.

სამკურნალო კოსმეტიკა არის რაღაც შუალედური ჩვეულებრივ კოსმეტიკასა და მედიკამენტებს შორის. ა. კლიგმანი ახალი ტერმინის შექმნამდე მიიყვანა რეტინოლის მუავასთან დაკავშირებული სამუშაოების ხანგრძლივმა სერიამ. ამერიკული კანონმდებლობის მიხედვით, რეტინოლის მუავა არის წამალი და შეიძლება გამოყენებულ იქნეს როგორც ნაოჭების გასასწორებლად, ისე ულტრაიისფერი სხივებისგან დაზიანებული კანის სამკურნალოდ.

ასე რომ, მისი შემცველი პროდუქტები არ შეიძლება და კლასიფიცირდეს სამკურნალო ნივთიერებებად მათი კოსმეტიკური დანიშნულების გამო, თუმცა მას შეუძლია გამოიწვიოს

სერიოზული გვერდითი მოვლენები და ამიტომ ითვლება სამკურნალო პროდუქტად. სწორედ ამ კატეგორიის პროდუქტების აღსანიშნავად იქნა შემოთავაზებული ტერმინი „კოსმეცეპტიკა“.

ბოლო წლებში ფიტოკოსმეტიკის მიმართ ინტერესი მნიშვნელოვნად გაიზარდა მთელ მსოფლიოში. მანამდე კი ქიმიური მრეწველობის სწრაფი განვითარების გამო ბუნებრივი პროდუქტები სრულიად მივიწყებული იყო ყველასაგან, რადგან ითვლებოდა, რომ სინთეზური ნაერთი ბევრად უფრო ეფექტურია ადამიანის ორგანიზმისათვის, ვიდრე ყველაზე ღირებული ბუნებრივი კომპონენტი.

ტერმინი „ფიტოკოსმეტიკა“ მომდინარეობს ბერძნული სიტყვისაგან („ფიტო“), რაც ნიშნავს მცენარეს. უძველესი დროიდან ადამიანი იყენებდა მწვანე ბუნებრივ აფთიაქს. მაგალითად, კოსმეტიკური მიზნებისთვის გამოიყენებოდა მცენარის ყველა ნაწილი: ყვავილები, ღეროები, ფოთლები, ფესვები. არსებობდა სახისა და სხეულის მოვლის უამრავი ხალხური რეცეპტი. სამკურნალო ფიტოკოსმეტიკა არის მაღალი ხარისხის, აქვს მცენარეული წარმოშობის ბუნებრივი ბაზა და გამოირჩევა სამკურნალო მცენარეების ღირებული ექსტრაქტების უხვი შემცველობით, რომელთა ეფექტიანობას აძლიერებს კოსმეტიკურ პრეპარატებში დამატებული ბუნებრივი ინგრედიენტები.

### ძირითადი ნაწილი

დედამიწაზე სიცოცხლის წარმოშობის ისტორია მჭიდროდაა დაკავშირებული სხეულში წყლის შენარჩუნების პრობლემის გადაწყვეტასთან. მხოლოდ ორგანიზმში წყლის შეკავების მეშვეობით შეძლეს ცოცხალმა არსებებმა ხმელეთზე არსებობა. ცოცხალი არსებების წყალთან დაშორებამ ჩამოაყალიბა სხვა ისეთი მექანიზმები, რომლებიც ხელს უწყობს ტენიანობის „ჩაკეტვას“, მაგალითად, კერატინის სინთეზს. კერატინი არის ცილა, რომელსაც აქვს დიდი მოლექულური მასა და წყალში უხსნადია. კერატინის არსებობა ეპიდერმისის რქოვანა შრის უჯრედებში განსაზღვრავს კანის დამცავ ფუნქციებს. ამის გამო, კანიდან ტენის აორთქლება შეზღუდული იყო.

განვითარების გვიან ეტაპზე კანის უჯრედებმა დაიწყო დატენიანებისათვის კიდევ ერთი ძალიან მნიშვნელოვანი ნივთიერების – ფილაგრიინის სინთეზი. ფილაგრიინი საინტერესოა იმიტომ, რომ ფერმენტების გავლენით იშლება მთელ რიგ ამინომჟავებად (გლუტამინი, ჰისტიდინი და სხვ.), რომლებიც წარმოადგენს ბუნებრივ ჰიდროფიქსატორებს (NMF, Natural Moisturizing Factor), ე. ი. ნივთიერებებს, რომლებიც ინარჩუნებს წყალს. როდესაც კანს წყალი აკლია, აქტიურდება ფილაგრიინის დაშლის პროცესი და იზრდება ჰიდროფიქსაციის საშუალებების რაოდენობა; შესაბამისად, იზრდება ტენიანობის პროცენტი. გარე და შიგა ფაქტორების გავლენით კანის ბუნებრივი დამცავი მექანიზმები იშლება დეჰიდრატაციის გამო. კანი ხდება მოშვებული, მშრალი და არათანაბარი. მასზე ნაოჭები უფრო სწრაფად ჩნდება. ამ შემთხვევაში აუცილებელია დამატენიანებელი საშუალებების გამოყენება. სამკურნალო კოსმეტიკა არის მიმართული, რომელიც ჩამოყალიბებულია კოსმეტოლოგიისა და ფარმაკოლოგიის საფუძველზე. მასში შედის კოსმეტიკური პროდუქტები, რომლებსაც მოაქვს გარკვეული სარგებელი და დაკავშირებულია რეალურ, მოსალოდნელ დადებით ეფექტებთან. მწარმოებლები ხშირად აცხადებენ, რომ სამკურნალო კოსმეტიკური საშუალებები მსგავსია წამლებისა, რომლებიც ადრე შემუშავებული იყო მხოლოდ სამკურნალოდ. სამკურნალო კოსმეტიკური საშუალებების პოპულარობა ყოველწლიურად იზრდება. გასულ წელს გაყიდვებმა მილიონობით დოლარი შეადგინა. თუმცა, არსებობს პრეცედენტი, როცა კოსმეტიკის მწარმოებლები ტერმინს „სამკურნალო კოსმეტიკა“ არასწორად იყენებენ იმ პროდუქტებთან მიმართებაში, რომლებიც არ არის სამკურნალო, მაგრამ შეიცავს მხოლოდ აქტიურ აგენტებს კომპონენტების კანის ღრმა ფენებში გადასატანად.

სამკურნალო კოსმეტიკური საშუალებების გამოშვების ფორმები ისეთივეა, როგორც ჩვეულებრივი კოსმეტიკური საშუალებებისა; კერძოდ, ეს არის კრემები, ემულსიები, ზეთები, ბალზამები, ლოსიონები, გელები, შამპუნები, ტუჩსაცხები, კბილის პასტები, სტომატოლოგიური ელექსირები და ა.შ. ერთადერთი განსხვავება მხოლოდ ისაა, რომ სამკურნალო კოსმეტიკა შეიცავს მედიკამენტებს და იყიდება აფთიაქებში. სამკურნალო კოსმეტიკას, ისევე როგორც ნებისმიერ სამკურნალო საშუალებას, აქვს თავისი ჩვენებები და უკუჩვენებები. იგი ფარავს კანის ზედაპირს თხელი დამცავი ფენით, იცავს კანს გარემოს მავნე ზემოქმედებისგან და ინარჩუნებს კანის წყალ-მინერალურ ბალანსს.

სამკურნალო კოსმეტიკა შეიცავს მინიმალური რაოდენობით კონსერვანტებს და სურნელოვან ნივთიერებებს, რაც ამცირებს მათი შენახვის ვადას. ჩვეულებრივი მედიკამენტებისაგან განსხვავებით, სამკურნალო კოსმეტიკა შეიძლება გამოიყენონ ჯანმრთელმა ადამიანებმაც, რადგან სამკურნალო თვისებების გარდა, მათ აქვთ კარგი კოსმეტიკური და დეკორატიული თვისებებიც (მაგალითად, სოკოს საწინააღმდეგო ფრჩხილის ლაქი).

ფიტოკოსმეტიკა შეიცავს უამრავ ისეთ კომპონენტს, როგორცაა ექსტრაქტები, ესენციები, ვიტამინები, ფიტოჰორმონები, კონსერვანტები, არომატული სურნელოვანი ნივთიერებები და ა.შ. ყველა ეს ინგრედიენტი ასრულებს გარკვეულ და ძალიან მნიშვნელოვან ფუნქციას. მაგალითად, ექსტრაქტები ასტიმულირებს და კვებავს კანს. კონსერვანტები იცავს კოსმეტიკურ პრეპარატებს მათში ბაქტერიებისა და სოკოების გაჩენისაგან, არომატული სურნელოვანი ნივთიერებები პროდუქტს აძლევს სასიამოვნო სუნს. სამკურნალო მცენარეები ავლენს ყველა თავის სასარგებლო და სამკურნალო თვისებას მათში შემავალი ქიმიური ნაერთების რთული ნაკრების (ცილები, ცხიმები, ნახშირწყლები, ვიტამინები, ფერმენტები, ეთერზეთები, მინერალები და ა.შ.) წყალობით. მცენარეში შემავალი სასარგებლო ნივთიერებების გამო მათ იყენებენ კოსმეტოლოგიაში კრემების, ლოსიონების, ნიღბებისა და სხვა სახით. მრავალფეროვანი ფაუნდიან კოსმეტოლოგები ირჩევენ ისეთ მცენარეებს, რომლებიც გავლენას ახდენს კანზე და ასრულებს გარკვეულ ფუნქციებს. მაგალითად, ლავანდა იცავს კანს გარემოს მავნე ზემოქმედებისგან; გულყვითელა, კუნელი და ძირტკბილა დეზინფექციას უკეთებს კანს; ვარდი, სიმინდი და გვირილა აძლიერებს და ტონუსში მოჰყავს სისხლძარღვები, ხსნის შეშუპებას და ანთებას; მარწყვი და ნესვი ასუფთავებს კანს მკვდარი უჯრედებისაგან და ატენიანებს მას.

კოსმეტოლოგიური და სამკურნალო თვალსაზრისით ერთ-ერთი საინტერესო მცენარეა გვირილა, რომელიც შეიცავს ბევრ ბიოლოგიურად აქტიურ ნივთიერებას. მისი გამოყენება შესაძლებელია ნაყენებსა და ნახარშებში, კომპრესების, ლოსიონების და კრემების დასამზადებლად, თმის დასაბანად. გვირილა ხელს უწყობს კანის ტონუსის ამაღლებას, ხსნის გაღიზიანებას და ამცირებს ჰიპერმგრძობელობას.

პიტნა სურნელოვანი მცენარეა, რაც განპირობებულია მასში შემავალი რთული ქიმიური შედგენილობის ეთერზეთით, რომლის მთავარი კომპონენტია მენტოლი. მას აქვს კანის ზედაპირული სისხლძარღვების შეკუმშვისა და შინაგანი ორგანოების სისხლძარღვების გაფართოების უნარი. გარდა ამისა, პიტნა შესანიშნავი ანტისეპტიკური საშუალებაა. მას აქვს სასარგებლო ეფექტი და დადებითად მოქმედებს მშრალ და დანაოჭებისაკენ მიდრეკილ კანზე. გაღიზიანებისა და ქავილის დროს გამოირჩევა დამამშვიდებელი ეფექტით. პიტნა, ჩვეულებრივ, გამოიყენება ნაყენის სახით. თუ ორთქლის აბაზანების მიღებისას წყალში პიტნის ფოთლებს დაეუმატებთ, სისხლის მიმოქცევა გაუმჯობესდება.

საუკეთესო ფიტოკოსმეტიკური საშუალებაა ალოე, რომელიც შეიცავს ფერმენტებს, ვიტამინებს, ფისოვან ნივთიერებებს, ფენოლებს და გლიკოზიდებს. მას აქვს ბაქტერიციდული მოქმედება, აუმჯობესებს კანის რეგენერაციის პროცესებს, ზრდის მის ტონუსს და ხელს უშლის ნაოჭების გაჩენას.

**ექსპერიმენტული ნაწილი.** კოსმეტიკურ საშუალებებში მცენარეები შეიძლება გამოყენებულ იქნეს როგორც ბუნებრივი სახით, ისე სხვადასხვა სამკურნალო ფორმით. სამკურნალოდ ძირითადად გამოიყენება გამომშრალი მცენარეები ან მათი ნაწილები. მცენარეული ნედლეულისაგან ბიოლოგიურად აქტიური ნივთიერებები მიიღება სხვადასხვა გამსხნელის გამოყენებით. ამ ნივთიერებების უმეტესობა წყალში ხსნადია, მაგრამ ზოგიერთი იხსნება მხოლოდ სპირტში ან ცხიმში. მცენარეული ნედლეული (ფოთლები, ყვავილები და ბალახი) დაქუცმაცებულია, ჩვეულებრივ, არაუმეტეს 5 მმ-მდე ზომის ნაწილაკებად (უხეში ფოთლები – 1 მმ-მდე); ფესვები, ქერქი და ღეროები – არაუმეტეს 3 მმ-მდე; ხილი და თესლი – 0,5–1 მმ-მდე.

კოსმეტიკაში ყველაზე ფართოდ გამოიყენება სამკურნალო მცენარეული ნაყენები, ანუ სამკურნალო მცენარეების ექსტრაქტები, რომლებიც მიიღება მცენარის სპირტზე დაყენებით. ნაყენის მოსამზადებლად დაქუცმაცებულ მცენარეებს ათავსებენ მინის ქილაში ან ბოთლში, ავსებენ სპირტით და თავდახურულს 7–10 დღის განმავლობაში ინახავენ ოთახის ტემპერატურაზე. შემდეგ გადაწურავენ, ფილტრავენ ორ ფენად დაკეცილი მარლის ან ფილტრის ქაღალდის მეშვეობით. ნაყენი ინახება კარგად თავდახურულ მუქ შუშის ჭურჭელში ოთახის ტემპერატურაზე, მზისგან დაცულ ადგილას. ნაყენების უმეტესობა მზადდება 1:5 ან 1:10 თანაფარდობით (ანუ ნედლეულის 1 ნაწილზე იღებენ 5 ან 10 წილ სპირტს).

ცნობილი კოსმეტიკური ბრენდების მესვეურები საერთაშორისო სტანდარტების დაცვით მუდმივად ატარებენ კვლევებს და აუმჯობესებენ წარმოების ტექნოლოგიებს, რათა მცენარეული წარმოშობის კოსმეტიკური პროდუქტები უფრო და უფრო ეფექტური და უვნებელი გახადონ. სამკურნალო მცენარეების გამოყენება მხოლოდ თერაპიული ან პროფილაქტიკური მიზნებით არ შემოიფარგლება. ისინი ფართოდ გამოიყენება ნიღბების, ნაყენების, ლოსიონების, აბაზანებისა და ნახარშების სახით. კარგი კოსმეტიკა არ საჭიროებს ქიმიური ნივთიერებების, ტოქსინებისა და კონსერვანტების დამატებას. კოსმეტიკური საშუალებები, რომელიც დამზადებულია ბუნებრივი წარმოშობის კომპონენტებისაგან და არ შეიცავს ქიმიურ დანამატებს, უზრუნველყოფს დადებით შედეგს და უარყოფითად არ მოქმედებს ჯანმრთელობაზე. ბუნებრივი კოსმეტიკა, როგორც წესი, უფრო ფიზიოლოგიურია, ანუ უკეთესად აღიქმება კანის მიერ. ბუნებრივი კოსმეტიკა ეფექტურია, რადგან შეიცავს ძვირფას პროდუქტებს. სწორედ იშვიათი სამკურნალო კომპონენტების კომბინაცია და მაღალი ტექნოლოგია არის წარმატების გასაღები. ბუნებრივი კოსმეტიკისაგან განსხვავებით, ჩვეულებრივი კოსმეტიკური საშუალებების წარმოება აბინძურებს (პოლიმერებით, ფისებით და სხვ.) ნიადაგს, წყალს, ატმოსფეროს და ვნებს ცოცხალ ორგანიზმებს. მცენარეულ კომპოზიციებს სპეციალისტები ირჩევენ კონკრეტული პრობლემის გადასაჭრელად (თმის გაზრდა, ცხიმის გამოყოფის შემცირება, კანის ფორების შევიწროება და ა.შ.). თერაპიული კოსმეტიკა შეუცვლელია მათთვის, ვისაც ძალიან მგრძობიარე კანი აქვს. ამ ტიპის კანი, როგორც წესი, ვერ უძლებს დიდი რაოდენობით კონსერვანტებს, სურნელებსა და საღებრებს კოსმეტიკურ საშუალებებში. უმეტეს შემთხვევაში, კოსმეტიკური საშუალებები არა მარტო ჰიპოალერგიულია, არამედ შეიცავს ისეთ სამკურნალო კომპონენტებს, რომლებიც ამშვიდებს გაღიზიანებულ კანს, ხდის მას ჯანსაღსა და მოვლილს.

## დასკვნა

ამრიგად, მცენარეულ ნედლეულში გავრცელებული ბიოლოგიურად აქტიური ნივთიერებების შემცველი კოსმეტიკური საშუალებები ძალიან ეფექტური და უსაფრთხოა ადამიანის ჯანმრთელობისათვის. აღნიშნულიდან გამომდინარე, კოსმეტიკის მწარმოებელი კომპანიები ზრუნავენ თავიანთი მომხმარებლების ჯანმრთელობასა და გარემოზე.

სამკურნალო კოსმეტიკური საშუალებების დიდი უპირატესობაა ის, რომ შესწევს კანი-სათვის აუცილებელი საკვები ნივთიერებების მიწოდებისა და მისი რეგენერაციის უნარი. კოსმეტიკური პროდუქტების გამოყენება კანზე იმდენად ეფექტურია, რომ ამცირებს მედიკამენტების საჭიროებას დერმატოლოგიური პრობლემების მოსაგვარებლად. სამკურნალო კოსმეტიკური პროდუქტები ხელს უწყობს ფრჩხილების მიკოზების, პედიკულოზის მოცილებას და ტუჩებზე ჰერპესული გამონაყრის გაქრობას. გამართლებულია მათი ხმარება სწრაფი დაბერების თავიდან ასაცილებლად და დანაოჯებელი კანის გასწორების მიზნით. გარდა ამისა, სამკურნალო კოსმეტიკური საშუალებების გამოყენება შესაძლებელია თმის ცვენის თავიდან ასაცილებლად და თმის ფოლიკულების აღსადგენად.

ბუნებრივი კომპონენტების შემცველი სამკურნალო კოსმეტიკა გაცილებით ეფექტურია სინთეზურ სამკურნალო კოსმეტიკასთან შედარებით. თანამედროვე ნატურალური კოსმეტიკა შეიცავს არა მარტო ბიოლოგიურად აქტიურ ნივთიერებებს და სხვადასხვა მცენარის ექსტრაქტებს, არამედ სხვა კომპონენტებსაც გააზრებული კომბინაციით. ისინი ისეა ერთმანეთთან შერწყმული, რომ ერთი მათგანის მოქმედება აგებს მეორის მოქმედებას. ნამდვილ სამკურნალო კოსმეტიკას შეუძლია როგორც კანისა და თმის მოვლა, ისე მათი სტრუქტურის აღდგენა და კანის ღრმა ფენების რეგენერაცია.

## **ლიტერატურა – REFERENCES**

1. D. Zwick, N. Dholakia. Whose identity is it Anyway? Consumer representation in the age of database marketing//Journal of macromarketing, 24(1), 11. 3. 2004, pp. 31-43.
2. G. Dartora, H. Dienfethaeler. Investigation on the use of expired makeup and microbiological contamination of mascaras. International Journal of Cosmetic Science, 35(4), 6,11. 2013, pp. 375-380.
3. M.V. Bandarkova. Plant flavonoids as components of cosmetiks Vela Verlag Woldkraiburg, 6. 4. 2013, pp. 217-220.
4. B. Domagalska, A. Mlynarczyk. Essential oils and herbal extracts as antimicrobial agents in cosmetic emulsion. Indian Journal of Microbiology, 53(2), 2013, pp. 232-237.
5. Leslie baumann Cosmeceuticals and Cosmetic Ingredient. McGraw Hill / Medical ed 1.7.12, 2014. - 35 p.
6. Edmund Weisberg. Cosmetic Ingredients 2, 03 November, 2015. - 67 p.
7. Лосева Н.В., Тарасов В.Е. Новый источник АНА-кислот для косметики - источник красоты и здоровья кожи //Ж. Сырье и упаковка, № 1 (138). М., февраль, 2013, с. 16-18.
8. Л. Н. Демина. Минеральный состав водных экстрактов листьев *Betula pendula* Roth, *Ribes nigrum*//Химия раст. сырья, № 4, 2003, с. 57-60.
9. Шарова Е. И. Антиоксиданты растений: Учебное пособие СПбГУ, 2016. - 140 с.
10. Антипова Л.В. Изучение использования модифицированного коллагена для средств личной гигиены//Гигиена санитария, т. 97 , № 8, 2018, с. 714-720.
11. Кулакова Р. Натуральная косметика, 2017, с. 200-222.
12. Лосева Н.В., Тарасов В.Е. Новый источник АНА-кислот для косметики - источник красоты и здоровья кожи // Ж.Сырье и упаковка, № 1 (138), февраль, 2013, с. 16-18.
13. Арнебия М. Натуральная косметика от А до Я. 11.11. 2021, с. 5-12 .
14. Звонарева А. Лечебная косметика из натуральных продуктов. 3. 7. 2005, с. 2-3 .
15. Тайак В., Туами Р. Натуральные ингредиенты для ухода за кожей. 4.3. 2020. - 17 с.

### PHYTICOSMETIC PRODUCTS CONTAINING NATURAL COMPAUNDS AND HUMAN HEALTH

**K. Batsikadze, I. Tsomaia**

(Georgian Technical University)

**Resume.** Medicinal cosmetics is a direction formed based on cosmetology and pharmacology. In the modern world, the popularity of medical cosmetics is increasing every year. These products effectively cover the surface of the skin with a thin protective layer, protect the skin from the harmful effects of the environment, and cope with many skin problems, maintaining the water-mineral balance of the skin.

Medicinal cosmetics contain a minimum amount of preservatives and fragrances, which shortens their shelf life. Unlike conventional medicines, medicinal cosmetics can be used by healthy people, because in addition to medicinal properties, they also have good cosmetic and decorative properties.

Phytocosmetics contain plant-derived extracts, essences, vitamins, phytohormones, etc. Medicinal plants exhibit all useful and healing properties due to the proteins, fats, carbohydrates, enzymes, essential oils, minerals, etc. useful substances contained in them. Phytocosmetic products are effective and safe for human health. They are distinguished by the ability to supply and regenerate nutrients necessary for the skin, help to eliminate nail mycosis, pediculosis and herpes outbreaks. It is used to prevent hair loss, aging and other problems.

**Keywords:** enzyme; mycosis; phytocosmetics; protein; vitamin.

**საქართველოში მოზარდი ეთერზეთების შემცველი მცენარეების ფიტოქიმიური შედგენილობა**

**ნინო ტაბატაძე, ირმა ცომაია, ქეთევან ბაციკაძე**

(სოხუმის სახელმწიფო უნივერსიტეტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი)

**რეზიუმე:** ბუნებრივი ეთერზეთები ხასიათდება ანთების საწინააღმდეგო, ანტიმიკრობული, ანტივირუსული, ანტიბაქტერიული, სპაზმოლიზური, სედატიური, ფუნგიციდური, ციტოტოქსიკური და სხვა თვისებებით და ფართოდ გამოიყენება პარფიუმერიაში და კოსმეტიკაში (სუნამოების, საპნების წარმოებაში), ასევე კანის, პირის ღრუს, თმის მოვლის საშუალებებში. გარდა ამისა, ეფექტურია ნერვული სისტემის, ინფექციური დაავადებების, გრიპისა და სტენოკარდიის, კუჭისა და ნაწლავების, სახსრების, კუნთების ტკივილისა და შაკიკის სამკურნალოდ. აუმჯობესებს ორგანიზმის განწყობას, რეკომენდებულია ინჰალაციისთვის ბრონქიტისა და ზედა სასუნთქი გზების ანთების დროს. დამორგუნველად მოქმედებს ოქროსფერ სტაფილოკოკზე, სხვადასხვა პათოლოგიურ სოკოზე და ა.შ. ასტიმულირებს ნივთიერებათა ცვლას, სისხლის მიმოქცევას და სხვა სასიცოცხლო პროცესებს.

