

**ISSN 0130-7061**

**Index 76127**

**მაცნეორება და ტექნოლოგიები**  
სამაცნეო რევიურირებელი ჟურნალი

**SCIENCE AND TECHNOLOGIES**  
**SCIENTIFIC REVIEWED MAGAZINE**

**№2(739)**



SCAN ME

**თბილისი – TBILISI  
2022**

დაზუძნებლები:

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:

თანათავმჯდომარებელი:

გ. კვესიტაძე (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, შ. ალბრეხტი (გერმანია), რ. არველაძე, ნ. ბადათურია, გ. ბიბილიშვილი, ა. ბიელიკი (უკრაინა), გ. ბურგოვი (რუსეთი), გ. ბურჯანაძე, გ. გაგარდაშვილი, ზ. გასიტაშვილი, თ. გელაშვილი, ალ. გრიგოლიშვილი, ბ. გუსევი (რუსეთი), ლ. ღიორგისი (პოლონეთი), მ. ზგუროვსკი (უკრაინა), ქ. ზუნგალი (ავსტრია), დ. თავხელიძე, ა. თოფხიშვილი, ზ. კაკულია, დ. კაპანაძე, კ. კვარაცხელია, ლ. კლომიაშვილი, გ. კობახიძე, კ. კოპალიანი, მ. კოსიორ-კაზბერუქი (პოლონეთი), მ. კუხაძეშვილი, თ. ლომინაძე, ზ. ლომსაძე, ლეკანოზილი, გ. მატვეევი (რუსეთი), ნ. მასილაძე, კ. მემარიაშვილი, მ. მემარიაშვილი, ნ. მითაგვარია, შ. ნაჭეულია, თ. უვანია, გ. სალუქვაძე, თ. სულაბერიძე, ფ. უნგერი (ავსტრია), ა. ფაშავი (აზერბაიჯანი), ნ. ყავლაშვილი, თ. ცინცაძე, თ. წერეთელი, ზ. წერაიძე, თ. წიგნაძე, ა. ხვედელიძე, რ. ხუროძე, გ. ჯერენაშვილი.

EDITORIAL BOARD:

Co-chairmans:

G. Kvesitadze (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. Dzieni (Poland), G. Gavardashvili, Z. Gasitashvili, O. Gelashvili, A. Grigolishvili, 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. Makhvitaladze, Archbishop L. Mateshvili, V. Matveev (Russia), E. Medzmarishvili, M. Medzmarishvili, N. Mitagvaria, S. Nachkebia, A. Pashaev (Azerbaijan), G. Salukvadze, T. Sulaberidze, D. Tavkhelidze, A. Topchishvili, T. Tsereteli, T. Tsingradze, Z. Tsveraidze, P. Unger (Austria), M. Zgurovski (Ukraine), T. Zhvania, H. Zunkel (Austria).



# გირაფი

## 06შორმატიკა

მ. ჩხაიძე, დ. ქობულაძე, ს. ბარნოვი. ძველი ქართული ნაბეჭდი სიმბოლოების აღმოცენება.....	7
გ. ტაბატაძე. საიმპერატორო პინგვინების კოლონის ქცევის მეტაეპრისტიკული მეთოდების ანალიზი .....	16

## ვიზიკური გეოგრაფია

ქ. სალუქაძე. ზემო რაჭის ((ინის მუნიციპალიტეტის) ლანდშავტების გუებრივ- ოსურსული კოტენციალი .....	23
--	----

## ატმოსფერული მოვლენები

ქ. მაჭავარიანი, მ. ჯიხვაძე, ნ. ქსოვრელი, დ. გორგაძე, ს. შავდათუაშვილი. შავი ზღვის საკურორტო ზონის გარკვეულ აღგილები ამინდზე სასურველი ზემოქმედების ბანეორიციელების შესაძლებლობის შესახებ.....	35
---	----

## ძირი

ც. ფანწევიძე-წიგნაძე, მ. ცინცაძე, ნ. იმნაძე, ფ. ჩირაგოვი, ვ. მარდანოვი. ვანადიუმ(V)-ის კომპლექსურმარმანის შესრულება ბის-(2,3,4-ტრიკიდროქსიფენილაზო)გენზიდინიან მესამე კომპონენტის თანაობისას .....	40
ნ. ენდელაძე, მ. ჩიქოვანი, ნ. კახიძე, ლ. ხვითა. ტუტემიშათა ლითონების კიდროაცეტატების შანბგადიანი კოლიედრების შესრულება.....	47

## გირშიბი

გ. ლევაჩლიანი, თ. ისაკაძე, გ. გუბულაშვილი. კაგპასიური როდოდენდრონის ლილიურად გამჭრალი ნიგუბის გირშიბი კვლევის შედეგები .....	55
---	----

## მეტალურგია

ს. მებონია, ჯ. მელქაძე, გ. ოთარაშვილი, თ. ცერცვაძე. მილსაბლინი აბრებატის ახალი სქემის შემუშავება .....	60
---	----

## მსუბუქი მრეწველობა

თ. მალლაკელიძე. სისტემური მიდგრმის თეორიის გამოყენებით ვეხსაცდის ზოგადობენცლატურულ მახასიათებელთა ფორმირების მეთოდოლოგია.....	67
--	----

## **სოფლის მეურნეობა**

<b>ნ. ჭანკვეტაძე.</b> ტრანზისუმზირას სამპურნალო თვისებები.....	<b>84</b>
<b>ქართული ენის სიმინდისათვის</b>	
<b>ო. შურაძე, ი. ჯიბუტი.</b> ადიტიური წარმოება და მისი სტანდარტისებული ტერმინები .....	<b>89</b>
<b>ო. შურაძე, ნ. დათეშვილე, ნ. მუხაშვილი, მ. ოსაძე, ლ. ქაროსანიძე.</b> ნაწილების რაობა და მისი ტერმინოლოგიური გამოყვევები.....	<b>109</b>
<b>აგტორთა საშუალებები</b> .....	<b>119</b>

# CONTENTS

## INFORMATICS

<b>M. Chkhaidze, D. Kobuladze, S. Barnovi.</b> RECOGNITION OF OLD GEORGIAN PRINTED SYMBOLS .....	7
<b>M. Tabatadze.</b> ANALYSIS OF THE EFFECTIVENESS OF THE METAHEURISTIC METHOD OF THE EMPEROR PENGUINS COLONY .....	16

## PHYSICAL GEOGRAPHY

<b>E. Salukvadze.</b> THE NATURAL RESOURCE POTENTIAL OF ZEMO RACHA (ONI MUNICIPALITY) LANDSCAPES .....	23
--	----

## ATMOSPHERIC PHENOMENONS

<b>E. Machavariani, M. Jikhvadze , N. Ksovreli, D. Gorgadze, S. Shavdatuashvili.</b> ON THE POSSIBILITY OF IMPLEMENTING THE DESIRED IMPACT ON THE WEATHER IN CERTAIN AREAS OF THE BLECK SEA RESORT AREA .....	35
---	----

## CHEMISTRY

<b>Ts. Panchvidze -Tsignadze, M. Tsintsadze, N. Imnadze, F. Chiragov, V. Mardanov.</b> STUDY OF VANADIUM(V) COMPLEX FORMATION WITH BIS-(2,3,4-RIHYDROXYPHENYLATO) BENZIDINE IN THE PRESENCE OF THE THIRD COMPONENT .....	40
<b>N. Endeladze, M. Chiqovani, N. Kakhidze, L. Khvichia.</b> STUDY OF OXYGEN POLYHEDRA OF HYDROACETATES OF ALKALINE EARTH METALS .....	47

## BIOCHEMICAL

<b>V. Gvachiani, T. Isakadze, G. Gugulashvili.</b> RESULTS OF BIOCHEMICAL STUDY OF SAMPLES LYOPHILE-DRYING OF RODODENDPON CAUCASUS RAW MATERIALS .....	55
--	----

## METALLURGY

<b>S. Mebonia, J. Melkadze, G. Otarashvili, T. Tservadze.</b> DEVELOPMENT OF NEW SCHEME OF TUBE ROLLING UNIT .....	60
--	----

## LIGHT INDUSTRY

<b>T. Maghlakelidze.</b> METHODOLOGICAL FUNDATIONS FOR THE FORMATION OF GENERAL NOMENCLATURAL CHARACTERISTICS OF SHOES BY THE THEORY OF SYSTEMIC APPROACH .....	67
---	----

**AGRICULTURE**

<b>N. Chankvetadze.</b> TOPINSUNFLOWER AS A MEDICINAL CULTURE .....	84
---	----

**FOR THE PURITY OF THE GEORGIA LANGUAGE**

<b>O. Shuradze, I. Jibuti.</b> ADDITIVE MANUFACTURING AND ITS STANDARTIZATION TERMS .....	89
---	----

<b>O. Shuradze, N. Dateshidze, N. Muzashvili, M. Osadze, L. Qarosanidze.</b> THE ESSENCE OF NANO SCIENCE AND ITS TERMINOLOGICAL CHALLENGES .....	109
--	-----

<b>TO THE AUTHORS ATTENTION</b> .....	119
---------------------------------------	-----

## ქველი ქართული ნაბეჭდი სიმბოლოების ამოცნობა

მარიამ ჩხაიძე, დავით ქობულაძე, სოფიო ბარნოვი

(საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი)

**რეზიუმე:** ნაშრომში განხილულია კვლევები, რომლის მიზანია ხელოვნური ნეირონული ქსელებით ძველი ქართული ნაბეჭდი სიმბოლოების ამოცნობა. ოვალსაჩინოა ნაშრომის აქტუალურობა დღეისათვის, როდესაც აქტიურად მიმდინარეობს როგორც ქართული ენის, ასევე ქართული ლიტერატურის ციფრულ ფორმატში გადაყვანის (კომპიუტერიზაციის) პროცესები. აღნიშნული ამოცანის გადაჭრა ხელს შეუწყობს და დაეხმარება როგორც სა-ქართველოში, ისე უცხოეთში არსებულ ბიბლიოთეკებს, სადაც დაცულია დიდი მოცულობის ძველი ქართული ლიტერატურა. ძველი ქართული სიმბოლოების ამოცნობის ე.წ. გაციფრების, ანუ ელექტრონულ ფორმატში გადაყვანის პროცესამა საგრძნობლად გააადვილებს მათი კომპიუტერიზაციის პროცესს და დაეხმარება ძველ ქართულ ენასა და ლიტერატურაზე მომუშავე მკვლევრებს დაზუსტებული კალევების შესრულებაში.

ამოცნობისა და სწავლების პროცედურებში გამოყენებულია პირდაპირი გავრცელების ნეირონული ქსელი. ექსპერიმენტული კვლევები დაიწყო ჯერ ორშრიანი ნეირონული ქსელით, ხოლო შემდგე დასრულდა სამშრიანი ნეირონული ქსელით. შედგენილია პირდაპირი გავრცელების ნეირონული ქსელი, რომელიც ამოცნობს ფონტის ზომა 16 და ფონტი BPG Dejavu Sans სიმბოლოებს: ასომთავრულსა და ნუსხურს. შედეგად გამოაქვს სამი შესაძლო სიმბოლო, რომლებიც დალაგებულია მსგავსების ზომის (დამთხვევის პროცენტის) კლების მიხედვით. ამოცნობის ხარისხი P<sub>b7</sub>=88 % არის ასომთავრულისთვის, ხოლო P<sub>b7</sub>=85 % – ნუსხურისათვის.

ამოცნობის სიზუსტისა და საიმედობის გაუმჯობესების მიზნით გამოყენებულია კონკოლუციური ნეირონული ქსელი, რის საფუძველზეც შესრულდა პირდაპირი გავრცელების ნეირონულ ქსელზე მიღებული შედეგების კონკოლუციურ ნეირონულ ქსელთან შედარება. კონკოლუციური ნეირონული ქსელის სიზუსტემ მიაღწია 92 %-ს.

**საკანძო სიტყვები:** ამოცნობა; პირდაპირი გავრცელების ხელოვნური ნეირონული ქსელები; ძველი ქართული ტექსტები.

### შესავალი

ქართული დამწერლობა შედგება სამი ისტორიული სისტემისაგან: ასომთავრულის (ხუცური ასომთავრული, მრგვლოვანი, ასომთავრული), ნუსხურისა (ხუცური, ნუსხა-ხუცური, კუთხოვანი) და მხედრულისაგან. თითოეულ მათგანს დამახასიათებელი გრაფიკული სტილი აქვს, მაგრამ ასოთა მოხაზულობათა ცვალებადობის თვალსაზრისით, ნუსხური დამწერლობა ასომთავრულის განვითარების შედეგია, ხოლო მხედრული – ნუსხურისა. ძველ ქართულ ანბანში 38 ასო-ნიშანი იყო, რომელთაგან ხუთი თანამედროვე ქართულში აღარ გამოიყენება. ასომთავრულის გრაფიკული სისტემა მარტივი გეომეტრიული ელემენტების – წრისა და

სწორი ხაზისაგან არის ნაწარმოები. ნუსხეურში ასოები მარჯვნივაა გადახრილი და ქუთხო-ვანი ფორმა აქვს. ისევე როგორც ასომთავრულში, ნუსხეურშიც ასოთა ვერტიკალური ხაზები ჰორიზონტალურზე სქელია. მხედრული კალიგრაფია არაბულის ზეგავლენით შეიქმნა, რომელშიც თითქმის ყველა ნიშის ერთმანეთზე გადაბმაა შესაძლებელი [1, 2].

პირველად ქართული დამწერლობა უნიკოდის სტანდარტში აისახა 1991 წლის ოქტომ-ბერში, 1.0 ვერსიაში [4]. ნუსხეური ასო-ნიშნები უნიკოდში 2005 წელს გამოჩნდა, როგორც ცალკე ჯგუფში ქართული დამატება (U+2D00–U+2D2F). 2016 წელს კი შრიფტის ქართველმა დიზაინერებმა და შემუშავებლებმა მაიკლ ევერსონთან თანამშრომლობით წარადგინეს განაცხადი ქართული ასო-ნიშნების კიდევ ერთი ჯგუფის დასამატებლად უნიკოდში, სახელ-წოდებით „ქართული გაფართოებული“ (U+1C90–U+1CBF) [5].

## ძირითადი ნაწილი

**სწავლებისა და ამოცნობის პროცედურები.** კვლევის მიზანი იყო ძველი ქართული (ასომთავრული, ნუსხეური) ნაბეჭდი სიმბოლოების ამოცნობა. ამ ეტაპზე ამოცნობა ხორციელდებოდა BPG DejaVu Sans (ზომა 12) ფონტისათვის.

ასომთავრული → გ, გ, გ, გ ... ნუსხეური → გ, გ, გ, გ ...

მხედრული → ა, ბ, გ, დ ...

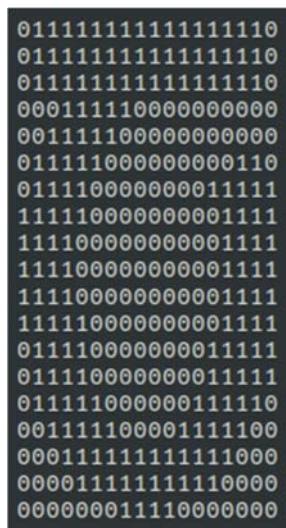
ასომთავრულში ან ნუსხეურში დაწერილი ტექსტის წაკითხვისათვის გამოყენებულ იქნა ფონტი – BPG DejaVu Sans. მხედრულში დაწერილი ტექსტი ფონტის შეცვლის შემდეგ გადადის მველ ქართულში; მხედრულში დაწერილი ტექსტი ნუსხეურში გადაყავს ფონტს – BPG Nateli Nusxuri Regular. მხედრულში დაწერილი ტექსტი ასომთავრულში გადაყავს ფონტს – BPG Nateli AsoMtavruli Regular.

ამოცანა ცნობილია, როგორც ამოცნობა მასწავლებლით. წინასწარ განსაზღვრულია რეალიზაციათა რამდენიმე კლასი. მათგან ერთ-ერთს მიეკუთვნება ამოსაცნობი რეალიზაცია, რომელიც წარედგინება ნეირონულ ქსელს შემავალი სიგნალებით – სახის ნიშანთა ვექტორით (რეალიზაციით), ანუ სასწავლო ნაკრები კლასების მითითებით. სწავლება მას-წავლებლით იმას გულისხმობს, რომ თითოეული შემავალი ვექტორისათვის არსებობს მიზნობრივი ვექტორი, რომელიც წარმოადგენს სასურველ შედეგს, ანუ მიუთითებს, თუ რომელ კლასს მიეკუთვნება იგი. შემავალ და მიზნობრივ ვექტორებს ეწოდება მასწავლებელი წევოლი. ქსელს წარედგინება შემავალი ვექტორი, ქსელი გამოითვლის გამომავალ ვექტორს, ხოლო სხვაობა (შეცდომა) უკუკავშირით მიეწოდება ქსელს და სინაფსური წონები იცვლება იმ გარკვეული ალგორითმის თანახმად, რომელიც მიისწავების შეცდომის მინიმიზაციისა-კენ. სინაფსური წონების გადაწყობა გრძელდება მანამ, სანამ შეცდომა არ გახდება მისაღები მცირე სიდიდე. სახეს აღწერს შემავალი ვექტორი, რომელიც ნიშნების ისეთ ერთობლიობას უნდა მოიცავდეს, რომ ერთმნიშვნელოვნად განისაზღვროს კლასი. თუ ნიშნები არასაპ-მარისია, მაშინ სახე ქსელმა შეიძლება რამდენიმე კლასს მიაკუთვნოს, რაც შეცდომაა. სწავლების დასრულების შემდეგ ქსელს შეიძლება წარედგინოს მისთვის უცნობი სახე და მიიღება პასუხი, თუ რომელ კონკრეტულ კლასს მიეკუთვნება იგი. ასეთი ნეირონული ქსელის ტოპოლოგია ხასიათდება იმით, რომ გამომავალ შრეში ნეირონების რაოდენობა უდრის ამოსაცნობი კლასების რაოდენობას. თუ ქსელმა სწორად ამოცნობა, მაშინ სიგნალი (პასუხი) ერთ, ამ კლასის შესაბამის ნეირონზე იქნება, მაგრამ, თუ სიგნალი ერთზე მეტ ნეირონზე ადმოჩნდება, მაშინ ეს იმის მანიშნებელია, რომ ზუსტი ამოცნობა არ მოხდა. ნეიროქსელური ტექნიკის მნიშვნელობით მნიშვნელობით ამოცნობის გადაწყვეტა კი ამ ამოცანის ადეკვა-ტური ხელოვნური ნეირონული ქსელის სინთეზზე მიუთითებს [3].

სწავლების პროცესში პროგრამის შემავალ მონაცემებს წარმოადგენს გამოსახულებების დირექტორია. აუცილებელი არ არის გამოსახულებები იყოს ფიქსირებული ზომის. მთავარია მასზე სრულად ჩანდეს სიმბოლო. გადმოცემული სურათი გადადის ბინარულ მატრიცაში, რომელიც ისევ მუშავდება და შედეგად რჩება ბინარული მატრიცის მხოლოდ ის მინიმალური სივრცე, რომელიც შემოსახულვრავს სიმბოლოს. პროცედურები შესრულდა სამშრიანი ნეირონული ქსელისათვის. მათგან ნულოვანი შრე გამოთვლებში არ მონაწილეობს. აქტივაციის ფუნქციად გამოიყენება საფეხურისებრი პევისაიდის ფუნქცია.  $f(NET) = 1$ -ს, თუ  $NET >= 0$ -ის; 0-ს, თუ  $NET < 0$ -ზე; ქსელის ყველა ნეირონისთვის გამოიყენება ერთი და იგივე აქტივაციის ფუნქცია, რომლის გამომავალი მონაცემები წარმოადგენს ბინარულ კეტორს. ამგვარად, ნეირონული ქსელი პომოგენურია და ბინარული. მუშაობის პროცესში ქსელს წარედგინება BPG DejaVu Sans ფონტის 16 ზომა სიმბოლოები.

პროგრამის მუშაობა იყოფა ორ ეტაპად: სწავლება და ამოცნობა. როგორც აღვნიშნეთ, მუშაობის პროცესში ქსელს წარედგინება კონკრეტული ზომის სიმბოლოთა გამოსახულებები. მაგალითისათვის განვიხილოთ ასომთავრული სიმბოლო I (მხედრული შესატყვისი – „ა“). წუსხური სიმბოლოებისთვისაც იგივე ტექნიკური პროცესები ხორციელდება, ოდონდ იმ განსხვავებით, რომ უკადღება ექვევა შემოსული სიმბოლოს სიმაღლეს (კეგლს), როთაც შეიძლება იმის განსაზღვრა, თუ რომელ საზრი იწერება სიმბოლო, რაც გაადვილებს სიმბოლოთა გადარჩევის პროცესს ამოცნობის ეტაპისათვის.

თავდაპირველად, შემოსული სიმბოლოს გამოსახულება გადადის ორგანზომილებიან ბინარულ მატრიცაში. მისი თოთოეული პიქსელი მოწმდება და თუ ის თეთრი ფერისაა, მაშინ შესაბამისი პიქსელის მნიშვნელობა მატრიცაში იქნება 0, ხოლო, თუ პიქსელი თეთრი ფერის არ არის, მაშინ მისი მნიშვნელობა მატრიცაში იქნება 1. აქედან გამომდინარე, მიიღება ორგანზომილებიანი მატრიცა, რომლის სიგრძე იქნება ნეირონების რაოდენობის ტოლი, ხოლო სიმაღლე – ქსელის შემოსასვლელზე (ნულოვან შრეზე) ისეთივე, როგორიც ნეირონების რაოდენობაა. გამოსახულების ზომებს არა აქვს მნიშვნელობა, საბოლოოდ მისგან მიიღება ის უმოკლესი ნაწილი, რომელშიც სრულად თავსდება სიმბოლო (ნახ. 1):



ნახ. 1

მოცემული მატრიცა გადადის ერთგანზომილებიან ვექტორში და შედის ნეირონული ქსელის საწყის (ნულოვან) შრეზე შემავალი მონაცემების სახით. ერთგანზომილებიან ვექ-

ტორად გარდაქმნა კი შემდეგნაირად ხდება: მატრიცის კითხვა იწყება ზედა მარცხენა კუთხის ელემენტიდან და გრძელდება მარჯვნივ. მწერივის დამთავრების შემდეგ წამკითხველი გადმოინაცვლებს მომდევნო მწერივის უკიდურეს მარცხენა წერტილში და გააგრძელებს კითხვას მარჯვნივ. ასე გრძელდება მანამ, სანამ მთელი მატრიცის წაკითხვა არ დამთავრდება. წაკითხული მნიშვნელობები იწერება ახალ ვექტორში. აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ ქსელის ნულოვან შრეზე ნეირონების რაოდენობა ფიქსირებული უნდა იყოს, მაგრამ ასო-მთავრული ანბანის ყველა სიმბოლოს განზომილება (სიგრძე, სიგანე) როდი ემთხვევა ერთ-მანეთს.