დღემდე გამოვლენილი და შესწავლილია 3000-მდე სახეობის ეთერზეთოვანი მცენარე. მათგან გამოირჩევა გვარი *Thymus L. (Lamiaceae)*, რომელიც აერთიანებს 400-მდე სახეობას. საქართველოში იზრდება *Thymus*-ის 11 სახეობა. *Thymus tiflisiensis* Klokov & Des.-Shost. და *Thymus collinus M. Bieb.* წარმოადგენს საქართველოსა და კავკასიის ენდემებს.

აირ-სითხოვანი ქრომატოგრაფიული მეთოდით შესწავლილ იქნა *Thymus collinus* და *Thymus tiflisiensis* ეთერზეთების შედგენილობა და დადგენილია მათში ეკვალიტოლის, ბორნეოლის, კარვონის, კამფენის, ციტრალისა და სხვათა არსებობა.

ამჟამად მსოფლიოში საკმაოდ გაზრდილია ეთერზეთებზე მოთხოვნილება. როგორც ალტერნატიული მედიცინა, არომათერაპია ეფუძნება ეთერზეთებში არსებული არომატული ნივთიერებების სასარგებლო თვისებების გამოყენებას.

**საკვანძო სიტყვები:** ანტიბაქტერიული; არომათერაპია; ეთერზეთები; ქრომატოგრაფია.

**შესავალი**

როგორც ცნობილია, საქართველოში ეთერზეთების გამოყენებას უძველესი ისტორია აქვს. აღნიშნულ ნივთიერებებს ახასიათებს მრავალმხრივ გამოხატული ისეთი ფარმაკოლოგიური თვისებები, როგორცაა: ანტისეპტიკური, ანტიმიკრობული, ანტივირუსული, ანტიბაქტერიული, ანთების საწინააღმდეგო, სპაზმოლიზური, სედატიური, ფუნგიციდური, ციტოტოქსიკური აქტიურობა და სხვ. ეთერზეთები ხსნის ორგანიზმის ზედმეტ დაძაბულობას და ეხმარება სტრესთან ბრძოლაში, ამაღლებს სხეულის ელასტიკურობას, ამაგრებს სახსრებს და მყესებს, ასტიმულირებს ნივთიერებათა ცვლას, აუმჯობესებს ადამიანის გუნება-განწყობას, სისხლის ცირკულაციას და სხვა სასიცოცხლო პროცესებს.

თანამედროვე მსოფლიოში გაიზარდა ეთერზეთებზე მოთხოვნილება და განვითარდა ალტერნატიული მკურნალობის მიმართულება, რომელიც დამყარებულია ეთერზეთების შემა-



დგენელი არომატული ნივთიერებების სასარგებლო თვისებების გამოყენებაზე. არომატურაპია იმის საშუალებას იძლევა, რომ სურნელის ენერგია შეიძლება გამოყენებულ იქნეს ადამიანის ორგანიზმის ჯანმრთელობის, სიმშვიდისა და სილამაზისათვის.

ბოლო წლებში წამყვანმა ევროპულმა კლინიკებმა ინტენსიურად დაიწყო ეთერზეთების გამოყენება ტრავმის, ოპერაციის შემდგომი მწვავე და პათოლოგიური გამოვლინებების პროფილაქტიკისა და მკურნალობისათვის. მსოფლიოში მნიშვნელოვნად გაიზარდა სხვადასხვა მცენარეული ნედლეულისაგან ეთერზეთების წარმოება და რეალიზაცია. ბუნებრივ ეთერზეთებზე გაზრდილი მოთხოვნილებიდან გამომდინარე, აუცილებელი გახდა როგორც მათი შედგენილობის შესწავლა, ისე მიღების სტანდარტიზაციის მეთოდების დადგენა და მედიცინასა და პარფიუმერია-კოსმეტიკაში გამოყენების შესაძლებლობის განსაზღვრა.

## ძირითადი ნაწილი

ეთერზეთები მცენარეული წარმოშობის სურნელოვანი, ადვილად აქროლადი, თხევადი ნივთიერებების ნარევია. ეთეროვანი უწოდეს მას, რადგან ეთერის მსგავსად იგი მსუბუქი და აქროლადია, ხოლო ზეთი – იმიტომ, რომ გარეგნულად ისეთივე ბლანტია, როგორც ზეთი. ეთერზეთების უმრავლესობა წყალზე მსუბუქია, თუმცა გვხვდება ისეთებიც, რომელთა კუთრი წონა ერთზე მეტია.

გარეგნულად ეთერზეთები უფერო, იშვიათად მომწვანო ან მოყვითალო-ოქროსფერი სითხეებია. ზეთების უმეტესობას აქვს ტკბილი, ზოგჯერ მომწარო (ან სურნელ-სანელებლის) გემო. არ იხსნება წყალში, მაგრამ იხსნება ორგანულ გამსხნელებში (პეტროლეინის ეთერში, ეთილის სპირტში, ბენზოლში, მცენარეულ და ცხოველურ ცხიმებში), ჰაერზე ადვილად იჟანგება და იცვლის სუნს.

ეთერზეთები არ წარმოადგენს ინდივიდუალურ ნივთიერებებს. მათში შედის სხვადასხვა ორგანული ნაერთი, რომელთაგან აღსანიშნავია იზოპრენული ნაშთის შემცველი ტერპენოიდები და ჟანგბადშემცველი კომპონენტები. ტერპენოიდთაგან ფართოდ არის გავრცელებული მონოტერპენები (C<sub>10</sub>H<sub>16</sub>), სესკვიტერპენები (C<sub>15</sub>H<sub>24</sub>), დიტერპენები (C<sub>20</sub>H<sub>32</sub>), პოლიტერპენები ((C<sub>10</sub>H<sub>16</sub>)<sub>n</sub>).

მონოტერპენებს მიეკუთვნება: აციკლური (ალიფატური), მონოციკლური და ბიციკლური ნაერთები. სახელწოდება "სესკვიტერპენი" იმის მანიშნებელია, რომ მისი მოლეკულური მასა 1,5-ჯერ მეტია მონოტერპენის მასაზე. განასხვავებენ აციკლურ, მონოციკლურ და ბიციკლურ სესკვიტერპენებს.

ეთეროვან ზეთებს მიეკუთვნება ჟანგბადშემცველი ნაერთები – სპირტები, ალდეჰიდები, რთული ეთერები, ფენოლები, კარბონმჟავები და ლაქტონები. ამ ნივთიერებებს ახასიათებს სასიამოვნო არომატი, რის გამოც მნიშვნელოვან როლს ასრულებს მრავალი პარფიუმერული კომპოზიციის შექმნაში.

ლიტერატურული მონაცემების მიხედვით ეთერზეთოვანი მცენარეები გავრცელებულია დედამიწის ტროპიკულ და სუბტროპიკულ ზონებში. ისინი წარმოადგენენ კულტურულ ან ველურად მოზარდ სახეობებს. დღემდე გამოვლენილი და შესწავლილია 3000-მდე სახეობის ეთერზეთოვანი მცენარე: 44 %-მდე აღმოჩენილია ტროპიკებში, 9 % – სუბტროპიკებში, 19 % – ზომიერი კლიმატის ქვეყნებში, ხოლო დანარჩენი მეტ-ნაკლებად ყველგანაა გავრცელებული.

ეთერზეთოვანი მცენარეები იყოფა სამ ძირითად ჯგუფად:

- მცენარეები, რომელთა ზეთების შედგენილობა მთელი თავისი სიცოცხლის განმავლობაში უცვლელია;

- მცენარეები, რომელთა ეთეროვანი ზეთების შედგენილობა ცვალებადია;
- მცენარეები, რომლებსაც შუალედური ადგილი უკავია პირველ და მეორე ჯგუფებს შორის.

ეთეროვან ზეთებს შეიცავს მცენარის სხვადასხვა ნაწილი: ყვავილები (ვარდი, ჟასმინი), კვირტები, ნაყოფები (ანისი, კვლიავი), ნაყოფის კანი (ციტრუსები), თესვები (ნუში, გარგარი), ფოთლები (დაფნა, ევკალიპტი), მერქანი (ქაფურის დაფნა), ფესვები (ზამბახი, კოჭა), ქერქი (დარიჩინის ხე). გარდა ამისა, ეთერზეთს შეიცავს ზოგიერთი მცენარის მიერ წარმოქმნილი ფისი და ბალზამი. რაოდენობრივად ეთეროვანი ზეთები ყველაზე მეტად გროვდება ყვავილებში ან ნაყოფებში, შედარებით ნაკლებად – ფოთლებში, მცირედ – ღეროებში და სრულიად უმნიშვნელოდ – ფესვებში. მათი შემცველობა 0.01–24 %-ის ფარგლებში მერყეობს. მცენარეებში ეთეროვანი ზეთების შემცველობა და შედგენილობა დამოკიდებულია ნიადაგზე, კლიმატურ პირობებზე, ტენიანობაზე, ზღვის დონიდან მდებარეობაზე, მოსავლის აღების დროსა და მცენარის ასაკზე. უმეტეს მცენარეებში მათი მაღალი შემცველობაა ყვავილობისა და თესლის მომწიფების პერიოდში, ამიტომ სწორედ ამ დროს ხდება მცენარეული ნედლეულის შეგროვება და გამოყენება.

**ექსპერიმენტული ნაწილი.** როგორც აღვნიშნეთ, ეთერზეთების წარმოება უძველესი დროიდან არის ცნობილი. რომაელები მცენარისაგან არომატულ ნივთიერებებს ღებულობდნენ მათი ჩაძირვით ცხიმზეთებში სრულ გაჯერებამდე. ეს მეთოდი დღესაც გამოიყენება განსაკუთრებით ძვირად ღირებული ეთერზეთების საწარმოებლად.

თუ ეთერზეთი მდებარეობს მცენარის რომელიმე ორგანოს ზედაპირთან ახლოს სპეციალურ საცავებში, მისი მიღება შესაძლებელია მექანიკური ხერხით – გამოწურვით ან გამოწნევით. ამ მეთოდს იყენებენ, მაგალითად, ციტრუსების ნაყოფის ქერქიდან ზეთის გამოსაყოფად.

მცენარეული ნედლეულისაგან ეთერზეთს მიღება ხდება ძირითადად წყლის ორთქლთან ერთად გადადენის მეთოდით. გადადენა, ჩვეულებრივ, ხორციელდება სხვადასხვა კონსტრუქციის მქონე პერიოდული და უწყვეტი მოქმედების გადასადენ აპარატებში. ეთერზეთების მიღების ერთ-ერთი ფართოდ გავრცელებული მეთოდია ორგანული გამხსნელებით ექსტრაქცია, რომელიც გამოიყენება იმ ზეთებისათვის, რომლებიც ცუდად გადაიდენება წყლის ორთქლთან ერთად. გარდა ზემოთ ჩამოთვლილი მეთოდებისა, ცნობილია აგრეთვე შეკუმშული აირის საშუალებით, კერძოდ ნახშირორჟანგით, ზეთის მიღების მეთოდი. აღსანიშნავია, რომ შეკუმშული აირით მიღებული ზეთი ბევრად უკეთესია ხარისხით სხვა მეთოდით მიღებულ ეთერზეთებთან შედარებით.

ეთეროვანი ზეთების ხარისხის დასადგენად იყენებენ ორგანოლექტიკურ, ფიზიკურ და ქიმიურ მეთოდებს. ამასთან, შეფასება ხდება ფერის, სუნის, გემოს და გამჭვირვალობის მიხედვით, მნიშვნელოვანია აგრეთვე მათი სიმკვრივის, ხვედრითი ბრუნვის სიდიდის, გარდატეხის მაჩვენებლის, გამყარების ტემპერატურის, სპირტში ხსნადობის, მუავიანობისა და სხვა მაჩვენებლების განსაზღვრა.

ეთეროვანი ზეთების ანალიზში მაღალი ინფორმაციულობით, სიზუსტით და საიმედოობით გამოირჩევა აირ-სითხოვანი ქრომატოგრაფიული მეთოდი, რომელიც მიღებული პიკების მეშვეობით ახდენს ნარევის შემადგენელი კომპონენტების იდენტიფიცირებას და რაოდენობრივი შემცველობის განსაზღვრას. ასევე გამოიყენება თანამედროვე მას-სპექტრომეტრიული და <sup>1</sup>H- და <sup>13</sup>C ბმრ-სპექტროსკოპიული მეთოდები.

გვარი *Thymus L. (Lamiaceae)* აერთიანებს 400 სახეობის მრავალწლოვან არომატულ, მარადმწვანე ან ნახევრად მარადმწვანე ბალახოვან მცენარეს. აღნიშნული სახეობები გავრცელებულია ევროპაში, ჩრდილოეთ აფრიკასა და აზიაში.

საქართველოში იზრდება *Thymus*-ის 11 სახეობა. *Thymus tiflisiensis* Klokov & Des.-Shost. და *Thymus collinus* M. Bieb. წარმოადგენს, შესაბამისად, საქართველოსა და კავკასიის ენდემებს.

ჩვენ მიერ პირველად იქნა დახასიათებული *T. tiflisiensis*-ისა და *T. collinus*-ის ეთერზეთების შედგენილობა. მცენარეული ნედლეული შეგროვებულ იქნა ყვავილობისას დუშეთისა და დიდგორის მიდამოებში.

ეთერზეთები მიღებულ იქნა წყლის ორთქლთან ერთად გადადენის მეთოდით (ჰიდროდისტილაციით) 0,2 % (*T. tiflisiensis*) და 0,4 % (*T. collinus*) გამოსავლიანობით.

ეთერზეთების ფიტოქიმიური შედგენილობა შესწავლილია აირ-სითხოვანი ქრომატოგრაფიული (GC-MS) მეთოდის გამოყენებით. ეთერზეთების ანალიზი ჩატარდა აპარატზე Agilent Technologies 7890B, HP-5ms Ultra Inert კაპილარული სვეტით (30 მ × 250 მკმ × 25 მკმ) და მას-სპექტრომეტრით (Agilent Technologies 5977A MSD). გადამტან აირს წარმოადგენდა He, რომლის ნაკადის სიჩქარე იყო 1 მლ/წთ; ინჟექტორის ტემპერატურა – 250 °C, დეტექტორი – 300 °C, სვეტი – 45 °C 2 წთ-ის განმავლობაში, რასაც მოჰყვა ხაზოვანი ზრდა 45-დან 100 °C-მდე (2,5 °C/წთ) იზოთერმულ რეჟიმში 10 წთ-ის განმავლობაში და 100-დან 200 °C-მდე (2,5 °C/წთ) იზოთერმულ რეჟიმში 2 წთ-ის განმავლობაში. გადაცემის ხაზის ტემპერატურა იყო 280 °C. მას-სპექტრები მიღებულია სკანირების რეჟიმში (70 ევ) 50–550 m/z დიაპაზონში.

აირ-სითხოვან ქრომატოგრაფზე მიღებული შედეგებით, *Thymus collinus* და *Thymus tiflisiensis* ეთერზეთების შედგენილობაში გამოვლინდა, შესაბამისად, 22 და 27 ნაერთი, რომელთაგან აღსანიშნავია, რომ ევკალიპტოლი, ბორნეოლი, კარვონი, კოპენი, 9-ეპი-კარიოფილენი, არომადრენი და ფარნესოლი დაფიქსირდა მხოლოდ *T. collinus*-ში; კამფენი, საბინენი, ენდო-ბორნეოლი, ნეროლი, ციტრალი, ბორნილის აცეტატი, ტერპინილის აცეტატი, მუროლენი, ბისაბოლენი, ებისაბოლენი, კარიოფილენის ოქსიდი და ეპი-კუბენოლი კი – *T. tiflisiensis*-ში.

გარდა ამისა, ორივე სახეობის ძირითადი შემადგენელი კომპონენტი იყო ნეროლიდოლი, გერმაკრენი და ფარნესოლი.

## დასკვნა

ამრიგად, საქართველოში ბუნებრივად იზრდება 1000-მდე ეთერზეთოვანი მცენარე. ბევრი მათგანი ძვირფასი ნედლეულია ზეთების მისაღებად და გამოიყენება პარფიუმერიასა და კოსმეტიკური საშუალებების (სუნამოების, ოდეკოლონების, ტუნსაცხების, საპნებისა და ა. შ.) წარმოებაში (ვარდი, ჟასმინი, ვარდისფერი გერანი, პანჟული, ევგენოლის რეჰანი და სხვ.). ვარდის ხის ეთერზეთი ხასიათდება ანტისეპტიკური, ანთების საწინააღმდეგო ტკივილგამაყუჩებელი, დამამშვიდებელი თვისებებით. იგი კვებავს ქსოვილებს და არეგულირებს ნივთიერებათა ცვლას, ასწორებს ნაოჭებს, ახალისებს და აახალგაზრდავებს კანს. აუმიჯობესებს მიკროცირკულაციას და აქრობს შეშუპებებს. ეფექტურია გაღიზიანების და დაღლილობისას. პიტნის და ევკალიპტის ზეთები (მენტოლი, თიმოლი) გამოიყენება კანის, პირის ღრუს და თმის მოვლის საშუალებებში, ყელის, ცხვირისა და ნერვული სისტემის დაავადებების სამკურნალოდ. ამსუბუქებს ორგანიზმის მდგომარეობას გრიპის, ანგინის, ბრონქიტის, ინფექციური დაავადებების დროს, კუჭისა და ნაწლავების ტკივილის დროს, აუმიჯობესებს ემოციურ ფონს, შევლის სახსრების, კუნთების ტკივილს, ეფექტურია შაკიკის დროს. რეკომენდებულია ბრონქიტისა და ზედა სასუნთქი გზების ანთებითი დაავადებების შემთხვევაში ინჰალაციების სახით. ქაფური საუკეთესო ანტისეპტიკური ნივთიერებაა, ხმარობენ საპნის რომატიზაციისათვის. შედის ამოსახველებელი, სიცხის დამწვევი, სახსრებისა და კუნთების რეგმატიული ანთების საწინააღმდეგო და სხვა წამლების შედგენილობაში.

სანდალოზის, დარიჩინის, კვლიავის, კეთილშობილური დაფნის, მიხაკის, ქინძის ზეთები დამორგუნველად მოქმედებს ოქროსფერ სტაფილოკოკზე, ტუბერკულოზის ჩხირზე, ნაწლავის ჩხირზე, სხვადასხვა პათოლოგიურ სოკოზე და ა.შ.

კვების მრეწველობაში ეთერზეთები გამოიყენება საკონდიტრო ნაწარმის, ლიქიორების, არყის, უალკოჰოლო სასმელებისა და სხვა პროდუქტებისათვის სასიამოვნო სურნელის და საგემოვნო თვისებების მისაცემად.

ზემოაღნიშნულიდან გამომდინარე, შეიძლება დავასკვნათ, რომ ბუნებრივ ეთერზეთებს აქვს უდიდესი სამკურნალო პოტენციალი და მათ ეფექტურად იყენებენ პარფიუმერიაში, მედიცინაში, მასაჟ- და არომათერაპიაში. ბოლო პერიოდში ეთერზეთების მიმართ განსაკუთრებით გაიზარდა ინტერესი, რაც არომათერაპიის, როგორც ალტერნატიული მედიცინის, ერთ-ერთი განშტოების ჩამოყალიბებამ გამოიწვია. ეთერზეთების შემცველი მცენარეები მათი მრავალმხრივ გამოხატული ფარმაკოლოგიური ეფექტიანობის გამო არ კარგავს აქტუალურობას, ამიტომაც კვლევები მათი გამოვლენისა და მედიცინაში ეფექტური გამოყენების მიზნით წარმატებით გრძელდება.

## ლიტერატურა – REFERENCES

1. თ. საღარეიშვილი. ფენოლური ნაერთები და ეთეროვანი ზეთები საქართველოში მოხარდ და ინტროდუცირებულ ზოგიერთ უმაღლეს მცენარეში. თბ., 2008. - 213 გვ.
2. რ. ჯაბნიძე, ს. ბერიძე, ნ. ჯაბნიძე. სუბტროპიკული ეთერზეთოვანი კულტურები, საქართველოს სოფლის მეურნეობის მეცნიერებათა აკადემიის რეკომენდაციები. 2016. - 43 გვ.
3. Муравьева Д. А. Тропические и субтропические лекарственные растения. М.: Медицина, 1983. - 656 с.
4. Зенкевич И.Г. Аналитические параметры компонентов эфирных масел для их хроматографической и хромато-масс-спектрометрической идентификации. Моно- и сесквитерпеновые углеводороды. Раст. ресурсы, 32, 1-2, 1996, с. 48-58.
5. R. P. Adams. Identification of Essential Oil Components by Gas Chromatography/Quadrupole Mass Spectroscopy. Allured Publishing Corporation: Carol Stream, Illinois, USA, 2001.
6. T.T. Adebolu, S. A. Oladimeji. Antimicrobial activity of leaf extracts of *Ocimum gratissimum* on selected diarrhoea causing bacteria in southwestern Nigeria. *Afr//J. of Biotechnol.*, 4(7), 2005, pp. 682-684.
7. A.P. Martins, L.R. Salgueiro, R. Vila, F. Tomi, S. J. Cañigüeral, Casanova, A.P. Cunha, T. Adzet. Composition of the essential oils of *Ocimum canum*, *O. gratissimum* and *O. minimum*. *Planta Med.* 65, 1999, pp. 187-189.
8. L.G. Matasyoh, J.C. Matasyoh, F.N. Wachira, M.G. Kinyua, A.W. Muigai Thairu, T.K. Mukiyama. Chemical composition and antimicrobial activity of the essential oil of *Ocimum gratissimum* L. growing in Eastern Kenya. *Afr. //J. Biotechnol.*, 6(6), 2007, pp. 760-765.
9. J. Nguetack, S.K. Nguikwie, D. Fotio, B. Dongmo, P.H. Amvam Zollo, Leth V. Fungicidal potential of essential oils and fractions from *Cymbopogon citratus*, *Ocimum gratissimum* and *Thymus vulgaris* to control *Alternaria padwickii* and *Bipolaris oryzae*, two seed-borne fungi of rice (*Oryza Sativa* L.)//*J. Essential Oil Research*, 19, 2007, pp. 581-587.

### PHYTOCHEMICAL COMPOSITION OF ESSENTIAL OIL-CONTAINING PLANTS IN GEORGIA

**N. Tabatadze, I. Tsomaia. K. Batsikadze**

(Sukhumi State University, Georgian Technical University)

**Resume.** Natural essential oils are characterized by high antimicrobial, antiviral, antibacterial, antiseptic, anti-inflammatory, spasmolytic, sedative, fungicidal, cytotoxic and other activities. They are widely used in perfumery and cosmetics – in the production of perfumes, cologne, lipstick, soaps and etc. also, skin, oral and hair care, treatment of throat, nose and nervous system diseases. Relieve the condition of the body during flu and angina, bronchitis and infectious diseases. Improves the body's mood, effective for treating gastric and intestine, joints, muscle pains and migraine. Recommended for inhalation during inflammatory diseases of bronchitis and upper respiratory tract. Act on a golden staphylococcus, various pathological mushrooms, etc. Stimulates metabolism, blood circulation and other vital processes.

Up to now, about 3000 species of essential oil plants have been identified and studied. Among them, the genus *Thymus* L. (Lamiaceae) stands out, it includes 400 species. 11 species of *Thymus* grow in Georgia.

*Thymus tiflisiensis* Klovov & Des.-Shost. and *Thymus collinus* M. Bieb. are endemic to Georgia and the Caucasus.

The composition of essential oils of *Thymus collinus* and *Thymus tiflisiensis* was studied by GC-MS chromatography method. The presence of eucaptol, borneol, carvone, camphene, citral, etc. were observed in the essential oils.

Due to the above-mentioned effectiveness, natural essential oils have great healing potential in perfumery, medicine, massage therapy and aromatherapy. Because of this, the need for essential oils in the world has grown and developed aromatherapy, as alternative medicine, which is based on the usefulness of the useful properties of the aromatic substances in the essential oils.

**Keywords:** antibacterial; aromatherapy; chromatography; essential oil.

**გვიანბრინჯაოს ხანის საყოფაცხოვრებო კულტურა – პურის საცხობი  
ღუმლები (შიდა ქართლი)**

**ნესტან გუგუშვილი**

(საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი)

**რეზიუმე:** საქართველოს უძველესი ხანის ისტორიის შესწავლა XIX-XX საუკუნის არქეოლოგიური კვლევების შემდეგ აღმოჩენილ არტეფაქტებს დაეფუძნა. მიწათმოქმედების პირველი ნიმუშები მეზოლითის პერიოდით დათარიღდა. დადგინდა, რომ ნეოლითისა და ენეოლითის ხანაში ითესებოდა ხორბალი, ქერი, ფეტვი. გვიანბრინჯაოს ხანის ნამოსახლარებსა და სამაროვნებში აღმოჩენილი პურის საცხობი ღუმლები, ბრინჯაოს ნამგლები, ნამგლის კაუის ჩასართები, მარცვლეულის ბაზალტისაგან დამზადებული ხელსაფქვავეები, ხორბლის ასადები იარაღები და მოსავლის გასაღეწი კოხებით მოჭედილი კვერი საზოგადოების ყოფა-ცხოვრებასა და სამეურნეო კულტურას ასახავს.

პურის საცხობი ღუმლები შიდა ქართლის (ყათნაღისხევის, ხოვლეს, ცხინვალის ნაცარგორის, ნარეკვავისა და გრაკლიანის) გორანამოსახლარებზე ბანურგადახურვიან ნახევრად მიწურ სახლებში გვიანბრინჯაოს ხანის ადრეული ეტაპიდანვე ჩნდება. ქვებით, კერამიკული ნატეხებითა და თიხით ნაგები ღუმლები საცხოვრებლის ჩრდილო-დასავლეთ კუთხეში იმართებოდა და ინტერიერის მთავარ ელემენტს წარმოადგენდა, რომლის ზომები დროსთან ერთად შენობის მოცულობის შესაბამისად იცვლებოდა. თავდაპირველად ღუმელი ორნაწილიანი იყო. საცხობის მარჯვენა მხარეს საჭმლის მოსამზადებელი განყოფილება იყო, მარცხენა მხარეს – საცეცხლე, სანაცრე კი იატაკში იყო ამოკვეთილი. მოგვიანებით ღუმელს სარიტუალო დანიშნულების საკურთხეველი დაემატა.

ნარეკვავის ნამოსახლარზე აღმოჩენილი ღუმლის საცხობ განყოფილებაში თიხის „საწესო კვერების“ იმიტაციები და ცხინვალის ნაცარგორის ერთ-ერთ სამლოცველო სენაკში, ღუმლის წინ და მარცვლეულის კამერაში აღმოჩენილი გამომცხვარი პურის კვერის მინაბადები ადასტურებს პურის ცხობის უძველეს ტრადიციას. გრაკლიანის გორანამოსახლარის მესამე ტერასის სატაძრო კომპლექსზე მიკვლეული (ძვ.წ. 400–350 წწ.) ე.წ. ხოვლური ტიპის პურის საცხობი ღუმლები, მანამდე აღმოჩენილ ღუმლებთან ერთად, გვიან ბრინჯაოს ხანის მიწათმოქმედი საზოგადოების საყოფაცხოვრებო კულტურის შესახებ ზუსტ ინფორმაციას იძლევა.

**საკვანძო სიტყვები:** არქეოლოგია; კულტურა; ღუმელი; ხორბალი.

**შესავალი**

ისტორიული-ეთნოგრაფიული მასალებით და გორანამოსახლარებზე აღმოჩენილი პურის საცხობი ღუმლებით დასტურდება, რომ საქართველოში პურის ცხობა უძველესი კულტურაა. საქართველოში ხორბლის გავრცელების შესახებ ცნობებს ანტიკური საბერძნეთის ისტორიკოსების (ჰეროდოტე, ქსენოფონტი) შრომებში და სულხან-საბა ორბელიანთან (1658–1725 წწ.) ვხვდებით. იოანე ბატონიშვილის კალმასობის მიხედვით, ძველ საქართველოში „გლეხნი ხმარობდნენ ოღესმე ქერჭრელ პურსა, ესე იგი ხორბალსა და ქერსა ერთად დაფქვიან და გა-

მოაცხოებენ.“ „წმინდის“ პური დელიკატესი იყო, განსაკუთრებულ დღეებში მოიხმარდნენ სუფრაზე და მისადმი დამოკიდებულება სარიტუალო რანგში იყო აყვანილი. პურის ცხოობა საოჯახო რიტუალს წარმოადგენდა, ხოლო თონეს წმინდა ადგილად მიიჩნევენ [9].

კვლევის მიზანი გვიანბრინჯაოს ხანის შიდა ქართლის ტერიტორიის გორებზე გაშენებული (ყათნალისხევის, ცხინვალის ნაცარგორის, ხოვლეს, ნარეკეავის, გრაკლიანის) ნამოსახლარების საცხოვრებელ სახლებში აღმოჩენილი პურის საცხოობი ღუმელების წარმოჩენაა. არქეოლოგიურმა კვლევებმა ცხადყო, რომ ხორბლის მდიდარი ჯიშები აღმოსავლეთ საქართველოში შეიქმნა, რასაც ძვ.წ. VI–IV ათასწლეულის ძეგლებზე (არუხლო, ხრამის გორა, შულავერი, ჩიხორი, ხელთუბანი) აღმოჩენილი ხორბლის კარბონიზებული მარცვლები ადასტურებს.

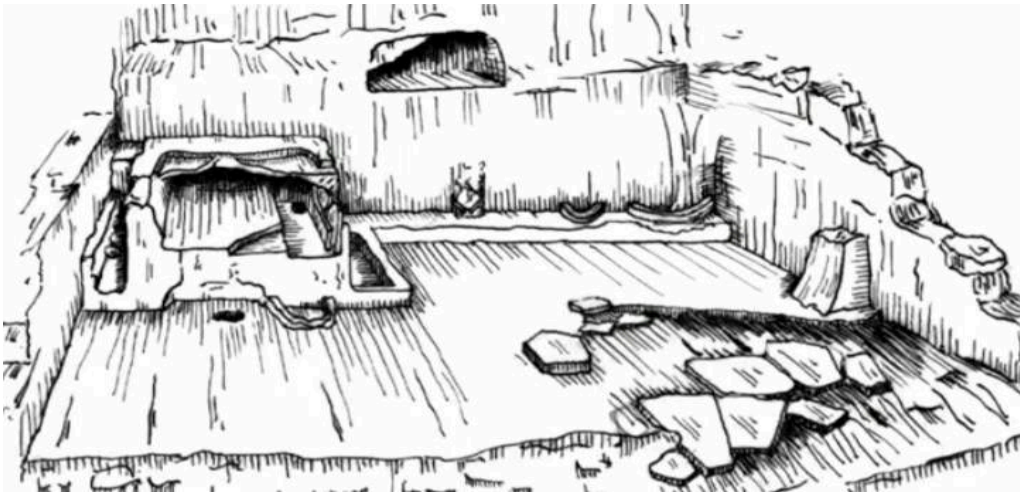
გვიან ბრინჯაოს ხანაში, ძვ. წ. II ათასწლეულის მეორე ნახევარში, ხელოვნურ რწყვაზე დაფუძნებულმა სამიწათმოქმედო კულტურამ ეკონომიკა განავითარა. გაჩნდა მყარი და მუდმივი დასახლებები, ინტენსიურად დასახლდა ბარი, გაიზარდა მოსახლეობის რაოდენობა, შეიცვალა საყოფაცხოვრებო კულტურა. თავდაცვითი თხრილებით გარშემორტყმულ ბანურგადახურულ, ოთხკუთხედი ფორმის რიყის ქვით ნაშენ, თიხით შელესილ ერთოთახიან საცხოვრებელ სახლებში პურის საცხოობი ღუმელები საცხოვრებლის მარცხენა კუთხეში იყო ამართული, რომელსაც გასათბობად, საცხოობად, მოგვიანებით კი სარიტუალო დანიშნულებისთვის იყენებდნენ. გორანამოსახლარებზე აღმოჩენილი ღუმელები გამოკვლეული და შესწავლილია: ა. კალანდაძის, ბ. კუფტინის, გ. მელიქიშვილის ო. ჯაფარიძის, ვ. სადრაძის, პ. უვაროვას, გ. ნიორაძის, კ. ფიცხელაურის, დ. ხახუტაიშვილის, ვ. ლიხელისა და სხვათა მიერ.

პურის საცხოობი ღუმელები ელინისტური ხანიდან მოყოლებული ადრეშუა სუკუნეების ჩათვლით, აგრძელებს არსებობას და საინტერესო, ზუსტ ინფორმაციას გვაწვდის გვიანბრინჯაო ხანის საზოგადოების ცხოვრების, მატერიალური, სულიერი კულტურისა და მიწათმოქმედების დარგების უწყვეტ განვითარებაზე. ამჟამად კვლევა განახლებულია.

### ძირითადი ნაწილი

ყათლანისხევის გორანამოსახლარი, სოფ. უფლისციხის დასავლეთით, მდინარე მტკვრის მარცხენა ნაპირას მდებარე ძვ. წ. II ათასწლეულის მეორე ნახევრის დასაწყისით დათარიღებული პირველი უძველესი არქეოლოგიური ძეგლია. ნამოსახლარის III ნაგებობაში აღმოჩენილია პურის საცხოობი ღუმელი. დ. ხახუტაიშვილის აღწერის მიხედვით საცხოვრებლის იატაკი, სადაც ღუმელი იყო განთავსებული, მეორე ნაგებობისაგან განსხვავებით 40 სმ-ით დაბალია და ნაგლეჯი ქვების ფილით არის მოპირკეთებული. ფართობი 16 მ<sup>2</sup>-ია. ნაგებობის მიწისზედა ნაწილი – ძეგური. კედლის მიწისქვეშა და მიწისზედა ნაწილები რიყის ქვის ფილებითაა გამოყოფილი. შენობის სამხრეთ კუთხეში აღმოჩენილი „ხოვლური ტიპის ღუმლის“ მშენებლობისათვის თიხა და ფლეთილი ქვა გამოუყენებიათ. ოთახისა და ღუმლის იატაკი ერთმანეთისაგან 30 სმ-ითაა დაშორებული.

ყათლანისხევის ნამოსახლარის III ნაგებობაში აღმოჩენილი ღუმელი ორ ნაწილიანია, გადახურვა – თაღოვანი. მარცხენა მოზრდილი ნაწილი საცხოობია, საჭმლის გასაკეთებელი განყოფილებით, მარჯვენა მხარე კი საცეცხლეა (საცეცხლესთან აღმოჩენილია ნაცარი), რომლის სიგანეა 12 სმ, სიგრძე – 85 სმ, ხოლო პირველი განყოფილების სიგრძეა 80 სმ და საცეცხლის – 35 სმ. ღუმელი იმართებოდა, როგორც საცხოვრებელ სახლში, ისე საკურთხეველში. ხოვლეს ნამოსახლარზე ამ ტიპის ღუმელი ძვ. წ. II ათასწლეულის მეორე ნახევრიდან ძვ. წ. IV საუკუნემდე ფუნქციონირებდა. ამავე ტიპისაა ნაცარგორის II ფენაში აღმოჩენილი ნაგებობის ღუმელების ერთი ჯგუფი, რომელსაც გ. გობეჯიშვილი ოთხკუთხა საკურთხეველების სახელით მოიხსენიებს“ [6].



გვიანბრინჯაოს ხანის საცხოვრებელი სახლი ღუმლით

ცხინვალის ნაცარგორა ქ. ცხინვალის სამხრეთ-დასავლეთით 1,5–2 კმ-ზე მდებარეობს. იგი, ბრინჯაოს ხანის პირველი საკულტო მნიშვნელობის ნამოსახლარია, რომელიც 1945 წელს გაითხარა. ამ არქეოლოგიური ძეგლის II და III ფენა ძვ. წ. II ათასწლეულის დასასრულითა და I ათასწლეულის დასაწყისით თარიღდება. სწორედ აქ აღმოჩენილ სამლოცველო სენაკებშია შემონახული მატერიალური კულტურის მაღალი დონის მაჩვენებელი ნივთები: კაუის ნამგლები, ბრინჯაოს ჩანგლები, ქვის მოგრძო ხელსაფქვავეები, თიხის ჭურჭლით შემონახული პურის, ქერის და ფეტვის მარცვლები. სამლოცველო სენაკების კუთხეებში მიკვლეულია ქვებით, კერამიკული ნატეხებითა და მოზეილილი თიხით ამოყვანილი ღუმელი, სამსხვერპლო და საკურთხეველი. ბრინჯაოს ხანის პირველი საკულტო მნიშვნელობის ნამოსახლარზე (ცხინვალის ნაცარგორა) მიკვლეული გამომცხვარი პურის თიხის იმიტაციები სეზონური სამუშაოების დაწყებისას და დღესასწაულზე იმ ნამცხვარ-განატეხების მსგავსია, რომლებსაც სარიტუალო კერის წინაც მიირთმევენ და ბედელშიც ინახავდნენ [10]. როგორც გ. გობეჯიშვილი ამ ხანის საზოგადოების განვითარების შეფასებისას აღნიშნავს: „აღმოჩენა, სხვა გარემოებებთან ერთად, იმაზე მეტყველებს, რომ ამ 3000 წლის წინათ შიდა ქართლში მიწათმოქმედების განვითარება მაღალ საფეხურზე იყო და უდიდესი მნიშვნელობა ჰქონია საზოგადოების ცხოვრებაში“ [3].

ხოვლეს გორანამოსახლარი კასპის რაიონის სოფ. ხოვლეს განაპირას მდებარეობს. ნამოსახლარზე პურის საცხობი ღუმლები ბანურგადახურვიან ერთოთახიან, ტალახის ხსნარზე ქვით ნაგებ სახლებში, მარცხენა მხარეს იყო განთავსებული. ღუმელი გათბობისა და საკვების მომზადების ფუნქციას ასრულებდა. კ. ფიცხელაურის დასკვნით, იმდროინდელი ხოვლეგორელები ძირითადად მიწათმოქმედნი არიან. ამას კარგად ადასტურებს აქ აღმოჩენილი ნამგლის კაუის ჩასართები, კევრის კოხები, მარცვლეულის შესანახი ორმოები, საწყოები „კოდები“ და ხორბლეული [8].

დ. მუსხელიშვილი ამ ტერიტორიაზე ეთნიკურად და კულტურულად ერთი და იმავე ხალხის არსებობას მარტო კერამიკითა და მეტალურგიული კულტურებით არ ადასტურებს, საკუთარ მოსაზრებას ერთნაირი პურის საცხობი ღუმლებით ამყარებს და ასკვნის: ხოვლეს უძველეს ნამოსახლარზე კულტურულად და ეთნიკურად ერთი მოდგმის მოსახლეობა ცხოვრობდა, რომლის შემოქმედებასაც წარმოადგენდა ხოვლური შავლევა კერამიკა, რადგან ეს უკანასკნელი იმავე ფორმითა და ორნამენტით განაგრძობდა არსებობას III და II პერიოდშიც. აქედან გამომდინარე, შეიძლება ითქვას, რომ ამ პერიოდშიც იმავე მოსახლე



ობასთან გვაქვს საქმე. ეს გარემოება არა მარტო კერამიკის შესწავლის საფუძველზე, არამედ პურის საცხობი ღუმელებითაც მტკიცდება [1].

ნარეკავის გორანამოსახლარი ტერასებად განლაგებული გვიანბრინჯაო-ადრერკინის ხანის ნამოსახლარია, რომელიც თბილისი-გორის გზატკეცილის მარცხენა მხარეს, მდ. ნარეკავის მარჯვენა ნაპირზე მდებარეობს. ნახევრად მიწური ნაგებობები ერთოთახიანია, რიყის ქვით, ხის ძელებითა და ალიზით არის ნაშენი. ნაგებობების ბანური გადახურვა ეყრდნობა დედაბოძს. სამზარეულო, პურის საცხობი ღუმელები და მოწნულ გოდრებში შემორჩენილი მარცვლეული ადასტურებს, რომ იმ დროს მიწათმოქმედება წამყვანი დარგი იყო.

გვიანბრინჯაო-ადრერკინის ხანის ნამოსახლარებზე აღმოჩენილი (კალანდაძის გორა 1-ლი) ღუმელი სახლის მარცხენა კუთხეში იყო გამართული. ალიზითა და რიყის ქვით ნაგებია და ერთმანეთთან დამაკავშირებელი ნაწილებისგანაა (საცხობი, საცეცხლე, სანაცრე და საკურთხევლი) შემდგარი. პურის საცხობი ნაწილი მარცხნივაა გამართული, ხოლო საცეცხლე – მარჯვნივ. ცენტრალურ განყოფილებას, ჩრდილო დასავლეთიდან, სანაცრე ორმო უკავშირდება. ნაგებობის გადახურვა თაღოვანია. ღუმლის საცეცხლე განყოფილებაში ფიხს წვავენ, მიღებულ ნაკვერჩხალს საცხობის იატაკზე გადახვეტავენ, გაახურებდნენ და საცეცხლეში აბრუნებდნენ. მოგვიანებით ღუმელს სარიტუალო დანიშნულების საკურთხევლი აქვს მიღებული. ინტერიერის ეს მნიშვნელოვანი ნაწილი მანამდე ცალკე ფუნქციონირებდა [2]. საკურთხევლიანი ღუმლის საშუალო ზომებია: სიგრძე – 1,30–1,45 მ; სიგანე – 2,20–2,35 მ; სიმაღლე – 0,85 მ, ხოლო შიგა ზომებია: სიგრძე – 0,78 მ; სიგანე – 0,92 მ. საცეცხლე კამერას წაგრძელებული, ოვალური ფორმა აქვს, მისი სიგრძეა 0,85 მ, სიგანე – 0,25 მ. საცეცხლის უკანა ნაწილში დატანებულია სანაცრე ხვრელი, რომელიც სანაცრე ორმოს უკავშირდება. სანაცრე ხვრელის სიგრძეა – 0,46 მ. სანაცრე ორმო იატაკის დონეზეა, მას შემოუყვება თიხის სარტყელი, რომლის სისქეა 0,11–0,14 მ, სიმაღლე – 0,18–0,2 მ. სანაცრე ხვრელი ორმოს ვერტიკალურად აღმართული წახნაგებიანი მოყვანილობის სარკმლით უკავშირდება. მისი სიმაღლეა 0,42 მ, სიგრძე – 0,32 მ. ცენტრალურ განყოფილებას ჰქონდა თაღოვანი გადახურვა. საცხობის იატაკიდან თაღის სიმაღლეა 0,16 მ, თაღის სისქე – 0,3–0,4 მ. ეტყობა მრავალჯის შეღესვის კვალი. აქ აღმოჩენილი ღუმელების უმეტესობას საკურთხევლი საცეცხლეზე მიღებული არ აქვს. შედარებით გვიან ღუმელს სარიტუალო ფუნქციაც დაემატა. ამაზე მიგვანიშნებს საცეცხლე განყოფილების წინ მიღებული ოთხკუთხა ნაგებობა „საკურთხევლი“ და კალანდაძის გორა 2-ზე ღუმლის საცხობ განყოფილებაში გამოვლენილი თიხისაგან დამზადებული „საწესო კვერების“ იმიტაციები. შედარებით ადრე, ღუმელი და საკურთხევლი ცალ-ცალკე ფუნქციონირებდა [2]. მიკვლეული ხოვლური ტიპის ღუმელების არსებობის ქრონოლოგიური ჩარჩოები ძვ. წ. XIV-II საუკუნეებს მოიცავს.

გრაკლიანი გორის 2015 წელს 11 კულტურული ფენის აღმოჩენები პალეოლითიდან ძვ.წ. II-I საუკუნეებამდე პერიოდს მიეკუთვნება და შიდა ქართლის (იბერიის) ტერიტორიაზე მცხოვრები მოსახლეობის ყოფა-ცხოვრებას, ეკონომიკურ-სავაჭრო და კულტურულ ურთიერთობებს ასახავს. აქ აღმოჩენილი პურის საცხობი ღუმლის ზომები შენობის მოცულობის შესაბამისად იცვლება. ღუმელი საცხოვრებელ ოთახში იყო გამართული.

ვ. ლიხელის კვლევის მიხედვით №1 სექციის ზომებია 4,70X2,30 მ. წინა ორ ოთახში, დასავლეთ კედელთან, პოდიუმია, რომლის ზომები 1X0,70X0,3 მ-ია. პოდიუმს დასავლეთ მხარეს, ცენტრალურ ნაწილში, შესაწირავი ჭურჭლის ჩასადგმელი ჩაღრმავება აქვს (დიამეტრი 0,25 მ), რომელიც ქვის ბალიშით მთავრდება. ბორდიურებიანი მაგიდა, სავარაუდოდ, შესაწირავი ნივთებისათვის იყო განკუთვნილი და საკურთხევლის ჩრდილოეთითაა შემორჩენილი. სათავსის ჩრდილოეთ კედელთან, მისგან 0,25 მ-ის მოშორებით, გამოვლენილია სარიტუალო კერა, რომლის ძირშიც ქვის ბალიშია ჩადგმული. მისი დიამეტრი 0,30 მ-ია,

ხოლო სიღრმე – 0,25 მ. ყველაზე კარგადაა შემონახული ოთახის ჩრდილო-აღმოსავლეთ კუთხეში აღმოჩენილი ღუმელი. მისი დასკვნით, სამივე შენობაში უნდა ყოფილიყო ერთი ტიპის, ე. წ. ხოვლური, ორიარუსიანი და სამგანყოფილებიანი (საცეცხლე, სანაცრე და თვითონ ღუმლის განყოფილება) ღუმელი. სხვა ღუმელებისაგან განსხვავებით, აქ აღმოჩენილებს აქვს ტემპერატურის რეგულირების მექანიზმი – ესაა საცხობ და საცეცხლე განყოფილებაზე მისაფარებელი გამომწვარი თიხის ფილები. სათავსის ცენტრში გადახურვის ჩამოქცევის შედეგად დამსხვრეული ჭურჭელია აღმოჩენილი. აღნიშნულ სათავსს დასავლეთის მხრიდან ზღუდავს და ამ ნაგებობას მეორისაგან ყოფს რიყის ქვის წყობა. მისი ზომებია 4,30X0,65 მ. რიყის ქვის წყობასა და საკურთხეველს შორის სამეურნეო სივრცეა მოქცეული. რაც შეეხება სათავსის აღმოსავლეთ მხარეს, აქაც დადასტურდა რიყის მოზრდილი ქვებისაგან შედგენილი წყობა. შემორჩენილი წყობის ზომებია 2,30X1 მ. ნაგებობათა ეს კომპლექსი ამიერკავკასიისათვის სრულიად განსაკუთრებულ ძეგლს წარმოადგენს [11].

## დასკვნა

საქართველოში გვიანბრინჯაოს ხანა ძველი წელთაღრიცხვის II ათასწლეულის პირველ ნახევარში იწყება. ეს ხანა ადგილობრივი კულტურის განვითარების მნიშვნელოვანი საფეხურია. ამ ხანაში მომხდარმა სამეურნეო და სოციალურ-პოლიტიკურმა ცვლილებებმა რევოლუციური როლი შეასრულა საზოგადოების განვითარების ისტორიაში, საფუძველი მოუშადა სახელმწიფოების შექმნას.