შესაბამისად ქსელი გამოარჩევს ყველაზე დიდი ფართობის მქონეს და დანარჩენ სიმბოლოთა ვექტორებს შეავსებს 0-ებით (ნახ. 2). შედეგად გვექნება:

65b. 2

ამრიგად, შემოსასვლელი ვექტორი წარმოადგენს ბინარული კლემენტების ერთობლიობას, რომლის მნიშვნელობებია 0 და 1. ბინარული ვექტორისთვის გენერირდება წონების მატრიცა, რომლის თითოეული კლემენტი მერყეობს -10-ისა და 10-ის დიაპაზონში (ნახ. 3).

$[-9, -2, 10, -4, -8, 1, -5, 9, -10, 5, -2, -7, 10, 9, 1, -9, -2, 6, 9, 0, 5, 7, -9, -7, 3, -10, -3, 5, 0, 4, -3, 1, 8, -3, -1, -4, 10, 3, -4, -6, -6, 3, -4, 5, 7, 2, 8, 1, 8, 8, -8, -5, 1, -3, -9, 0, -4, -7, 7, 2, 1, 7, -3, 4, 2, -7, 4, -3, -8, 3, -6, -9, 3, -3, -3, -6, 4, 9, -3, 4, 1, 0, -10, -2, -5], [-9, 10, 3, -2, 0, 7, 3, -6, -1, 3, 3, 7, -5, 6, 1, -7, -9, -5, 9, -4, 0, 1, -8, -2, 4, 1, -7, -5, -6, 10, 4, 6, -10, 0, -8, 5, 8, -1, 3, -4, 3, -9, -8, 6, 6, -10, 9, 5, -9, -5, 5, -2, 3, -4, -2, 8, -9, -9, -1, 9, -6, 2, -6, -9, -4, -8, 4, 8, 2, -6, 3, -1, 6, 5, 7, 1, -6, 1, -5, 0, -2, 1], [4, -2, 6, -6, 8, 0, -3, -7, -10, 7, 9, -9, -4, -3, 6, 7, 3, -2, 7, 1, 0, 7, 9, -5, 7, 4, 8, 0, 4, -10, -8, 7, 7, 2, 4, 2, -4, -6, -7, 3, -2, -3, -2, -8, 2, -10, 1, -7, -7, 9, 6, -10, 4, -5, -3, 5, 7, 3, -1, -10, -7, -3, -7, 2, -4, 0, -6, 10, 5, -9, 10, 0, 0, -7, -4, -5, 5, -3, 4, 8, 3, -4], [-7, 6, -9, 5, -9, 2, 7, 1, 9, 0, 5, 3, 0, 9, 0, -1, -10, -1, -3, 0, 6, 5, -1, 0, 3, 3, -3, -7, -1, 0, 5, -1, -4, 0, -2, -9, 3, 6, -1, 5, 0, -6, -1, 1, 6, 7, 5, -1, 8, 4, -10, 9, 7, -4, -6, -6, 5, 9, 0, 10, 7, -2, 1, -3, -1, 9, 3, 0, 4, -8, 5, -1, 9, 0, 5, -2, -7, -9, -10, 3, 0, 7, 7, -10, 6], [3, -8, 0, -3, -5, -10, 5, -10, -3, 2, 6, 5, -4, -1, 2, -1, -6, -7, 2, 5, -7, 9, -1, -2, 9, 6, 6, -5, 1, 8, 1, -5, -9, 4, 0, 3, 4, -7, -3, -1, -8, 1, -8, -1, 0, 2, -7, 5, -10, -3, -6, -1, 9, 3, -9, 1, -1, -9, 5, -5, 0, 1, -1, -1, 9, 7, -1, 5, 3, -6, 1, 7, 0, -1, 10, 7, 4, 10, 9, 3, 7, -7, 0, 2, 4], [-8, 10, -6, -4, -9, -10, -4, -6, 6, -2, 7, -7, -1, 0, 8, -6, -7, -8, -10, 4, -3, 10, 8, -1, 3, -8, -8, 3, -1, -3, 8, 0, -6, -8, 1, 7, 2, -8, -6, -3, 7, 0, 5, 5, -4, -3, 4, -5, 1, -9, -10, -2, 6, -2, 6, -7, -10, 2, -10, 10, -2, -5, 9, 8, -8, 1, -8, -5, -4, 1, 8, 8, -9, 0, 3, 6, -6, 2, -3, -9, 6, 1, 0, 5, -7], [-7, -4, -5, -10, 5, 8, -10, -4, 6, 2, 9, 4, -2, 3, 6, 6, -2, 3, -4, -7, -2, 10, 9, 10, 2, -5, 1, -10, 2, 5, 8, 9, 2, -1, 9, -8, 5, 4, -2, 9, -9, 0, -6, -3, -7, 10, -1, 10, -3, 3, -9, 9, -3, 1, -6, 1, 9, 1, -7, 5, -7, 10, -1, -7, 6, -10, 3, 0, 8, 2, -3, -9, 0, -7, 8, 3, 1, 6, -10, -9, -7, 7, -6, 2, -8], [5, 8, 1, 10, 8, 1, 10, 5, 2, 5, 3, 8, -6, -2, 6, 2, 5, -3, -4, 10, -8, -3, -2, 10, 2, 0, 8, -9, 3, -9, 2, -3, 4, 7, -7, -8, 10, 8, 10, 8, 3, 5, 3, 9, -9, -6, 4, 2, 0, 1, -9, 4, -10, 1, 1, -8, 9, -1, -7, 5, 3, 0, 8, 9, 1, 0, 5, 0, -5, 1, 6, 3, -7, -8, 7, 4, -3, 10, 4, 4, -1, -4, -9, 10, -7], [-2, -9, 8, 9, -10, 2, -3, 2, 4, -4, 1, -4, 3, -10, 0, 5, 7, -1, 10, 5, 2, -5, 2, -6, 4, 1, -9, 4, 1, -3, 7, 0, 3, -4, 3, -4, -4, -3, 3, -10, -9, -1, 1, -6, -7, -10, 5, 5, -8, 3, -9, -4, 4, 6, 8, -4, -7, 1, -2, -6, 9, 3, -7, -5, -1, 10, 0, 1, -3, 2, -6, 2, -8, 1, 8, 2, 9, -8, 10, -1, -7, -6, 5, -4, -1], \dots]$

69b. 3

გენერირდება აგრეთვე ბინარული PAS გექტორი პასუხებისთვის (ნახ. 4):

618k, 4

უნდა აღინიშნოს, რომ ნეირონული ქსელის პირველი შრის PAS ვაქტორი, პირობითად PAS1, სიგრძით უფრო ნაკლებია, ვიდრე მეორე შრის PAS ვაქტორი, პირობითად PAS2. კერძოდ, PAS1-ის სიგრძე წარმოადგენს ნულოვან შრეზე შემომავალი ვაქტორის სიგრძის მეოთხედს, ხოლო PAS2-ის სიგრძე – ნულოვან შრეზე შემომავალი ვაქტორის სიგრძის ნახევარს.

ეს განაწილება ოპტიმალური აღმოჩნდა ამოცნობის შედეგებისა და მუშაობის დროის გათვალისწინებით. როგორც ექსპერიმენტებმა აჩვენა, ამოცნობის თვალსაზრისით უკეთესი შედეგები მიიღწევა, როცა შრიდან შრეზე გადასვლისას გამოსასვლელი ვექტორის სიგრძე კი არ მცირდება, არამედ იზრდება. ამის მიზეზია აქტივაციის ფუნქცია, რომელიც ამ შემთხვევაში არის საფეხურისებრი ფუნქცია  $0$ -ის ან  $1$ -ის მნიშვნელობით. შედეგად, როცა, მაგალითად,  $NET = 100$ , აქტივაციის ფუნქციის მნიშვნელობა არის  $-f(NET) = 1$ . იგივე შედეგი მიიღება ნებისმიერი არაუარყოფითი  $NET$ -ისთვის  $-NET = 1, f(NET) = 1$ . შეწონილი ჯამი რაც არ უნდა არაუარყოფითი რიცხვის ტოლი იყოს, მისგან მიიღება  $1$ , ხოლო ნებისმიერი უარყოფითი რიცხვის შემთხვევაში  $-0$ . ცხადია, ეს მთელი რიცხვების სიმრაფლის ბინარულ სიდიდეებზე საქმაოდ შემჭიდროებული პროექცია გამოდის, რაც თვალსაზრით გედარ გამოკვეთს განსხვავებებს სიმბოლოთა შორის და ქსელი სრულიად განსხვავდება სიმბოლოებსაც კი მაღალი ალბათობით აიგივებს ერთმანეთთან. მაგრამ, თუ ნეირონულ ქსელში ნეირონთა რაოდენობა გაიზრდება შრიდან შრეზე გადასვლისას, მაშინ საბოლოო შრეში, რომელიც ქსელის გამოსასვლელს წარმოადგენს, ამოცნობის პროცესისათვის ბინარულ ელემენტთა დამთხვევის ალბათობა შემცირდება.

მოსამზადებელი ეტაპების განხილვის შემდეგ უნდა აღიწეროს უშავლოდ სწავლების პროცესი. შემომავალი ვექტორი გადამრავლდება წონების მატრიცაზე. შედეგად მიიღება NET შეწონილი ჯამები თოთოვეული ნეირონისათვის (ნახ. 5).

[-34, 93, -13, 161, 49, -105, -100, 157, 32, 32, 46, 27, 43, 107, 9, 26, 70, 50, -96, 30, 76, -80, 82, -48, 13, 38, -110, -100, -11, 99, -41, -20, 45, -68, 93, -17, -34, 46, 38, 51, -60, -12, 89, -7, 97, -33, 35, 120, -20, -24, 6  
2, 141, -122, -65, 6, 40, -24, 39, 19, -102, 108, 11, 15, -48, -105, 10, 36, 12, -157, -74, 37, -105, 0, 0, 92, 8, -6  
1, 106, 139, 31, 77, 56, -41, -100, -45]

63k 5

მათგან კი აქტივაციის ფუნქცია მიიღებს გამომავალ OUT კატეგორის (ნახ. 6),

Exk 6

ରୂପିତାଙ୍କରଣ ମୁଦ୍ରାରୀରେ ପାର୍ସିଙ୍ଗରେ  $PAS$  ଲାଗିଲାଗିଲୁବା ହେଉଥିଲା ଏବଂ  $ERROR[i] = OUT[i] - PAS[i]$  (ଫିଲ୍ ୨).

Euk 7

ERROR ვექტორი აჩვენებს, რომელ წონებს სჭირდება კორექტირება (მომატება ან შემცირება). თუ  $ERROR[i]$  არის 0, მაშინ შესაბამის წონებს კორექტირება არ უზრდება; ხოლო, თუ  $ERROR[i]$  არის 1, მაშინ შესაბამისი ინდექსის ნეირონის წონები შესამცირებელია. თუ  $ERROR[i]$  არის -1, მაშინ შესაბამისი ინდექსის მქონე ნეირონის წონები მოსამატებელია. ეს პროცესი რომ დროში თპტიმალურად შესრულდეს, ქსელი გამოთვლების ხარჯზე პირდაპირ ხვდება რამდენჯერ მოუწევს შესაბამისი წონების კორექტირება (მომატება ან შემცირება) და თითოეული წონის გაქტირისათვის ცალკე გამოყვანილი კოეფიციენტის საშუალებით

პირდაპირ სასურველი რაოდენობით ცვლის წონებს. ვთქვათ, *ERROR*-ის გამოთვლის შემდეგ აღმოჩნდა, რომ შესაძლებელია რომელიმე  $k$  ინდექსის მქონე ნეირონის წონები, რათა  $f(NET)$  გამოვიდეს უარყოფითი და შედეგად მიღებულ იქნეს 0.

თავდაპირველად dot product იქნებოდა:

$$X * w_k = X_1 * w_{k1} + X_2 * w_{k2} + \dots X_n * w_{kn} = NET.$$

რადგან ვამბობთ, რომ საჭიროა წონების შემცირება, თუმცა არ გიცით რამდენიმ, გვექნება ასეთი უტოლობა:

$$X_1 * (w_{k1} - p * X_1) + X_2 * (w_{k2} - p * X_2) + \dots + X_n * (w_{kn} - p * X_n) < 0,$$

სადაც  $p$  საძიებელი კოეფიციენტია.

## შედეგად მიიღობა:

$$X_1 * w_{k,1} - p * X_1 * X_1 + X_2 * w_{k,2} - p * X_2 * X_2 + \dots + X_1 * w_{k,n} - p * X_n * X_2 < 0.$$

ეს კი იგივეა, რაც:

$$NET - p * (X_1 * X_1 - X_2 * X_2 + \dots + X_n * X_n) < 0.$$

ამ უტოლობაში ყველა სიდიდე ცნობილია გარდა საძიებელი  $p$ -სი,  $NET$  ესაა თავდაპირველი შეწონილი ჟამი,  $X[i]$  კი – შემომავალი ვექტორის ელემენტი. იგივე პროცესები ხდება, როცა წონების ვექტორი მოსამატებელია, მხოლოდ იმ განსხვავებით, რომ თითოეულ წონას ემატება  $p * X_1$  და უტოლობაში იქნება 0-ზე მეტობა ან ტოლობა. ამგვარად, ქსელი დაადგენს თითოეული ნეირონის წონების დამაკორეექტირებელ კოეფიციენტს, რაც დროში საგრძნობ ოპტიმიზაციას გამოიწვევს.

Шеидлებа оитქას, რომ სწავლების პროცესში თითოეული სიმბოლოსათვის ქსელს მიეწოდება 10-მდე გამოსახულება, რაც ხელს უწყობს ამოცნობის პროცესის უკეთ წარმართვას. ამ გამოსახულებებზე შესამაბისი სიმბოლო დაზიანებულია (დავუშვათ, წარმლილია კონტრუები და სიმბოლოს შეცვლილი აქვს თავდაპირველი სახე). ამით სწავლების პროცესის განხილვა ასომთავრული სიმბოლოებისათვის დამთავრებულია. რაც შეეხება ნუსხურ სიმბოლოებს, ამ შემთხვევაშიც სწავლების პროცესი იგივე ფუნქციონალით მუშაობს.

**ამოცნობის პროცესი.** ამ პროცესში ქსელს წარედგინება სიმბოლოს შავ-თეთრი გამოსახულება. ქსელი გამოიყვლებს ატარებს თითოეული მონაცემისთვის, რაც ბაზაში მოპოვება და გამოაქვს შედეგები.

მაგალითისთვის განვიხილოთ სიმბოლო I -ს სახეცვლილი ვარიანტი, რომელიც კონტურების წაშლის შედეგად წარმოდგება შემდგენი სახით – .

როგორც სწავლების პროცესში, ამ შემთხვევაშიც აუცილებელია სიმბოლოს შავ-თე-თრი სურათი გადავიდეს ორგანზომილებიან მატრიცაში და შემდეგ ამოიჭრას უმცირესი ტერიტორია, სადაც სიმბოლო თავშედება.

მიღებული მატრიცა გადადის ერთგანზომილებიან ვექტორში და შედის ნეირონული ქსელის შესასვლელზე (ნახ. 9).

бюк. 9

ამის შემდეგ ეს ვაქტორი მრავლდება პირველი შრის წონებზე, მიღებული  $NET$  შედებითი შეფერხიაში და აქტივაციის ფუნქციიდან მიღებული შეფერხი მრავლდება

მეორე შრის წონებზე. მეორე შრისთვისაც კვლავ ვიღებთ NET-ს, რომელსაც ამჟავებს აქტივაციის ფუნქცია. საბოლოოდ კი მიიღება ქსელის გამოსავალი (ნახ. 10):

65b. 10

მხედარი გამოსავალი იქმნება ყველა სიმბოლოს განხილვის შემდეგ და თითოეული მათგანის შედარება ხდება ამ სიმბოლოსათვის ნეირონული ქსელის გამოსასვლელზე არ-სებულ წინასწარ განსაზღვრულ გამოსავალთან. ელემენტის დამთხვევის შემთხვევაში ამო-ცნობის მნიშვნელობა იზრდება 1-ით, ხოლო შეუსაბაძობის შემთხვევაში მცირდება 1.2-ით. საბოლოო შედეგს კი ვიღებთ ყველა იმ სიმბოლოსთან მიმართებით, რომელიც ბაზაში მო-პოვება. ამოსაცნობი სიმბოლოს პროცენტული მხედარის ასე გამოიყერება (ნახ. 11).

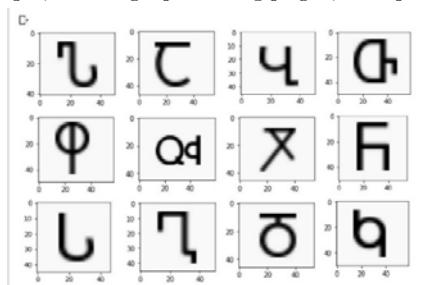
```
[('1_0', 0.67), ('1_9', 0.67), ('1_10', 0.64), ('13_1', 0.64), ('31_2', 0.63), ('1_2', 0.62), ('18_2', 0.61), ('1_3', 0.6),  
('1_4', 0.59), ('4_6', 0.59), ('24_0', 0.59), ('37_1', 0.59), ('13_6', 0.58), ('1_5', 0.57), ('2_4', 0.57), ('21_6', 0.57), ('27_0', 0.56), ('9_5',  
0.55), ('13_3', 0.55), ('37_0', 0.55), ('9_0', 0.54), ('17_3', 0.54), ('19_1', 0.54), ('28_5', 0.54), ('35_6', 0.54), ('37_4', 0.54), ('13_2', 0.53),  
('22_3', 0.53), ('24_4', 0.53), ('9_8', 0.52),  
('13_4', 0.52), ('1_6', 0.51), ('4_1', 0.51), ('16_1', 0.51), ('19_3', 0.51), ('21_4', 0.51), ('1_8', 0.5), ('2_2', 0.5),  
('3_0', 0.5), ('3_9', 0.5), ('4_10', 0.5), ('15_4', 0.5), ('34_3', 0.5), ('8_9', 0.49), ('26_5', 0.49), ('29_0', 0.49), ('31_6', 0.49), ('37_2', 0.49),  
('4_2', 0.48), ('4_9', 0.48), ('7_1', 0.48), ('9_3', 0.48), ('16_5', 0.48),  
('19_2', 0.48), ('33_2', 0.48), ('36_1', 0.48), ('6_0', 0.47), ('12_6', 0.47), ('24_6', 0.47), ('13_0', 0.46), ('21_1', 0.46), ('23_6', 0.46),  
('32_6', 0.46), ('38_2', 0.46), ('38_3', 0.46), ]
```

6, k 11

მე-11 ნახ-ზე შედეგი წარმოდგენილია ნაწყვეტის სახით, სადაც მასივის თითოეული ელემენტი წარმოადგენს ორმნიშვნელობიან სიმრავლეს. პირველი აღნიშნავს ბაზაში სიმბოლოს ნომერს და ამ სიმბოლოს გამოსახულების ვარიაციას, ხოლო მეორე – ამოსაცნობად შემოსული სიმბოლოს მასთან მსგავსების პროცენტს.

ამოცნობის სიზუსტისა და საიმედოობის გაუმჯობესების მიზნით გამოყენებულ იქნა კონვოლუციური ნეირონული ქსელი, რის საფუძველზეც მოხდა სხვადასხვა ნეირონულ ქსელზე მიღებული შედეგების შედარება (პირდაპირი გავრცელების ქსელი და კონვოლუციური ნეირონული ქსელი).

აიგო მოდელი ფუნქციონალური API-ის გამოყენებით. ფუნდამენტური განსხვავება სრულ-კავშირებიან ფენასა და კონვოლუციურ ფენას შორის ის არის, რომ dense შრეები სწავლობს გლობალურ შაბლონებს მის მახასიათებელ სივრცეში, ხოლო კონვოლუციის ფენები – ლოკალურ შაბლონებს. სასწავლო ნიმუშები მოცემულია მუ-12 ნახ-ზე.



task 12

მნიშვნელოვანია აღნიშნოს, რომ ქსელი იღებს შესახლელზე შემდეგ ფორმას (image\_height, image\_width, image\_channels). ამ შემთხვევაში, კონფიგურირდება შესახლელი ზომა (32, 32, 1), Conv2D და MaxPooling2D შრეები. მახასიათებელი რუკებიდან MaxPooling იღებს თითოეული არხის მაქსიმალურ მნიშვნელობას. არხების რაოდენობას აკონტროლებს პირველი არგუმენტი, რომელიც გადაეცემა Conv2D ფენებს (32, 64 ან 128). შემდეგი ნაბიჯი არის ამ გამოსახვლელის მიწოდება სრულკავშირებიან კლასიფიკატორზე, რომელიც აღინიშნება Dense Layers-ით. კონვოლუციური ქსელის არქიტექტურა ასე გამოიყურება:

```
from tensorflow.keras.models import Sequential
cnn = Sequential()
from tensorflow.keras.layers import Conv2D, Dense, Flatten, MaxPool2D
cnn.add(Conv2D(filters=64, kernel_size=(3, 3), activation='relu',
               input_shape=(32, 32, 1)))
cnn.add(MaxPool2D(pool_size=(2, 2)))
cnn.add(Conv2D(filters=128, kernel_size=(3, 3), activation='relu'))
cnn.add(MaxPool2D(pool_size=(2, 2)))
cnn.add(Flatten())
cnn.add(Dense(units=128, activation='relu'))
cnn.add(Dense(units=12, activation='softmax'))
cnn.compile(optimizer='adam',
             loss='categorical_crossentropy',
             metrics=['accuracy'])
cnn.summary()

მოდელი სატესტო მონაცემებზე. როგორც მიღებული შედეგი აჩვენებს ვალიდაციის
სიზუსტე აღწევს 92 %-ს.
test_loss, test_acc = model.evaluate(test_images, test_labels)
>>> print(f "Test accuracy: {test_acc:.3f}")
accuracy: 0.92289000058174133
```

## დასკვნა

ზემოაღნიშნულიდან გამომდარე, შეიძლება ითქვას, რომ შედგენილია პირდაპირი გავრცელების ნეირონული ქსელი, რომელიც ამოიცნობს ფონტ BPG Dejavu Sans ზომა 16 სიმბოლოებს: ასომთავრულსა და ნუსხურს. შედეგად გამოაქვს სამი შესაძლო სიმბოლო, რომლებიც დალაგებულია მსგავსების მიხედვით. ამოცნობის საიმედოობაა P<sub>სწ</sub>=88 % ასომთავრულისათვის, ხოლო P<sub>სწ</sub>=85 % – ნუსხურისათვის.