შიდა ქართლის გვიანბრინჯაოს ხანის ნამოსახლარები განლაგებულია გორებზე და თავდაცვითი თხრილებითაა გარშემორტყმული. ამ პერიოდის ერთოთახიანი შენობის საცხოვრებელი ოთხკუთხედის ფორმის, ნახევრად მიწურები რიყის ქვითაა ნაშენი და თიხით ამოყვანილი. ყველა ოთახში ერთნაირი აგებულების პურის საცხობი ღუმელი იდგა, რაც ამ ხანის ყოფა-ცხოვრების გარდა ადასტურებს, რომ საქართველო ხორბლის წარმოშობის უძველესი კერაა.

## ლიტერატურა – REFERENCES

1. ვ. საღრაძე, თ. ხოხობაშვილი, ე. ღლიღვაშვილი. შიდა ქართლის გვიანბრინჯაო-ადრეკინის ფართო ათვისების ხანის ნამოსახლარების კულტურა. თბ., 2018.
2. ვ. საღრაძე. მცხეთისა და მისი შემოგარენის ძვ. წ. II-I ათასწლეულის პირველი ნახევრის არქეოლოგიური ძეგლები, თბ., 1993.
3. გ. გობეჯიშვილი. არქეოლოგიური გათხრები საბჭოთა საქართველოში, თბ., 1952.
4. რ. დავლიანიძე. პურის საცხობი ღუმელები ნარეკავის ნამოსახლარებიდან, არქეოლოგიური ძიებანი (ახალგაზრდა მკვლევართა II და III სამეცნიერო სემინარის მასალები), თბ., 1982.
5. ო. ჯაფარიძე. მასალები გვიანბრინჯაოს ხანის არქეოლოგიისათვის შიდა ქართლიდან, მასალები მატერიალური კულტურის ისტორიისთვის, ტ. 1, თბ., 1966.
6. დ. ხახუტაიშვილი. უფლისციხე, თბ., 1964.
7. დ. მუსხელიშვილი. ხოვლეს ნამოსახლარის არქეოლოგიური მასალა, თბ., 1978.
8. კ. ფიცხელაური. აღმოსავლეთ საქართველოს ტომთა ისტორიის ძირითადი პრობლემები (ძვ. წ. XV-VII სს.), თბ., 1973.
9. <https://ka.wikipedia.org/wiki/>.
10. [http://geo-history.blogspot.com/2007/05/3\\_30.html](http://geo-history.blogspot.com/2007/05/3_30.html).

11. [https://www.dzegebi.ge/statiebi/arqeologia/grakliani\\_gora.html](https://www.dzegebi.ge/statiebi/arqeologia/grakliani_gora.html).

12. ნ. გუგუშვილი. შიდა ქართლის ნამოსახლარების პურის საცხობი ღუმელები (გვიან-ბრინჯაოს ხანა)//ქ. განათლება, №2(37),თბ., 2022. DOI: <https://doi.org/10.36073/2346-8300>.

## ARCHAEOLOGY

### HOUSEHOLD CULTURE OF THE LATE BRONZE AGE – BREAD BAKING OVENS (SHIDA KARTLI)

**N. Gugushvili**

(Georgian Technical University)

**Resume.** The study of the ancient history of Georgia was based on the artifacts discovered after the archaeological researches of the 19<sup>th</sup>-20<sup>th</sup> centuries. The first samples of farming were dated to the Mesolithic period. It was established that wheat, barley and millet were sown in Neolithic and Eneolithic times.

Bread baking ovens, bronze sickles, flint inserts for sickles, hand grinders made of basalt grain, tools for harvesting wheat and barley studded with threshing sheds, found in settlements and hermitages of the Late Bronze Age, reflect the agricultural life of the community.

Bread baking ovens have appeared in half-roofed houses of the hill dwellers of Shida Kartli (Katnalikhevi, Khovle, Tskhinvali Natsargori, Narekvavi and Grakliani) since the early stage of the Late Bronze Age. Stoves built of stones, ceramic shards and clay were located in the northwest corner of the dwelling and were the main element of the interior, the dimensions of which changed over time according to the volume of the building. Initially, the oven had two parts. On the right side of the bakery there was the food preparation section, on the left side there was the firebox, and the sifter was carved into the floor. Later, a ritual altar was added to the furnace.

Imitations of clay "regular cubes" found in the baking section of the oven at Narekvavi settlement, and imitations of baked bread cubes found in one of the chapels in Tskhinvali, in front of the oven and in the grain chamber, confirm the ancient tradition of bread baking. Traced to the temple complex of the third terrace of Grakliani hill settlement (400-350 BC) the so-called Khovli bread ovens, along with previously discovered ovens, provide accurate information about the domestic culture of the farming community of the Late Bronze Age.

**Keywords:** archaeology; culture; oven; wheat.

**ქართული სპელეოლოგიური მეცნიერება 85 წლისაა**

**კუკური წიქარიშვილი, ზაზა ლეჟავა, ლაშა ასანიძე, თამარ თოლორდავა**

(ივ. ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის ვახუშტი ბაგრატიონის სახელობის გეოგრაფიის ინსტიტუტი)

**რეზიუმე:** ნაშრომში ასახულია XX საუკუნის იმ ქართველ გეოგრაფთა ღვაწლი და სამეცნიერო-კვლევითი საქმიანობა, რომლებმაც ღირსეული წვლილი შეიტანეს საქართველოში ახალი პრიორიტეტული სამეცნიერო დარგის – მღვიმეთმცოდნეობის დაფუძნებასა და განვითარებაში. უმაღლესი სასწავლებლების სტუდენტებისათვის შეიქმნა პირველი ქართული სახელმძღვანელო – „მღვიმეთმცოდნეობის საფუძვლები“; სპელეოლოგიურ მეცნიერებაში შეტანილი იქნა „კარსტოსფეროს“ ცნება; დამუშავდა საქართველოს კარსტული პროვინციის სპელეოლოგიური დარაიონების საკითხები, მთიანი მასივების კარსტის ჰიდროლოგიისა და ჰიდროგეოლოგიის აქტუალური პრობლემები, მოძღვრება მიწისქვეშა ლანდშაფტებზე; ჩამოყალიბდა კონცეფცია მღვიმეთა კლიმატზე ჰიფსომეტრიული ფაქტორის გავლენის შესახებ; ბაქნური კარსტის პირობებში გამოვლინდა დიზიუნქციური დისლოკაციებით შეპირობებული ნაპრალოვან-კარსტული ნაკადების იზოლირებული სისტემები; თანამედროვე ტექნოლოგიების გამოყენებით შეიქმნა კარსტული მღვიმეების სამგანზომილებიანი მოდელები, ხოლო გეოსაინფორმაციო სისტემების გამოყენებით – საქართველოს კირქვული და კლასტოკარსტული მასივების რუკა.

ძირითადი მიღწევებიდან აღსანიშნავია ევროპაში პოპულარული და თანამედროვე სტანდარტების დონეზე მოწყობილი „ახალი ათონისა“ და „პრომეთეს (წყალტუბო)“ მღვიმური სისტემები, სპელეოთერაპიისა და ღვინის სადემონსტრაციო დარბაზები („თეთრა მღვიმე“, „საწურბლია“), რომლებსაც მნიშვნელოვანი ეკონომიკური სარგებელი მოაქვს ქვეყნისათვის.

**საკვანძო სიტყვები:** გეოგრაფიის ინსტიტუტი; მკვლევრები; მღვიმეთმცოდნეობა; საქართველოს მღვიმეები; სპელეოლოგია.

**შესავალი**

ჯერ კიდევ საბჭოთა პერიოდში (1938–1947 წლებში) პროფესორმა ლევან მარუაშვილმა რუსეთის პოპულარულ საბუნებისმეტყველო ჟურნალ „პრიროდაში“ გამოაქვეყნა სტატიები, რომლებიც მიეძღვნა აბრსკილისა [1] და ნაგარევის [2] მღვიმეებს. ესენია ერთ-ერთი პირველი სამეცნიერო სტატიები საქართველოს კარსტული მღვიმეების შესახებ. მსგავსი კარსტული მღვიმეებია ქუთაისისა და წყალტუბოს რაიონის „წკვარამები“ [3], რომელთა სახით ქვემო იმერეთის კარსტული ძაბრების გენეტიკური კლასიფიკაცია პირველადაა ჩატარებული. დადგინდა მათი შეფარდებითი ასაკი და გამოითქვა მოსაზრება რეგიონში ზედაპირული კარსტული ფორმების განვითარების შესახებ. შესაბამისად, ლ. მარუაშვილის საკანდიდატო დისერტაცია [4] საქართველოს კირქვიან კონგლომერატებსა და ქვიშაქვებში გამო-მუშავებული ბუნებრივი მღვიმეების შესწავლას ეხება (1947). კარსტოლოგიისა და სპელეოლოგიის აქტუალური საკითხები მის რამდენიმე მონოგრაფიასა და 100-ზე მეტ სამეცნიერო

ნაშრომშია გაშუქებული. მათში ასახულია მეცნიერის ხანგრძლივი საველე და კამერული კვლევის ძირითადი შედეგები.



**ლევან მარუაშვილი  
(1912–1992)**

ლევან მარუაშვილის მოღვაწეობამ არსებითი გავლენა მოახდინა ჩვენს ქვეყანაში სპელეოლოგიის შემდგომ განვითარებაზე. აკადემიკოს ალექსანდრე ჯავახიშვილთან ერთად მან აქტიური მონაწილეობა მიიღო ვახუშტი ბაგრატიონის სახელობის გეოგრაფიის ინსტიტუტში (დაარსდა 1933 წელს) სპელეოლოგიური ლაბორატორიის (1958, ხელმძღვანელი შალვა ყიფიანი), საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის პრეზიდიუმთან სპელეოლოგიური კომისიის (ხელმძღვანელი ნიკო კეცხოველი), ხოლო რესპუბლიკის სპორტის კომიტეტთან სპელეოსპორტული ფედერაციის დაარსებაში (თავმჯდომარე კოტე ჯავრიშვილი).

გასული საუკუნის 60-იან წლებში საქართველოს სსრ გეოგრაფიულ საზოგადოებასთან შეიქმნა კარსტოლოგიისა და სპელეოლოგიის სექცია (1961, ხელმძღვანელი ზურაბ ტინტილოზოვი<sup>1</sup>), ტურიზმისა და ექსკურსიების საქართველოს რესპუბლიკურ საბჭოსთან – სპელეოტურიზმის სექცია (1961; რევაზ ჯანაშვილი), რომელსაც ქვესექციები ჰქონდა თბილისში (თავმჯდომარე კიაზო რაქვიაშვილი), ქუთაისსა (თავმჯდომარე ყალაბეგიშვილი) და სოხუმში (თავმჯდომარე ე. მილიანოვსკი).

განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია სპელეოლოგიური კომისიის ინიციატივითა და ორგანიზაციით სპელეოლოგიური კრებულების გამოცემა სახელწოდებით – „საქართველოს მღვიმეები და გამოქვაბულები“. პირველი ტომი გამოიცა 1963 წელს (სულ 12 ტომი დაიბეჭდა). საგანგებოდ უნდა აღინიშნოს, რომ ეს კრებულები ერთ-ერთი პირველი გამოცემა იყო ყოფილ სსრ კავშირში და მეცნიერული დონით არ ჩამოუვარდებოდა სხვა ორგანიზაციების მიერ გამოქვეყნებულ ანალოგიურ ნაშრომებს.

## **ძირითადი ნაწილი**

ახლად შექმნილი სტრუქტურული ერთეულების დაფუძნებით საფუძველი ჩაეყარა საქართველოში კარსტული მღვიმე-უფსკრულების სისტემატურ და გეგმაზომიერ კვლევას. XX საუკუნის 60-იანი წლების დასაწყისში ჩატარდა პირველი სამეცნიერო ექსპედიციები საქართველოს მაღალმთიან კირქველ მასივებზე, რომლებშიც ძირითადად ინსტიტუტში ახლად შექმნილი სპელეოლოგიური ლაბორატორიის ჯერ კიდევ გამოუცდელი ახალგაზრდა სპეციალისტები (ზურაბ ტატაშიძე, არსენ ოქროჯანაშვილი, ბორის გერგედავა, ჯუმბერ ჯიშკარიანი და სხვ.) მონაწილეობდნენ. თანდათან იქმნებოდა და იხვეწებოდა რთული კომბინირებული მღვიმეების კვლევის მეთოდოლოგია, ღრმა კარსტული შახტებისა და უფსკრულების დაძლევის ტექნიკა. შედეგმაც არ დააყოვნა, კერძოდ, კრუბერის სახელობის უფსკრულს (არაბიკაზე, აფხაზეთი, 2199 მ), რომელიც ათწლეულები ინარჩუნებდა მსოფლიოს უღრმესი კარსტული უფსკრულის სტატუსს, პირველად ქართველმა მკვლევარებმა მიაკვლიეს 1960 წელს პროფესორ ლევან მარუაშვილის ხელმძღვანელობით. იმხანად, უფსკრულში 150 მ სიღრმემდე ჩაღწევა მოხერხდა. აღსანიშნავია აგრეთვე იმავე წელს, არაბიკაზე „ვახუშტი ბაგრატიონის სახელობის უფსკრულის“ აღმოჩენა, რომლის აგეგმილი ნაწილის სიღრმე 250 მ-ს შეადგენდა. იმ პერიოდისათვის იგი სარეკორდო იყო ყოფილი სსრ კავშირის ტერიტორიაზე გამოკვლეულ კარსტულ მღვიმეთა შორის.

<sup>1</sup> მომდევნო გვერდებზე ზურაბ ტინტილოზოვი მოხსენიებულია ტატაშიძის გვარით.

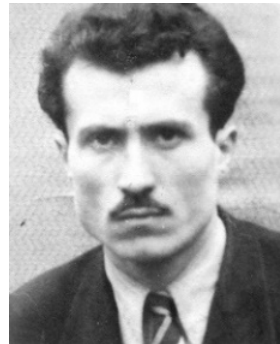
მომდევნო 1961 წელს კი მეტად მნიშვნელოვანი და ამაღელვებელი აღმოჩენა მოჰყვა ახალი ათონის მიდამოებში განხორციელებულ სპელეოექსპედიციას ზ. ტატაშიძის, შ. ყიფიანის, არს. ოქროჯანაშვილისა და ბ. გერგედავას მონაწილეობით, რამაც არნახული რეზონანსი გამოიწვია ყოფილი საბჭოთა კავშირის მასშტაბით.



**ზურაბ ტატაშიძე**  
(1928–2011)



**შალვა ყიფიანი**  
(1912–1994)



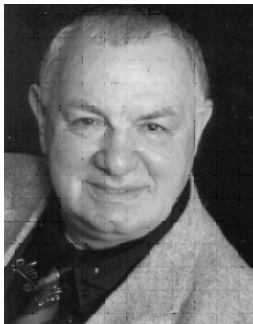
**არსენ ოქროჯანაშვილი**  
(1930–1965)



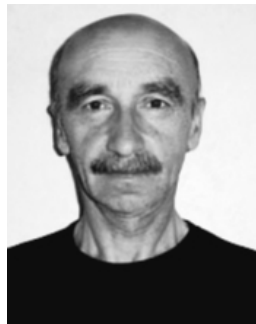
**ბორის გერგედავა**  
(1931–2007)

მიწის ქვეშ აღმოჩნდა სივარდილე, რომლის ფსკერის ფართობი 50000 მ<sup>2</sup>, საერთო მოცულობა კი 1,5 მლნ მ<sup>3</sup>-ია. ამ აღმოჩენით საქართველოში საფუძველი ჩაეყარა სპელეოტურიზმის შემდგომ განვითარებასა და აღორძინებას.

ცოტა მოგვიანებით (1984) სპელეოლოგიური ექსპედიციის (ჯ. ჯიშკარიანი, თ. ქობულაშვილი, ა. ჯამრიშვილი, ვ. კაპანაძე) მიერ წყალტუბოს მუნიციპალიტეტის სოფ. ყუმისთავის მჭიდროდ დასახლებულ უბანში მიკველეული იქნა მანამდე სრულიად უცნობი კარსტული მღვიმე („პრომეთე“). დღეს იგი ერთ-ერთი პოპულარული სპელეოტურისტული ძეგლია ევროპაში.



**ჯუმბერ ჯიშკარიანი**  
(1938–2018)



**თამაზ ქობულაშვილი**



**ამირან ჯამრიშვილი**



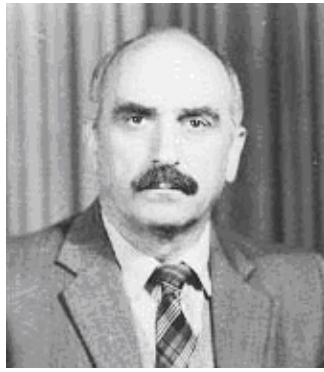
**ვახტანგ კაპანაძე**

შემდგომი წლების სავსე სამუშაოებმა საქართველოს მთელი კარსტული ზოლი მოიცვა (მდ. ფსოუდან ლიხის ქედამდე), მათ შორის კლასტოკარსტული რაიონებიც. ყოველ წელს ახალ-ახალი აღმოჩენებით ივსებოდა და მდიდრდებოდა საქართველოს კარსტული მღვიმეების კადასტრი [5, 6], რომელთა კვლევის საქმეში უდიდესი წვლილი მოუძღვის გეოგრაფიის ინსტიტუტის თანამშრომლებს: ლევან მარუაშვილს, ზურაბ ტატაშიძეს, შალვა ყიფიანს, არსენ ოქროჯანაშვილის, თამაზ კიკნაძეს, ჯუმბერ ჯიშკარიანს, ბორის გერგედავას, დემურ ტაბიძეს, ომარ ერქომაიშვილს, კიაზო რაქვიაშვილს, ჭიჭიკო ჯანელიძეს, გიორგი ჩანგაშვილს, დავით სიმონიშვილს, კუკური წიქარიშვილს, ზაზა ლეჟავას, კარლო ლიფონავას, რევაზ ხაზარაძეს, ნანა მამაცაშვილს, მერაბ თვალჭრელიძეს, დავით ლორთქი-

ფანიძეს, გიორგი ლომინაძეს, მერაბ გონგაძეს, ილია აფხაზავას, გარსევან კურდღელაიძეს, თამაზ ქობულაშვილს, ამირან ჯამრიშვილს, ვახტანგ კაპანაძეს, გიორგი გელაძეს, გიორგი დვალაშვილს, ლაშა ასანიძეს, გიორგი ჩართოლანს და თამარ თოლორდავას.



**თამაზ კიკნაძე**  
(1936–1991)



**კიაზო რაქვიაშვილი**  
(1936–2020)



**ომარ ერქომაიშვილი**  
(1941–1984)



**გიორგი გელაძე**



**გიორგი ჩართოლანი**

ილია აგრეთვე ლადო ქაღდანის, გოდერძი სამხარაძის, ელგუჯა ჯამრიშვილის, ვალერი ბარბაქაძის, გიგო ონიანის, მამუკა ნიკოლაძის, ვახტანგ ჩიხრაძის, იგორ ფინხაიას, რომან თოლორდავას, თამაზ ბაქანიძის, იური დავლიანიძის, თემურ კირვალიძის, ირაკლი ჯუღაყიძის, ჯანიკო ჯანაშიას, ანდრეი ნოსენკოს, ბექა გოგილავას, გია და გელა ციცივიძეებისა და სხვა მოყვარულ სპელეოლოგთა დეაწლი.

გარდა აღნიშნულისა, ქართველმა მკვლევრებმა (ზ. ტატაშიძე, შ. ყიფიანი, თ. კიკნაძე, ჯ. ჯიშკარიანი, ბ. გერგუდავა, კ. წიქარიშვილი) განსაკუთრებული წვლილი შეიტანეს ყოფილი სსრ კავშირის უდიდესი კარსტული მღვიმეებისადმი მიძღვნილი მონოგრაფიისათვის მასალების შეგროვებაში, დაზუსტებასა და სპელეოლოგიურ გამოკვლევებში [7].

ქართველ სპელეოლოგთა მიერ წლების განმავლობაში მოპოვებული საველე-სამეცნიერო მასალები საფუძვლად დაედო სამაგიდო და ფუნდამენტური ხასიათის მონოგრაფიულ ნაშრომებს [8–16].

სამწუხაროდ, საქართველოში გასული საუკუნის 90-იან წლებში არამყარი პოლიტიკური და ეკონომიკური სიტუაციის გამო სპელეოლოგიური კრებულების გამოცემა შეწყდა, ხოლო 2011 წელს კარსტოლოგია-სპელეოლოგიის ლაბორატორია გაუქმდა და სპელეოლოგიური ჯგუფის სახით (საზოგადოებრივ საწყისებზე) შეუერთდა გეომორფოლოგიის განყოფილებას. სასურველია სპელეოლოგიური ჯგუფი დაუბრუნდეს თავის პირვანდელ პოზიციას და აღდგეს როგორც დამოუკიდებელი სტრუქტურული ერთეული კარსტოლოგია-სპელეოლოგიური ლაბორატორიის სახით. ზოგადთეორიული გამოკვლევების მომდევნო ეტა-

პზე საჭიროა ყურადღება გამახვილდეს ახალგაზრდა სამეცნიერო კადრების მომზადებასა და სპელეოლოგიური ლაბორატორიის გაფართოების აუცილებლობაზე.

სპელეოლოგიური ლაბორატორიის გაუქმების შემდეგ საველე-სამეცნიერო კვლევებს ატარებენ გეოგრაფიის აკადემიური დოქტორები: კუკური წიქარიშვილი, ზაზა ლეჟავა, ლაშა ასანიძე და მეცნიერ-თანამშრომელი თამარ თოლორდავა.



კუკური წიქარიშვილი



ზაზა ლეჟავა



ლაშა ასანიძე



თამარ თოლორდავა

XXI საუკუნის დასაწყისში მოქმედ სპელეოლოგთა აქტიური მონაწილეობით დაიბეჭდა საყმაწვილო ენციკლოპედია „საქართველოს ბუნებრივი საოცრებები“ [17]. 2009 წელს გამოქვეყნდა საფუძვლიანი ნაშრომი „საქართველოს კარსტული მღვიმეების კადასტრი“ [6], რომელშიც ბოლო წლებში ჩატარებული მეცნიერული კვლევების შედეგებია შეჯამებული. შემდეგი ნაშრომია ანბანის მიხედვით დაწყობილი „საქართველოს კარსტული მღვიმეების მოკლე ცნობარი“ [18]. იგი ამომწურავ ინფორმაციას იძლევა საქართველოს მღვიმეების მორფოლოგიური, კლიმატურ-ჰიდროგრაფიული და არქეოლოგიური თავისებურებების შესახებ. ფუნდამენტური ნაშრომებია: „ახალი ათონის მღვიმე, ბუნების იშვიათი ძეგლი“ [19]; „წყალტუბოს (პრომეთეს) მღვიმური სისტემა“ [20]; „ხემო იმერეთის პლატოსა და მიმდებარე რაიონების კარსტი“ [21], „ჭიათურის მუნიციპალიტეტის კარსტული მღვიმეები“ [22]; „ჭიათურის მუნიციპალიტეტის სასმელი წყლის მონიტორინგი“ [23]; „კარსტული წყლების ეკოლოგიური კვლევა საქართველოს ცენტრალურ ნაწილში“ [24]; „წყალტუბოს (პრომეთეს) მღვიმური სისტემა“ (ინგლისურ ენაზე) [25]; „ზურაბ ტატაშიძე, ბიბლიოგრაფია“ [26], „კარსტულ-სპელეოლოგიური ტერმინების განმარტებითი ლექსიკონი“ [27], რომელშიც ანბანის მიხედვითაა დაწყობილი თანამედროვე სპელეოლიტერატურაში გამოყენებული 1625 ტერმინი და ცნება; „საქართველოს ბაქნური კარსტი“ (ინგლისურ ენაზე) [28]; „საქართველოს კარსტის რუკა“ [29]; „მიგარიას კირქვეული მასივის კარსტი და მღვიმეები“ [30] და მრავალი სხვა.

ინსტიტუტის სპელეოლოგიურ ჯგუფს მჭიდრო სამეცნიერო კონტაქტები აქვს აშშ-ის, საფრანგეთის, სლოვენიის, იტალიის, პოლონეთის, გერმანიის, ჩეხეთის, სლოვაკეთის, ბულგარეთის, ლიეტუვის, უკრაინისა და სხვა წამყვანი სპელეოლოგიური ტრადიციების მქონე ქვეყნების მონათესავე ორგანიზაციებთან და დაწესებულებებთან. კადრებისა და ფინანსების სიმცირის მიუხედავად, ჩატარდა ერთობლივი სამეცნიერო ექსპედიციები, რომლებშიც ინსტიტუტის სპელეოლოგებთან ერთად მონაწილეობდნენ უცხოელი მკვლევრები. სხვადასხვა წელს ლიეტუველ სპელეომყვინთავეებსა (2013-2014) და პოლონელ (2019) მკვლევრებთან ერთად ჩატარდა საერთაშორისო სპელეოლოგიური ექსპედიციები დასავლეთ საქართველოს კირქვეულ ზოლში; კერძოდ, ოდიშის პლატოს, წყალტუბო-სათაფლიას, მიგარიასა და ყვირას კირქვეულ მასივებზე.

ბოლო 20 წლის განმავლობაში საქართველოს ეროვნული სამეცნიერო ფონდისა და შოთა რუსთაველის საქართველოს ეროვნული სამეცნიერო ფონდის დაფინანსებით კარსტოლოგია-სპელეოლოგიის ლაბორატორიის თანამშრომლების მონაწილეობით განხორციელდა



30-მდე საგრანტო პროექტი. გარდა აღნიშნულისა, რუფორდის მცირე გრანტის (დიდი ბრიტანეთი) ფარგლებში შესრულდა „კარსტული მღვიმეების გამოკვლევები და ადგილობრივი მოსახლეობის განათლება მღვიმეების კონსერვაციისათვის ჭიათურისა და წყალტუბოს რაიონებში“ (2011–2013), სლოვაკეთის რესპუბლიკის საელჩოს დაფინანსებით 2016-2017 წლებში განხორციელდა ჭიათურის მუნიციპალიტეტის სასმელი წყლების მონიტორინგი და მათი დაბინძურებისაგან დაცვის ღონისძიებები (07.07.2017). მიღებული შედეგები გამოქვეყნდა ორენოვანი მონოგრაფიის სახით [23], ხოლო აშშ-ის სახელმწიფო დეპარტამენტის დაფინანსებით 2019 წელს მასაჩუსეტსის ტექნოლოგიურ და მასაჩუსეტსის უნივერსიტეტში პირველად განხორციელდა საქართველოს მღვიმეებიდან აღებული სტალაგმიტების ასაკობრივი დათარიღება და იზოტოპური კვლევების საფუძველზე განისაზღვრა მათი აბსოლუტური ასაკი.

სპელეოლოგიური ჯგუფის წევრები სისტემატურად მონაწილეობდნენ საერთაშორისო სპელეოლოგიური კონფერენციებისა და სიმპოზიუმების მუშაობაში, რომლებიც ჩატარდა მსოფლიოს ისეთ ქალაქებში, როგორცაა თბილისი, საქართველო (2008, 2011, 2013, 2015, 2016, 2019, 2022, 2023); ედრემიტი, თურქეთი (2013), ბრნო, ჩეხეთი (2013); კარლსბადი, აშშ (2014); როჩესტერი, აშშ (2015); სოკორო, აშშ (2015); ტამპა, აშშ (2016); სიდნეი, ავსტრალია (2017); ლიუბლიანა, სლოვენია (2019); ალბენა, ბულგარეთი (2019, 2021, 2023) და სხვ. ბოლო 20 წლის განმავლობაში დაბეჭდილი და გამოქვეყნებულია 200-მდე სამეცნიერო ნაშრომი (მათ შორის 20 მონოგრაფია) როგორც ადგილობრივ, ისე უცხოეთის მაღალრეიტინგულ სამეცნიერო ჟურნალებში.

2015 წელს სპელეოლოგიური ჯგუფის თაოსნობით ვახუშტი ბაგრატიონის სახელობის გეოგრაფიის ინსტიტუტსა და საქართველოს თავდაცვის სამინისტროს შეიარაღებული ძალების გენერალურ შტაბს შორის გაფორმდა ურთიერთთანამშრომლობის მემორანდუმი.

სპელეოლოგიური ჯგუფის ინიციატივით 2016 წელს დაარსდა ა(ა)იპ „საქართველოს სპელეოლოგთა კლუბი“, რომელიც მღვიმეთა პოპულარიზაციასა და ახალგაზრდების სპელეოლოგიური მეცნიერებით დაინტერესების საქმეს ემსახურება. ამჟამად სპელეოლოგიური ჯგუფი აქტიურად მუშაობს სრულიად ახალ სამეცნიერო მიმართულებაზე საქართველოში, რაც სტალაგმიტების გეოქიმიური შესწავლის საფუძველზე ითვალისწინებს პალეოკლიმატისა და პალეოგარემოს რეკონსტრუქციას კავკასიის რეგიონში.

გეოგრაფიის ინსტიტუტის უფროსი მეცნიერ-თანამშრომლის ლაშა ასანიძის მიერ 2017 წელს მომზადდა და დაცულ იქნა სადოქტორო დისერტაცია თემაზე: „რაჭის კირქვული მასივის სპელეო-გეომორფოლოგიური კვლევა“ [31]. სხვადასხვა წლებში იგი კვლევითი ვიზიტებით იმყოფებოდა აშშ-ის, იტალიისა და შვეიცარიის სხვადასხვა უნივერსიტეტსა და კვლევით ცენტრში.

ქართველ სპელეოლოგთა მიღწევები ქართული გეოგრაფიული მეცნიერების განვითარებაში შეტანილი წვლილისათვის სათანადოდ იქნა დაფასებული. ახალი ათონის მღვიმის აღმოჩენასა და შესწავლაში აქტიური მონაწილეობისათვის ზურაბ ტატაშიძე, შადვა ყიფიანი და არსენ ოქროჯანაშვილი დაჯილდოვდნენ აფხაზეთის უმაღლესი საბჭოს პრეზიდიუმის საპატიო სიგელებით (1962) და მიენიჭათ სსრ კავშირის სახელმწიფო პრემია (1977). ბორის გერგედავა დაჯილდოვდა აფხაზეთის ასსრ უმაღლესი საბჭოს საპატიო სიგელით (1962). იუნესკოს მიერ დაწესებული მეცნიერების მსოფლიო დღესთან დაკავშირებით სპელეოლოგიური ჯგუფის წევრები (კ. წიქარიშვილი, ზ. ლეჟავა) სპელეოლოგიის დარგში მიღწეული სამეცნიერო წარმატებებისათვის დაჯილდოვდნენ საქართველოს მეცნიერებათა ეროვნული აკადემიის საპატიო სიგელებით (2019), გეოგრაფიის ინსტიტუტის უფროს მეცნიერს ლაშა ასანიძეს 2015 წელს გადაეცა ივ. ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის მედალი, მეცნიერებაში გამორჩეული მიღწევებისათვის იგი დაჯილდოებულია შოთა რუსთაველის საქართველოს ეროვნული სამეცნიერო ფონდის პრემიით (2023).

## დასკვნა

ჩვენს ხელთ არსებული მასალების მიხედვით საქართველოში კადასტრირებულ მღვიმეთა რაოდენობა 1400-ს აჭარბებს, რომელთა ჯამური სიგრძე 280 კმ-ია, ხოლო სიღრმე – 100 კმ-ს უახლოვდება. მათი უმრავლესობა (>950) ბზიფის, არაბიკის, გუმიშხა-ფსირციხის, გუმისთა-ფანავისა და წებელდის (აფხაზეთი) კირქვეულ მასივებზეა თავმოყრილი.

დაბეჯითებით შეიძლება ითქვას, რომ საქართველო გიგანტური კარსტული უფსკრულების ერთ-ერთი პერსპექტიული რეგიონია დედამიწაზე. მნიშვნელოვანია ის ფაქტი, რომ დღეისათვის ჩვენს პლანეტაზე გამოვლენილი 1000 მ-ზე ღრმა 114 კარსტული უფსკრულიდან ცხრა საქართველოშია, თანაც საგულისხმოა, რომ მსოფლიოს უღრმესი უფსკრულების პირველი ათეულიდან ხუთი ბზიფისა და არაბიკის კირქვეულ მასივებზეა რეგისტრირებული. №1–№4 ადგილებს სწორედ საქართველოს მაღალმთიან კირქვეულ მასივებზე მიკვლეული – „ვერიოკინის“ (2212 მ), „კრუბერის სახელობის“ (2197 მ), „სარმა“ (1830 მ) და „ილუზია-თოვლიან-მენუქის“ უფსკრულები (1753 მ) ინაწილებს (Gulden, Bob, 22.12.2017) [32]. აღნიშნულ კირქვეულ მასივებზე ქართველ მკვლევართა აქტიური მონაწილეობით ექსპერიმენტულად დადასტურდა დედამიწის უღრმესი კარსტული ჰიდროგეოლოგიური სისტემების არსებობა (მაგალითად, ნაფრა-მჭიშთა – 2345 მ, ილიუხინ-რეპრუა – 2307 მ), რაც ჩვენს ქვეყანაში სენსაციური სპელეოაღმოჩენების დიდ პერსპექტივებს სახავს.

საქართველოში ჯერჯერობით 20 კმ-ზე გრძელი მღვიმეების არსებობა დაუდგენელია, თუმცა მღვიმეთგაჩენის რეალური პირობების გათვალისწინებით მაღალმთიანი კირქვეული მასივების წიაღში (ქართველ მკვლევართა ვარაუდით) რამდენიმე ასეულკილომეტრიანი მღვიმური სისტემების აღმოჩენებია მოსალოდნელი. მით უმეტეს არც ერთი წყლიანი მღვიმე ჯერ კიდევ ბოლომდე არ არის შესწავლილი. კვლავ იდუმალებით არის მოცული მჭიშთას, წაჩხურას, რეჩხის, შარეულას, „დეიძახის“ და ათეულობით სხვა დიდდებიტიანი მიწისქვეშა მდინარეთა აუზები.

კარსტული მღვიმეები მრავალ ქვეყანაში გამოიყენება სპელეოტურისტული, სპელეოთერაპიული, მალფუტკებადი კვების პროდუქტების შესანახად და მეურნეობის სხვა საჭიროებისათვის, ხოლო კარსტული წყაროები (ვოკლუხები) მნიშვნელოვან როლს ასრულებს ქალაქებისა და დასახლებული პუნქტების წყალმომარაგებაში. ამ მხრივ ჩვენ ქვეყანას დიდი პერსპექტივა გააჩნია.

ივ. ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის ვახუშტი ბაგრატიონის სახელობის გეოგრაფიის ინსტიტუტის საექსპედიციო რაზმებმა დღეისათვის საქართველოში 1000-ზე მეტი მღვიმე-უფსკრული და რამდენიმე ასეული მნიშვნელოვანი დებიტის კარსტული წყაროები შეისწავლა, რომელთა გარკვეული ნაწილი ქვეყნისათვის ჭეშმარიტად დიდი განძია. საკმარისია დავასახელოთ ქართველი სპელეოლოგების მიერ აღმოჩენილი და გამოკვლეული ახალი ათონისა და წყალტუბოს/პრომეთეს საყოველთაოდ ცნობილი მღვიმური სისტემები, რომლებმაც დროის მოკლე პერიოდში მნახველთა რაოდენობით (არანაკლებ 600 ათასი კაცი წელიწადში) უკან ჩამოიტოვა ევროპისა და ამერიკის პოპულარული სპელეოტურისტული ძეგლები. საქართველოში რამდენი ასეთი და კიდევ უკეთესი ძეგლი ელის გამომხეურებას.

სადღეისოდ, საქართველოში გაკეთებული და მიღწეული მართლაც ბევრია. დღემდე ჩატარებულმა გამოკვლევებმა დაადასტურა ქართველ მკვლევართა პროგნოზი ჩვენს ქვეყანაში დიდი სპელეოლოგიური აღმოჩენების შესახებ [13, 33, 34, 35]. ყოველივე ამას, კარსტულ-სპელეოლოგიური მეცნიერების პოპულარიზაცია, გააქტიურება, სამთავრობო ორგანიზაციების ხელშეწყობა და თანადგომა სჭირდება.

## ლიტერატურა – REFERENCES

1. Маруашвили Л. И. Пещера Абласкира – замечательное карстовое образование в Абхазии // Природа, №11, 1938, с. 17-20.
2. Маруашвили Л. И. Пещера Нагаревис гвираби (Западная Грузия) // Природа, №1, 1941, с. 107-109.
3. ლ. მარუაშვილი. ქუთაისისა და წყალტუბოს რაიონების “წკვარამები”. აღ. წულუკიძის სახელობის ქუთაისის პედაგოგიური ინსტიტუტის შრომები. №3, 1941, გვ. 129-143.
4. Маруашвили Л. И. Карст обломочных пород, его геоморфологическая характеристика в свете общего карстования на примере Центральной Мегрелии (Западная Грузия). Диссертация на соискание ученой степени кандидата географ. Наук, 1947.
5. შ. ყიფიანი, ზ. ტატაშიძე, არს. ოქროჯანაშვილი, ჯ. ჯიშკარიანი. საქართველოს კარსტული მღვიმეების კადასტრი, თბ.: მეცნიერება, 1966. - 260 გვ.
6. ზ. ტატაშიძე, კ. წიქარიშვილი, ჯ. ჯიშკარიანი. საქართველოს კარსტული მღვიმეების კადასტრი. თბ.: შპს „პეტიტი“, 2009. - 665 გვ.
7. Дублянский В.Н., Климчук А.Б., Киселев В.Э., Тинтилозов З.К. и др. Крупные карстовые полости СССР. Спелеологические провинции Большого и Малого Кавказа. Всесоюзный институт научной и технической информации. Киев, 1987. - 261 с.
8. Кикнадзе Т.З. Карст массива Арабики. Тб.: Мецниереба, 1972. - 246 с.
9. მღვიმეთმცოდნეობის საფუძვლები, თბ.: თსუ, 1973. - 367 გვ.
10. შ. ყიფიანი. საქართველოს კარსტი (გეომორფოლოგიური დახასიათების ცდა). თბ.: მეცნიერება, 1974. - 350 გვ.
11. Таташидзе З. К. Карстовые пещеры Грузии (морфологический анализ). Тб.: Мецниереба, 1976. - 276 с.
12. Подземные ландшафты. Тб.: Мецниереба, 1983. - 138 с.
13. ზ. ტატაშიძე. ბზიფის მასივის კარსტი და მღვიმეები, თბ.: მეცნიერება, 1988. - 120 გვ.
14. Маруашвили Л.И. Карстосфера, ее размеры и отношение к другим геосферам. Сообщ, АН ГССР, т. 57, №2, 1970, с. 357-360.
15. Гигинеишвили Г.Н. Карстовые воды Большого Кавказа и основные проблемы гидрологии карста. Тб.: Мецниереба, 1979. - 224 с.
16. Кикнадзе Т.З. К гидрогеологии карста Западной Грузии. „Пещеры Грузии“, 6, Тб.,1976., с. 100-106.
17. მ. გონგაძე, კ. წიქარიშვილი. საყმაწვილო ენციკლოპედია. „საქართველოს ბუნებრივი საოცრებები“, წიგნი მეცხრე. თბ.: შპს „პოლიგრაფ +“, 2008. - 128 გვ.
18. კ. წიქარიშვილი, ნ. ბოლაშვილი. საქართველოს კარსტული მღვიმეები (მოკლე ცნობარი). თბ.: უნივერსალი, 2016. - 158 გვ.
19. კ. წიქარიშვილი. ახალი ათონის მღვიმე – ბუნების იშვიათი ძეგლი. თბ.: უნივერსალი, 2016. - 103 გვ.
20. ო. ლანჩავა, კ. წიქარიშვილი. წყალტუბოს (პრომეთეს) მღვიმური სისტემა. 2016. - 109 გვ.
21. ზ. ლეჟავა. ზემო იმერეთის პლატოსა და მიმდებარე რაიონების კარსტი. თბ.: უნივერსალი, 2015. - 290 გვ.
22. ზ. ლეჟავა, კ. წიქარიშვილი, გ. დვალისხვილი, ნ. თუშაბრამიშვილი [16]. ჭიათურის მუნიციპალიტეტის კარსტული მღვიმეები. თბ.: უნივერსალი, 2016. - 106 გვ.
23. ზ. ლეჟავა, კ. წიქარიშვილი, ნ. ბოლაშვილი. ჭიათურის მუნიციპალიტეტის სასმელი წყლის მონიტორინგი. თბ.: უნივერსალი, 2017. - 144 გვ.
24. Z. Lezhava, K. Tsikarishvili, L. Asanidze, N. Bolashvili. Ecological Investigation of Karts Waters in the Central Part of Georgia. LAMBERT Academic Publishing, 2017. - 70 p.

25. N. Bolashvili, O. Lanchava, K. Tsikarishvili. Tskaltubo (Prometheus) Cave System, LAMBERT Academic Publishing..., 2017. - 136 p.
26. ნ. ბოლაშვილი, კ. წიქარიშვილი, ზ. ლეჟავა, ზურაბ ტატაშიძე, ბიბლიოგრაფია, თბ.: თსუ, 2018. - 154 გვ.
27. კ. წიქარიშვილი, ზ. ლეჟავა, ლ. ასანიძე. კარსტულ-სპელეოლოგიური ტერმინების განმარტებითი ლექსიკონი”, თბ.: თსუ, 2019. - 245 გვ.
28. Z. Lezhava, K. Tsikarishvili, L. Asanidze. Platform Carst of Georgia. Publishing House “Universal”, 2021. - 240 p.
29. L. Asanidze, Z. Lezhava, K. Tsikarishvili, G. Gaprindashvili, N. Chikhradze.// J. Polk, Karst map of Georgia (Caucasus region) scale: 1:1,500,000. Carbonates and Evaporites, vol. 34. 2019, pp. 1205-1212.
30. ზ. ლეჟავა, კ. წიქარიშვილი, ნ. ბოლაშვილი, ლ. ასანიძე, ი. ფინხაია. მიგარიას კირქვული მასივის კარსტი და მღვიმეები, თბ., 2022. - 240 გვ.
31. ლ. ასანიძე. რაჭის კირქვული მასივის სპელეო-გეომორფოლოგიური კვლევა. სადოქტორო დისერტაცია, თბ., 2017. - 115 გვ.
32. Bob Gulden. caverbob.com. Worlds Deepest caves. august 21, 2022.
33. Спелеологические и гидрологические особенности Бзибского массива. Сообщ. АН ГССР. Т. 127, №3, 1987, с. 569-572.
34. Тинтилозов З.К., Резван В.Н., Цикаришвили К.Д. и др. Некоторые новые результаты исследований Мчиштинской пещерной и карстовой гидрогеологической системы. Сообщ. АН ГССР. Т. 135, №3, 1989. с. 569-572.
35. ზ. ტატაშიძე, კ. წიქარიშვილი, გ. გელაძე. საქართველოს უღრმესი კარსტული უფსკრულეები. თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის შრომები. გეოგრაფია-გეოლოგია, თ. 355, 2003, გვ. 162-170.

## HISTORY OF SPELEOLOGY

### GEORGIAN SPELEOLOGICAL SCIENCE IS 85 YEARS OLD

**K. Tsikarishvili, Z. Lezhava, L. Asanidze, T. Tolordava**

(I. Javakhishvili Tbilisi State University’s Vakhushti Bagrationi Institute of Geography)

**Resume.** The achievements and scientific research activities of Georgian geographers of the 20<sup>th</sup> century made a worthy contribution to the establishment and development of a new priority scientific field in Georgia – cave and karst science. The first Georgian textbook – the basics of speleology – was created for students of higher education institutions.

The concept of "karstosphere" was introduced into speleological science; Issues of speleological regions of karst province of Georgia, current problems of karst hydrology and hydrogeology of mountain massifs, doctrine of underground landscapes were worked out. The concept of the influence of the hypsometric factor on the climate of caves was formed; Isolated systems of fissure-karst flows caused by disjunctive dislocations were identified in platform-like karst conditions; Three-way models of karst caves were created using modern technologies, and a map of limestone and clastic karst massifs of Georgia was created using geoinformation systems. Among the main achievements, are the "Akhali Athoni" and "Promethe (Tskaltubo)" cave systems, popular in Europe and arranged at the level of modern standards, speleotherapy, and wine demonstration halls ("Tetra Cave", "Satsurblia"), which provide significant economic benefits to the country, should be noted.

**Keywords:** cave and karst science; caves of Georgia; Institute of Geography; researchers; speleology.

## ზაქტაბი მსოფლიოში რკინიგზების განვითარების ისტორიდან

### თორნიკე კუპატაძე, ნატალია კუპატაძე

(საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი)

**რეზიუმე:** განხილულია რკინიგზის განვითარების ისტორია. რამ განაპირობა და როგორ მიმდინარეობდა რკინიგზების მშენებლობა მსოფლიოს სხვადასხვა ქვეყანაში. რა ეტაპები გაიარა რკინიგზამ დაარსებიდან და რატომ გახდა აუცილებელი რკინიგზის ტრანსპორტი მსოფლიოს მასშტაბით მრავალი ქვეყნის ინტერესის სფერო. რას ფიქრობდა რუსეთის იმპერიის ზოგიერთი თანამდებობის პირი რკინიგზების მშენებლობის დაწყებაზე რუსეთში. როგორ დაიწყო რკინიგზების მშენებლობა რუსეთსა და მის გუბერნიებში, მათ შორის ამიერკავკასიაში. ცნობილია, რომ რკინიგზის გამოჩენამ დიდი და სწრაფი გავლენა მოახდინა მსოფლიოს განვითარებაზე სხვადასხვა მიმართულებით. ორთქლის ძრავას გამოგონებამ მძლავრი ბიძგი მისცა ტრანსპორტის განვითარებას და გადამწყვეტი როლი შეასრულა ინდუსტრიული რევოლუციის მოხდენაში.

**საკვანძო სიტყვები:** გემი; ეკონომიკა; ლოკომოტივი; მშენებლობა; ორთქლის ძრავა; რკინიგზა; ტელეგრაფი; ტრანსპორტი.

### შესავალი

რკინიგზის გამოჩენამ იმაზე დიდი და სწრაფი გავლენა იქონია სამყაროს განვითარებაზე, ვიდრე ნებისმიერმა ტექნოლოგიურმა თუ ინდუსტრიულმა ინოვაციამ. როგორც მაქს ვებერი ამბობდა, იგი ყველაზე რევოლუციური ინსტრუმენტია, რაც ისტორიას ახსოვს (Otte, Neilson, 2006). 1840 წლიდან მოყოლებული, რკინიგზის განვითარების ტემპები სხვადასხვა ქვეყანაში განსხვავებული იყო, თუმცა, ამ ქვეყნებში მიმდინარე პოლიტიკური თუ სტრატეგიული საქმიანობიდან გამომდინარე, საერთო თავისებურებებიც გააჩნდა. მაგალითისათვის შეიძლება დავასახელოთ სამი გავლენიანი ქვეყანა: დიდი ბრიტანეთი, გერმანია და რუსეთი.

1844–1847 წლებში დიდ ბრიტანეთში „რკინიგზის ბუმმა“ გადამწყვეტი როლი შეასრულა ქვეყნის ეკონომიკურ განვითარებაში. 1846 წელს პარლამენტმა მიიღო კანონი 270 ახალი სარკინიგზო ხაზის გაყვანასთან დაკავშირებით, რომელთა ბიუჯეტმაც სულ 133 მლნ გირვანქა სტერლინგი შეადგინა. დიდ ბრიტანეთში რკინიგზას ჰქონდა პერსპექტივა, მნიშვნელოვანი გავლენა მოახდინა საერთაშორისო ბაზარზე, კერძოდ ისეთ ბაზარზე, როგორც იყო ბელგიის ბაზარი. ამას ადასტურებს იმ წლებში ბელგიის პრემიერ-მინისტრის მიერ გამოთქმული განცხადება: „ჩვენ შეიძლება ინგლისის პროვინცია გაგხდეთ“ (Otte, Neilson, 2006). ის ფაქტი, რომ დიდ ბრიტანეთში პარლამენტის ასზე მეტმა წევრმა რკინიგზის მშენებლობასთან დაკავშირებით განსაკუთრებული ინტერესი გამოხატა, მის დიდ საერთაშორისო მნიშვნელობაზე მეტყველებს.