მიუხედავად კონვოლუციური ნეირონული ქსელის სიმარტივისა, მისი სიზუსტე გაცილებით მეტია, ვიდრე სრულკავშირებიანი ქსელის გამოყენების დროს და აღწევს 92 %-ს.

## ლიტერატურა – REFERENCES

1. ქ. მაჭავარიანი. ქართული ანბანის გრაფიკული საფუძვლები, თბ., 1982.
2. ო. გამყრელიძე. წერის ანბანური სისტემა და ძველი ქართული დამწერლობა. თბ., 1989.
3. რ. ჩოგოვაძე, რ. ხუროძე, ხელოვნური ნეირონული ქსელები,“ თბ.: საგამომცემლო სახლი „ტექნიკური უნივერსიტეტი“, 2006.

4. ა. ფრანგიშვილი, ნ. მჭედლიშვილი, ო. ნამიჩევიშვილი, ხელოვნური ნეირონული ქსელი, კომპიუტერული მოდელირება. თბ.: საგამომცემლო სახლი „ტექნიკური უნივერსიტეტი“, 2020.
5. მ. ჩხაიძე, ო. თავდიშვილი, გ. ჩიხუა, ს. ბარნოვი, ხელოვნური ინტელექტი, სტუ-ის, IT-კონსალტინგის სამეცნიერო ცენტრი, თბ., 2020.
6. ა. ფრანგიშვილი, ო. ნამიჩევიშვილი, ქ. გოგიაშვილი, ღრმა სწავლება, თბ., 2020.
7. <https://www.unicode.org/charts/fonts.html>.
8. <https://www.unicode.org/L2/L2016/16081-n4712-georgian.pdf>.
9. Geron, Hands-on machine learning with scikit-learn, keras&tensorflow, O'REILLY, 2019.
10. Leonardo De Marchi, Laura Mitchell, Hands-On Neural Networks, Packt Publishing, ISBN 978-1-78899-259-6, 2019.
11. Francois Chollet, Deep Learning with Python, Manning Publication Co, NY, 2021.
12. Himanshu Singh, Practical Machine Learning and Image Processing, Apress, India, 2019.

## INFORMATICS

### **RECOGNITION OF OLD GEORGIAN PRINTED SYMBOLS**

**M. Chkhaidze, D. Kobuladze, S. Barnovi**

(Georgian Technical University)

**Resume.** The studies which aim is to recognize old Georgian printed symbols with artificial neural networks are discussed in this paper. The topicality of this paper is obvious today, when the processes of computerization of both Georgian language and Georgian literature in digital format are actively underway. The solution of this special task will help and assist libraries both in Georgia and abroad, where a large amount of old Georgian literature is preserved. The program of digitization, in conversion to electronic format will greatly facilitate the process of their computerization and will help researchers working on the Old Georgian language and its literature to carry out refined research.

Feed forward propagation neural network is used in recognition and teaching procedures. Experimental studies were first performed with a dual-layer neural network and then completed with a three-layer neural network. A feed forward propagation neural network is formed, which recognizes the font size 16 and the font BPG De Ejavu Shan characters: Asomtavruli and Nuskhuri. It results in three possible symbols sorted by the size of the similarity. The degree of recognition is Pts = 88 % for Asomtavruli and Pts = 85 % – for Nuskhuri.

**Keywords:** artificial neural networks of feed forward propagation; identification; old Georgian texts.

## საიმპერატორო პინგვინების კოლონის ძღვის მიუთავრისფიცული მეთოდების ანალიზი

**მაკა ტაბატაძე**

(საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი)

**რეზიუმე:** წარმოდგენილია ახალი მეტავრისტიკული ჯგუფური ინტელექტის ალგორითმის უფექტიანობის ანალიზი, რომელიც დაფუძნებულია საიმპერატორო პინგვინების ქცევაზე ველურ ბუნებაში. ასახულია პინგვინების მოძრაობა იმ აგრეგაციებში (ხეროვაში), რომლებსაც ინდივიდები ქმნიან გადარჩენის მიზნით საჭირო სითბოს სტაბილიზაციისათვის. სითბოს დაგროვების პროცესში პინგვინები სპირალურად მოძრაობები ხორვის ცენტრისაკვენ. კვლევის პროცესში შემუშავდა პროგრამული პაკეტი, რომელიც პრობლემის გადასაჭრელად ახდენს ალგორითმის მუშაობის სიმულაციას მრავალპარამეტრული ფუნქციების გლობალური ოპტიმიზაციის ამოცანის გადასაჭრელად. გამოვლინდა ფუნქციის განზომილების, აგენტებისა და იტერაციების რაოდენობის გავლენა მეთოდის ეფექტიანობაზე. ალგორითმმა საკმაოდ სტაბილური შედეგები აჩვენა მთელ რიგ სატესტო ფუნქციებზე, თუმცა აღმოჩნდა, რომ როგორი რელიეფის მქონე მრავალი ექსტრემალური ფუნქციის პარამეტრების რაოდენობის მნიშვნელოვანი ზრდა იწვევს გამოთვლების დროის საგრძნობ მომატებას.

**საკვანძო სიტყვები:** ალგორითმი; გლობალური ოპტიმიზაცია; მეტავრისტიკა; საიმპერატორო პინგვინის კოლონის ალგორითმი; ხორვების ინტელექტი.

### შესავალი

არ არსებობს კონკრეტული ალგორითმი ოპტიმიზაციის ყველა პრობლემის საუკეთესო გადაწყვეტის მისაღწევად. ალგორითმების უმეტესობას არ შეუძლია ერთდროულად უზრუნველყოს ოპტიმიზაციის ყველა პრობლემისათვის სათანადო კრებადობის სიზუსტე და სიჩქარე. დღემდე ოპტიმიზაციისათვის შემოთავაზებულია ბუნებისაგან შთაგონებული სხვადასხვა ალგორითმი. ბუნება მოქმედებს როგორი გამოთვლითი პრობლემების გადასაჭრელად, როგორც ცნებების, მექანიზმებისა და პრინციპების წყარო. გამოთვლითი სისტემების შესაქმნელად ოპტიმიზაციის მეთოდები იძლევა უკეთესი შედეგის მიღწევის შესაძლებლობას. სხვა სიტყვებით რომ ვთქვათ, ოპტიმიზაცია არის მათემატიკური პროცესი, საწყისი მონაცემების შეკვანისა და კორექტირების თვალსაზრისით, ან საშუალება მინიმალური და მაქსიმალური შედეგის ამონასსნების მოსაძებნად.

მეტავრისტული ალგორითმები არის ოპტიმიზაციის ალგორითმები, რომლებიც იყენებს მარტივ წესებს ან ევრისტიკებს ოპტიმალური ან არაოპტიმალური გადაწყვეტის მისაღწევად. ასეთი ალგორითმები არ იძლევა გარანტიას მუშაობის შედეგად მიღებულ აბსოლუტურ სიზუსტეზე. თუმცა მათი საშუალებით შესაძლებელია პრობლემის ეფექტური გადაწყვეტა. სხვა ალგორითმები კი მთელი რიგი მიზეზების გამო არ მუშაობს მოცემულ პირობებში. მეტავრისტული ალგორითმების მუშაობის სიზუსტე დამოკიდებულია შესაყვან მონაცემებსა და მეთოდების პარამეტრების ოპტიმალური სიდიდეების შერჩევაზე.

## ძირითადი ნაწილი

მეტაევრისტული ალგორითმების უმეტესობა აღებულია ბუნებაში არსებული ბიოლოგიური ან ფიზიკური სისტემების ქცევიდან. მეტაევრისტული ალგორითმები უნდა განისაზღვროს, როგორც მაღალი დონის მეთოდები, რომლებიც შეიძლება გამოყენებულ იქნეს სახელმძღვანელო სტრატეგიად ძირითადი ევრისტიკების შემუშავებისას ოპტიმიზაციის სპეციფიკური პროცესების გადასაჭრელად. თანამედროვე მეტაევრისტული ალგორითმების ძირითადი მიზანი გლობალური ძიების განხორციელებისას არის წარმოქმნილი პროცესების უფრო სწრაფად გადაჭრა და მძლავრი ალგორითმების შემუშავება.

მეტაევრისტიკული მეთოდების ძირითადი მახასიათებლები:

- ევრისტიკული მეთოდებისაგან განსხვავებით, მეტაევრისტული მეთოდების მთავარი მიზანია მიახლოებითი ამონსნის ნაცვლად ეფექტური გადაწყვეტის გზის პოვნა;
- მეტაევრისტიკული მეთოდები არის პოლიტიკა და სტრატეგია, რომლებიც წარმართავს ძიების პროცესს;
- მეტაევრისტიკული მეთოდებით მიღებული შედეგები მიახლოებითი და შემთხვევითია;
- მეტაევრისტული ალგორითმები, ევრისტიკული მეთოდებისაგან განსხვავებით, გამოიყენება ოპტიმიზაციის ამოცანების ფართო სპექტრის გადასაჭრელად.

ამ მეთოდებში მნიშვნელოვანი ფაქტორია დივერსიფიკაციისა და გაძლიერების სტრატეგიებს შორის დინამიკური ბალანსის დამყარება. დივერსიფიკაცია გულისხმობს ფართო ძიებებს გადაწყვეტის სივრცეში, ხოლო გაძლიერების სტრატეგია – ძიების პროცესში მიღებული გამოცდილების გამოყენებას და გადაწყვეტის სივრცის უკეთესი ამონასნების არებულებების გადარჩევის. ასე რომ, ამ ორ სტრატეგიას შორის დინამიკური ბალანსის შექმნით ძიება გადადის გადაწყვეტის სივრცის არეალში იმ თვალსაზრისით, რომ იქ შეიძლება უპოვენის გადაწყვეტილები მოიძებნოს.

მეტაევრისტიკული მეთოდები ზოგადად იყოფა სამ კატეგორიად. ეს კატეგორიებია: ფიზიკური მეთოდები, ეკოლუციური მეთოდები და ხროვაზე დაფუძნებული მეთოდები.

**ფიზიკური მეთოდების** გამოყენებისას საძიებო აგენტები (პინგვინები) მოძრაობებს საძიებო სივრცეში ფიზიკის იმ კანონების მიხედვით, რომლებიც ეხება ელექტრომაგნიტურ ძალას, გადაადგილებას, ინერციის ძალას, გრავიტაციას და ა.შ.;

**ეკოლუციურ მეთოდებში** შედის ბიოლოგიური ეკოლუცია, კერძოდ, რეპროდუქცია, რეკომბინაცია, შერჩევა და მუტაცია;

**ხროვაზე (Swarm)** დაფუძნებული მეთოდები ექრდნობა სოციალური არსებების კოლექტიურ ქცევას. სოციალური არსებების კოლექტიური ქცევა კი შერწყმულია კოლექტიურ ინტელექტუან, რომელიც მომდინარეობს მათი არსებობის გარემოდან.

გარდა ზემოთ ჩამოთვლილი მეთოდებისა, არსებობს სხვა პოპულარული მეთოდებიც; კერძოდ: გერეტიკური ალგორითმები (GA), დიფერენციალური ეკოლუცია (DE), ნაწილაკების ხროვის ოპტიმიზაცია (PSO), ჭიანჭველების კოლონიის ოპტიმიზაცია (ACO), გუგულის ძებნა (CS), დამურების ალგორითმი (BA), ცეცხლოვანი ალგორითმი (FA), ჰარმონიის ძიება (HS), ტაბუს ძიება, იმპერატორული კონკურენტული ალგორითმი (ICA), ფუტკრის კოლონიის ალგორითმი (ABC), სარეველების ინგაზიური ოპტიმიზაცია (IWO), ინტელექტუალური წყდის წვეთები (IWD), ნაცრისფერი მგლის ოპტიმიზატორი (GWO), ციფვის ძიების ალგორითმი (SSA), ბუების ძიების ალგორითმი (OSA), ატომების ძიების ოპტიმიზაცია (ASO) და სხვ.

ალგორითმი, რომელიც ასახავს საიმპერატორო პინგვინების ქცევას, წარმოადგენს Emperor Pen-guins Colony (EPC). საიმპერატორო პინგვინები კოლონიაში ცდილობენ გამოი-მუშაონ ჟესაბამისი სითბო და დაარეგულირონ თავიანთი სხეულის ტემპერატურა. ეს სითბო მთლიანად კოორდინირებულია და კონტროლდება პინგვინების მოძრაობით ხროვაში.

კვლევის მიზანია საიმპერატორო პინგვინის კოლონიის ალგორითმის გლობალური ოპტიმიზაციის ფუნქციის ამოცანის გადაჭრის მაგალითზე აჩვენოს მეტაევროისტული ალგორითმის მუშაობა და ხროვის ინტელექტის ანალიზი. საიმპერატორო პინგვინის კოლონიის (EPC) ალგორითმი არის ისეთი ალგორითმი, რომელიც ეყრდნობა საიმპერატორო პინგვინების ხროვაში მოძრაობის იმიტაციას. ბუნებაში ზრდასრული პინგვინის ნორმალური ტემპერატურაა  $35^{\circ}\text{C}$ . იმისათვის, რომ პინგვინებმა შეინარჩუნონ გადარჩენისათვის საჭირო ტემპერატურა, ისინი გროვდებიან მჭიდრო ხროვებად. შემჭიდროებული ხროვა უზრუნველყოფს მათ შორის სითბოს გაცვლას და თითოეული პინგვინი ინარჩუნებს საკმარის სითბოს. საიმპერატორო პინგვინების კოლონიის (EPC) ალგორითმი არის ალგორითმი, რომლიც გამოსახავს ერთმანეთზე მიჯაჭვულ პინგვინებს, რომლებიც ქმნიან ყველაზე მეტად ხელსაყრელ პირობებს სიცოცხლის გადარჩენისა და კვერცხების ინკუბაციისათვის. ცენტრში ტემპერატურა გაცილებით მეტია, ამიტომ ყველა ფრინველი ცდილობს მოხვდეს ზუსტად ხროვის შუაგულში. იმისათვის, რომ თითოეულმა მათგანმა გამოიყენოს კოლონიაში მყოფი სხვა ფრინველების სითბო, ისინი მოძრაობენ სპირალურად ცენტრისაკენ.



**ნახ. 1. ხროვაში პინგვინების (აგენტების) კოორდინირებული სპირალური მოძრაობა**

ამ ალგორითმის ძირითადი ასპექტები ეფუძნება შემდეგ დებულებებს:

- საწყის პოპულაციაში ყველა პინგვინს აქვს თერმული გამოსხივება და შთანთქმის კოეფიციენტის გამო ისინი იზიდავენ ერთმანეთს;
- ფიქრობენ, რომ ყველა პინგვინის სხეულის ზედაპირის ფართობი ერთნაირია;
- პინგვინი მთლიანად შთანთქავს თერმულ გამოსხივებას, რის სფუძველზეც არ ხდება ღედამიწის ზედაპირისა და არმოსფეროს მოქმედ ფაქტორებად განხილვა;
- პინგვინების თერმული გამოსხივება ითვლება წრფივად;
- პინგვინების ერთმანეთთან სიახლოეს განისაზღვრება ორ პინგვინს შორის სითბოს რაოდენობით. რაც უფრო დიდია მანძილი პინგვინებს შორის, მით ნაკლები სითბო მიიღება და პირიქით, რაც უფრო მოკლეა მანძილი მათ შორის, მით უფრო მეტი სითბო მიიღება;
- შთანთქმის დროს პინგვინის სპირალური მოძრაობა არ არის მონოტონური და აქვს გადახრები თანაბარი განაწილებით.

ვინაიდან პინგვინები სოციალური ცხოველები არიან, ხროვის თითოეული წევრი მონა-  
წილებს სითბოს ზოგად ცვლაში: ყველა აგენტი (პინგვინი) ასხივებს სითბოს, რაც იზიდავს  
კოლონიის სხვა წევრებს და თითოეული მათგანის „მიზიდულობა“ გამოისახება ფორმულით:

$$Q = A \varepsilon \sigma T s^4 e^{-\mu x}, \quad (1)$$

სადაც  $Q$  არის პინგვინის მთლიანი ზედაპირის ფართობი ( $0,56 \text{ } \text{მ}^2$ );

$\varepsilon$  – ფრინველის გამოსხივების უნარი ( $0,98$ );

$\sigma$  – ბოლცმანის მუდმივა, რომელიც  $5.6703 \times 10^{-8} \text{ } \text{W}/(\text{m}^2 \times \text{K}^4)$ ;

$Ts$  – საიმპერატორო პინგვინის სხეულის ტემპერატურა კელვინებში ( $308,15$ );

$\mu$  – შესუსტების კოეფიციენტი, რომელიც განისაზღვრება მომხმარებლის მიერ და პროგრამის მუშაობის პროცესში იცვლება საუკეთესო შედეგის მისაღწევად;

$x$  – მანძილი უახლოეს პინგვინამდე, მ.

პინგვინები ყოველთვის მიდიან იმ აგენტისაკენ, რომელსაც აქვს სითბოს შთანთქმის ყველაზე დაბალი დირებულება (მაღალი სითბური ინტენსიურობა). აგენტის დირებულება განისაზღვრება საძიებო ფუნქციის მიხედვით, რომლის არგუმენტებს აგენტის კოორდინატები წარმოადგენს. სხვა სიტყვებით რომ ვთქვათ, პინგვინს, რომელსაც აქვს ფუნქციის გლობალურ ოპტიმუმთან უახლოესი პოზიცია, ექნება ყველაზე დაბალი დირებულება და, შესაბამისად, სხვები მიისწრავენ მისკენ. ამრიგად, პინგვინები თავს იყრიან ხროვებად, მაგრამ აგენტები მოძრაობენ არა წრფივად, არამედ ხვეულად, როგორც ეს მე-2 ნახ-ზეა ნაჩვენები.



ნახ. 2. პინგვინების სპირალური მოძრაობა

პინგვინების სპირალური მოძრაობა შეიძლება აღიწეროს შემდეგი ფორმულით:

$$\begin{cases} x_k = ae^{b \frac{1}{b} \ln \left\{ (1-Q)e^{b \tan^{-1} \frac{-y_i}{x_i}} + Qe^{b \tan^{-1} \frac{-y_i}{x_i}} \right\}} \times \cos \left\{ \frac{1}{b} \ln \left\{ (1-Q)e^{b \tan^{-1} \frac{-y_i}{x_i}} + Qe^{b \tan^{-1} \frac{-y_i}{x_i}} \right\} \right\}, \\ y_k = ae^{b \frac{1}{b} \ln \left\{ (1-Q)e^{b \tan^{-1} \frac{-y_i}{x_i}} + Qe^{b \tan^{-1} \frac{-y_i}{x_i}} \right\}} \times \sin \left\{ \frac{1}{b} \ln \left\{ (1-Q)e^{b \tan^{-1} \frac{-y_i}{x_i}} + Qe^{b \tan^{-1} \frac{-y_i}{x_i}} \right\} \right\} \end{cases}, \quad (2)$$

სადაც  $a$  არის პინგვინის სიმაღლე ( $0,34 \text{ } \text{მ}$ );

$b$  – პინგვინის სისქე ( $0,16 \text{ } \text{მ}$ );

$Q$  – პინგვინის მიზიდულობა (1).

იმისათვის, რომ არ მოხდეს ერთფეროვანი სპირალური ტრაექტორით შემოსაზღვრა, აუცილებელია შემთხვევითი კომპონენტის შემოტანა მე-(2) ფორმულაზე დაყრდნობით:

$$\text{ფორმულა (2)+ფე_1,} \quad (3)$$

სადაც  $\varphi$  არის მომხმარებლის მიერ განსაზღვრული მუტაციის ფაქტორი;

$\varepsilon$  – შემთხვევითი ვექტორი, რომელიც განისაზღვრება შემთხვევით პინგვინის პოზიციის გადანაგარიშების შემდეგ ფორმულა (2)-ის მიხედვით ემატება შემთხვევითი მუტაციის ვაქტორი (ფორმულა 3).

აგენტების დირექტულება კვლავ შედარდება და შეირჩევა საუკეთესო შედეგი. ყოველი იტერაციის შემდეგ ხდება საუკეთესო შედეგების დახარისხება და სითბური გამოსხივების, მუტაციისა და შესუსტების კოეფიციენტების შემცირება.

ამ არგუმენტების შეცვლით შესაძლებელია გარკვეულწილად შეიცვალოს თითოეული აგენტის მოძრაობის ბუნება და შემდეგ ამ ცვლილებების საფუძველზე მოხდეს უფრო ზუსტი შედეგის მიღება.