## ძირითადი ნაწილი

XVIII საუკუნის 60–90-იან წლებში ჯერ ინგლისში, შემდეგ კი სხვა ქვეყნებში დაიწყო ინდუსტრიული ზრდა, რითაც საფუძველი ჩაეყარა სამრეწველო რევოლუციას. ფიზიკური შრომის ნაცვლად გაჩნდა მანქანათმშენებლობა, სახელოსნოებისა და მანუფაქტურების ნაცვლად – მსხვილი სამრეწველო საწარმოები.

1712 წელს ინგლისელმა მჭედელმა თომას ნიუკომენმა შექმნა თავისი „ატმოსფერული ძრავა“. ეს იყო გაუმჯობესებული ორთქლის ძრავა „სევერი“, რომელშიც მან მნიშვნელოვნად შეამცირა სამუშაო ორთქლის წნევა. ნიუკომენის ძრავა პირველად გამოყენებულ იქნა ღრმა შახტიდან წყლის ამოსატუმბად.

1763 წელს რუსმა ინჟინერმა ივან პოლზუნოვმა შეიმუშავა ორთქლის ძრავას პროექტი გამოსადნობი ღუმელებისათვის ჰაერის მისაწოდებლად. პოლზუნოვის ორთქლმავალს 40 ცხმ ჰქონდა. 1773 წელს ჯეიმს ვატმა შექმნა თავისი პირველი მოქმედი ორთქლმავალი, ხოლო 1774 წელს, მრეწველ მეთიუ ბოლტონთან ერთად მან გახსნა ორთქლმავლების წარმოების კომპანია.

ინდუსტრიაში ნამდვილი რევოლუცია მოახდინა 1784 წელს ინჟინერ ჯეიმს ვატის მიერ შექმნილმა პირველმა უნივერსალურმა ორთქლმავალმა. ამ მომენტიდან ორთქლმავალი აღარ იყო დამოკიდებული ქვანახშირის მადაროებზე. დაიწყო მისი გამოყენება ქარხნებში, მონტაჟდებოდა გემებზე და იქმნებოდა მატარებლები.

ორთქლის ძრავას გამოგონებამ მძლავრი იმპულსი მისცა ტრანსპორტის განვითარებას. ჯერ კიდევ 1769 წელს არტილერიის ფრანგმა ოფიცერმა ჯოზეფ კუნიომ გამოიგონა პირველი ორთქლის მისაბმელი ვაგონი მძიმე იარაღის გადასატანად. იგი იმდენად მძიმე იყო, რომ პარიზის ქუჩებში ტესტირებისას მან სახლის კედელი გაანგრია. ამ მისაბმელმა შემდგომში ადგილი დაიმკვიდრა პარიზის ხელოვნებისა და ხელოსნობის მუზეუმში.

1802 წელს ინგლისელმა კონსტრუქტორმა რინარდ ტრევიტიკმა შექმნა ორთქლის მანქანა. ეკიპაჟი ხმაურითა და კვამლით დადიოდა, რითაც აშინებდა ფეხით მოსიარულეებს. იგი 10 კმ/სთ სიჩქარეს ავითარებდა. ამ სიჩქარის მისაღწევად ტრევიტიკმა შექმნა უზარმაზარი წამყვანი ბორბლები, რომლებიც შეუცვლელი იყო ცუდ გზებზე გადაადგილებისას.

რკინიგზის რეალურ წინაპრად ითვლება ძველბერძნული დიოლკი – ქვის გზა – მგელი, რომლითაც გემები გადაჰქონდათ კორინთოს ისთმუსზე. გზამკვლეველად გამოიყენებოდა ღრმა ნაპრალები, რომლებშიც ცხიმწასმულ გასათრევე საშუალებებს ათავსებდნენ.

XVI საუკუნეში გერმანიისა და მეზობელი რეგიონების მადაროებში იყენებდნენ ხის ლიანდაგებსა და ე.წ. „ვაგონეტებს“, რომლებიც აღჭურვილი იყო რეზორდით. ინგლისის ზოგიერთ რეგიონში ვაგონეტების გადასადგილებლად მოწყობილი იყო ხისლიანდაგიანი გზები, მაგალითად, დედოფალ ელისაბედ I-ის მმართველობის დროს (XVI საუკუნის მეორე ნახევარი). XVII საუკუნეში ასეთი გზები ფართოდ გავრცელდა ინგლისის სამთო რეგიონებში, ხოლო XVIII საუკუნეში ისინი თანდათანობით ჩაანაცვლა რკინის ლიანდაგებმა.

პირველ სახმელეთო სალიანდაგო გზად ითვლება ხის „ოლტონის სავაგონო გზა“. დაახლოებით 3 კმ სიგრძის ეს სალიანდაგო გზა აშენდა 1603-1604 წლებში, რომელიც გამოიყენებოდა ცხენების საშუალებით ნახშირის გადასაზიდად სტრელისა და უოლტონის დასახლებებს შორის, ნოთინგჰემის მახლობლად. ამ გზის დაკეტვის ზუსტი დრო უცნობია, მაგრამ ცნობილია, რომ სტრელის მადაროები დაიხურა 1620 წელს. სავარაუდოა, რომ სალიანდაგო გზამაც, ალბათ, ამავე პერიოდში შეწყვიტა არსებობა.

1755 წელს ალთაის მადაროებში კლდოვანი მასალის გადასატანად აშენდა ვიწრო-ლიანდაგიანი გზა ხის რელსებით, რომელზეც გადაადგილდებოდა ხის ვაგონეტები. ბილიკზე საკაბელო მარყუჟი იყო გადაჭიმული. მის ასამოძრავებლად გამოყენებული იყო ცხენები, რომლებიც ბორბლებს ატრიალებდნენ. თითოეულ ვაგონეტს ჰქონდა ორი დამჭერი, რომლებიც შეიძლებოდა მონაცვლეობით დამაგრებულიყო მამოძრავებელი კაბელის მარყუჟის

ერთ ან მეორე მხარეს. წამყვანი კაბელის უწყვეტი მოძრაობის შედეგად შესაძლებელი იყო ვაგონეტების გაჩერება ან მათი მოძრაობის მიმართულების შეცვლა.

დიდი ხნის განმავლობაში სარკინიგზო ლიანდაგს მხოლოდ მაღაროებში აშენებდნენ, თუმცა შემდეგ ფართოდ გავრცელდა ცხენების გამოყენებით მგზავრთა გადასაცემი გზები. პირველი ასეთი სალიანდაგო გზა მოეწყო 1801 წელს ინგლისში ვონდსვორტსა და კროიდონს შორის.

პირველი ორთქლის ლოკომოტივი ააშენა ბრიტანელმა ინჟინერმა რიჩარდ ტრევიტიკმა 1804 წელს. იგი ახალგაზრდობაში იცნობდა შოტლანდიელ ინჟინერს ჯეიმს ვატს. მან 1763–1775 წლებში ორთქლის ძრავათა არსებული დიზაინის მოდიფიცირებით შექმნა გაცილებით ეფექტიანი ორმაგი მოქმედების ორთქლის ძრავა, რომელსაც ვატის ორთქლის ძრავას უწოდებენ. ორმაგი მოქმედების ორთქლის ძრავამ გადამწყვეტი როლი შეასრულა ინდუსტრიული რევოლუციის მოხდენაში და ხელი შეუწყო დიდი ბრიტანეთისა და მთელი მსოფლიოს ეკონომიკურ განვითარებას. თუმცა იმ წლებში რკინა ძალიან ძვირი ღირდა, ხოლო თუჯის რელსები მძიმე მანქანას ვერ უძლებდა. მომდევნო წლებში ბევრი ინჟინერი ცდილობდა ორთქლის ლოკომოტივების შექმნას, მაგრამ მათგან ყველაზე წარმატებული აღმოჩნდა ინგლისელი ინჟინერ-მექანიკოსი, „რკინის მამად“ წოდებული ჯორჯ სტეფენსონი, რომელმაც 1812–1829 წლებში შეიმუშავა არა მარტო ორთქლმავლების რამდენიმე წარმატებული დიზაინი, არამედ მოახერხა მაღაროს მფლობელთა დარწმუნება პირველი რკინიგზის აშენებაში დარღინგტონიდან სტოკტონამდე, რომელიც გაუძლებდა ორთქლმავლებს. მოგვიანებით, სტეფენსონის ორთქლმავალმა „რაკეტამ“ გაიმარჯვა სპეციალურად მოწყობილ კონკურსში და გახდა მანჩესტერ-ლივერპულის პირველი საზოგადოებრივი გზის მთავარი ლოკომოტივი.

პირველად რეგულარული სამგზავრო გადაყვანა მოეწყო 1807 წელს სვანისა და მამბლის რკინიგზით უელსში. ვინაიდან იმ დროს არ არსებობდა ეფექტიანი ორთქლის ლოკომოტივები, გამწვევ ძალად იყენებდნენ ცხენებს.

საერთო გამოყენების პირველი რკინიგზა შეიქმნა ინგლისში 1825 წელს ჯორჯ სტეფენსონის მიერ – სტოკტონსა და დარღინგტონს შორის, რომლის სიგრძე 40 კმ-ს შეადგენდა. შედარებით დიდ ქალაქებს შორის პირველი რკინიგზა გაიხსნა 1830 წელს და ერთმანეთს დააკავშირა მანჩესტერის ინდუსტრიული ცენტრი და საპორტო ქალაქი ლივერპული (56 კმ), სადაც გამოიყენებოდა სტეფენსონის ორთქლის ლოკომოტივები. 1840 წლისათვის დიდ ბრიტანეთში რკინიგზის სიგრძე 2390 კმ-ს შეადგენდა.

აშშ-ში პირველი საერთო სარგებლობის 24 კმ-იანი სარკინიგზო მაგისტრალი ბალტიმორი–ოჰაიო გაიხსნა 1830 წელს. ამას გამოეხმაურა პეტერბურგის უნივერსიტეტის პროფესორი ნ. შჩეგლოვი, რომელიც თავის სტატიაში წერდა, რომ რუსების აზრით, რკინიგზასთან შედარებით საწყლოსნო ტრანსპორტი მაინც უფრო მნიშვნელოვანიაო. ამავე სტატიაში ასევე ნათქვამია, რომ რკინიგზის ქსელის შექმნის საკითხს „უმთავრესი მნიშვნელობა აქვს რუსეთის ეკონომიკური განვითარებისთვის“.

XIX საუკუნეში რუსეთის გზების პირველი მინისტრი იყო პაველ მელნიკოვი (1804–1880 წწ.). სწორედ მან დაარწმუნა რუსეთის იმპერატორი ნიკოლოზ I რკინიგზის მშენებლობის აუცილებლობაში. აღსანიშნავია, რომ რუსეთის იმპერიის ფინანსთა მინისტრი იგორ კანკრინი კატეგორიული წინააღმდეგი იყო რკინიგზაზე თანხის დახარჯვისა, რადგან ფიქრობდა, რომ ხალხი დაიწყებდა მოგზაურობას ყოველგვარი საჭიროების გარეშე, რაც ხელს შეუწყობდა დიდ უწყსრიგობას (Otte, Neilson, 2006). სამაგიეროდ, ყირიმის ომმა (1853–1856 წწ.) დააფიქრა სანკტ-პეტერბურგის რკინიგზის მომდევნო ფინანსთა მინისტრი მიხაილ რეიტერნი, რომელმაც დიდი გავლენა იქონია რკინიგზის განვითარებაზე. მან მინიმალური წლიური პროცენტი დააკისრა კაპიტალურ ინვესტიციებს, რამაც სათავე დაუდო ინდუსტრიულ ინფრასტრუქტურას რუსეთში. 1870 წლიდან მოსკოვი და სანკტ-პეტერბურგი რკინიგზით დაუკავშირდა კავკასიასა და უკრაინას. რეიტერნის „ლიბერალური“ რკინიგზის პოლიტიკა არ

ადმოჩნდა საკმარისი სამხედრო მიზნებისთვის, რომლებიც რუსეთს გააჩნდა თურქეთთან ომის დროს. ის ჩაანაცვლა რუსეთის რკინიგზის დეპარტამენტის უფროსის – სერგეი ვიტეს პოლიტიკამ, რომელიც ტფილისში იყო დაბადებული და 17 წლამდე აქ ცხოვრობდა. ვიტე მიხვდა, რომ რკინიგზა არ იყო მხოლოდ მოგებისთვის განკუთვნილი, არამედ ის დიდ მნიშვნელობას ანიჭებდა ქვეყნის ეკონომიკურ და სამხედრო წინსვლას. სერგეი ვიტემ შეისყიდა რკინიგზის კერძო კომპანიები და ამით ააღორძინა რუსეთის მეწარმეობა. ამ პოლიტიკით გაიზარდა მოთხოვნა შახტმშენებლობასა და მძიმე მეტალურგიულ ინდუსტრიაზე. აღსანიშნავია ის ფაქტი, რომ „ეკატერინეს რკინიგზამ“ (1885), რომელიც აკავშირებდა კრივოი როგს დონეცკის ქვანახშირთან, სათავე დაუდო დონბასის რეგიონის ჩამოყალიბებას, რომელიც უკრაინის ინდუსტრიულ ცენტრად იქცა.

ბევრი ევროპელი ფინანსისტისა თუ ხელისუფლისათვის რკინიგზის მშენებლობა ინდუსტრიულ წინსვლასთან და პროგრესთან ასოცირდებოდა, მაგრამ რკინიგზა პოლიტიკური პროგრესის იმედს ასევე უსახავდა ევროპელ ლიბერალებს. 1837 წელს სატირიკოსმა და ლიბერალმა მწერალმა ლუდვიგ ბორნმა აღნიშნა: „რკინიგზა კისერს მოსტეხს ყველა დესპოტს და ომები თითქმის შეუძლებელი გახდება“ (Otte, Neilson, 2006).

მსოფლიოს წამყვან ქვეყნებში რკინიგზის მშენებლობა თანდათან იღებდა ტემპს. ერთმანეთს მიჰყვებოდა წამყვანი ინდუსტრიული ქვეყნები: 1835 წელს – ბელგია, გერმანია; 1837 წელს – საფრანგეთი, ავსტრია; 1829 წელს – აშშ. პირველი რკინიგზა კონტინენტურ ევროპაში აშენდა ბელგიაში მეხელენსა და ბრიუსელს შორის ინჟინრების პიერ სიმონისა და გუსტავ დე რიდერის ღიზიანით, რომელიც გაიხსნა 1835 წლის 6 მაისს.

გერმანიაში პირველი რკინიგზა ამუშავდა ბავარიის ქალაქებს – ნიურნბერგსა და ფიურტს შორის 1835 წელს.

რკინიგზის აშენებით ინდუსტრიალიზებულმა ევროპამ თავისი იმპერიული გავლენა მთელ აგრარულ სამყაროზე ჯერ კიდევ XIX საუკუნის მიწურულს გაავრცელა. ლოკომოტივმა უკვე დაამტკიცა თავისი შესანიშნავი შესაძლებლობები ევროპასა და აშშ-ში ადგილობრივ და ეროვნულ ეკონომიკასთან დაახლოებით და მას შემდეგ, რაც მაგისტრალური ხაზები დასრულდა, სარკინიგზო მანია მოედო საზღვრებს მიღმაც. 1907 წლისათვის მატარებლები მიმოდოდა დაახლოებით 168 000 მილის შვიდ ლიანდაგზე ევროპისა და აშშ-ის გარეთ. სამშენებლო კაპიტალის ინვესტიცია თითქმის 1,5 მლრდ გირვანქა სტერლინგს შეადგენდა. იმავდროულად, რკინიგზის შესაძლებლობებმა მცირე სახელმწიფოების შთანთქმის იდეით მოხიბლა ევროპის გეოსტრატეგოსები. ლოკომოტივი, ორთქლის გემთან და ტელეგრაფთან ერთად, ამცირებდა დროსა და სივრცეს რეგიონებში და რეგიონებს შორის, ანიჭებდა მას ახალ ეკონომიკურ და სტრატეგიულ მნიშვნელობას. რკინიგზა და არხები, რომლებიც ინჟინრებმა და საზღვაო ფლოტებმა ააშენეს, განიხილებოდა როგორც საყოველთაო პროგრესის მიღწევა (Davis, Wilburn, 1991).

როგორც აღმოჩნდა, რკინიგზის იმპერიალიზმისა და ანტიიმპერიალიზმის იმდენი სახეობა იყო, რამდენიც ქვეყანა, რომლებიც რკინიგზას აშენებდნენ. მაგალითად, კანადაში თავისუფალი პოლიტიკისა და თავისუფალი ბაზრების პირობებში, რკინიგზამ საშუალება მისცა პრემიერ ჯონ მაკდონალდს, ამერიკული „რესპუბლიკანიზმის“ ყველა წინააღმდეგობის მიუხედავად, აეშენებინა და გაეძლიერებინა თავისი პოლიტიკური და ეკონომიკური კავშირები იმპერიასთან. მიუხედავად იმისა, რომ „ბრიტანული ინდოეთის“ რკინიგზამ ეკონომიკური რესურსები დიდწილად ინდოეთის ხელში დატოვა, ქვეკონტინენტი გახსნა საერთაშორისო ბაზრების თავისუფალი თამაშისათვის და შეიმუშავა ბრიტანული ეკონომიკური „თანამგზავრი“. რკინიგზა ჩინეთში, ისევე როგორც ოსმალეთის იმპერიაში, სპარსეთსა და ტაილანდში, გამიზნული იყო აზიის იმპერიების ეკონომიკური განვითარების მონოპოლიზებისათვის, რომლებიც მოდერნიზაციის დაშლის პირას იყვნენ. ამ ნეომერკანტილისტური სარკინიგზო მაგისტრალებისთვის, დიდმა ძალებმა კერძო კაპიტალი იმპერიული სტრატეგიის სამსახურში შეიტანეს. მნიშვნელოვანია, რომ ეს იყო ხაზების ანექსია ევროპული ან ია-



პონური მეტროპოლიტენის ქსელების მხრიდან მეზობელი აზიის ტერიტორიებზე, რამაც გამოიწვია დაყოფა ექსკლუზიურ სარკინიგზო ზონებად. აქედან გამომდინარე, სარკინიგზო იმპერიალიზმი აზიაში პირდაპირ იყო დაკავშირებული მეტროპოლიების ეროვნულ უსაფრთხოებასთან (Davis, Wilburn, 1991).

## დასკვნა

წარმოდგენილი განხილვიდან ჩანს, რომ XVIII საუკუნის 60–90-იან წლებში ინგლისსა და სხვა ქვეყნებში დაიწყო ინდუსტრიული ზრდა და საფუძველი ჩაეყარა სამრეწველო რევოლუციას. ნამდვილი რევოლუცია მოახდინა ინჟინერ ჯეიმს ვატის მიერ შექმნილმა პირველმა უნივერსალურმა ორთქლმაგაღმა. ორთქლის ძრავას გამოგონებამ მძლავრი იმპულსი მისცა ტრანსპორტის განვითარებას.

1812–1829 წლებში ჯორჯ სტეფენსონმა შექმნა ორთქლის ლოკომოტივი და მოახერხა მადაროს მფლობელთა დარწმუნება პირველი რკინიგზის აშენებაში ინგლისში დარლინგტონიდან – სტოკტონამდე. ამის შემდეგ დაიწყო მსოფლიოს წამყვან ქვეყნებში რკინიგზების მშენებლობა. ლოკომოტივმა ევროპასა და აშშ-ში მოახერხა თავისი შესაძლებლობებით დაეახლოებინა ადგილობრივი და ეროვნული ეკონომიკა. ლოკომოტივი, ორთქლის გემთან და ტელეგრაფთან ერთად ამცირებდა დროსა და სივრცეს რეგიონებს შორის და ანიჭებდა მას ახალ ეკონომიკურ და სტრატეგიულ მნიშვნელობას.

## ლიტერატურა – REFERENCES

1. თ. კუპატაძე. ამიერკავკასიის რკინიგზის განვითარების ძირითადი ეტაპები. თბ., 2004.
2. Виргинский В. С. Возникновение железных дорог в России до начала 40-х годов XIX века. М.: Транспорт, 1949.
3. Коллектив Авторов. История железнодорожного транспорта России и Советского Союза. Т. 1, С.-П.-М., 1997, с. 1836-1917.

## THE HISTORY OF TECHNOLOGY

### FACTS ABOUT THE HISTORY OF RAILWAYS WORLDWIDE

**T. Kupatadze, N. Kupatadze**

(Georgian Technical University)

**Resume.** The construction of railways in England and other countries worldwide is discussed. At the same time, it is considered what stages were made since its origination and why railway transport has become a necessary area of interest for many countries worldwide, how the construction of railways began in the Russian Empire, what some officials of the Russian Empire thought on the start of railway construction in Russia. How the construction of railways started in Russia and its provinces, including Transcaucasia. It is indicated that the appearance of the railway had a great and rapid impact on the development of the world in various directions. The invention of the steam engine gave a powerful impetus to the development of transportation and played a decisive role in the industrial revolution.

**Keywords:** construction; economy; locomotive; railway ; ship; steam engine; telegraph; transport.

**რუსეთ-უკრაინა-მეზობლობის ენერგეტიკული პარადიგმის  
სამხედრო-პოლიტიკური ასპექტები**

**ნანა ფირცხელანი**

(კავკასიის უნივერსიტეტი)

**რეზიუმე:** განხილულია საკითხი, რომელიც ეხება ენერგეტიკული უსაფრთხოების კომპონენტის გავლენას სახელმწიფოს საგარეო პოლიტიკურ ქცევაზე. კერძოდ, ევროკავშირს, უკრაინასა და რუსეთს შორის არსებული ენერგეტიკული გამოწვევების გაანალიზების საფუძველზე შესწავლილია ის ფაქტორები, რომლებიც უზრუნველყოფს აღნიშნულ ქვეყნებს შორის პოლიტიკური ურთიერთობების ფორმირების პროცესში ენერგეტიკული უსაფრთხოების ამოცანებით განპირობებული გადაწყვეტილებების პრიორიტეტების შერჩევას. ეს კი, თავის მხრივ, საშუალებას იძლევა პასუხი გაეცეს მთავარ საკვლევ კითხვას, თუ რა იწვევს ენერგეტიკული უსაფრთხოების, როგორც ეროვნული უსაფრთხოების შემადგენელი მთავარი კომპონენტის, ამოცანების იმგვარ სახეცვლილებას, რომ სამხედრო დაპირისპირებაში ჩაბმული ქვეყანა თავს არიდებს ენერგეტიკული კომპონენტის სამხედრო-პოლიტიკური მიზნებისათვის გამოყენებას.

ნაშრომში წარმოდგენილი ანალიზის მიხედვით ცხადია, რომ, მიუხედავად ენერგეტიკული უსაფრთხოების კომპონენტის ეროვნული უსაფრთხოების კომპონენტთან მჭიდრო კავშირისა, სახელმწიფომ შეიძლება არ გამოიყენოს ენერგეტიკული ბერკეტები და იხელმძღვანელოს მხოლოდ ეკონომიკური მოგების ინტერესებით. შესაბამისად, რაციონალური ინტერესებით ნაკარნახევი ენერგეტიკული გადაწყვეტილებები, შესაძლოა ყოველთვის არ ემთხვეოდეს ეროვნული უსაფრთხოების პრინციპებით განსაზღვრულ მიმართულებას.

**საკვანძო სიტყვები:** გეოპოლიტიკა; ენერგეტიკული გამოწვევები; ეროვნული უსაფრთხოება; იმპორტ-დამოკიდებულება; სანქციები.

**შესავალი**

საერთაშორისო ურთიერთობების დისციპლინის თანამედროვე კვლევებში უსაფრთხოების საკითხებს წამყვანი ადგილი უკავია. ბოლო პერიოდში ქვეყნებს შორის განვითარებულია სამხედრო-პოლიტიკურმა დაპირისპირებებმა კვლავ წინ წამოსწია ეროვნული უსაფრთხოების უზრუნველყოფასთან დაკავშირებული გამოწვევები. აღსანიშნავია, რომ მოცემულ პროცესში უსაფრთხოების სხვადასხვა კომპონენტთან (სამხედრო, პოლიტიკურ, ეკოლოგიურ, ეკონომიკურ და სხვ.) ერთად მნიშვნელოვანი ადგილი დაეთმო ენერგეტიკული უსაფრთხოების კომპონენტს.

მსოფლიოში მიმდინარე თანამედროვე ტექნოლოგიურმა პროცესებმა და ეკონომიკურმა ტენდენციებმა დღის წესრიგში დააყენა მუდმივად მზარდი ენერგეტიკული მოთხოვნის უსაფრთხოდ დაკმაყოფილების საკითხი. თუმცა მსოფლიო მასშტაბით ენერგორესურსების არათანაბარი გადანაწილებით განპირობებულმა გამოწვევებმა (მონოპოლიის დაწესება ენერგორესურსების წარმოებასა და მიწოდებაზე, მიწოდების მარშრუტებისა და ინფრასტრუქტურის უსაფრთხოების უზრუნველყოფის ხარისხის შემცირება) ენერგეტიკა საგარეო პოლიტიკის

წარმოების იარაღად გახდა. შესაბამისად, მომხმარებელ და მიმწოდებელ ქვეყნებს შორის ენერგეტიკული ურთიერთობები გასცდა მხოლოდ დარგის ინტერესებს და ეროვნული უსაფრთხოების უზრუნველყოფის მნიშვნელოვან კომპონენტად იქცა [1].

თუ დღემდე ენერგეტიკული თანამშრომლობა მეტ-ნაკლებად მშვიდობის გარანტიად აღიქმებოდა, რუსეთის უკრაინაზე თავდასხმის ფაქტმა ცალსახად აჩვენა, რომ მოცემულ სახელმწიფოებს შორის არსებული ძლიერი ენერგეტიკული ურთიერთდამოკიდებულება არ წარმოადგენს მშვიდობის უზრუნველყოფის გარანტიას. მიუხედავად იმისა, რომ უკრაინა ენერგორესურსების ერთ-ერთ მთავარ სატრანზიტო ქვეყნად გვევლინება, რომლის მეშვეობითაც რუსეთი უზრუნველყოფდა თავის უდიდეს და ყველაზე გადახდისუნარიანი ენერგეტიკული ბაზრის დაკმაყოფილებას (იგულისხმება ევროკავშირის ენერგეტიკული ბაზარი), ამას ხელი არ შეუშლია რუსეთისათვის ეწარმოებინა ფართომასშტაბიანი სამხედრო ოპერაციები უკრაინის ტერიტორიაზე.

აღნიშნულ სამხედრო დაპირისპირებისას გამოიკვეთა ერთი მნიშვნელოვანი მომენტი, როდესაც ევროკავშირმა რუსეთს ეკონომიკური სანქციები დაუწესა, სავაჭრო ენერგეტიკული ურთიერთობები აღნიშნული სანქციების მიღმა დარჩა. მიუხედავად იმ ფაქტისა, რომ 2022 წლის თებერვალში (უკრაინაზე რუსეთის თავდასხმის განხორციელების მომენტიდან) ევროკავშირმა დაიწყო რუსეთიდან იმპორტირებული ენერგეტიკული რესურსების ჩანაცვლების გზების ძიება და საგრძნობლად შეამცირა ენერგეტიკული დამოკიდებულება რუსეთზე, უკრაინა დღემდე ასორციელებს ენერგოსატრანზიტო ოპერაციებს ევროკავშირის წევრ ქვეყნებში [2].

რუსეთ-უკრაინას შორის მიმდინარე სამხედრო-პოლიტიკური დაპირისპირებისას გამოიკვეთა კიდევ ერთი საინტერესო საკითხი – მიუხედავად იმისა, რომ ენერგეტიკული ინფრასტრუქტურის უსაფრთხოების უზრუნველყოფა სამხედრო თავდასხმისას ეროვნული უსაფრთხოების უზრუნველყოფის უმთავრეს ამოცანას წარმოადგენს, უკრაინის შემთხვევაში სატრანზიტო ინფრასტრუქტურისა და სატრანზიტო ნაკადების მიწოდების უსაფრთხოების საკითხი დღის წესრიგში არ დამდგარა (აქ არ მოიაზრება ის ფიზიკური რისკები, რომლებიც სამხედრო ოპერაციებს ახლავს თან). არც რუსეთის და არც უკრაინის შეიარაღებული ძალების მიერ არ განხორციელებულა ისეთი სამხედრო ოპერაცია, რომელიც საფრთხეს შეუქმნიდა ენერგოსატრანზიტო ნაკადების დაუბრკოლებელ გადაღინებას რუსეთიდან ევროკავშირის წევრი ქვეყნებისაკენ. მოცემული შემთხვევის ანალიზი ცხადყოფს, რომ, ერთი მხრივ, ქვეყნის ენერგოსატრანზიტო ფუნქციებმა ვერ მოახერხა ენერგორესურსების მიმწოდებელი ქვეყნის სამხედრო აგრესიის შეკავება, მაგრამ, მეორე მხრივ, სატრანზიტო ქვეყნას ენერგეტიკული ურთიერთობები არ შეუწყვეტია თავდამსხმელ მხარესთან.

ზემოაღნიშნულიდან გამომდინარე, რუსეთ-უკრაინის შემთხვევის განხილვისას ჩნდება ვარაუდი, რომ თანამედროვე სამყაროში სამხედრო დაპირისპირების დროს ენერგეტიკული კომპონენტის როლი მნიშვნელოვნად იცვლის სახეს. შესაბამისად, კვლევის მიზანს წარმოადგენს ამ სახეცვლილების მთავარი განმაპირობებელი ფაქტორების შესწავლა და სახელმწიფოთა ამგვარი ქცევის ძირითადი ასპექტების დადგენა.

პირველ რიგში საინტერესოა, თუ რა განაპირობებს ენერგეტიკული უსაფრთხოების, როგორც ეროვნული უსაფრთხოების შემადგენელი მთავარი კომპონენტის, ამოცანების იმგვარ სახეცვლილებას, როდესაც სამხედრო-პოლიტიკურ დაპირისპირებაში ჩაბმული ქვეყნა თავს არიდებს ენერგეტიკული ურთიერთობების გაწყვეტას აგრესორთან. ამ კითხვიდან გამომდინარე, კვლევის მთავარ ამოცანად გვესახება იმ ფაქტორებისა და გარემოებების იდენტიფიცირება, რომლებიც გავლენას ახდენს სამხედრო აგრესიის პირობებში ქვეყნებს შორის ენერგეტიკული ურთიერთობების ფორმირებაზე და განაპირობებს სახელმწიფოთა შეცვლილ ქცევას.

საკვლევ კითხვაზე პასუხის გაცემის მიზნით გაკეთდა ევროკავშირის, უკრაინასა და რუსეთს შორის მიმდინარე ენერგეტიკული ურთიერთობების ანალიზი. კერძოდ, გაანალიზებუ-

ლია, თუ რამ განაპირობა ის ფაქტი, რომ რუსეთის მხრიდან უკრაინაზე სამხედრო თავდასხმის გამო ევროკავშირის მიერ რუსეთისათვის დაწესებულმა ეკონომიკურმა სანქციებმა გვერდი აუარა მხარეებს შორის არსებულ ბუნებრივი აირის სატრანზიტო ურთიერთობებს, მაშინ როდესაც რუსეთის საბიუჯეტო შემოსავლების მნიშვნელოვანი წილი (45 % 2022 წლის მონაცემებით) ენერგორესურსებით ვაჭრობიდან მიღებული შემოსავლით ივსება [3]. აღნიშნული კი, რა თქმა უნდა, უზრუნველყოფს რუსეთის მიერ უკრაინაში განხორციელებული და დაგეგმილი სამხედრო ოპერაციების დაფინანსების უწყვეტობას. გარდა ამისა, გაანალიზებულია ისიც, თუ რამ გამოიწვია უკრაინის მიერ ისეთი გადაწყვეტილების მიღება, რომ, რუსეთთან ღია სამხედრო დაპირისპირების მიუხედავად, დაუბრკოლებლად აწარმოოს ენერგორესურსების ევროპისათვის მიწოდება ფორს-მაჟორულ სიტუაციაში, თუმცა კარდად იცის, რომ მოცემული ვაჭრობიდან მიღებული შემოსავლებით რუსეთის მიერ უკრაინაში ახალი სამხედრო ოპერაციები დაფინანსდება. აღნიშნული შემთხვევის ანალიზით მიღებული შედეგები კი ახსნილია უსაფრთხოების კონცეპტუალური ჩარჩოს მეშვეობით, რაც, თავის მხრივ, იძლევა პასუხს, თუ რა როლს ასრულებს დღეისათვის ენერგეტიკული კომპონენტი ეროვნული უსაფრთხოების პოლიტიკის უზრუნველყოფის პროცესში.

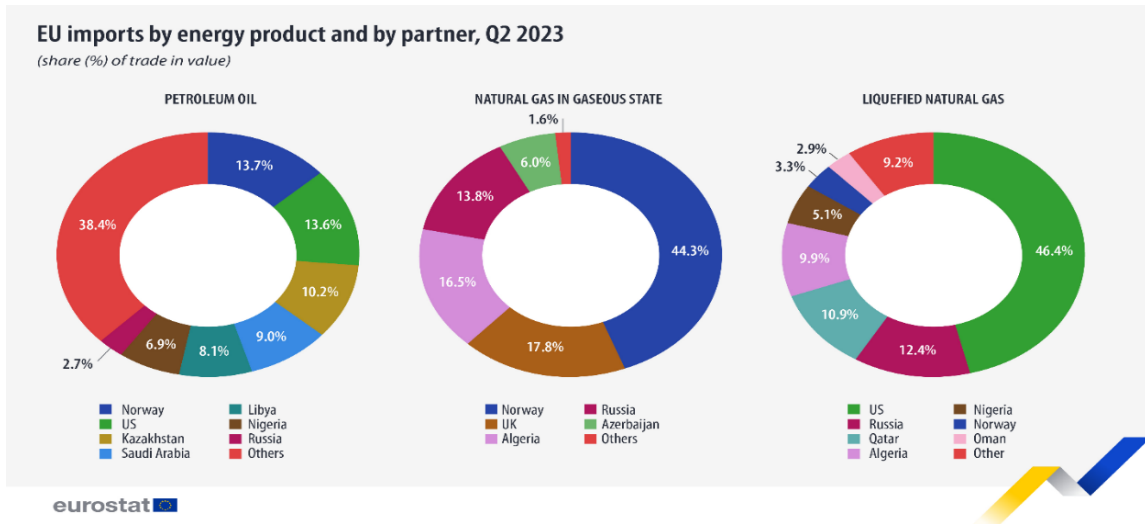
გარდა წარმოდგენილი შემთხვევის ანალიზისა, წინამდებარე ნაშრომში გამოყენებულია ასევე თვისებრივი კვლევის ისეთი მეთოდები, როგორცაა სამეცნიერო მონაცემთა მოძიება, განხილვა და ანალიზი. პირველადი და მეორეული წყაროების ანალიზის საფუძველზე მიმოხილულია ანალიზში ჩართული ქვეყნების ენერგეტიკული სტრატეგიები, სტატისტიკური მონაცემები, წლიური სამოქმედო გეგმები და საერთაშორისო ენერგეტიკული ორგანიზაციების წლიური ანგარიშები, ხოლო თვისებრივი კონტენტ-ანალიზის მეშვეობით მოცემულ ჭრილში გაანალიზებულია ენერგეტიკული უსაფრთხოების საკითხებისადმი მიძღვნილი სამეცნიერო ლიტერატურაც (კვლევები, სტატიები, სამეცნიერო თეორიული ნაშრომები და სხვ).

## ძირითადი ნაწილი

XXI საუკუნის დასაწყისიდან მოყოლებული, ენერგეტიკული კრიზისების გახშირებულმა შემთხვევებმა და ენერგეტიკის პოლიტიკური მიზნებისათვის გამოყენების არაერთმა მცდელობამ, ენერგეტიკული უსაფრთხოების გამოწვევები გამოიყვანა ვიწრო დარგობრივი ჩარჩოებიდან და იგი ეროვნული უსაფრთხოების უზრუნველყოფისა და საგარეო პოლიტიკური კურსის წარმოების მნიშვნელოვან ინსტრუმენტად აქცია [4]. შესაბამისად, დღის წესრიგში განსაკუთრებით მწვავედ დადგა მიწოდების უსაფრთხოების უზრუნველყოფასთან დაკავშირებული საკითხები. განსაკუთრებული გამოწვევების წინაშე აღმოჩნდა ენერგომომხმარებელი ქვეყნები, რომლებიც ხშირად გამხდარა მიმწოდებელი ქვეყნის მხრიდან ენერგეტიკული მანიპულაციების მსხვერპლი.

ევროკავშირი, რომელიც ენერგორესურსების გასაღების ერთ-ერთ უდიდეს ბაზარს წარმოადგენს, ასევე არაერთხელ მოხვედრილა მსგავსი ზეწოლის ქვეშ [5]. აღსანიშნავია, რომ ევროკავშირი, როგორც მსოფლიოში სიდიდით მეორე ეკონომიკის მქონე გაერთიანება, მსოფლიოში წარმოებული ენერჯის ერთ მეხუთედს მოიხმარს და ამავდროულად დამოკიდებულია იმპორტირებულ ენერგორესურსებზე [6]. აქედან გამომდინარე, მის უპირველეს ამოცანას წარმოადგენს ენერგოუსაფრთხოების ხარისხის გაზრდა იმპორტირებულ ენერგორესურსებზე დამოკიდებულების შემცირებით, მიწოდების გზების, მიმწოდებლებისა და ენერგოწყაროების დივერსიფიკაციით, განახლებადი ენერჯის განვითარებითა და ენერგოეფექტური ღონისძიებების გატარებით. თუმცა, მიუხედავად ბოლო ათწლეულებში განხორციელებული ეფექტიანი დივერსიფიკაციის პოლიტიკისა, იმპორტდამოკიდებულების გამოწვევა კვლავ დგას ევროკავშირის წევრი ქვეყნების წინაშე [7].

აღსანიშნავია, რომ 2023 წლის მდგომარეობით ევროკავშირის ენერგეტიკული მიქსი განსაკუთრებით შეიცვალა რუსეთ-უკრაინის 2022 წლის სამხედრო დაპირისპირების შედეგად, რადგან, თუ ომამდე ევროკავშირის ბუნებრივი აირის იმპორტის დაახლოებით 50 % რუსეთიდან იმპორტირებულ ბუნებრივ აირზე მოდიოდა, 2023 წლისათვის ეს მოცულობები 14 %-მდე შემცირდა [8]. 1-ლ ნახ-ზე წარმოდგენილ გრაფიკზე ნათლად ჩანს 2023 წლისათვის ევროკავშირის დივერსიფიცირებული იმპორტის მანევრებლბები.



ნახ. 1. ევროკავშირში იმპორტის მანევრებლბები მიწოდების წყაროებისა და მიმწოდებლბების მიხედვით (წყარო: imports of energy products continued to drop in Q2 2023, by Eurostat (2023))

მიუხედავად იმპორტის დივერსიფიკაციისა და შემცირებული საიმპორტო მოცულობების, უკრაინაში მიმდინარე რუსეთის აგრესიული მოქმედებებისა და დაწესებული ენერგეტიკული სანქციებისა, ევროკავშირი კვლავ იღებს უკრაინის გავლით რუსეთიდან ბუნებრივი აირის საიმპორტო მოცულობებს. 2022-2023 წლის განმავლობაში აღნიშნულმა მოცულობებმა დაახლოებით 15 მლრდ მ<sup>3</sup> შეადგინა, მაშინ როდესაც, 2022 წლამდე აღნიშნული მოცულობები დაახლოებით 37 მლრდ მ<sup>3</sup>-ს შეადგენდა [9]. მე-2 ნახ-ზე ნაჩვენებია ენერგოსატრანზიტო მილსადენების ქსელი.



ნახ. 2. უკრაინაზე გამავალი ენერგოსატრანზიტო მილსადენები (წყარო: CBC News)

არსებული ენერგეტიკული ურთიერთობების გაანალიზებით მნიშვნელოვანია იმ წინაპირობების განხილვაც, რომლებიც წინ უძღვოდა უკრაინაზე რუსეთის თავდასხმას. აქ იგულისხმება ის ენერგეტიკული ზეწოლა, რომელიც რუსეთმა არაერთხელ განახორციელა უკრაინასა და ევროკავშირზე 2005–2021 წლებში აღმოსავლეთ ევროპის რეგიონში საკუთარი პოლიტიკური ძალაუფლების გამყარების მიზნით.

უნდა აღინიშნოს, რომ ევროკავშირის რუსეთზე იმპორტდამოკიდებულება სათავეს ჯერ კიდევ გასული საუკუნის 70-იანი წლების ნავთობის მსოფლიო კრიზისის შემდგომი პერიოდის იღებს, როდესაც ე.წ. „იაფი ნავთობის“ ხანა დასრულდა და ევროკავშირის წევრი ქვეყნები ენერგორესურსების დეფიციტის საფრთხის წინაშე დადგა. სწორედ ამ პერიოდში (XX საუკუნის 80-იანი წლებიდან) იწყებს საბჭოთა კავშირი ენერგორესურსების საექსპორტო მოცულობების ზრდას და სულ რამდენიმე წელიწადში საბჭოთა კავშირიდან შეღავათიან ფასად იმპორტირებულ ბუნებრივ აირზე ფასს აორმაგებს, რამაც განაპირობა ევროკავშირის მზარდი დამოკიდებულება რუსეთიდან იმპორტირებულ ენერგორესურსებზე. რაც შეეხება მიწოდების გზებს, რუსეთიდან ევროკავშირის ბაზარზე ენერგორესურსების დიდი წილის მიწოდება სწორედ უკრაინის მეშვეობით ხორციელდებოდა [10].

უკრაინა ერთ-ერთ მთავარ ენერგოსატრანზიტო ქვეყანას წარმოადგენდა და თავადაც არაერთხელ აღმოჩენილა რუსეთის ენერგეტიკული წნეხის ქვეშ. პირველი, ყველაზე ფართომასშტაბიანი, კრიზისის წინაშე ქვეყანა აღმოჩნდა 2006 წლის იანვარში, როდესაც რუსეთთან ბუნებრივი აირის თაობაზე დაწყებული დავის შედეგად ევროკავშირის წევრი ქვეყნების უმრავლესობას ბუნებრივი აირის მიწოდება შეუწყდა. არანაკლებ ნეგატიური შედეგების მომტანი იყო 2009, 2014, 2017 და 2019 წლებში განვითარებული ენერგეტიკული კრიზისები, რის შედეგადაც ევროკავშირი მწვავედ დადგა რუსეთიდან იმპორტირებული ბუნებრივი აირის ჩანაცვლების აუცილებლობისა და მიწოდების უსაფრთხოების ახალი გამოწვევების წინაშე [11].

გარდა სატრანზიტო დავებისა და საფასო პოლიტიკისა, რუსეთის მიერ ენერგეტიკული ბერეკეტებით მანიპულირება მიმართული იყო აღმოსავლეთ ევროპის ქვეყნებში საკუთარი გეოპოლიტიკური ძალაუფლების დამყარებისა და გაძლიერების მცდელობისაკენ. მაგალითად, 2006 წლის კრიზისის დროს, როცა რუსულმა კომპანია „გაზპრომმა“ უკრაინისათვის 1000 მ<sup>3</sup> ბუნებრივ აირზე დაწესებული 44 აშშ დოლარის თითქმის 230 აშშ დოლარამდე გაზრდა მოითხოვა და უკრაინის ბუნებრივი აირის მოპარვაში დაადანაშაულა, უკრაინის მაშინდელი ხელისუფლების მიერ პირდაპირ პოლიტიკურ ზეწოლად იქნა აღიარებული [12].

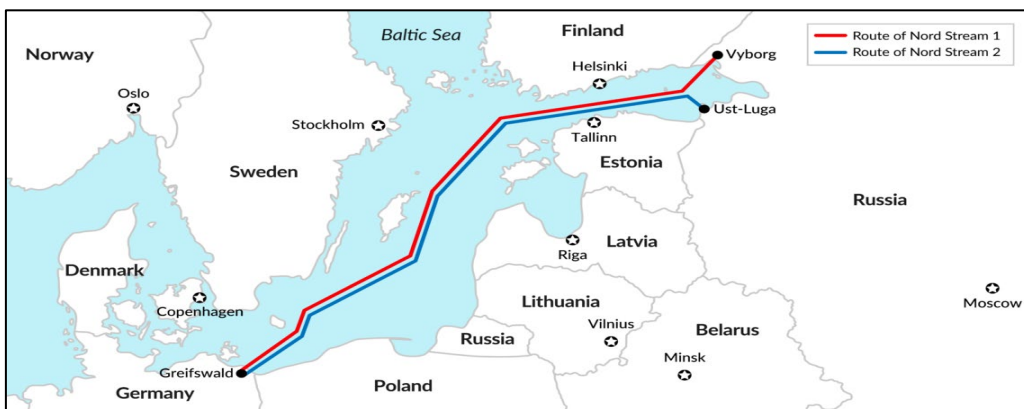
არანაკლებ დაძაბული აღმოჩნდა 2009 წელიც, როდესაც უკრაინის პოლიტიკურმა ელიტამ ევროინტეგრაცია სახელმწიფოს ოფიციალურ საგარეო პოლიტიკურ კურსად გამოაცხადა, რადგან რუსეთი ვერ ეგუებოდა დასავლეთის პოლიტიკური გავლენის გაძლიერებას აღმოსავლეთ ევროპაში, თითქმის ერთი თვით, ზამთრის ყველაზე ცივ პერიოდში არამარტო შეუწყვიტა უკრაინას ბუნებრივი აირის მიწოდება, არამედ შეაჩერა სატრანზიტო მოცულობების გადადინებაც ევროკავშირის წევრი ქვეყნებისაკენ. ეს კიდევ ერთი გაფრთხილება იყო რუსეთის მხრიდან, რომ გეოპოლიტიკური გავლენის შენარჩუნების მიზნით იგი კვლავ მიმართავდა სამომავლოდ ენერგეტიკული ბერეკეტების გამოყენებას [13]. ეს დადასტურდა კიდევ 2014 წელს რუსეთის მიერ ყირიმის ნახევარკუნძულის ანექსიით, რომელსაც გარდა სამხედრო-პოლიტიკური სარჩულისა, ასევე ენერგეტიკული ფაქტორიც ედო საფუძვლად.

ყირიმის ანექსიის შედეგად რუსეთმა ხელში ჩაიგდო შავი ზღვის ტერიტორიულ წყლებში აღმოჩენილი ბუნებრივი აირის საბადოები, რომელთა პოტენციური ჯამური მოცულობა 2.3 ტრილიონ მ<sup>3</sup>-ით შეფასდა, რაც დაახლოებით აზერბაიჯანის დადასტურებული რეზერვების ტოლია [14]. მიუხედავად იმისა, რომ ანექსიის შედეგად უკრაინამ დაკარგა საკუთარი ენერგორესურსების თითქმის 80 %, მან მაინც შეძლო და 2015 წლისათვის სრულად ჩამო-

შორდა რუსულ იმპორტს და მხოლოდ ევროკავშირის წევრი ქვეყნებიდან იღებდა რევერსული გზით (სატრანზიტო მოცულობებიდან) ბუნებრივ აირს [15].