ზემოაღნიშნულიდან გამომდინარე, საიმპერატორო პინგვინის კოლონიის ალგორითმი შეიძლება აღიწეროს შემდეგნაირად:

- აგენტები მიმოფანტულია მთელ გარემოში;
- დგინდება თითოეული პინგვინის პოზიცია და მისი დირექტულება;
- ხდება აგენტების დირექტულებების ერთმანეთთან შედარება;
- ერთი პინგვინი უახლოვდება მეორეს;
- ხორციელდება გამოსხივებული სითბოს ინტენსიურობის განახლება;
- გადაწყვეტილებების დახარისხების შემდეგ შეირჩევა საუკეთესო;
- მცირდება ოერმული გამოსხივების რაოდენობა, მუტაციის კოეფიციენტი და შესუსტების კოეფიციენტი.

შესწავლილი მეთოდის ეფექტიანობის შესაფასებლად შემუშავდა პროგრამული პაკეტი, რომელიც საშუალებას იძლევა დარეგულირდეს მოდელის პარამეტრები; რამდენიმე სატესტო ფუნქციის მაგალითზე გადაიჭრას გლობალური ოპტიმიზაციის ამოცანა, მათ შორის რთულ-რელიეფიანი მრავალექსტრემალური ფუნქციებისათვის. მაგალითად, საკმაოდ რთული რელიეფი აქვს როზენბროკის ფუნქციას. ექსპერიმენტების შედეგად მიღებულია შესაყვანი პარამეტრების ნაკრები, რომელიც უზრუნველყოფს ალგორითმის ოპტიმალურ მოქმედებას მოცემულ პირობებში (იხ. ცხრილი).

#### ალგორითმის ოპტიმალური მოქმედების შედეგების ანალიზი მოცემულ პირობებში

ფუნქციები	ფუნქციის განზომილება	აგენტების რაოდენობა	გამეორების რაოდენობა	შედეგი	საშუალო დრო
(გლობალური ოპტიმუმი. 0)	2	6	8	0	0
	5	64	40	0	18.23
	10	28	35	0.001	3.17
	30	30	80	0.007	30.42
(გლობალური ოპტიმუმი. 0)	2	6	8	0	0
	5	64	40	0	18.23
	10	50	100	0.03	62.5
	30	50	300	0.97	528.4
(გრიფონები (გლობალური ოპტიმუმი. 0)	2	6	4	0	0
	5	16	15	0.002	0.17
	10	30	40	0.004	4.77
	30	43	46	0.028	89.38

ცხრილში მოცემულია ალგორითმის შედეგების ანალიზი, საიდანაც ჩანს, რომ მცირე რაოდენობის პარამეტრების მქონე ფუნქციებისათვის ალგორითმი აჩვენებს თავის უდიდეს უფერისანობას, თუმც როული რელიეფის მქონე მრავალი ექსტრემუმის მქონე ფუნქციების განზომილების გაზრდისას (რასტრიგინი და გრივონკის ფუნქციები) არსებობს უმნიშვნელო გადახრა გლობალური ოპტიმალურიდან. ეს გადახრა შეიძლება აღმოიფხვრას გამოორეგბისა და აგენტების რაოდენობის გაზრდით, რაც უდავოდ მოახდენს გავლენას მეოდის მუშაობის ხანგრძლივობაზე. ცალკე უნდა აღინიშნოს როზენბროკის ფუნქცია 10-ზე მეტი პარამეტრის გამოყენებისას, როცა ალგორითმი აჩვენებს საკმაოდ შესამჩნევ შეუსაბამობას ოპტიმალურ გადაწყვეტილებასთან. შესაბამისად, სასურველი სიზუსტის მისაღწევად საჭიროა დროის ხარჯების ხერიოზული გაზრდა, რაც ამ კონკრეტულ შემთხვევაში მეოდის არაუფერტულობაზე მიუთითებს.

## დასკვნა

ჩატარებული კვლევის საფუძველზე დადგინდა, რომ საიმპერატორო პინგვინის კოლონიის ალგორითმი უფრო ეფექტურია მცირე რაოდენობის პარამეტრების მქონე ფუნქციაებთან მუშაობის შემთხვევაში, თუმცა, მრავალპარამეტრული მულტიმოდალური ფუნქციებისათვის ნაპოვნი გადაწყვეტილებების სიზუსტის გაუმჯობესების ერთ-ერთი გზაა მეოდის მოდიფიცირება ან სხვა ალგორითმებთან პიბრინიზაცია.

## ლიტერატურა – REFERENCES

1. A. E. Eiben, A. J. Smith, Introduction to Evolutionary computing. Springfield, 2017;
2. Sasan Harifi, Majid Khalilian, Javad Mohammadzadeh, Sadoullah Ebrahimnejad (2018). Emperor Penguins Colony: a new metaheuristic algorithm for optimization – Springer-Verlag GmbH Germany, part of Springer Nature. 2019. - 26 p.
3. C. Gilbert, G. Robertson, YL Maho, Y. Naito, A. Ancel. Huddling behavior in emperor penguins: dynamics of huddling.// Physiol. Behav, 88 (4–5), 2006, pp. 479-488.
4. H.H. Rosenbrock. An automatic method for finding the greatest or least value of function (англ.)//The Computer Journal (англ.), vol. 3. 1960, pp.175-184. ISSN 0010-4620. doi:10.1093/comjnl/3.3.
5. X.-S. Yang and S. Deb. Engineering optimization by cuckoo search// Int. J. Math. Modelling Num. Optimisation, Vol. 1, No. 4, 2010, pp.330-343.
6. L. C. W. Dixon, D. J. Mills. Effect of Rounding errors on the Variable Metric Method//Journal of Optimization Theory and Applications, 80, 1994.
7. AR. Mehrabian, C. Lucas. A novel numerical optimization algorithm inspired from weed colonization. Ecol Inf 1(4), 2006, pp. 355-366.
8. S. He, Q. Wu. J. Saunders. Group search optimizer: an optimization algorithm inspired by animal searching behavior. IEEE Trans Evol Comput. 13(5), 2009, pp. 973-990.
9. M. Dorigo, M. Birattari. Ant colony optimization. In: Sammut C, Webb GI (eds) Encyclopedia of machine learning. Springer, Boston, MA, 2011, pp 36-39.
10. P.T. Fretwell, P.N. Trathan. Penguins from space: faecal stains reveal the location of emperor penguin colonies. Glob Ecol Biogeogr., 18(5), 2009, pp. 543-552.
11. G. Dhiman, V. Kumar. Emperor penguin optimizer: a bio-inspired algorithm for engineering problems. Knowl. Based Syst. 159, 2018, pp. 20-50.

**ANALYSIS OF THE EFFECTIVENESS OF THE METAHEURISTIC METHOD OF  
THE EMPEROR PENGUINS COLONY**

**M. Tabatadze**

(Georgian Technical University)

**Resume.** The analysis of the effectiveness of a new metaheuristic swarm intelligence algorithm based on the behavior of emperor penguins in the wild is presented in this article. The method simulates the movement of penguins in clusters that individuals form in order to preserve and maintain the necessary amount of heat for survival. In the process of forming such clusters, the penguins make a spiral movement to the center. In the course of research, a software package was developed that simulates the operation of the algorithm to solve the problem of global optimization of multiparameter functions. The influence of the dimension of the function, the number of agents and the number of iterations on the efficiency of the method is revealed. The algorithm showed fairly stable results on a number of test functions, but with a significant increase in the number of parameters of some multi-extreme functions with a complex landscape, a significant increase in time costs is required.

**Keywords:** emperor penguin colony algorithm; global optimization; metaheuristic algorithm; swarm intelligence.

## ზემო რაჭის (ონის მუნიციპალიტეტის) ლადგაფტების გუნდებრივ-რესურსული კოფენციალი

### ქლენე სალუქვაძე

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

**რეზიუმე:** ამა თუ იმ რეგიონის ბუნებრივი რესურსების პოტენციალის გამოსავლენად ბალზე მნიშვნელოვანია ცალკეული ლანდშაფტების გამოყოფა და დახასიათება. ვინაიდან ესა თუ ის ლანდშაფტი, რომელსაც გარკვეული არეალი უკავია და განსხვავებული ბუნებრივი პირობებით ხასიათდება, ცხადია, მათი ბუნებრივი პოტენციალიც სხვადასხვაა. სწორედ ამ საკითხის შესწავლის მიზნით საკვლევ არეალად შერჩეულ იქნა მთიანი რეგიონი – ზემო რაჭა (ონის მუნიციპალიტეტი). კვლევისათვის ლიტერატურულ მასალასთან და სხვადასხვა წყაროებთან ერთად გამოყენებულ იქნა კარტოგრაფიული მასალა, საქართველოს (1970 წლის) და ამიერკავკასიის (1983 წლის) ლანდშაფტური და 1:50 000 და 1:100 000 მასშტაბის ტოპოგრაფიული რუკები, აგრეთვე ზემო რაჭაში 2021 წელს ჩატარებული საკვლევ ექსპედიციის დაკვირვების მასალები. შედგენილ იქნა ონის მუნიციპალიტეტის მსხვილმასშტაბიანი (1:100 000) ლანდშაფტური რუკა.

ნაშრომში წარმოდგენილია როგორც ლანდშაფტის ცალკეული ბუნებრივი კომპონენტების, ასევე გამოყოფილი ლანდშაფტების რესურსული პოტენციალი. მოცემულ ცხრილსა და დიაგრამებში ასახულია სასარგებლო წიაღისეულის, კლიმატური და აგროკლიმატური, ნიაღაგური და ტყის რესურსული მაჩვენებლები.

**საკვანძო სიტყვები:** ბუნებრივ-რესურსული პოტენციალი; ზემო რაჭა; მთიანი რეგიონი; ონის მუნიციპალიტეტი.

### შესავალი

ნებისმიერი რეგიონის გარემოს ათვისება უკავშირდება როგორც ბუნებრივ პირობებს და რესურსებს, ისე ტერიტორიის გეოგრაფიული მდებარეობის თავისებურებებს და ისტორიულ პროცესებს. გარემო პირობები, თავის მხრივ, გამოავლენს მოსახლეობის მატერიალურ და სულიერ კულტურას, ტრადიციებს, ბუნებათსარგებლობის და განსახლების თავისებურებებს. ყოველივე ეს ნათლად აისახება ლანდშაფტებში, როგორც ერთიან (მთლიან) ტერიტორიულ სისტემაში, რომელსაც გარკვეული (მისთვის დამახასიათებელი) პოტენციალი გააჩნია, ე. ი. მას აქვს უნარი იქ მცხოვრები ადამიანები უზრუნველყოს სითბოთი, წყლით, დასვენების შესაძლებლობით (რეგრეაციით) და სხვ. ყოველივე ამისათვის კი მნიშვნელოვანია ლანდშაფტების რესურსული პოტენციალის გამოვლენა.

ზემო რაჭა (ონის მუნიციპალიტეტი) მდებარეობს დასავლეთ საქართველოს ჩრდილო-აღმოსავლეთ ნაწილში, კავკასიონის სამხრეთ ფერდობებზე. მისი ტერიტორიის პიფსომეტრიული დონეები მერყეობს 650 მ-დან (რაჭის ქვაბული) 4462 მ-ის სიმაღლემდე (ჭანჭახის

მთა, კავკასიონის მთავარი ქედი). კლიმატური თვალსაზრისით, პავა ნოტიო სუბტროპიკულიდან კონტინენტურისაკენ გარდამავალი ჰავის ზონაშია მოქცეული. იგი გამოირჩევა ბუნებრივი კომპონენტებისა და მთლიანად ბუნებრივ-ტერიტორიული კომპლექსების (ლანდშაფტების) ნაირგვარობით და სირთულით. ბუნებრივი პირობებმა და გეოგრაფიული მდებარეობის სპეციფიკამ განაპირობა რეგიონის ლანდშაფტთა თავისებური სტრუქტურული ხასიათი და ბუნებათსარგებლობის ასპექტები.

რეგიონის ლანდშაფტები ბუნებრივ პირობათა შესატყვისად გამოსადეგია მიწათმოქმედების, მეცხოველეობისა და რეკრეაციული მიზნების განვითარებისათვის.

## ძირითადი ნაწილი

ზემო რაჭა, წარმოდგენილი ონის მუნიციპალიტეტით (ფართობი 1359,4 კმ<sup>2</sup>), ბუნებრივი მრავალფეროვნებით გამორჩეული რეგიონია (ისევე, როგორც მთლიანად რაჭის რეგიონი). მის შედარებით მცირე ტერიტორიაზე შეხვდებით საოცრად ლამაზ ფოთლოვან და წიწვოვან ტყეებს, სუბალპური და ალპური მდელოებით შემოსილ მთებს, მდინარეთა დრმა ხეობებს, კარსტულ და კულტურულ ლანდშაფტებს.

ასე რომ, რაჭა მთავრიანი, მცირემიწიანი რეგიონია, რომლის უდიდესი ნაწილი (78,8 %) მთებსა და მთისწინებს უკავია. რელიეფის სირთულის, ძლიერი დანაწევრებისა და ქვეთრი დახრილობის გამო (ტერიტორიის 48 % 20<sup>0</sup>-ზე მეტი დახრილობის მქონე ფერდობებია) მიწის რესურსების სასოფლო-სამეურნეო ათვისება მეტად შეზღუდულია. სასოფლო-სამეურნეო საგარეულებს უკავია 47 409 ჰა ფართობი, რაც მთლიანი ტერიტორიის 30 %-ს შეადგენს [1].

მინერალური რესურსებიდან ზემო რაჭის ტერიტორიაზე გვხვდება მოლიბდენი – კარობის, გონას საბადო (მოპოვება აღარ ხდება), ბარიტი – ჩორდის საბადო, მდ. ჯეჯორის ხეობაში (მოპოვება აღარ ხდება), ვერცხლისწყალი (ბოყოსწყლისა და ბუბას აუზები), მდ. ზოფხიტურისა და მდ. ჩვეშურის ხეობებში – სტიბიუმის საბადო, წევდისის მარმარილოსნაირი კირქვები (კირის საწარმოებლად), ბაჯისევის სააგურე თიხები და თაბაშირის საბადოები, ქვედრულის კირქვები.

ზემო რაჭის ჩრდილოეთ ნაწილში მოქცეულია კავკასიონის მთავარი წყალგამყოფი ქედის კალთები და მწვერვალები: ჭანჭახი (ზ.დ. 4462 მ), ლაბოდა (4319 მ), ბურჯულა (კარაუგომი – 4364 მ), წითელი მთა (4258 მ), ფასის მთა (3779 მ) და სხვ; მყინვარები: კირტიშო, ედენა, ზოფხიტო, ლაბოდა, ბოყო, თბილისა, ბუბა, ჭანჭახი. კავკასიონის მთავარი ქედის მნიშვნელოვანი უდელტებილები: გეზევცეკი, ლები, გურძიევცეკი, მამისონი და სხვ.

კავკასიონის ნაოჭა სისტემის სამხრეთი ფერდობები ძირითადად აგებულია იურული თიხაფიქლებით, ქვიშაქვებით; თხემური ზონა – პალეოზოური და კამბრიულისწინა გრანიტოდებით და კრისტალური ფიქლებით. დასავლეთიდან ზემო რაჭას უბჯინება ლეჩხუმის ქედის (კავკასიონის ერთ-ერთი შტოქედი) ჩრდილოეთი ნაწილის აღმოსავლეთი კალთა. მისგან მწვერვალ ლუხუნისწვერთან გამოყოფილია შოდა-კედელას ქედი, რომელიც მდ. რიონის ხეობით იყოფა შოდისა (უმაღლესი მწვერვალი შოდა, ზ. დ. 3609 მ) და კედელას ქედებად (უმაღლესი მწვერვალი დესქე, ზ. დ. 3467 მ). კედელას ქედი შოდის ქედის გაგრძელებაა აღმოსავლეთით. იგი გამოყოფილია კავკასიონის მთავარი ქედისაგან მწვერვალ კონტინენტთან და ეკვრის მდ. რიონის მარცხენა სანაპიროს სოფ. გლოლასა და ონს შორის. აგებულია ქვედაცარცული ასაკის ქვიშაქვებით, თიხაფიქლებითა და მერგელებით [2].

სამხრეთით ზემო რაჭის საზღვარი გასდევს რაჭის ქედს, რომლის დასავლეთი ნაწილი აგებულია ცარცული კირქვებით, აღმოსავლეთი ნაწილი – შუაიურული პორფირიტული წყებით. რაჭის ქედის ჩრდილოეთი კალთა დამრეცია, დანაწევრებულია მდ. რიონისა და მდ. ჯეჯორის ღრმა, ზოგან კანიონისებრი ხეობებით. ქედის მთავარი განტოტებებია ფოცხვრევი და ხიხათა. რაჭის ქედის დასავლეთ მონაკვეთზე, სოფლების შემერისა და უშოლთის მიდამოებში, აგრეთვე ხიხათისა და ფოცხვრევის კირქვულ მასივებზე განვითარებულია კარსტული რელიეფი.

ზემო რაჭის რეგიონის შუა ნაწილი უკავია რაჭის ქვაბულს, რომლის ძირზეც გაუდინება მდ. რიონი. მნიშვნელოვან ოროგრაფიულ ერთეულებს ქმნის მდ. რიონისა და მისი შენაკადების ხეობები.

ონის მუნიციპალიტეტის ყველაზე დაბალი ნაწილი უჭირავს რაჭის ქვაბულს, (ქვაბულის ფსევრის საშუალო სიმაღლე 500 მ-ია). ტექტონიკურ და ეროზიულ პროცესებთან ერთად რელიეფის ჩამოყალიბებაში განსაკუთრებული როლი აქვს შესრულებული მეოთხეულ გამყინვარებას.

რეგიონის ლანდშაფტის პოტენციალის გამოვლინებისა და ანალიზისათვის მნიშვნელოვანია კლიმატური და აგროკლიმატური მახასიათებლები, ნიადაგების აგროსაწარმო მაჩვენებლები.

ზემო რაჭის ჰავა გარდამავალია ნოტიო სუბტროპიკულიდან კონტინენტურისკენ. პაერის ტემპერატურა მკვეთრად იცვლება სიმაღლესთნ ერთად. დაბალ ზონაში (800–900 მ სიმაღლეზე) ჰავა ზომიერად ნოტიო, იცის ზომიერად ციფი ზამთარი და ხანგრძლივი თბილი ზაფხული. პაერის საშუალო წლიური ტემპერატურა 100-ია (C-ის სკალით), იანვრისა - -10, ივლისის - 20,4<sup>0</sup>. აბსოლუტური მინიმალური ტემპერატურა 27<sup>0</sup>, ხოლო აბსოლუტური მაქსიმალური - 36<sup>0</sup>. ნალექების საშუალო წლიური რაოდენობაა 1000–1100 მმ.

უფრო მაღალ ზონაში (1500 მ სიმაღლეზე) ნოტიო ჰავაა ხანგრძლივი ციფი ზამთრითა და ხანმოკლე გრილი ზაფხულით. პაერის საშუალო წლიური ტემპერატურა შეადგენს 4–5<sup>0</sup>-ს, იანვრისა - -5,6<sup>0</sup>-ს, ივლისისა - 15–16<sup>0</sup>-ს. აბსოლუტური მინიმალური ტემპერატურაა 330, აბსოლუტური მაქსიმალური - 32<sup>0</sup>. ნალექების საშუალო წლიური რაოდენობაა 1200–1400 მმ.

მაღალმთიანი ზონა (2800 მ სიმაღლეზე) გამოირჩევა ნოტიო ჰავა და ციფი ზამთრით. იგი მოკლებულია ნამდვილ ზაფხულს. ამ ზონაში პაერის საშუალო წლიური ტემპერატურაა 2,5<sup>0</sup>, იანვრისა - -12<sup>0</sup>, ივლისის - 7<sup>0</sup>. აბსოლუტური მინიმალური ტემპერატურაა -350-ია, აბსოლუტური მაქსიმალური კი - 22<sup>0</sup>. ნალექების წლიური რაოდენობაა 1400–1500 მმ [3].

რეგიონის ყველაზე მაღალ ადგილებში მაღალი მთის ჰავაა მუდმივი უხვი თოვლითა და მყინვარებით. ზემო რაჭა საქართველოს აგროკლიმატური დარაიონების მიხდვით გაერთიანებულია დასავლეთ საქართველოს ოლქის, დასავლეთ კავკასიონის ქვეოლქში შემავალ ზომიერად ტენიან რაიონში.

პაერის საშუალო თვიური ტემპერატურა თბილ პერიოდში მერყეობს დაბალ ზონაში (800–900 მ სიმაღლეზე) 20,1<sup>0</sup>-დან 9,5<sup>0</sup>-მდე, ხოლო 1650–2000 მ-მდე სიმაღლის ზონაში - 13,8<sup>0</sup>-დან 1,5<sup>0</sup>-მდე. ციფ პერიოდში იგი, შესაბამისად, 7,8<sup>0</sup>-დან 1,0<sup>0</sup>-მდე და 0,3<sup>0</sup>-დან -6,9<sup>0</sup>-მდე ცვალებადობს. აქტიური ვეგეტაციის პერიოდში ნალექების რაოდენობა 630 - 780 მმ-ის ფარგლებშია. თოვლისსაფრიან დღეთა რიცხვი კი 50-დან 180-მდეა. თოვლის საფრის მაქსიმალური სისქე 200 სმ-ია. ქვედა ზონაში მცენარეულობის აქტიური ვეგეტაცია იწყება 10–21 აპრილიდან და ოქტომბრის მესამე დეკადის ბოლოსა და ნოემბრის დასაწყისში მთავრდება. ცალკეულ წლებში, როცა წაყინვები გვიანობამდე გრძელდება ან ადრე შემოდგომაზე იწყება, სავაგეტაციო პერიოდი შეიძლება 1 თვით შემცირდეს [4].