საზგასანმელია, რომ რუსეთის მხრიდან პროვოცირებული ენერგეტიკული კრიზისების დროს, უკრაინაც იყენებდა საკუთარ სატრანზიტო ძალაუფლებას და ცდილობდა მისი მეშვეობით შეენარჩუნებინა თავისი პოლიტიკური თვითმყოფადობა, რათა ხელი შეეწყო ქვეყნის მმართველი პოლიტიკური ძალის მიერ არჩეული ევროინტეგრაციული პროცესებისათვის. სატრანზიტო ძალაუფლების გამოყენება, თავის მხრივ, განაპირობებდა საბოლოო ევროპელი მომხმარებლისათვის ბუნებრივი აირის მიწოდების შეწყვეტას. მიწოდების შეზღუდვა ასევე ხშირად იყო გამოწვეული ევროკავშირის მიერ შემუშავებული მარეგულირებელი კანონმდებლობითა და ინსტიტუციებით, რომელთა მთავარი ამოცანა იყო საერთო ევროპული ბაზრის მონოპოლიისაგან დაცვა. უპირისპირებდა რა მარეგულირებელ ინსტრუმენტებს რუსეთის გეოპოლიტიკურ ძალაუფლებას, ევროკავშირი არაერთხელ აღმოჩენილა, ერთი მხრივ, რუსული „გაზის პოლიტიკის“, ხოლო, მეორე მხრივ, უკრაინის სატრანზიტო დავების მსხვერპლი [16].

სწორედ რუსეთ-უკრაინის კრიზისმა უბიძგა ევროკავშირს გადაეხედა თავისი ენერგოპოლიტიკისათვის და შეემუშავებინა ახალი მიდგომა. ამ მიზნით შეემუშავდა და განხორციელდა „ჩრდილოეთ ნაკადი 1-ისა“ (2012 წ.) და „ჩრდილოეთ ნაკადი 2-ის“ (2021 წ.) ბუნებრივი აირის მილსადენების პროექტები, რომელთა ჯამური წლიური სატრანსპორტო მოცულობა შეადგენდა 110 მლრდ მ<sup>3</sup> აირს [17]. აღნიშნული პროექტების უმთავრეს მიზანს წარმოადგენდა სატრანზიტო ქვეყნების გვერდის ავლით (ბალტიის ზღვის გავლით) რუსეთის ბუნებრივი აირის პირდაპირი გზით ევროკავშირისათვის მიწოდება. ამასთან, მილსადენების სატრანსპორტო ნაკადების მოცულობა გათვლილი იყო უკრაინის, როგორც სატრანზიტო ქვეყნის, სრულად ჩამოცილებაზე [18].



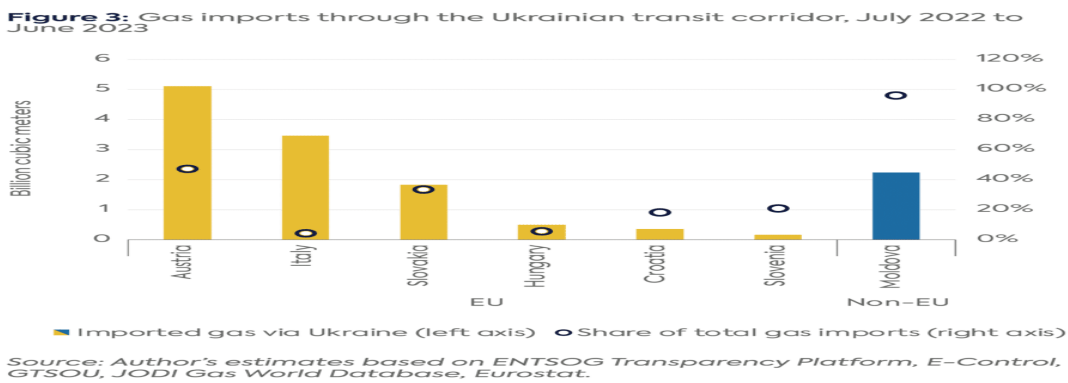
ნახ. 3. „ჩრდილოეთ ნაკადის“ ბუნებრივი აირის მილსადენის პროექტები (წყარო: mapixxel for GIS)

უნდა ითქვას, რომ აღნიშნული ბუნებრივი აირის მილსადენის პროექტები, მიუხედავად გაცხადებული ევროპული სოლიდარობისა, ევროკავშირის წევრი ქვეყნების მხრიდან საკუთარი ნაციონალური ინტერესების გაერთიანების ინტერესებზე წინ დაყენების კლასიკურ მაგალითად იქცა. მოცემული პროექტების განხორციელებით არამარტო უკრაინას შეექმნა საფრთხე, არამედ ისეთ ენერგოსატრანზიტო ქვეყნებსაც (პოლონეთი, ბალტიისპირეთის სახელმწიფოები), რომლებიც არაერთხელ აღმოჩენილა რუსეთის მხრიდან ენერგეტიკული ზეწოლის მსხვერპლი პოლიტიკური მიზნების მიღწევის მიზნით [19]. ყოველივე ამან საშუალება მისცა რუსეთს მაქსიმალურად შეემცირებინა უკრაინაზე გამავალი სატრანზიტო ნაკადები და მისი ენერგოსატრანზიტო ფუნქციების დაკნინებით მოეხდინა უკრაინის გეოპოლიტიკური წონის გაუფასურება ევროკავშირის თვალში. ამის ნათელი დადასტურება გახდა 2021 წელი,

როდესაც რუსეთ-უკრაინის სამხედრო-პოლიტიკური დაპირისპირების ფონზე, რუსეთმა 25 %-ით შეამცირა უკრაინის ტერიტორიაზე გამავალი სატრანზიტო ნაკადები, რათა მაქსიმალურად დაეცვინათ ჩრდილოეთ ნაკადის მილსადენები [20].

გარდამტეხი მომენტი ევროკავშირს, უკრაინასა და რუსეთს შორის არსებულ ენერგეტიკულ ურთიერთობებში დადგა 2022 წლის 24 თებერვალს, როდესაც უკრაინაში რუსეთის შეჭრისა და ტერიტორიების ანექსიის შემდეგ, ევროკავშირმა უპრეცედენტო მასშტაბის პოლიტიკურ-ეკონომიკური სანქციები დაუწესა რუსეთს საბრძოლო მოქმედებების შემდგომი დაფინანსების შესაძლებლობის შეზღუდვის მიზნით. ენერგეტიკული სანქციების ფარგლებში, აიკრძალა საზღვაო გზით იმპორტირებული ნედლი ნავთობის შეტანა ევროკავშირის ტერიტორიაზე და დაწესდა მისი სარეალიზაციო ფასის ზედა ზღვარი, რომელიც 60 აშშ დოლარით შემოიფარგლა. შედეგად, 2022 წლის მეორე ნახევარში 90 %-ით შემცირდა, ხოლო წლის ბოლოსათვის სრულად ჩანაცვლდა ნავთობის სხვა მომწოდებლებისაგან რუსული ნავთობპროდუქტები. საერთო ჯამში, ნავთობის იმპორტის აკრძალვის შედეგად რუსეთმა 8 მლრდ ევროს ზარალი განიცადა. ასევე დაწესდა შეზღუდვები ქვანახშირზე და რუსეთიდან იმპორტირებულ სხვა ენერგორესურსებზე. თუმცა ხაზგასასმელია, რომ სანქციებმა გვერდი აუარა ბუნებრივი აირის იმპორტს [21].

აღსანიშნავია, რომ სამხედრო აგრესიით განპირობებულმა მაღალმა ფასებმა, რუსეთის მიერ უკრაინის მხარდამჭერი ქვეყნებისათვის დაწესებულმა სავალუტო შეზღუდვებმა (2022 წელს ევროკავშირის სანქციების საპასუხოდ რუსეთმა მოითხოვა წევრი ქვეყნების მიერ იმპორტირებული ბუნებრივი აირის საფასურის არა ევროში, არამედ რუსულ რუბლში ანაზღაურება) და 2022 წლის სექტემბერში „ჩრდილოეთ ნაკადის“ მილსადენების აფეთქებამ, ევროკავშირში რუსეთიდან იმპორტირებული ბუნებრივი აირის ნაკადების 80 %-ით შემცირება გამოიწვია [22]. მიუხედავად იმისა, რომ ევროკავშირმა მოახერხა ახალი მიმწოდებლებითა და მიწოდების გზებით რუსული ბუნებრივი აირის იმპორტის ჩანაცვლება (დაიწყო თხევადი ბუნებრივი აირის მიღება აშშ-დან, ნორვეგიიდან, ყატარიდან და გაიზარდა მილსადენებით ბუნებრივი აირის მიწოდება აზერბაიჯანიდან. იხ. ნახ. 1), დღეისათვის იგი კვლავ ახორციელებს რუსული ბუნებრივი აირის იმპორტს, მათ შორის უკრაინის ტერიტორიიდან (დაახლოებით 15 მლრდ მ<sup>3</sup> ბუნებრივი აირის იმპორტი 2022-2023 წწ-ის განმავლობაში). თუმცა 2024 წლის ბოლოსათვის ევროკავშირი გეგმავს სრულად ჩანაცვლას რუსული ბუნებრივი აირის იმპორტით.



**ნახ. 4. 2022 წლის ივლისიდან 2023 წლის ივნისამდე უკრაინის სატრანზიტო დერეფნით განხორციელებული ბუნებრივი აირის იმპორტის მაჩვენებლები**



## დასკვნა

აღნიშნული ემპირიული ფაქტების ანალიზის საფუძველზე შესაძლებელია პასუხი გავცეს კითხვას, თუ რა განაპირობებს ენერგეტიკული უსაფრთხოების, როგორც ეროვნული უსაფრთხოების შემადგენელი მთავრი კომპონენტის, ამოცანების იმგვარ სახეცვლილებას, როდესაც სამხედრო-პოლიტიკურ დაპირისპირებაში ჩაბმული ქვეყანა თავს არიდებს ენერგეტიკული ურთიერთობების გაწყვეტას აგრესორთან.

შესაბამისი სამეცნიერო ლიტერატურის გაცნობისა და მხარეთა ენერგეტიკული პოლიტიკის ანალიზის შემდეგ იკვეთება, რომ ევროკავშირის პოზიციიდან, რუსული ბუნებრივი აირის იმპორტის მოცულობების სრულად შეწყვეტა, მიუხედავად უკრაინის სოლიდარობისა, გამოუსწორებელ ზიანს მიაყენებდა ევროკავშირის წევრი ქვეყნების ეკონომიკას [23]. ომის წინა პერიოდისათვის არსებულმა მაღალმა დამოკიდებულებამ რუსულ ბუნებრივ აირზე, მიმწოდებლების დივერსიფიკაციის არ არსებობის პირობებში, შეუძლებელ ამოცანად აქცია რუსეთიდან იმპორტირებული ბუნებრივი აირის სრულად ჩანაცვლება. შედეგად, წევრმა ქვეყნებმა იხელმძღვანელეს არა გაერთიანების პოლიტიკური გამოწვევების გათვალისწინებით, არამედ ენერგეტიკული და, შესაბამისად, ეროვნული უსაფრთხოების უზრუნველყოფის პრინციპებით.

როცა საქმე ეხება რუსეთის მხრიდან ბუნებრივი აირის მიწოდების შეწყვეტის საკითხს, საზგასასმელია, რომ მილიარდობით ევროს ზარალის მიუხედავად, რაც რუსეთმა განიცადა ენერგეტიკული სანქციების დაწესებისთანავე (საიმპორტო მოცულობების შემცირების შედეგად), მან მაინც მიიღო გაზრდილი მოთხოვნით უზრუნველყოფილი ფასთა ნამატი საექსპორტო ბიუჯეტში. მართალია, ევროკავშირის მხრიდან უკრაინის სოლიდარობა და მხარდაჭერა გრძელდება, მაგრამ ენერგომომწოდებლების დივერსიფიკაციის ფონზე რუსეთისათვის აქტუალურია შეინარჩუნოს ბუნებრივი აირის ის საექსპორტო ნაკადები, რომლითაც იგი დღეს ამარაგებს ევროპის ქვეყნებს სულ მცირე ახალი ბაზრების ათვისებამდე მაინც, რათა შეძლოს ენერგორესურსების მოპოვებისათვის აუცილებელი ტექნოლოგიური მხარდაჭერის უზრუნველყოფა [24].

ასე რომ, ევროკავშირში ბუნებრივი აირის მიწოდების შენარჩუნება თუნდაც მცირე მოცულობებით, დღესდღეობით რუსეთის ენერგეტიკული და სამხედრო უსაფრთხოების პოლიტიკის მთავარ ამოცანად რჩება.

კვლევის კუთხით მოცემულ კონტექსტში ყველაზე საინტერესოა უკრაინის მიდგომა ამ საკითხისადმი. როგორც უკვე აღვნიშნეთ, უკრაინამ ჯერ კიდევ 2015 წელს შეწყვიტა რუსეთისაგან პირდაპირი გზით ბუნებრივი აირის მიწოდება და უახლოეს მომავალში გეგმავს საკუთარი ადგილობრივი რესურსების ათვისებით სრულად ჩანაცვლას რუსული ბუნებრივი აირი. აქვე შევნიშნავთ, რომ 2022 წლამდე უკრაინა საჭირო მოცულობებს იღებდა რევერსული გზით ევროპის ქვეყნებისათვის მიწოდებული სატრანზიტო მოცულობებიდან. რუსეთის თავდასხმის შემდეგ, უკრაინამ არაერთხელ მოითხოვა სანქციების დაწესება რუსეთიდან იმპორტირებულ ბუნებრივ აირზე, თუმცა ევროკავშირის მთელი რიგი წევრი ქვეყნების მაღალი დამოკიდებულების გამო მილსადენებით იმპორტირებულ ბუნებრივ აირზე, ევროკავშირი უარს ამბობს შეიყვანოს სანქციების მე-11 პაკეტში ბუნებრივი აირი [25]. რაც შეეხება სატრანზიტო ინფრასტრუქტურის უსაფრთხოებასა და სატრანზიტო ნაკადების მიწოდების შეწყვეტის შესაძლებლობას, უკრაინა ცდილობს თავიდან აიცილოს ტრანზიტის შეწყვეტის შემთხვევაში გარდაუვალი კომერციული და სამართლებრივი დავები, თუმცა ცალსახად ხედავს რუსეთის მხრიდან გაზის ექსპორტით მიღებული შემოსავლებით სამხედრო ოპერაციების დაფინანსების საფრთხეს. უკრაინის ამჟამინდელი სატრანზიტო ურთიერთობები მიბმულია რუსეთთან 2019 წელს გაფორმებულ ხელშეკრულებასთან, რომლის თანახმადაც უკ

რაინა ვალდებულია უწყვეტად განახორციელოს ბუნებრივი აირის ტრანზიტი ევროპისაკენ 2024 წლის ბოლომდე, წინააღმდეგ შემთხვევაში იგი აღმოჩნდება უზარმაზარი საფარდო სანქციებისა და ძვირად ღირებულ სამართლებრივ დავებში ჩართვის საფრთხის წინაშე [26].

როგორც კვლევით დადასტურდა, უკრაინაც მსგავსად ევროკავშირისა (მიუხედავად იმისა, რომ ევროკავშირისაგან განსხვავებით იგი სამხედრო აგრესიის უშუალო მსხვერპლს წარმოადგენს), უპირატესობას ეკონომიკურ ინტერესებს ანიჭებს და არსებული სამხედრო გამოწვევების ფონზე არ მიმართავს ენერგეტიკული ბერკეტების პოლიტიკური მიზნებისთვის გამოყენებას.

ზემოაღნიშნულიდან გამომდინარე, კვლევის შედეგებს იმ დასკვნამდე მივყავართ, რომ განხილული შემთხვევა არ ჯდება სამხედრო-პოლიტიკური უსაფრთხოების კონცეფციის კლასიკურ მოდელში, რადგან არსებული გამოწვევების დაძლევის სტრატეგიის შემუშავების პროცესში ჩართული მხარეები ხელმძღვანელობენ არა სამხედრო უსაფრთხოების პრინციპებით, არამედ ენერგეტიკული გამოწვევების ეკონომიკური ასპექტებით. მიუხედავად რუსეთის მხრიდან არაერთხელ გამოყენებული ენერგეტიკული ზეწოლის ფაქტებისა, დღეის მდგომარეობით ვერც ევროკავშირი და ვერც უკრაინა ვერ იყენებს სრულად ენერგეტიკულ ბერკეტებს სამხედრო-პოლიტიკური მიზნების მისაღწევად, რადგან რაციონალური ფაქტორით ნაკარნახევი გადაწყვეტილებები ზღუდავს იმ სამოქმედო არეალს, რომელშიც ხდება პოლიტიკური გადაწყვეტილების ფორმირება.

## ლიტერატურა – REFERENCES

1. Daniel Yergin. Ensuring Energy Security. Foreign Affairs 85, no. 2; 2006. - 69 p. <https://doi.org/10.2307/20031912>
2. European Commission, Ukraine 2023 Report. Brussels, 8.11.2023. SWD.
3. International Energy Agency. World Energy Outlook 2022 – Analysis. 2022. <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2022>
4. Daniel Yergin. The Quest: Energy, Security and the Remaking of the Modern World. London: Penguin Group, 2012.
5. Smith Stegen. Karen. Deconstructing the Energy Weapon: Russia's Threat to Europe as Case Study. Energy Policy 39, no. 10: 2011, pp. 6505-6513. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2011.07.051>
6. Eurostat, EU energy mix and import dependency, 2022 <https://ec.europa.eu/eurostat>
7. European Commission, Brussels. State of the Energy Union Report 2023. 24.10.2023. [https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:b27b8b93-725d-11ee-9220-01aa75ed71a1.0001.02/DOC\\_1&format=PDF](https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:b27b8b93-725d-11ee-9220-01aa75ed71a1.0001.02/DOC_1&format=PDF)
8. Servet Yanatma, Europe's „energy war“ in data: How have EU imports changed since Russia's invasion of Ukraine?, EURONEWS, 2023. [www.euronews.com](http://www.euronews.com)
9. Statista.com. Russian gas transit volume in Ukraine 2022-2023, by route, 2023. <https://www.statista.com/statistics/1308480/ukraine-russian-gas-transit-volume-by-route/>
10. Robert Lieber. Europe and America in the World Energy Crisis. International Affairs. Royal Institute of International Affairs, London. Vol. 55, no. 4. 1979.
11. Marco Siddi. The Role of Power in EU–Russia Energy Relations: The Interplay between Markets and Geopolitics. Europe-Asia Studies 70, no. 10: 2018, pp. 1552-1571. <https://doi.org/10.1080/09668136.2018.1536925>
12. Jonathan Stern. Natural Gas Security Problems in Europe: The Russian–Ukrainian Crisis of Asia-Pacific Review 13, no. 1, 2006, pp. 32-59. <https://doi.org/10.1080/13439000600697522>

13. Aleksandar Kovacevic. The Impact of the Russia–Ukraine Gas Crisis in South Eastern Europe. Oxford Institute for Energy Studies. 2009. <https://www.oxfordenergy.org/publications/the-impact-of-the-russia-ukraine-gas-crisis-in-south-eastern-europe-2/>
14. British Petroleum. Statistical Review of World Energy. 2020. <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2020-full-report.pdf>
15. Валерий Шарифулин. Стоимость импортного газа на Украине в 2021 году выросла почти в шесть раз. ТАСС. Tass.ru. 6 Янв.2022. <https://tass.ru/ekonomika/13365273>
16. Jonathan Stern. The Pricing of Internationally Traded Gas the Pricing of Gas in International Trade - an Historical Survey. 2012. <https://www.oxfordenergy.org/wpcms/wp-content/uploads/Chapter%202.pdf>
17. Gazprom. Nord Stream. 2021. Gazprom.com. <https://www.gazprom.com/projects/nord-stream/>
18. Giedrius Česnakas. Energy Security in the Baltic-Black Sea Region: Energy Insecurity Sources and Their Impact upon States. Lithuanian Annual Strategic Review 10, no. 1, 2012. <https://doi.org/10.2478/v10243-012-0016-1>
19. Kirb. The pipeline at the center of geopolitical drama. Jan. 14, 2022. Vox.com. <https://www.vox.com/22881709/nord-stream-2-russia-ukraine-germany-united-states-cruz>
20. Pavel Polityuk. Editing by Potter Mark. January 4, 2022. Russian gas transit via Ukraine fell 25 % in 2021. Reuters.com. <https://www.reuters.com/markets/commodities/russian-gas-transit-via-ukraine-fell-25-2021-2022>
21. Lasse Boehm and Alex Wilson energy security and the war in Ukraine: From sprint to marathon, EPRS | European Parliamentary Research Service. February, 2023.
22. Harriett Baldwin. Russia’s War Against Ukraine and Transatlantic Energy Security Challenges, NATO Parliamentary Assembly, July, 27, 2023.
23. Sigit Perdana, Marc Vielle, Maxime Schenckery, European Economic impacts of cutting energy imports from Russia: A computable general equilibrium analysis, Energy Strategy Reviews, Vol. 44, 2022, 101006, ISSN 2211-467X, <https://doi.org/10.1016/j.esr.2022.101006>.
24. Yangyang Chen, Jiexin Jiang, Lei Wang, Ruisong Wang, Impact assessment of energy sanctions in geo-conflict: Russian–Ukrainian war, Energy Reports, Vol. 9, 2023, pp. 3082-3095, ISSN 2352-4847, <https://doi.org/10.1016/j.egy.2023.01.124>.
25. Gabriel Gavin and Victor Jacj. EU balks at adding Russian gas pipeline ban to sanctions package, Politico, May, 16, 2023.
26. Akos Losz, Russian Gas Transit through Ukraine, Center on Global Energy Policy, October 3, 2023.

## **INTERNATIONAL RELATIONS**

### **POLITICAL ASPECTS OF THE ENERGY PARADIGM OF RUSSIA-UKRAINE AND THE EUROPIAN UNION**

**N. Pirtskhelani**

(Caucasus University)

**Resume.** The impact of the energy security component on the state's foreign policy behavior is discussed. Based on the analysis of the existing energy challenges between the EU, Ukraine and Russia, the

paper examines what factors lead to the prioritization of decisions related to energy security tasks in the process of forming political relations between these countries. This, in turn, allows us to answer the main research question of the paper – what causes such a change of energy security tasks, which are the main components of national security, when a state involved in a military conflict avoids using the energy levers for military-political purposes. As a result of the analysis presented in the paper, research conducts that despite the close connection of the energy security components with the national security components, the state may not use energy levers and be guided only by the interests of economic profit in the foreign political decisions. Using the rational choice theory, it is concluded that energy decisions dictated by rational interests may not always coincide with the direction determined by the principles of national security.

**Keywords:** energy challenges; geopolitics; import-dependence; national security; sanctions.

## ავტორთა საყურადღებოდ

ქართულენოვანი მრავალდარგობრივი სამეცნიერო რეფერირებადი 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; არეები – 2 სმ; ქართული ტექსტი აკრეფილი უნდა იყოს Acadnux 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 სპეციალურ დარგობრივ ტერმინოლოგიებს;
- საერთაშორისო სამეცნიერო ჟურნალების მონაცემთა ბაზების რეკომენდაციით დამოწმებული ლიტერატურის რაოდენობა სასურველია იყოს ათი და მეტი. ლიტერატურა ტექსტში 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 ვერსია 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](mailto:metsn.technol@gmail.com)

რედაქტორები: ლ. გიორგობიანი, ა. ეგოროვი  
კომპიუტერული უზრუნველყოფა ქ. ფხაკაძის

გადაეცა წარმოებას 23.02.2023. ხელმოწერილია დასაბუქდად 17.04.2024 ქალაქის  
ზომა 60X84 1/8. პირობითი ნაბეჭდი თაბახი 7.

საგამომცემლო სახლი „ტექნიკური უნივერსიტეტი“, თბილისი, კოსტავას 77



Verba voiant,  
scripta manent