## ცხრილი 1

### ონის მუნიციპალიტეტის ძირითადი აგროკლიმატური მახასიათებლები თბილ პერიოდში (აპრილი–ოქტომბერი)

მეტეორო-ლოგიური სადგური	ჰაერის ტემპერატურის ჯამი ( $>10^0$ )	ატმოსფერული ნალექების ჯამი (მმ)	ჰაერის შეფარდებითი ტენიანობა (%)	ჰაერის ტენიანობის დეფიციტი (მმ)	უყინვო პერიოდის ხანგრძლივობა (დღე)	ჰიდრო-თერმული კოეფიციენტი (პთგ)
ონი	3150	630	70	7.1	206	2.0
შოვი	1780	710	77	4.2	151	4.0
დები	2090	780	-	-	-	3.7

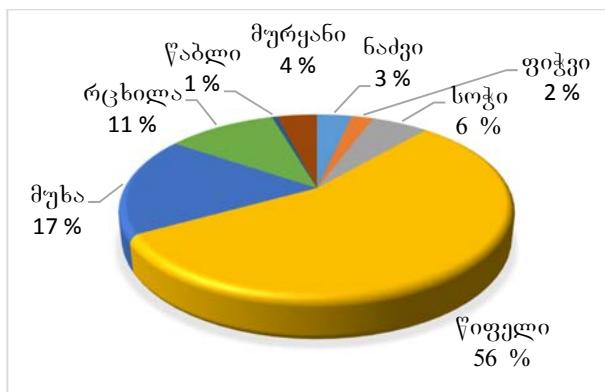
ზემო რაჭაში მთის მდინარეთა ხშირი ქსელია. მათ შორის ძირითადია მდ. რიონი, რომლის უმთავრესი მარცხენა შენაკადებია: ზოფხიტურა, ჩვეშურა, ჭანჭახი, გომრულა, დარულა, ჯეჯორა (ქვედრულით), ხეორი, ჭეშურა, ბარულა და სხვ. მარჯვენა შენაკადებია: რუბომალისწყალი, შეისური, შოდურა, საკაურა, ხევა, სარტოულა და სხვ. მდინარეებისთვის დამახასიათებელია დიდი დახრილობა, მაღალი ვარდნა, ღრმა ხეობები, ზოგან – კანიონისებრი ხეობები. ამ შენაკადებს ახასიათებს შერეული საზრდოობა; წყალდიდობა – გაზაფხულსა და ზაფხულის დასაწყისში, წყალმოვარდნა – შემოდგომაზე. ტბებიდან აღსანიშნავია: შავი ტბა, სასვანო ტბა, ქვედი. მყინვარული წვრილ-წვრილი ტბებია შოდა-კედელასა და კავკასიონის მთავარ ქედზე.

ნიადაგებიდან დაბალ ნაწილში გავრცელებულია ნეშომპალა-კარბონატული ნიადაგები, აგრეთვე საშუალო და მცირე სისქის ტყის ყომრალი ნიადაგები. მთამდელოს ზონაში გვხვდება დაბალი მთის მდელოს კორდიანი და კორდიან-ტორფიანი ნიადაგები, ხოლო უფრო ზემოთ (ალპურ ქეზზონაში) – მცირე სისქის პრიმიტიული მთის მდელოს ნიადაგები. დიდ მდინარეთა ნაპირებზე ზოგან ალუვიური ნიადაგებია გავრცელებული.

ხეობებისა და ფერდობების ალუვიური და ნეშომპალა-კარბონატული ნიადაგები ხელსაყრელ პირობებს ქმნის მევნეობისა და მეხილეობის განვითარებისათვის.

მცენარეულობიდან, სამეურნეო თვალსაზრისით, ყველაზე მნიშვნელოვანია ტყის საფარი, რომელსაც ნიადაგდაცვითი, ერთზის საწინააღმდეგო და დასვენებისა და მკურნალობისათვის საუკეთესო გამაჯანსაღებელი ფუნქცია აკისრია. ტყები ძირითადად კავკასიონის მთავარი ქედისა და მათი განშტოებების კალთებზეა განლაგებული. ტყის ფართობი ზემო რაჭის მთელი ტერიტორიის 48 %-ს შეადგენს.

1-ლ ნახ-ზე წარმოდგენილია ონის მუნიციპალიტეტის ტყის შემქმნელი ძირითადი სახეობები.



ნახ. 1. ონის მუნიციპალიტეტის ტყის შემქმნელი ძირითადი სახეობები

ტყვები ძირითადად ზ. დ. 700–2200 მ სიმაღლეზეა განლაგებული. მათი უმეტესი ხაწილი ზ. დ. 1001–2000 მ სიმაღლეზეა განფენილი; 1198 სახეობიდან 272 კავკასიის და საქართველოს ენდემია. გეხვდება როგორც კოლხეთის მესამეული ფლორის რელიქტები (შქერი, წყავი, ჯონჯოლი, ხურმა, ბზა და სხვ.) ასევე აღმოსავლეთ საქართველოს მშრალი პავისათვის დამახასიათებელი მცენარეულობა: მუხა, ჯაგრცხილა, კუნელი, შინდი, ზღმარტლი, ღვია, ფიჭვი და სხვ. [5]. რიონის ხეობის ქვედა ნაწილში და მის შენაკადთა გასწვრივ გავრცელებულია მურყანი (თხმელა), კოლხური ტყები, მარადმწვანე ქვეტყით. რეგიონის დაბალ ზონაში გაბატონებულია წიფლნარი მარადმწვანე ქვეტყით. შერეულია რცხილა, წაბლი, მუხა, ნეკერჩხალი. ქვეტყეში მრავლადაა თხილი, კუნელი, ზღმარტლი, იელი და სხვ. ბევრია აგრეთვე გარეული ხილი: პანტა, მაჟალო, თამელი, ძახველი, მოცვი. მაღალმთიან აღგილებში წიწვიანი ტყეებია. საშუალო მთიანი ზონა უკავია ნაძვნარ-სოჭნარს და წიფლნარ-მუქწიწვიანებს. ტყეებში გავრცელებულია საქართველოს წითელ წიგნში შეტანილი: უთხოვარი, უხრავი, წაბლი, მაღალმთის მუხა, კოლხური ჯონჯოლი, ქართული თხილი, ბზა, ხარისშუბლა და სხვ. ტყის შემქმნელი ძირითადი, მაგარმერქნიანი ფოთლოვანი ხეებიდან ჭარბობს წიფელი (56 %), წიწვოვნებიდან – სოჭი (6%), რბილმერქნიანებიდან – მურყანი (4 %).

ტყის ზოლში ზ. დ. 2000–2200 მ სიმაღლემდე (ალპურ სარტყლამდე) სუბალპური მეწ-ხერი ტყებუქნარია. გვხვდება ლიტვინოვის არყი, მაღალმთის ნეკერჩხალი, ჭნავი, დეკა და სხვ. უფრო ზემოთ სუბალპური და ალპური მდელოებია, რომლებიც ძირითადად პირუტყვის მაღალპროდუქტიული საკვებით არის წარმოდგენილი.

გასული საუკუნის 80–90-იან წლებში საგრძნობლად შემცირდა სახნავი მიწების ფართობი, რაც გამოწვეული იყო მიწის ნაწილობრივი რეფორმებით, საზოგადოებრივი მიწების პერიო სექტორში გადასვლით, უნაუფო მიწების მიტოვებით. რელიეფის საგრძნობი დახრილობის, ეროზიული და მეწყრული პროცესების გამო სახნავი მიწების ნაწილმა დაკარგა ნაყოფიერება და ამჟამად სხვა დანიშნულებით გამოიყენება. სახნავ მიწებს უკავია 1,5 ათასი ჰა, საძოვრებს – 30,2 ათასი ჰა, სათიბებს – 14,8 ათასი ჰა, მრავალწლიან ნარგავებს – 0,3 ათასი ჰა [1].

აგროკლიმატური პირობები ხელს უწყობს ზემო რაჭაში მარცვლეულის (სიმინდი), მინდვრის კულტურებისა (ლობიო) და კარტოფილის მოყვანას. სწორედ კარტოფილს უჭირავს დიდი ფართობები ონის მუნიციპალიტეტის მაღალ ზონაში; კერძოდ, გლოლაში, დებში, ჭიორაში, შემერში, მრავალძალში (მთისკალთაში).

ადსანიშნავია, რომ ამ ტერიტორიაზე სუსტად არის განვითარებული მევენახეობა, რადგან მაღალი ჰიფსომეტრიული მდებარეობის გამო ჰავა მკაცრია, რეპროდუქციულ პერიოდში ჰაერის ტემპერატურა გაცილებით ნაკლებია და უერძნი ცუდად მწიფდება. ვერტიკალური ზონალობის მიხედვით ვენახები ძირითადად ზ. დ. 600–800 მ სიმაღლეზეა გაშენებული. ვერტიკალური გავრცელების უკიდურესი საზღვარი კი 1100-1200 მ-ს აღწევს. ვენახები განლაგებულია დაბალ ზონაში (პატარ-პატარა ნაკვეთებზე, უმთავრესად სამხრეთის კალთებზე) სოფ. სორიდან უწერამდე. ღვინოს ადგილობრივი მნიშვნელობა აქვს. ზემო რაჭაში ვენახებს მცირე ფართობები უკავია მდ. რიონის გასწვრივ ან გაშენებულია ფერდობების მოვაკებულ ადგილებზე. ქვემო რაჭისგან განსხვავებით, აქ ძირითადად თეთრი უერძნის ჯიშებია გავრცელებული. ადსანიშნავია წულუკიძის თეთრა. ეს არის რაჭის ადგილობრივი, მაღალხარისხისხვანი თეთრყურძნიანი ვაზის საღვინე ჯიში, რომლისგანაც მზადდება საუკეთესო გემური თვისებების მქონე თეთრი ნახევრად ტკბილი დგინო „რაჭული თეთრა“. ეს ყურძნი მწიფდება სექტემბრის შუა რიცხვებში. ვაზის უნდემურ ჯიშებს მიეკუთვნება აგრეთვე კუდურაული, ქაქიტაური, მცვივანი, თბილული;

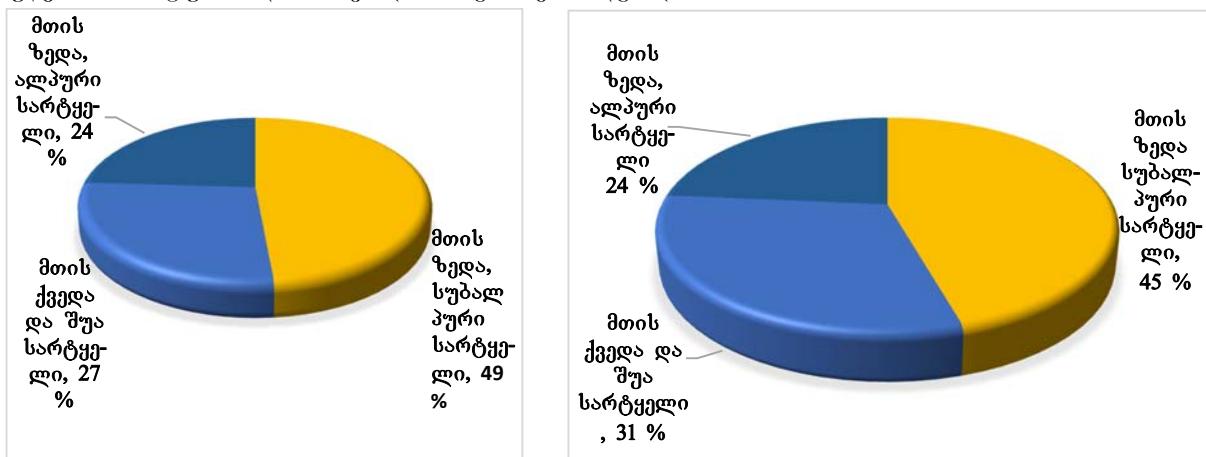
შავი და წითელი ყურძნის ჯიშებიდან აღსანიშნავია: შავი კაბისტონი, სეურა, ურიშულა და სხვ. [6].

რაჭული ხილი თავისი გემოთი და მაღალი ხარისხით უძველესი დროიდანაა ცნობილი. მეხილეობა ონის მუნიციპალიტეტში ძირითადად დაბალ ზონაშია განვითარებული. უმთავრესად გავრცელებულია თესლოვანი ხეხილი (ვაშლი, მსხალი, კომში), აგრეთვე კურკოვანი (ქლიავი) და შედარებით მცირედ სუბტროპიკული (ლელვი, ბროწეული). დიდი ფართობები უკავია კაკალს.

ონის მუნიციპალიტეტში ძირითადად მისდევენ მეცხოველეობას, თუმცა მსხვილფეხა პირუტყვის რაოდენობა უკანასკნელ პერიოდში საგრძნობლად (4 000 სულით) შემცირდა. პყავთ დორი, მცირე რაოდენობით ცხვარი და თხა; უკეთესი მდგომარეობაა მეფრინველებისა და მეფუტკრეობის მხრივ. ამ უკანასკნელის განვითარებას დიდად შუწეო ხელი რეგიონში არსებულმა მრავალფეროვანმა თაფლოვანმა მცენარეულობამ.

მესაქონლეები სათიბ-საძოვრების დეფიციტს არ განიცდიან (ნახ. 2). ზაფხულის პერიოდში ზემო რაჭის საძოვრებზე შესაძლებელია 22 000 სული პირუტყვის ძოვება [7]. სათიბ საძოვარს უკავია 45 000 ჰა ფართობი. ერთ სულ მსხვილფეხა პირუტყვზე დაახლოებით 9,6 ჰა საძოვარი მოდის [1].

მნიშვნელოვანია ზემო რაჭის ტურისტულ-რეკრეაციული პოტენციალი – წიწვიანი ტყეები, ხელსაყრელი კლიმატური (მზის ნათების დიდი ხანგრძლივობა, დღე-დამური ტემპერატურების მცირე ამბლიტუდები) და ჰიდრომინერალური რესურსები (მაღალი ხარისხის მინერალური წყაროები); გამოირჩება ბუნებრივი, ისტორიული, კონგრაფიული, კულტურის ძეგლების სიუხვით. აქ არის სორის წმ. გიორგის ეკლესია (XIV ს.), მრავალძალის წმ გიორგის ეკლესია (XI–XIX სს.), დების დედადვთის ეკლესია; მდიდარია როგორც ციხეების („ჭიდრო ციხე“ უწერის მიდამოებში, შეა საუკუნეების ციხეები სორსა და წედისში, თამარის ციხე გლობაში და სხვ.), ისე ბუნების ძეგლებით (კარსტული მღვიმეები, ჩანჩქერები, გადაადგილებული ლოდები და სხვ.), რომლებიც ხელსაყრელ პირობებს ქმნის ტურიზმის განვითარებისათვის. ამას ემატება ისიც, რომ ამ რეგიონშია ცნობილი კლიმატურ-ბალნეოლოგიური კურორტი შოვი, ბალნეოლოგიურ-კლიმატური კურორტი უწერა, სორტუანი და მრავალი სააგარაკო ადგილი [8].



ა. საძოვარი (მშრალი მასა)

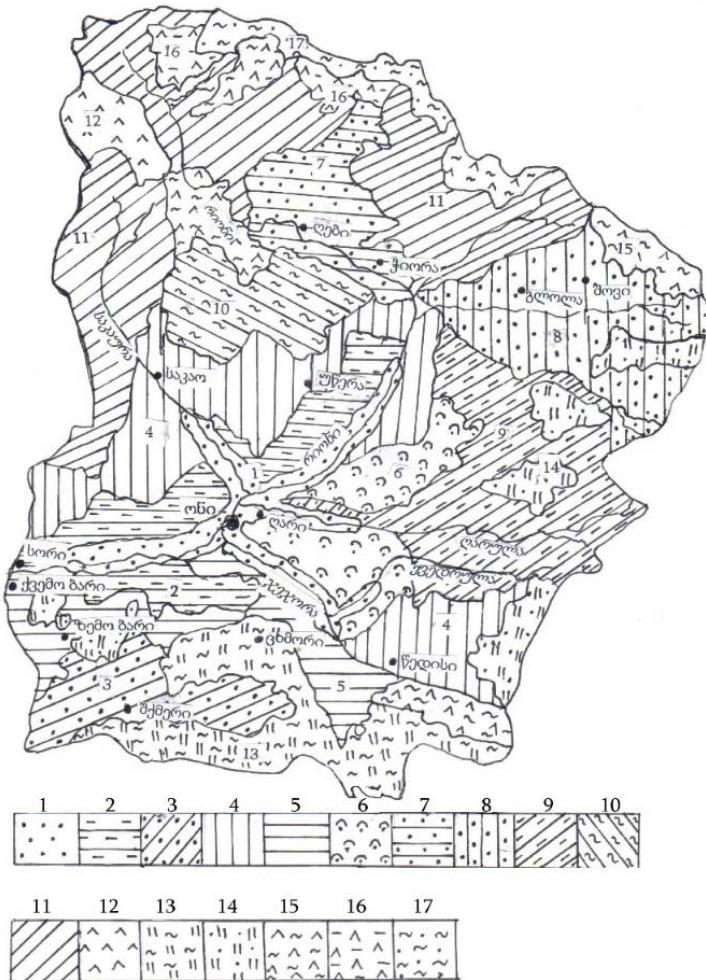
ბ. სათიბი (მშრალი მასა)

ნახ. 2. ონის მუნიციპალიტეტის ბუნებრივი საკვები საგარეულების მოსავლიანობა (ტ/ჰა)

ზემო რაჭის (ონის მუნიციპალიტეტი) პიფსომეტრიულმა სხვაობამ უდაბლეს (650 მ. რაჭის ქაბულის ძირი) და უმაღლეს (მწვერვალი ჭანჭახი 4 462 მ გაგასიონის ქედზე),

წერტილებს შორის, მრავალფეროვანმა დიოთოლოგიურმა სტრუქტურამ და ოროგრაფიული ერთეულების სიმრავლემ განაპირობა დანდშაფტების სტრუქტურის სირთულე და დანდშაფტების სიმაღლითი ზონების განვითარება [9, 10].

საკვლევი რეგიონის ტერიტორიაზე დანდშაფტების კომპლექსური შესწავლა დანდშაფტის სახის დონეზე განხორციელდა. გამოყოფილი დანდშაფტის თითოეული სახე შეფასებულია მათი ბუნებრივი პირობებისა და რესურსების გამოყენების პოტენციური შესაძლებლობის თვალსაზრისით. ონის მუნიციპალიტეტის ტერიტორიაზე გამოყოფილია მნიშვნელოვანი რესურსები პოტენციალის მქონე დანდშაფტის 17 სახე (ნახ. 3):



ნახ. 3. ონის მუნიციპალიტეტის დანდშაფტური რუკა

1. ქვაბულის ძირი მდინარის ხეობით, ჭალის მცენარეულობით, ალუვიური და ნეშომპალა-კარბონატული ნიადაგებით, ზოგან გამოზიდვის კონუსებით, სასოფლო-სამეურნეო სავარგულებით (ვენახებით, ხეხილის ბალებით, სიმნდის ყანებით), სამოსახლო დანდშაფტებით, ეროზიული პროცესებით, დვარცოფებით, წყალდიდობებით, წყალმოვარდნებით.

დანდშაფტის აღნიშნული სახე წარმოდგენილია რაჭის სინკლინურ ქვაბულში, მდ. რიონის ხეობის გასწვრივ. მოიცავს რიონის, საკაურის, ჯეჯორის, დარულას, ჭიორის ქემო წელს. რელიეფი დანაწევრებულია მდინარეული ტერასებით, დამახასიათებელია მეწყრები, გამოზიდვის კონუსები. არის სასოფლო განსახლების და სამეურნეო

საქმიანობის ზონა. ნალექების წლიური რაოდენობა 1000–1100 მმ-ია, თბილ პერიოდში – 650–700 მმ. სავეგეტაციო პერიოდი 6 თვეს გრძელდება. ივლის-აგვისტოში ჰაერის ტემპერატურა 22°-ია, საშუალოდ, ზაფხულის მაღალი ტემპერატურები განპირობებულია ქვაბულისებრი რელიეფით და ფიონური ქარებით, აქტიური ტემპერატურის ჯამი სავეგეტაციო პერიოდში 2600–3150-ია, მზის ნაობის წლიური ხანგრძლივობა – 1900–2000, 2100 სთ-ის ფაგლებშია. გავრცელებულია ნეშოპალა-კარბონატული და ალუვიური ნიადაგები მდ. რიონისა და მისი შენაკადების გასწვრივ. ბუნებრივი მცენარეული საფარი სამეურნეო მოქმედების გამო ძლიერ არის სახეშეცვლილი.

ლანდშაფტის ფარგლებში რაჭის სინკლინის მოვაკებულ მცირე ფართობებზე და მთების კალთების სამხრეთ ფერდობებზე გაშენებულია ძირითადად თეთრი ჯიშის ურძნის ვენახები. აღსანიშნავია, რომ მაღალი პიფსომეტრიული მდებარეობის გამო ზოგჯერ ყურძენი ბოლომდე ვერ ასწრებს დამწიფებას.

ბუნებრივი საკვები სავარგულები გავრცელებულია მდ. რიონისა და მისი შენაკადების ჭალებში, სანაპირო ზოლის გავაკებებსა და გორაკ-ბორცვებზე, სოფლისპირა საძოვრებზე, რომელთა ბალახსაფარი წარმოდგენილია მშრალი, მეზოქსეროფილური დაჯგუფებებით. მათგან მთავარია ურო, შერიელა, ცახცახა;

**2. დაბალი მთები ეროზიული რელიეფით, ძლიერ შეცვლილი ტყის მცენარეულობით, მუხნარებით, მუხნარ-რცხილნარი და წიფლნარი ტყეებით, სასოფლო-სამეურნეო სავარგულებით (ვენახები, ხეხილის ბაღები, სიმინდის ყანები). ასეთ ლანდშაფტზე მდებარეობს სიფლები: სორი, ნიგგზნარა, ზუღალი, ხურუთი (რიონის მარჯვენა მხარეს), აგრეთვე ქვემო ბარი, ზემო ბარი, შარდომეთი, ჭიბრევი (რიონის მარცხენა მხარეს), მდ. ჯეჯორის, მდ. დარულას, ქვედრულას, გომრულას ხეობების გასწვრივ.**

ნალექების რაოდენობა 950-დან 1100 მმ-დე მერყეობს. ძირითადად ტყის ყომრალი ნიადაგია გავრცელებული. ტყის მცენარეულობა ძირითადად მუხნარებით, რცხილნარ-მუხნარებით, რცხილნარებითა და წიფლნარებით არის წარმოდგენილი. ტყეები ალაგ-ალაგ გაჩეხილია და იმ ადგილას მეორეული მდელოებია;

**3. საშუალო მთები გარსტული რელიეფით, ტყის ყომრალი ნიადაგებით, წიფლნარ-რცხილნარით, წიფლნარი ტყითა და მარადმწვანე ქვეტყით. გავრცელებულია რაჭის ქედის ჩრდილო ფერდობზე, მდ. ბარულას ხეობის ზემო წელში სოფ. ზემო ბარისა და სოფ. მრავალძის (მთისკალთის) მიდამოებში, ხიხათის მთაზე, სოფ. შემერში. დამახასიათებელია ცივი ზამთარი და მშრალი ზაფხული. რელიეფი მცირედ არის დანაწევრებული, გვხვდება მშრალი ხეობები, კარსტული გამოქვაბულები, კარსტული ძაბრები, პოლიები. ნალექების წლიური რაოდენობა 1000-დან 1200 მმ-დე მერყეობს. მოჰყავთ კარტოფილი, რაჭის ქედის კალთები ძირითადად სათიბებსა და საძოვრებს წარმოადგენს;**

**4. საშუალო მთები წიფლნარ-მუქწიწვიანი და მუქწიწვიანი ტყეებით, ალაგ-ალაგ მარადმწვანე ქვეტყით. მოიცავს მდ. საკაურის შუა წელს, შოდა-კედელას სამხრეთ ფერდობებს, მდ. რიონის ხეობას (სოფ. ნიგგზნებისა და უწერის ზემოთ, სოფ. ჭიორამდე), მდ. დარულას, მდ. ქვედრულას ხეობებს, მდ. ჯეჯორის მარცხენა მხარეს, რაჭის ქედის ჩრდილო-აღმოსავლეთ ფერდობებს, სადაც რელიეფი ზოგან ძლიერ არის დახრილი; ახასიათებს ეროზიული მოვლენები, დვარცოფების განვითარება, შოდა-კედელას ქედზე ბევრგან არის დვარცოფული კერები გნვითარებული, მდინარეთა ზემო წელში მიმდინარეობს ქანების ინტენსიური გამოფიტვა. უმთავრესად გაეწრებული ტყის ყომრალი ნიადაგებია გავრცელებული. ამ ლანდშაფტის ფარგლებშია ცნობილი კურორტები და საკურორტო ადგილები: უწერა, შოვი, გლოლა, ჭიორა;**

**5. ქვაბული დამრეცი ფერდობებით და ტერასებით, მეწერების დიდი გავრცელებით, სასოფლო სამეურნეო სავარგულებით და წიფლნარ-რცხილნარი ტყეებით ტყის ყომრალ**

**ნიადაგებზე.** ეს ლანდშაფტები ვრცელდება მდ. რიონის მარცხენა მხარეს, მდ. ჭეშორას, სეურას, მურეიხანას, ხეორის, კომანდლულას და ბორჯანულას შუა და ქვემო წელში. სოფლები: შარდომეთი სევა, ფარახეთი, ხეითი, ზვარეთი, კვაშხიეთი, ბოყვა, ხირხონისი, სხიერი, სომიწო, უაშქვა. აგრეთვე ჩრდილოეთით, მდ. საკაურის ქვემო წელში, სოფ. ლაგვანთა-საკაოს მიდამოებში. განვითარებულია მეწყრული პროცესები სოფლების: სომიწოს, სევის, ფარახეთის მიდამოებში. ზოგან ვითარდება ღვარცოფული ნაკადები, მდინარეთა შესართავებთან წარმოქმნილია გამოზიდვის კონუსები. ტყის მასივები შედგება უძეტესად წიფლნარების, რცხილნარ-წიფლნარებისა და რცხილნარებისაგან. ლანდშაფტის ფარგლებში ტყისგან თავისუფალ ადგილებში გვხვდება საძოვრები და მეორეული ბუჩქნარი;

**6. საშუალო მთები ციცაბო ფერდობებით, წიფლნარი ტყებით და მარადმწვანე ქვეტყის ყომრალ ნიადაგებზე.** ლანდშაფტი მოიცავს სოფლების: ბარის და სევის, ხირხონისის, უაშქვის და ჩორდის მიდამოებს. გავრცელებულია აგრეთვე მდ. ჯეჯორის ხეობაში, ქვედრულას შესართავთან წარმოდგენილია წიფლნარი და რცხილნარი ტყები, რომლებსაც სამრეწველო მნიშვნელობა აქვს. ლანდშაფტის ფარგლებში გააქტიურებულია ეროზიული პროცესები, ქვალდებული ტყალმოვარდნები, ზოგან ძლიერი ეროზიული პროცესები, წყალდიდობები, წყალმოვარდნები, ზოგან ძლიერი ეროზიული პროცესებია განვითარებული, ხშირია ქვათა ცვენა. მუხნარ-ჯაგრცხილნარი ტყები ზოგან ძლიერ არის გარდაქმნილი და დეგრადირებული, გვხვდება მეორეული ნატყევარი მდელოები;

**7. საშუალო მთები მუხნარ-ჯაგრცხილნარი და რცხილნარი, წიფლნარი ტყებით ტყის ყომრალ ნიადაგებზე.** ლანდშაფტი ვრცელდება მდ. რიონის მარცხენა მხარეს, მდ. ჩვეშურიდან ზოფხიტურამდე, მდ. ედენურას და ბერალის შუა წელში. სოფ. დების, თევრეშოს, ბრილის (ნასოფლარი) მიდამოებში. აგრეთვე შოდა-კედელას ჩრდილოეთ ფერდობზე, მდ. რიონის მარჯვენა მხარეს, მდ. სახრიკილოსა და შეუსურის ხეობებში. დამახასიათებელია აქტიური ეროზიული პროცესები, წყალდიდობები, წყალმოვარდნები, ზოგან ძლიერი ეროზიული პროცესებია განვითარებული, ხშირია ქვათა ცვენა. მუხნარ-ჯაგრცხილნარი ტყები ზოგან ძლიერ არის გარდაქმნილი და დეგრადირებული, გვხვდება მეორეული ნატყევარი მდელოები;

**8. საშუალო მთები ფიჭვნარი, მუხნარ-რცხილნარი და მუქწიწვიანი ტყებით ყომრალ გაეწრებულ ნიადაგებზე.** გავრცელებულია მდ. ჭანჭახის მარჯვენა მხარეს და ჭანჭახის შენაკადების: ბოყოსწყლისა და ბუბისწყლის ხეობებში (შოვისა და გლოლის მიდამოები). ლანდშაფტის ფარგლებში გვხვდება სასოფლო-სამეურნეო სავარგულები და სამოსახლო ლანდშაფტები. განვითარებულია ქვათა ცვენა. ტყებს აქვს ეკოლოგიური და საკურორტო დანიშნულება;

**9. საშუალო მთები ტყის ყომრალი გაეწრებული ნიადაგებით, წიფლნარ-მუქწიწვიანი ტყებით და ალაგ-ალაგ მარადმწვანე ქვეტყით.** გავრცელებულია მდ. ლარულასა და ქვედრულას ხეობებში (მათ შუა და ზემო წელში), აგრეთვე მდ. ჯეჯორის ხეობაში (სოფლების – ცხმორის, ჩორდის, სორგითის და ღუნდის მიდამოებში), რაჭის ქედის ჩრდილო-აღმოსავლეთ ნაწილში, მდ. ჭილორისდელის ხეობაში. განვითარებულია მეწყრული პროცესები. ზოგიერთი მეწყერი მაღალაგებტიურობით ხასიათდება და მათ მიერ დაკავებულია ყოფილი სასოფლო-სამეურნეო სავარგულების მნიშვნელოვანი ფართობები, მაგალითად, სოფლების – სომიწოს, სევის, ფარახეთის მიდამოებში, სადაც ხშირია დვარცოფული ნაკადების განვითარება;

**10. საშუალო მთები მუქწიწვიანი და წიფლნარ-მუქწიწვიანი ტყებით და ალაგ-ალაგ მარადმწვანე ქვეტყით ტყის ყომრალ გაეწრებულ ნიადაგებზე.** ლანდშაფტი ხასიათდება მძლავრი ღვარცოფული გამოვლინებებით. გავრცელებულია შოდა-კედელას ფერდობებზე, მდ. საკაურის ხეობაში, აგრეთვე შოვისა და გლოლის სამხრეთით; მოიცავს მდ დღვიორის, ხიოტურის და ღესქეს შუა და ქვემოწელს ზ. დ. 1900–2050 მ სიმაღლემდე. ლანდშაფტის

ფარგლებში აქტიური გეოდინამიკური პროცესებია განვითარებული. გამოირჩევა ეკოლოგიური მნიშვნელობით;

11. მაღალი მთები ძეველი მყინვარული და ეროზიულ-დენუდაციური რელიეფით, ციცაბო ფერდობებით, წიფლნარით, ნეკერჩხალით და არყნარით, ფიჭვნარი ტყეებით, ზოგან მუქწიწვიანებით, გამოირჩევა ქვათა ცვენით და თოვლის ზვავებით. გავრცელდებულია კავკასიონის მთავარი წყალგამყოფი ქედის ფერდობებზე, მდ, რიონის, ზოფხიტურის, ედენურის, ჩვეშურის, ბუბისწყლის და ჭანჭახის ხეობებში. ასევე შოდაკედებას ქედის ფერდობებზე. ლანდშაფტისათვის დამახასიათებელია ეროზიული პროცესები, თოვლის მძლავრი საფარი, ზვავების ინტენსიური განვითარება. მაღალი ეკოლოგიური დირებულება აქვს და მეტად საინტერესოა ბიომრავალფეროვნების თვალსაზრისითაც;
12. მაღალი მთები ძეველი მყინვარული რელიეფით, სუბალპური მდელოთი, ერთეული ტანბრეცილი სუბალპური არყნარით და ალაგ-ალაგ სუბალპური ბუჩქნარით მთა-მდელოს ნიადაგებზე. გვხვდება ლეჩხუმის ქედის სამხრეთ ფერდობზე, კალდოვან ფერდობებზე განვითარებულია ქვათა ცვენა. არის ღვარცოფული კერებიც, ლანდშაფტი უმნიშვნელოდ არის შეცვლილი, მაღალი ღირებულება აქვს ბიომრავალფეროვნების თვალსაზრისით;
13. მაღალი მთები კარსტული რელიეფით, სუბალპური მდელოთი და ალაგ-ალაგ სუბალპური ტყე-ბუჩქნარის ფრაგმენტებით მთა-მდელოს და ნეშომპალა-კარბონატულ ნიადაგებზე, კარსტული პროცესებით, ქვათა ცვენით, თოვლის ზვავებით. ხიხათისა და ფოცხვევის ქედები მოიცავს მდ. ხეორის ზემო წელს, გავრცელებულია შქმერის, უშოლოს, ხარისხვალისა და მრავალძალის მიდამოებში. მისთვის დამახასიათებელია კარსტული პროცესები, ქვათა ცვენა; წარმოდგენილია რელიეფის კარსტული ფორმები, ძაბრები, ჭები, პოლიები;
14. მეორეული მდელო-ბუჩქნარი, ზოგან ტყის დერივატებით, მთა-მდელოს ნიადაგებით. ტყის გაჩეხვისა და პირუტყვის ძოვების შედეგად წარმოქმნილი მეორეული მდელოები ხელს უშლის ტყის აღდგენას. ცალკეულ მონაკვეთებში არის ქვათა ცვენისა და მეწყრების კერები;
15. მაღალი მთები ალპური მდელოებით, მთა-მდელოს ნიადაგებით. ლანდშაფტს უკავია კავკასიონის მთავარი ქედის კალთები და უწყვეტ ზოლად არის გავრცელებული. დამახასიათებელია ციცაბო ფერდობები. ალპური ბალახეული მცენარეულობის გარდა, ზოგან დეკიანი ბუჩქნარიც არის წარმოდგენილი, რომელსაც რაჭის ქედის მაღალ, თხემურ ნაწილში მცირე ფართობი უკავია;
16. სუბნიგალური ლანდშაფტები. გავრცელებულია კავკასიონის მთავარ წყალგამყოფ ქედზე და შოდა-კედელას ქედებზე. აგებულია პალეოზოური კრისტალური ქანებით, გამოირჩევა ძალზე მკაცრი კლიმატით: იანვრის საშუალო ტემპერატურა -17<sup>0</sup>-ია, ივნისისა -3-5<sup>0</sup>. მცირე სისქის პრიმიტიული ნიადაგები შემოსილია პეტროფილური მცენარეულობით;
17. ნიგალური (მარადი თოვლისა და ყინულის) ლანდშაფტები წარმოდგენილია კავკასიონის მთავარ წყალგამყოფ ქედზე არსებული მყინვარებითა და მარადი თოვლით, სადაც კლიმატი ძალზე მკაცრია: იანვრის საშუალო ტემპერატურა -17<sup>0</sup>-დან -25<sup>0</sup>-მდეა, ივნისისა -0-2<sup>0</sup>. მოკლებულია ნიადაგ-მცენარეულ საფარს. ზოგან კლდეებზე მცირედ არის ხავსები და ლიქენები. ასეთია, მაგალითად, ზოფხიტოს, ედენას, კირტიშოს, ბოჟოს, ბუბის, თბილისას, ჭანჭახისა და სხვ. მყინვარები.

## დასკვნა

ზემო რაჭის რეგიონის ფიზიკურ-გეოგრაფიული კავშირის შედეგად შეიქმნა ონის მუნიციპალიტეტის მსხვილმასშტაბიანი ლანდშაფტური რუკა (1:100 000), გამოყოფილ იქნა დაბალი რანგის 17 ლანდშაფტური ერთეული (ლანდშაფტის სახე). გამოყოფილი ლანდშაფტები ასახავს საკვლევი რეგიონის ბუნებრივი რესურსების მრავალფეროვნებას და მათ პოტენციალს.

აღსანიშნავია, რომ ლანდშაფტების დიდი ნაწილი (78,8 %) მთის ლანდშაფტებს უკავია. გამოყოფილი ლანდშაფტებიდან გაკავეული ნაწილი გამოსადეგია სასოფლო-სამეურნეო სამუშაოებისათვის, ნაწილი ტყის რესურსების მოხმარებისათვის, ნაწილი კი – ტურისტულ-რეკრეაციული მიზნებისათვის.

სასოფლო-სამეურნეო ლანდშაფტების უმეტესი ნაწილი მდებარეობს შედარებით დაბალ ჰიფსომეტრიულ ზონაში (ზ. დ. 650–900 მ სიმაღლეზე) – რაჭის სინკლინურ ქვაბულში, მდ. რიონის სანაპირო ზოლში, სადაც განლაგებულია ვენახების ფართობები (450 ჰა). განვითარებულია მეხილეობა, მემარცვლეობა, მებოსტნეობა (განსაკუთრებულია მდ. რიონის გასწვრივ ალუვიურ ნიადაგებზე განლაგებული ლანდშაფტები); მეცხოველეობისთვის ვარგისი სათიბ-საძოვრები ძირითადად მაღალი მთის სუბალპურ და ალპურ ლანდშაფტებში გვხვდება. ზემო რაჭის საძოვრები და სათიბები მდიდარი პოტენციური შესაძლებლობის მქონეა და მათი ათვისება დიდად შეუწყობს ხელს მეცხოველეობის განვითარებას. ზემო რაჭის ტერიტორიის დიდი ნაწილი უჭირავს ტყის ლანდშაფტებს (48 %), რომლებსაც სამრეწველო დანიშნულება აქვს და დიდ როლს ასრულებს ეკოლოგიურ და ბიომრავალფეროვნების შენარჩუნებაში. აქ წარმოდგენილია ჭალის ტყები, დაბალი მთის ტყის და საშუალო მთის ტყის ლანდშაფტები, რომელთა შორის მნიშვნელოვანი ფართობი ხელუხლებელ ტყეებს უკავია.

ტურისტულ-რეკრეაციული მაღალი პოტენციალი აქვს შოვის, გლოლის, უწერის, დების, გონას მიმდებარე ლანდშაფტებს, სადაც კარსტული მდვიმები, ბალნეოლოგიურ-კლიმატური (უწერა, სორტუნი), კლიმატურ-ბალნეოლოგიური (შოვი) კურორტები, საკურორტო ადგილები (გლოლა, ჭიორა, დები) და სხვა მნიშვნელოვანი ტურისტულ-რეკრეაციული ობიექტებია განლაგებული. ზემო რაჭის ლანდშაფტებიდან ყველაზე მეტად რაჭის ქვაბულის; დაბალი, საშუალო და მაღალი მთის მდელოების სასაზღვრო ლანდშაფტებია შეცვლილი. ბევრგან არის მეორეული ნატყევარი მდელოების ლანდშაფტები. აქ ადრე არსებული ბუნებრივი ლანდშაფტები წარმოდგენილია ანთროპოგენური და ბუნებრივ-ანთროპოგენური ლანდშაფტების სახესხვაობებით.

## ლიტერატურა – REFERENCES

1. კლიმატის ცვლილებისადმი ადაპტაცია და ზემოქმედების შერბილება ადგილობრივ დონეზე, ონის მუნიციპალიტეტის არსებული მდგომარეობა, 2019, გვ. 7-10. [http://nala.ge/climatechange/uploads/BaselinePerMunicipality/39\\_oni.pdf](http://nala.ge/climatechange/uploads/BaselinePerMunicipality/39_oni.pdf)
2. რ. გობეჯიშვილი. რაჭა-ლეჩხუმი. წიგნში: საქართველოს გეოგრაფია, ნაწ. I, ფიზიკური გეოგრაფია, თბ.: მეცნიერება, 2000, გვ. 259-260.
3. საქართველოს სამეცნიერო-გამოყენებითი კლიმატური ცნობარი, ნაწ. I, თბ.: ბაბურ სულაკაურის გამომცემლობა, 2004, გვ. 49-82,
4. გ. მელაძე, მ. მელაძე. საქართველოს დასავლეთ რეგიონების აგროკლიმატური რესურსები, თბ.: უნივერსალი, 2012, გვ. 239-247, 408.

5. თ. კანდელაკი. რაჭის რეგიონის ტყის რესურსები. წიგნში: რაჭა: წარსული აწყო, მომავალი, საქართველოს მეცნიერებათა ეროვნული აკადემიის მთის პრობლემების კომპლექსური შესწავლის კომისია. თბ.: საქართველოს მეცნიერებათა ეროვნული აკადემიის სტამბა, 2012, გვ. 271-276; 283-287.
6. ჩხარტიშვილი, დ. უჯმაჯურიძე. საქართველოს მევენახეობა-მედვინეობის წარსული და სამომავლო მიმართულებები, თბ., 2008.
7. გ. აგლაძე, ფ. ჩხეიძე. რაჭის სამოვრების მდგომარეობა, მათი პროდუქტიულობისა და ხარისხის გაზრდის დონისძიებები. წიგნში: რაჭა: წარსული აწყო, მომავალი, საქართველოს მეცნიერებათა ეროვნული აკადემიის მთის პრობლემების კომპლექსური შესწავლის კომისია. თბ.: საქართველოს მეცნიერებათა ეროვნული აკადემიის სტამბა, 2012, გვ. 117-127.
8. E. Salukvadze. Protected areas and natural landscapes – an essential factor for sustainable development of ecotourism for mountainous regions//Georgian Geographical journal, Vol. 1 (1) Tb., 2021, pp. 61-62.
9. გ. სანებლიძე, დ. უკლება, ქრ. ჯაყელი. საქართველოს ლანდშაფტური რუკა (1:600 000), თბილისი-მოსკოვი, გეოდეზიისა და კარტოგრაფიის მთავარი სამსართველო, გ., 1970.
10. Уклеба Д., Будагов Б., Мусейбов М., Сохадзе Е., Багдасаров А. Ландшафтная карта Закавказья Главный департамент Геодезии и Картографии, М., 1983.

## PHYSICAL GEOGRAPHY

### THE NATURAL RESOURCE POTENTIAL OF ZEMO RACHA (ONI MUNICIPALITY) LANDSCAPES

**E. Salukvadze**

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

**Resume.** To study a region's natural capital, it is important to classify and describe local landscapes, which, depending on the area they are found in, have different characteristics and vary in terms of natural resources. The mountainous region of Zemo (upper) Racha (Oni Municipality) has been selected for this purpose. Along with relevant literary sources, the research draws on cartographic material, the landscape maps (1970, 1983) and the topographic map (1:50000) of Georgia and Transcaucasia, as well as on observation records made during the 2021 field expedition in Zemo Racha. A large-scale landscape map has been designed. The paper describes the region's individual natural assets as well as the natural resources available in selected landscapes. Data on mineral, climate, agroclimatic, soil and forest resources are provided in the table and diagrams.

**Keywords:** mountainous region; natural assets; Oni municipality; Zemo (Upper) Racha.

შავი ზღვის საცუროოფო ზონის გარკვეულ ადგილებში ამინდზე სასურველი ზემოქმედების ბანეორციელების შესაძლებლობის შესახებ

ევტიხი მაჭავარიანი, მაია ჯიხვაძე, ნათია ქსოვრელი, დავით გორგაძე,  
სერგო შავდათუაშვილი

(საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი)

**რეზიუმე:** განხილულია ადამიანის მიერ ამინდზე ხელოვნურად ზემოქმედების პროცესები და ამ მიმართულებით ამჟამად შექმნილი მდგომარეობა. თანამედროვე მსოფლიოში სულ უფრო ვითარდება ატმოსფერულ მოვლენებზე ხელოვნურად ზემოქმედების მეთოდები და ზოგიერთი მათგანი უკვე წარმატებით გამოიყენება მსოფლიოს სხვადასხვა ქვეყანაში.

გამოთქმულია მოსაზრება, რომ შავი ზღვის საკურორტო ზონაში (წინასწარ შერჩეულ რომელიმე ქალაქში ან რომელიმე განსაკუთრებულ ადგილას) წინასწარ განსაზღვრული დროის განმავლობაში წვიმის მოსვლის თავიდან აცილება სავსებით შესაძლებელია, რაც მნიშვნელოვნად შეამცირებს ხშირი წვიმებით გამოწვეულ ზარალს და, ზოგადად, ხელს შეუწყობს ტურისტული ნაკადების ზრდას.

**საკვანძო სიტყვები:** ამინდზე ზემოქმედება; რეაგენტი; ლრუბელი.

### შესავალი

კაცობრიობა უხსოვარი დროიდან ცდილობდა ამინდზე სასურველი ზემოქმედების მოხდენას, მაგრამ მრავალი საუკუნის განმავლობაში ყველა მცდელობა მხოლოდ სხვადასხვა დმურთისადმი ლოცვა-ვედრებითა და გარკვეული მსხვერპლ შეწირვით შემოიფარგლებოდა.

საყოველთაოდ ცნობილია, რომ მეცნიერებისა და ტექნიკის განვითარების თანამედროვე ეტაპზე ადამიანის შეუძლია აქტიურად ჩაერიოს ატმოსფერული პროცესების მიმდინარეობაში, ანუ ამინდის ფორმირების ბუნებრივ პროცესებში და შესაბამისი ტექნიკური საშუალებების გამოყენებით გარკვეულ გეოგრაფიულ ადგილებში და ატმოსფეროს გარკვეულ ფენებში პაერის ფიზიკური ან ქიმიური თვისებების შეცვლით მოკლე დროით თავიდან აიცილოს არასასურველი ატმოსფერული მოვლენები ან, პირიქით, შექმნას სასურველი ატმოსფერული გარემო. მაგალითად, გამოიწვიოს ლრუბლებიდან წვიმის ან თოვლის ნალექის გამოყოფა, სეტყვის პროფილაქტიკა, ლრუბლებისა და ნისლის გაფანტვა, მიწის ზედაპირთან ახლოს მყოფ პაერის ფენაში ყინვის შესუსტება ან აღმოფხვრა და სხვ.

### ძირითადი ნაწილი

XIX საუკუნის მიწურულს კალიფორნიაში (აშშ) ზოგიერთი ფერმერის მიერ პირველად იქნა გამოყენებული სეტყვის საწინააღმდეგო ზარბაზნები, რომლებსაც ისროდნენ სეტყვის

წარმომშობი ღრუბლების მიმართულებით. ამ ზარბაზნებში ყოველ 10 წე-ში ერთხელ აფეთქებდნენ აცეტილენისა და ჟანგბადის ნარევს, რომელსაც წინასწარ ათავსებდნენ სასროლი მოწყობილობის ქვედა ნაწილში. აფეთქების შედეგად ღრუბლის მიმართულებით ვრცელდებოდა დარტყმითი ტალღები. ზოგ შემთხვევაში მიზანს აღწევდნენ, მაგრამ დღემდე არ არსებობს ამგვარი მოწყობილობისა და მოქმედების ეფექტიანობის რაიმე მეცნიერული დასაბუთება.

მიუხედავად ამისა, აშშ-ის კონგრესმა იმ პერიოდში სპეციალურად გამოყო თანხა, რათა შეეძინათ დიდი რაოდენობით დენორი და სხვა ასაფეთქებელი მასალები ცდების ჩასატარებლად. ეს მასშტაბური ცდები ჩატარდა 1891–1892 წლებში ტეხასის შტატში ინჯინერ რობერტ დეირენფორტის ხელმძღვანელობით, თუმცა ეს ცდები ფაქტობრივად სრულიად უშედეგოდ დამთავრდა.

იმავე პერიოდში სხვა ამერიკულმა გამომგონებელმა დააპატენტა „წვიმის წარმოქმნის მეთოდი“, რომლის მიხედვით ღრუბლებზე ახდენდნენ სხვადასხვა სამაცივრო აგენტებით ზემოქმედებას. პირველად სწორედ მაზინ იქნა დადგენილი, რომ ნალექების წარმოქმნა დაკავშირებული იყო ღრუბლების გაცივებასთან (ზოგადად, ატმოსფეროს თბურ მდგომარეობასთან) და სწორედ ეს დაედო საფუძვლად მას შემდეგ მიგნებულ და ამინდზე ზემოქმედების განხორციელებისათვის გამოყენებულ ყველა ტექნიკურ გადაწყვეტას [1].

XX საუკუნეში შეიქმნა ატმოსფეროზე ზემოქმედების სპეციალური ტექნოლოგიები, რომელთა შორის ყველაზე გავრცელებულია ე.წ. ღრუბლების თესვა, რაც გულისხმობდა აგმოსფეროში (ღრუბლებში) საკონდენსაციო ცენტრების თესვას (გაფრქვევას). ამ საკონდენსაციო ცენტრებზე იწყება ატმოსფეროში ორთქლის სახით არსებული ტენის კონდენსაცია და წარმოიქმნება წვიმა. ამ მეთოდის გამოყენება შეიძლება როგორც მშრალ ადგილებში წვიმის წარმოსაქმნელად, ისე სეტყვის ალბათობის შესაძლებლად (ნაადრევად წვიმის გამოწვევით ხდება ღრუბლების ერთგვარი წინასწარი დაცლი).

ღრუბლების დათესვისა და ხელოვნური წვიმის წარმოქმნის პირველი წარმატებული სამეცნიერო ექსპერიმენტები XIX საუკუნის 40-იან წლებში ჩატარა ამერიკულმა კომპანია „ჯენერალ ელექტრიკმა“, თუმცა მალევე მიატოვა ეს საქმიანობა კომერციული წარმატების მიღწევაში ეჭვის შეტანის გამო.

უფილ სსრ კავშირშიც იქნა შემუშავებული სეტყვის საწინააღმდეგო ტექნოლოგია, რომელიც მდგომარეობდა სეტყვის წარმოქმნის პროცესის დასუსტებაში ღრუბლების გარკვეულ უბნებში სპეციალური რეაგენტის შეყვანით. სპეციალური ზარბაზნებით ხორციელდებოდა სეტყვის საწინააღმდეგო რაკეტების ღრუბლებში გატენირცნა, თუმცა ზემოქმედება ხდებოდა მხოლოდ მცირე და საშუალო ინტენსიურობის ღრუბლებზე, რადგან აღნიშნული რაკეტებით მძლავრ სეტყვის ღრუბლებზე ზეგავლენის მოხდენა ვერ ხერხდებოდა. ამ მეთოდის გამოყენებით სეტყვით გამოწვეული სასოფლო-სამეცნეო მოსავლის დანაკარგები 5–7-ჯერ იქნა შემცირებული.

1990 წლს რუსი მეტეოროლოგების მიერ დამუშავებულ იქნა ამინდის ხელსაყრელი პირობების შექმნის ახალი ტექნოლოგია [2], რომლის მიხედვით ღრუბლების დასაშლელად იყენებდნენ ვერცხლის იოდიდს, თხევად აზოტს, მშრალ ყინულს და სხვა კომპონენტებს. რუსეთის პიდრომეტეროლოგიისა და გარემოს მონიტორინგის ფედერალური სამსახურის სპეციალისტების განცხადების თანახმად, ეს რეაგენტები ეკოლოგიურად სუფთა მასალები იყო, რომლებსაც არ შეეძლო ატმოსფეროსათვის ზიანის მიყენება.

ხელსაყრელი ამინდის შენარჩუნების ეს ახალი ტექნოლოგია იმაში მდგომარეობს, რომ ამინდის შესანარჩუნებლად ქალაქის ან გარკვეული ტერიტორიის მიმართულებით მოძრავ ღრუბლებში ჯერ კიდევ 5–100 კმ-ის დაშორებით და 1,5–2 სთ-ით ადრე, ვიდრე საეჭვო

დრუბლები დასაცავ ტერიტორიას მიაღწევს, ხდება წინასწარ შერჩეული რეაგენტის გაფრქვევა (დათესვა). დრუბლებში არსებული ტენი კონდენსირდება რეაგენტის ნაწილაკებზე, რის შედეგადაც წარმოქმნილი კონდენსატის წვეთები იძენს კრიტიკულ მასას, რაც იწვევს მათ ჩამოვარდნას და დრუბლების დაცვას ტენისაგან.

ეს მეთოდი წარმატებით იქნა გამოყენებული მშრალი ამინდის შესანარჩუნებლად მოსკოვში 1995 წელს, როცა მეორე მსოფლიო ომში გამარჯვების 50 წლის იუბილის აღსანიშნავი საზეიმო ცერემონიალი ტარდებოდა. ამ ღონისძიების წარმატების ჩატარების შემდეგ ზემოხსენებული მეთოდი უკვე საქმაოდ ფართოდ დაინერგა როგორც რუსეთში, ისე სხვა ქვეყნებშიც. მაგალითად, ავსტრალიაში აღნიშნულ მეთოდს იყენებენ როგორც სელოვნური წვიმების მოსაყვანად, ისე დრუბლების წინასწარი დაცვის მიზნით. მეთოდი წარმატებით იქნა ასევე გამოყენებული ჩინეთში პიმალაის მყინვარების დნობისა და განლევის საწინააღმდეგო ღონისძიებების ეგიდით. მოყავთ ხელოვნური თოვლიც [3].

რეაგენტების დრუბლებში გაბნევა, ანუ დათესვა ხდება დრუბლების ზემოთ მოძრავი თვითმფრინავებიდან გაფრქვევით, რაც შედარებით ჰიტია. გარდა ამისა, მიწისზედა სასროლი ქვემეხებითაც არის შესაძლებელი სხვადასხვა საკონდენსაციო რეაგენტის გაფრქვევა, ანუ დრუბლებში დათესვა.

საყურადღებოა, რომ ამჟამად მსოფლიოს 40 ქვეყანაში მუშავდება 150 სხვადასხვა დასახელების პროექტი, რომელთა მიზანია ამინდის სასურველი მიმართულებით ცვლილება. სულ უფრო იზრდება ამინდზე ზემოქმედების მეცნიერულად დამუშავებული მეთოდების რაოდენობა და სტირდება ამინდის სასურველი ცვლილების მოხდენის ფაქტები.

ცნობილია, თუ რა დამანგრეველ ზემოქმედებას ახდენს ფლორიდის შტატის (აშშ) სანაპირო ზოლში წარმოქმნილი ქარიშხლები და ტორნადოები, რომელთა მიზეზით მილიონით დოლარის ზარალი ფიქსირდება ხოლმე. მათი ზემოქმედების პროგნოზირება ძალიან რთულია. ასეთი ქარიშხლები წარმოიქმნება აგრძელებულ თერმოდინამიკური მდგომარეობის, ადგილის რელიეფის, ზღვიდან და სხვა წყალსაცავებიდან აორთქლებული ტენის რაოდენობისა და სხვა მახასიათებლების გარკვეული თანაფარდობით ჩამოყალიბების პირობებში. ამჟამად უკვე დამუშავებულია მთლიანად ავტომატიზებული სისტემა, რომელიც აღმოაჩენს ქარიშხლას, შეაფასებს მის სიმძლავრეს და გააუვნებელყოფს ქარიშხლის მასაზრდოებელ დრუბლებს მათში სპეციალური რეაგენტების შეყვანით, რომელიც ხორციელდება სპეციალური რაკეტული დანადგარების გამოყენებით.

აქვე უნდა აღინიშნოს ისიც, რომ ფლორიდის დამანგრეველი ქარიშხლების წინასწარი პროგნოზირების საკითხებში დიდი წვლილი აქვს შეტანილი ქართველ მეცნიერს, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის პროფესორს ი. შეერილაძეს, რომლის მიერ დამუშავებულ იქნა ქარიშხლების წარმოქმნის ადგილების, სიმძლავრისა და მიმართულების წინასწარი პროგნოზირების ახალი თეორიული მოდელი, რომლის მიხედვით ჩატარებული გაანგარიშებების შედეგები უმრავლეს შემთხვევაში ემთხვევა უკვე მომხდარი ქარიშხლების რეალურ შედეგებს [4].

## დასკვნა

ზემოაღნიშნულიდან გამომდინარე, შეიძლება ითქვას, რომ მსგავს სიტუაციაში შავი ზღვის საკურორტო ზონაშიც შეიძლება განხორციელდეს ამინდზე მსგავსი ზემოქმედება, თუმცა ასე უცბად ეს ამოცანა ვერ გადაწყდება. ამისათვის აუცილებელია ქვეყნის ხელმძღვანელების მიერ გადაწყდება.

ნელობის ნება და გარკვეული თანხების გამოყოფა. პირველ რიგში საჭიროა სამუშაო ჯგუფის შექმნა, რომლის შემადგენლობაშიც უნდა შევიდნენ მეტეოროლოგები, ბუნების დაცვის სპეციალისტები, ფიზიკოსები, ქიმიკოსები და ინჟინერები. უნდა შეირჩეს რომელიმე ქალაქი ან ტერიტორია და ზედმიწევნით იქნეს შესწავლილი იქ მიმდინარე ჩვეულებრივი ატმოსფერული მოვლენები, ნალექები, ქარის სიჩქარე და მიმართულება. რის შემდეგაც უნდა შეიქმნას შესაბამისი მონაცეთი ბაზა, რომელშიც შევა მეტეოროლოგიური სამსახურების მიერ დღემდე ჩატარებული გამოკვლევებისა და გაზომვების შედეგები. მონაცემთა სრულფასოვანი ბაზის შექმნის შემდეგ უნდა მოხდეს კონკრეტულ უბანზე განვითარებული ამინდის ფორმირების მთელი პროცესის აღწერა. კერძოდ, რა სიჩქარით, რა მანძილიდან და რა დროში მოიყარა დრუბელმა თავი კონკრეტულ ადგილას, რა დროს დაიწყო და რამდენი ხნის განმავლობაში გაგრძელდა ნალექის გამოყოფა, როგორი იყო ქარის სიჩქარე და მიმართულება, ნალექის რაოდენობა და ა. შ.

ამგვარი ინფორმაციული ბაზის საშუალებით შესაძლებელი იქნება მოცემულ ადგილზე წარმოქმნილი ატმოსფერული მოვლენების ხასიათის დადგენა სიმძლავრის, წელიწადის დროისა და სხვა ნიშნების მიხედვით. ასეთი ბაზების სიმრავლე ხელს შეუწყობს მოსალოდნელი მოვლენების ზუსტ პროგნოზირებას.

სწორედ მას შემდეგ, რაც მოხერხდება მოსალოდნელი ატმოსფერული მოვლენების ზუსტი პროგნოზირება, შეიძლება იმაზე ფიქრი, თუ რა მეთოდები და საშუალებები უნდა იქნეს გამოყენებული არასასურველი მოვლენების თავიდან ასაცილებლად და ჩვენთვის ხელსაყრელი ცვლილებების განსახორციელებლად.

ჩვენი დრმა რწმენით წარმოდგენილი წინადადების რეალურად განხორციელების შემთხვევაში მკვეთრად შემცირდება არასასურველი ატმოსფერული მოვლენებით გამოწვეული ზარალი და მნიშვნელოვნად გაიზრდება ტურისტული ნაკადების რაოდენობა, რაც, რა თქმა უნდა, დადებითად იმოქმედებს მთლიანად ქვეყნის ეკონომიკურ მდგომარეობაზე.

## ლიტერატურა – REFERENCES

1. Управление погодой - Телеканал «Наука» <https://naukatv.ru> › articles
2. <http://www.rian.ru/spravka/20070831/75908399.html>
3. <https://ria.ru/20091106/192214962.html>
4. [https://www.researchgate.net/profile/Irakli-Shekrladze/publication/286540006\\_Preventing\\_severe\\_convective\\_storm\\_Anticipatory\\_restratification\\_of\\_lower\\_atmosphere/links/5a8459b4aca272c99ac35ce7/Preventing-severe-convective-storm-Anticipatory-restratification-of-lower-atmosphere.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Irakli-Shekrladze/publication/286540006_Preventing_severe_convective_storm_Anticipatory_restratification_of_lower_atmosphere/links/5a8459b4aca272c99ac35ce7/Preventing-severe-convective-storm-Anticipatory-restratification-of-lower-atmosphere.pdf)

## ATMOSPHERIC PHENOMENONS

### **ON THE POSSIBILITY OF IMPLEMENTING THE DESIRED IMPACT ON THE WEATHER IN CERTAIN AREAS OF THE BLACK SEA RESORT AREA**

**E. Machavariani, M. Jikhvadze , N. Ksovreli, D. Gorgadze, S. Shavdatuashvili**

(Georgian Technical University)

**Resume.** The history of the process of artificial human impact on the weather and a review of the current situation in this area are convincing evidence that in the modern world, methods of artificial impact on atmospheric phenomena are increasingly being developed, and some of them are already successfully used by various countries of the world.

It has been suggested that it is quite possible to avoid rain at a pre-selected time in any selected city or in a special place in the Black Sea resort area, which in some cases will significantly reduce the damage caused, and in general will contribute to the growth of tourist flows.

**Keywords:** cloud; reagent; weather impact.

**ვანაღიუმ(V)-ის კომპლექსურმოქმნის შესრაცლა  
ბის-(2,3,4-ტრიქიდოროქსიზენილაზო)განხილითან მესამე  
კომპლექსის თანაობისას**

ცისმარი ფანჩეიძე-წიგნაძე, მაია ცინცაძე, ნინო იმნაძე, ფამილ ჩირაგოვი,  
ვლადიმერ მარდანოვი

(საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, ბაქოს სახელმწიფო უნივერსიტეტი)

**რეზიუმე:** ბოლო ათი წლის განმავლობაში მრავალი სამეცნიერო ნაშრომი მიეძღვნა სხვადასხვა სახის (ორგანული-ლიგანდი) კომპლექსებით განადიუმ(V)-ის ფოტომეტრული განსაზღვრის მეთოდის აღწერას.

ვანადიუმ(V)-ის ფოტომეტრული განსაზღვრისათვის ყველაზე ფართოდ გამოიყენება აზონაერთები როგორც ბინარული, ისე სხვადასხვალიგანდიანი კომპლექსნაერთის სახით. წარმოდგენილ ნაშრომში განსილულია ვანადიუმ(V)-ის კომპლექსწარმოქმნა R-თან მესამე კომპლენტის – ფენონტროლინის (ფენ), ბათოფენონტროლინის (ბფენ) და α,α' -დიპირიდილის (α,α'-დიპ) თანაობისას.

დადგენილია ბინარული და შერეულლიგანდიანი კომპლექსების ფორმირება, ასევე მათი ბერის კანონზე დაქვემდებარება. გამოთვლილია მოლური შთანთქმის კოეფიციენტები გაჯერების მრუდიდან. შემუშავებული მეთოდიკა წარმატებით იქნა გამოყენებული მდინარეების წყლებში ვანადიუმ(V)-ის რაოდენობის დასადგენად.

**საქვანძო სიტყვები:** α,α'-დიპირიდილი; ბათოფენონტროლინი; ვანადიუმ(V); კომპლექსწარმოქმნა; პიროგალოლი; შერეულლიგანდიანი კომპლექსი.

## შესავალი

ცნობილია, რომ ვანადიუმ(V)-ის ნაერთები გამოიყენება მრეწველობის სხვადასხვა დარგში; კერძოდ, მეტალურგიაში ფოლადისა და სხვა შენადნობებისათვის გარკვეული თვისებების მისანიჭებლად, ასევე კატალიზატორის სახით კატალიზურ რეაქციებში, ნახევარგამტარულ და საღებავი ლაქების მრეწველობაში. ვანადიუმის ოქსიდები მონაწილეობს როგორც ინჰიბიტორები ბიოლოგიურ სისტემებში, ფერმენტებისა და ამინების სინთეზში, შაქრის ნორმის რეგულირებაში, მაგრამ მაღალი კონცენტრაციების შემთხვევაში იგი ტოქსიკურად და გენოტოქსიკურად მოქმედებს ცოცხალ ორგანიზმებზე. ამ თვალსაზრისით, მსგავს მიმდინარეობის განსაზღვრის უნიკალური მეთოდების შემუშავება ანალიტიკოსების ერთეული მთავარი ამოცანაა. უახლესი ლიტერატურის მონაცემების შესწავლამ ცხადყო, რომ ვანადიუმ(V)-ის დასადგენად კველაზე ხშირად გამოიყენება რეაგენტები – პოლიფენოლები, აზონაერთები, პიდროქსმინის მჟავა და მისი წარმოებულები, საღებავები, დიატიპირილ-მეთანი და მისი პომოლოგები [1-16].

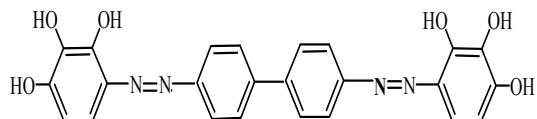
გამოკვლევებმა ცხადყო, რომ აღნიშნული რეაგენტების უმეტესობა არ იძლევა სათანადო შედეგებს მაღალი ანალიტიკური პარამეტრებით. ამიტომ, გადაწყდა, ვანადიუმ(V)-ის ფოტომეტრული განსაზღვრისათვის, რაც მეტად აქტუალური ამოცანაა როგორც თეორიული, ასევე პრაქტიკული თვალსაზრისით, პიროგალოლზე დაფუძნებული ახალი და კარგად ცნობილი აზონაერთების სინთეზი და მათი გამოყენება.

წინამდებარე ნაშრომში წარმოდგენილია ფოტომეტრული მეთოდით გამოკვლეული ვანადიუმ(V)-ის ბის-(2,3,4-ტრიაზილროქსიფენილაზო)ბენზიდინთან (R) კომპლექსწარმოქმნის შედეგები: ამასთან, შესწავლილია ვანადიუმის კომპლექსწარმოქმნა R-თან ფენანტროლინის (ფენ), ბათოფენანტროლინის (ბფენ) და  $\alpha,\alpha'$ -დიპირიდილის ( $\alpha,\alpha'$ -დიპ) თანაობისას.

## ძირითადი ნაწილი

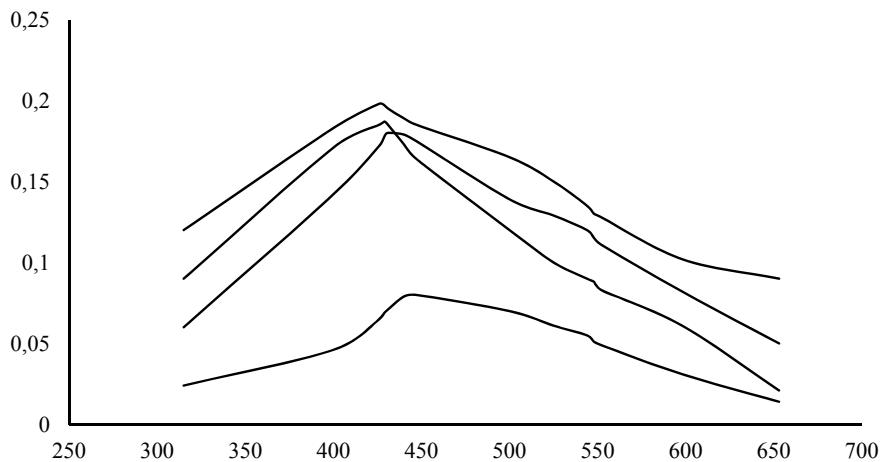
გამოსავალი ნივთიერებები და პარამეტრების მეთოდები. კვლევისას გამოყენებულ იქნა სხვადასხვა აპარატურა: ხსნარების ოპტიკური სიმკვრივე იზომეტორი Lamda 40 სპექტროფოტომეტრით (PerkinElmer) და KFK-2 ფოტოკოლორიმეტრით (კიუვეტა PHS-25 იონომეტრით (პარალელურად ხდებოდა სათანადო სტანდარტული ბუფერული ხსნარების შერჩევა).

რეაგენტი სინთეზირებულ იქნა ცნობილი მეთოდიკის მიხედვით [17]. მისი შედგენილობა და სტრუქტურა განისაზღვრა ელემენტური ანალიზით და იწ-სპექტროსკოპით.



გამოყენებულ იქნა რეაგენტის  $1 \cdot 10^{-3}$  M ეთანოლის ხსნარი და მესამე კომპონენტების წყალ-ეთანოლის (3:7 შეფარდებით) ხსნარები, რომლებიც მომზადდა ზუსტი წონაკის გახსნით [18]. საჭირო კონცენტრაციის ვანადიუმ(V)-ის ხსნარი მიღებულ იქნა  $\text{NH}_4\text{VO}_3$  მარილის  $\text{H}_2\text{SO}_4$ -ში (1:1 თანაფარდობით) გახსნით, გათბობით და შემდგომ გამოხდილი წყლით განზევით. საჭირო მჟავიანობის შესაქმნელად გამოყენებულ იქნა აცეტატამიაკის ბუფერული ხსნარი. ყველა გამოყენებულ რეაგენტს აქვს მინიმუმ ანალიტიკური ხარისხის კვალიფიკაცია.

შედეგები და მათი განსჯა. დადგენილია, რომ R-ს (ეთილის სპირტი) pH 5-ზე აქვს მაქსიმუმ  $\lambda=411$  ნმ შთანთქმის ზოლი. ამ პირობებში ის ქმნის კომპლექსს ვანადიუმ(V)-თან (შთანთქმის მაქსიმუმია 447 ნმ). მიღებული კომპლექსის შესწავლამ ფენანტროლინის, ბათოფენანტროლინის და  $\alpha,\alpha'$ -დიპირიდილის თანაობისას ცხადყო, რომ pH-ის ფართო ინტერვალში წარმოიქმნება სხვადასხვალიგანზე კომპლექსი (კერძო, VR-ფენ  $\lambda=426$  ნმ, VR-ბფენ  $\lambda=429$  ნმ და VR- $\alpha,\alpha'$ -დიპ  $\lambda=431$  ნმ) შესაბამისი სინათლის მაქსიმალური შთანთქმით. რეაგენტისა და კომპლექსების ფერი დამოკიდებულია გარემოს pH-ზე, ამიტომ კომპლექსების წარმოქმნის შთანთქმის სპექტრები შესწავლილ იქნა საკონტროლო ექსპერიმენტის R-ფენ-ის, R- $\alpha,\alpha'$ -დიპ-ისა და R-ბფენ-ის ფონზე. მესამე კომპონენტის გავლენით, ყველა წარმოქმნილ შერეულ-ლიგანდიან კომპლექსში შეინიშნება ჰიფხორმეტრული ეფექტი (ნახ. 1).

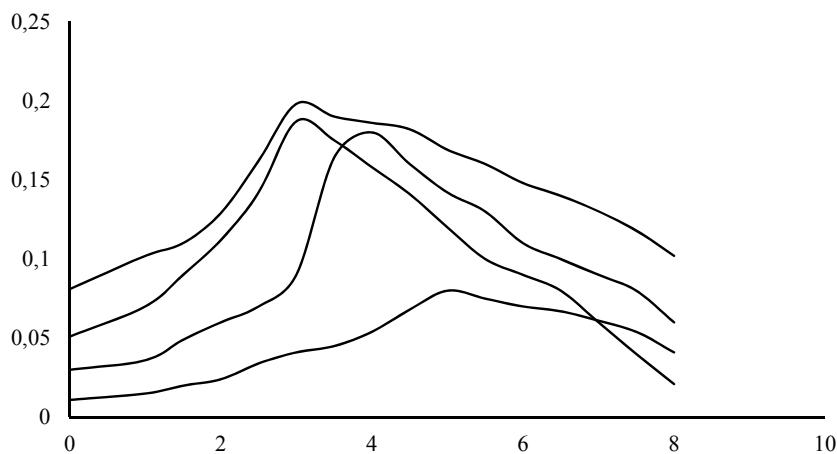


ნახ. 1. ვანადიუმ(V)-ის შთანთქმის სპექტრი: 1 –VR; 2 –VR-ფენ. 3 –VR-ბფენ,  
4 – VR- $\alpha, \alpha'$ -დიპ;  $C_V = 4 \cdot 10^{-6} M$ ;  $C_R = 1 \cdot 10^{-4} M$

სსნარის pH-ზე ოპტიკური სიმკვრივის დამოკიდებულების შესწავლით ცხადი გახდა, რომ ფენანტროლინთან, ბათოფენანტროლინთან და  $\alpha, \alpha'$ -დიპირიდილთან ურთიერთქმედებისას კომპლექსის წარმოქმნის ოპტიმალური პირობები გადაინაცვლებს მუვე გარემოში pH 3,3-იასა და pH 4-ის შესაბამისად (ნახ. 2).

ოპტიმალური პირობების შესარჩევად შესწავლით იქნა რეაგენტების კონცენტრაციის, ტემპერატურისა და დროის გავლენა ბინარული და შერეულლიგანდიანი კომპლექსების წარმოქმნაზე.

VR კომპლექსის გამოსავლიანობა მაქსიმალურია  $8 \cdot 10^{-5} M R$  კონცენტრაციით, VR-ფენ  $8 \cdot 10^{-5} M R$  და  $8 \cdot 10^{-4} M$  ფენ, VR-ბფენ  $8 \cdot 10^{-5} M M R$  და  $8 \cdot 10^{-4} M$  ბფენ, VR- $\alpha, \alpha'$ -დიპ  $8 \cdot 10^{-5} M R$  და  $8 \cdot 10^{-4} M \alpha, \alpha'$ -დიპ, შესაბამისად. ყველა კომპლექსი წარმოიქმნება კომპონენტების სსნარების შერევისთანავე და ერთმანეთისაგან განსხვავდება მდგრადობით.



ნახ. 2. ვანადიუმ(V)-ის კომპლექსის სსნარის ოპტიკური სიმკვრივის pH-ზე დამოკიდებულება მუსამე კომპონენტების არსებობისას და არარსებობისას λოატ. საკონტროლო ექსპერიმენტის ფონზე. 1 –VR;  
2 –VR-ფენ; 3 –VR-ბფენ; 4 – VR- $\alpha, \alpha'$ -დიპ

მიღებულ კომპლექსებში კომპონენტების მდგრადობის მუდმივები და თანაფარდობები დადგინდა იზომოლარეული სერიის მეთოდებით, სტარიკ-ბარბანელის ფარდობითი გამოსაგლისა და წონასწორობის ძერით [19].

სტარიკ-ბარბანელის მეთოდი სტექიომეტრიული კოეფიციენტების ზუსტად შეფასების საშუალებას იძლევა და, მიუხედავად მორეაგირე ნივთიერებების კონცენტრაციის სტაბილურობისა, მათი გამოყენება შეიძლება ნებისმიერი სტექიომეტრიული რეაქციების დროს.

კომპონენტების თანაფარდობა VR კომპლექსებში არის 1:1, ხოლო კვლევის შედეგების მიხედვით შერეულლიგანდიან კომპლექსებში კომპონენტების თანაფარდობაა 1:1:1.

სინათლის შთანთქმის მოლური კოეფიციენტები, გრადუირებული გრაფიკის წრფივი ინტერვალი ვანადიუმ(V)-ის დასადგუნად და რეაგენტების სხვა ანალიტიკური მახასიათებლები მოცემულია 1-ლ ცხრილში.

### ცხრილი 1

#### ვანადიუმ(V)-ის კომპლექსების სპექტროფოტომეტრული მახასიათებლები

pH <sub>ოპტ.</sub>	λ <sub>მაქ.</sub> , ნმ	Δλ	კომპონენტის თანაფარდობა	ε	ბერის კანონზე დაქვემდებარება, მგ/მლ	lgβ	pH <sub>ოპტ.</sub>
VR	5,0	447	72	1:1	20000	0,204-1,22	4,80±0,03
VR-ფენ	3,0	426	51	1:1:1	48600	0,02-0,57	10,12±0,06
VR-ბფენ	3,0	429	54	1:1:1	46800	0,02-0,384	9,72±0,04
VR-α,α'-დიօპ	4,0	431	56	1:1:1	45000	0,04-0,57	9,42±0,06

შესწავლილ იქნა უცხო იონების გავლენა ვანადიუმ(V)-ის კომპლექსწარმოქმნაზე R-თან მესამე კომპონენტების როგორც არარსებობის, ისე არსებობის შემთხვევაში. დაღენილია, რომ მესამე კომპონენტის თანაობისას მნიშვნელოვნად იზრდება კომპლექსწარმოქმნის რეაქციების სელექციურობა (ცხრილი 2). მოცემული რეაგენტები უფრო შერჩევითია ვანადიუმ(V)-ის სპექტროფოტომეტრული განსაზღვრისათვის, ვიდრე ლიტერატურაში ცნობილი რეაგენტები.

### ცხრილი 2

#### უცხო იონების დასაშვები თანაფარდობები ვანადიუმ(V)-თან, როდესაც იგი განისაზღვრება მონო- და შერეულლიგანდიანი კომპლექსების სახით (ცდომილება 5 %)

ხელშემდებლი იონები და შემნიღბავი ნივთიერებები	VR	VR-ფენ	VR- ბფენ	VR-α,α'-დიօპ	V-[4]
Na(I)	6000	6000	6000	6000	
K(I)	10000	10000	10000	10000	
Cu(I)	*	15	15	15	
Mg(II)	600	600	600	6250	
Ca(II)	600	600	600	1000	
Ba(II)	2020	2020	2020	2140	0,047
Sr(II)	350	350	350	3250	
Zn(II)	2130	2130	2130	1354	0,005
Cd(II)	4000	4000	4000	1200	
Mn(II)	1800	2650	2650	1432	0,073

Ni(II)	201	420	420	1550	0,0033
Co(II)	2050	2100	2100	950	0,0014
Pb(II)	4058	2000	2000	175	0,009
Al(III)	200	250	250	270	203
Fe(III)	10	50	50	50	
Bi(III)	10	20	20	23	
Cr(III)	1810	3600	3600	1560	0,0066
Zr(IV)	*	*	*	10	0,005
V(V)	*	48	48	40	0,009
Mo(VI)	*	20	20	10	
W(VI)	15	15	15	20	
ტრილონ B	*	10	10	40	
შარდოვანა	2500	3060	3060	62	
თიო-შარდოვანა	570	1055	1055	1600	
ლიმონ მჟავა	20	20	20	60	
ლიმონის მჟავა	104	210	210	30	

\*სელ შემშლელი იონები

შემუშავებული მეთოდიკა შეიძლება გამოყენებულ იქნეს განადიუმ(V)-ის დასადგენად მდინარის წყლებში. განსაზღვრულ იქნა განადიუმ(V)-ის შემცველობა აზერბაიჯანის რესპუბლიკის მდინარეებში – აქსტაფასა და ჯოგაზში.

ანალიზისათვის მდინარის ნაპირიდან აღებული 1 ლ წყალი აორთქლებულ იქნა ადუდების გარეშე. წარმოქმნილი ნალექი გაიხსნა 5 მლ  $\text{HNO}_3$ -ში, მოთავსდა 50 მლ-იან კოლბაში და შემდეგ შეივსო ნიშნულამდე გამოხდილი წყლით. ფოტომეტრული მეთოდით ვანადიუმ(V)-ის განსაზღვრისათვის მიღებული ხსნარის (ალიქარის) ნაწილი მოთავსდა 25 მლ-იან კოლბაში, სადაც დაემატა 2 მლ  $1 \times 10^{-3}$  და 2 მლ  $1 \times 10^{-2}$  ფენი და განზავდა ნიშნულამდე pH 3-ით. ხსნარის ოპტიკური სიმკვრივე იზომებოდა  $\lambda = 490$  ნმ-ზე, კიუვებში  $l=1$  სმ KFK-2-ზე ტესტის ხსნარის ფონზე. პროცედურის სისწორე მოწმდებოდა „ICP-OES thermo ICAP 7400 Duo“ ხელსაწყოს გამოყენებით. შედეგები წარმოდგენილია მე-3 ცხრილიში.

### ცხრილი 3 განადიუმ(V)-ის განსაზღვრის შედეგები მდინარის წყლებში ( $n=5$ , $P=0,95$ )

წყლის ნიმუში	ნაპოვნია ფოტომეტრული მეთოდით, V, მგ/ლ	ნაპოვნია V, მგ/ლ (ICP-OES თერმო ICAP 7400 Duo)
I წყლის ნიმუში	$2,778 \pm 0,004$	$2,789 \pm 0,004$
II წყლის ნიმუში	$1,801 \pm 0,004$	$1,829 \pm 0,003$

აღნიშნული მეთოდიკა შეიძლება გამოყენებულ იქნეს ვანადიუმ(V)-ის განსაზღვრავად სხვადასხვა ბუნებრივ და სელოვნურ ობიექტებში.

## დასკვნა

ამრიგად, ჩვენ მიერ შესწავლითია ვანადიუმ(V)-ის კომპლექსების რ-თან ფენანტროლინის (ფენ), ბათოფენანტროლინისა (ბფენ),  $\alpha,\alpha'$ -დიპირიდილის ( $\alpha,\alpha'$ -დიპ) თანაობისას. კომპლექსების pH-ზე დამოკიდებულებამ აჩვენა, რომ VR კომპლექსის გამოსავლიანობა შეინიშნება pH=5,  $\lambda_{\text{აქ}}=447$  ნმ-ზე. რეაგენტს აქვს მაქსიმალური შექმთანობები 375 ნმ-ზე. მესამე კომპონენტის თანაობისას წარმოიქმნება სამკომპონენტიანი ნაერთები: VR-ფენ, VR-ბფენ და VR- $\alpha,\alpha'$ -დიპ. შერეულლიგანდიანი კომპლექსების სინათლის შთანთქმის მაქსიმუმი V(V) შერეული ჰიფსოქრომულად ბინალური კომპლექსის შთანთქმის მაქსიმუმთან მიმართებაში შესაბამისად არის  $\lambda_{\text{აქ}}=426$  ნმ, 429 ნმ და 431 ნმ. წარმოქმნის ოპტიმალური pH გადანაცვლებულია მუვე გარემოში და, შესაბამისად, pH=3.0, pH=3.0 და pH=4.0-ის ტოლია. შესწავლითია აგრეთვე მესამე კომპონენტის და რეაგენტის კონცენტრაციის გავლენა კომპლექსების რ-თან ფენ, VR-ბფენ 4•10<sup>-5</sup> M და 3,2•10<sup>-5</sup> M-ის, VR-დიპ 4•10<sup>-5</sup> M და 3,2•10<sup>-5</sup> M-ის, VR- $\alpha,\alpha'$ -დიპ 4•10<sup>-5</sup> M და 4•10<sup>-5</sup> M-ის.

ზემოაღნიშნულიდან გამომდინარე, დადგენილია მორეაგირე კომპონენტების თანაფარდობა (1:1 და 1:1:1), ასევე ბერის კანონის დაქვემდებარება. გაჯერების მრუდების მიხედვით გამოთვლითია მოლური შთანთქმის კოეფიციენტები.

## ლიტერატურა – REFERENCES

1. Алиева Р. А., Назарова Р. З., Чырагов Ф. М. Фотометрическое определения ванадия(V) с 2,3,4-тригидрокси-4-фторбензолом в присутствии и в отсутствие Тритона X-114/Всерос. Международный форум "Аналитика и орнаментики" Воронеж, 22–26 сентября, т. 2, 2008. - 382 с.
2. Алиева Р. А., Назарова Р. З., Чырагов Ф. М. Фотометрическое определения ванадия(V) в нефтяных шламах//Азербайджанский химический журнал, №1, 2009, с.134-137.
3. Алиева Р. А., Назарова Р. З., Чырагов Ф. М. Спектрофотометрическое изучение влияние к ПАВ на комплексообразования ванадия(V) с бис-(2,3,4-тригидроксифенилазо)бензидином//Вестник Московского государственного университета. Серия «Естественные науки», № 4, 2009, с.18-22.
4. Г. Н. Керимов, Т. И. Алиева, Х. Ф. Хаджиева, Ф. М. Агаев. Взаимодействие ванадия (V) с 2,3,4-триокси-4-сульфоазобензолом в присутствии гидрофобных аминов//Молодой ученый, № 6, 2018, с. 11-15.
5. Zainab H. Khudhair. Spectrophotometric determination of vanadium(V) using an organic reagent// Mesopotamia Environmental Journal, № 1, vol.4, 2017, pp. 42-51.
6. T. N. Kiran Kumar, H. D. Revanasiddappa. Spectrophotometric determination of vanadium using variamine blue and its application to synthetic, environmental and biological samples//Journal of the Iranian Chemical Society, vol. 2, 2005, pp. 161-167.
7. MB Melwanki, J. Seetharamappa, SP Masti. Spectrophotometric determination of vanadium(V) in minerals, steels, soil and biological samples using phenothiazine derivatives//Anal Sci. doi: № 8, vol.17, 2001, pp. 979-982.
8. A. Varghese, L. George. Simultaneous first order derivative spectrophotometric determination of vanadium and zirconium in alloy steels and minerals//Spectrochim Acta A Mol Biomol Spectrosc. Sep; 95. 2012, pp. 46-52.
9. K. Suresh Kumar. S. H. Kang, K. Suvardhan. K.Kiran Facile and sensitive spectrophotometric determination of vanadium in various samples//Environmental Toxicology and Pharmacology, vol. 24, № 1, 2007, pp. 37-44.

10. Tom Cherian and B. Narayana. A simple spectrophotometric determination of trace amounts of vanadium using thionin//Bull. Chem. Soc. Ethiop., vol.19. №. 2, 2005, pp. 155-161.
11. Chatterjee Sukumar, Pillai Ajai K., gupta V.K., A simple and sensitive spectrophotometric determination of vanadium(V) in various environmental samples//Indian Chem. Soc., vol. 78, №. 9, 2001, pp. 479-481.
12. Feng De-Yun. Wen Catalytic spectrophotometric determination of vanadium and its application to some natural and agricultural products//Anal chem., vol.51, №. 2, 2006, pp. 400–402.
13. A Sao, A. Pillai, V.K. Gupta. Spectrophotometric determination of vanadiumusing rhodamine-B// Indian Chem. Soc. vol. 83, №. 4, 2006, pp. 319-325.
14. Feng Qi-Li, Wen D-Y. Catalytic spectrophotometric determination of vanadium and its application to same natural and agricultural products//Chemia Analityczna, vol. 51, №. 2, 2006, pp. 319-325.
15. Li Ming, Ai Hua-Lin, Li Hai-Tao, Hu Qiu-Fen. Спектрофотометрическое определение ванадия в сплавах с 2-(2-хинолиниазо)-4-метил-1,3-дигидроксидебензолом//Guangpu shiyanshi, vol. 22, №. 1, 2005, pp. 145-147.
16. A. P. Kumar, P.R. Reddy, V.K. Reddy. 2-hydroxy-3-methoxybenzaldehydethiosemicarbazone (HMBATSC) as a spectrophotometric reagent for simultaneous second order derivative determination of nickel(II) and vanadium(V)// Indian Chem. Soc., vol. 84, №. 3, 2007, pp. 307-309.
17. Бородкин В.Ф. Химия красителей. М.: Химия, 1981. - 248 с.
18. Коростелев П.П. Приготовление растворов для химико-аналитических работ. М.: Наука, 1964. - 261 с.
19. Булатов М.И., Каликин И.П. Практикум по фотометрическим и спектрофотометрическим методам анализа. Л: Химия, 1972. - 407 с.

## CHEMISTRY

### **STUDY OF VANADIUM(V) COMPLEX FORMATION WITH BIS-(2,3,4-TRIHYDROXYPHENYLAZO)BENZIDINE IN THE PRESENCE OF THE THIRD COMPONENT**

**Ts. Panchvidze-Tsignadze, M. Tsintsadze, N. Imnadze, F. Chiragov, V. Mardanov**

(Georgian Technical University, Baku State University)

**Resume.** Scientific papers published in the last ten years describe a method for the photometric determination of vanadium(V) with different types of (organic-ligand) complexes. The most widely used and promising class for the photometric determination of vanadium(V) turned out to be azo compounds using both binary and varous ligand complex compounds. In the present work, we studied the complex formation of vanadium with R in the presence of phenontrolin (phen), bathofenontroline (bphen),  $\alpha,\alpha'$ -dipyridyl ( $\alpha,\alpha'$ -dip).

The formation of binary and mixed-ligand complexes was established. Subordination to Beer's law was also established. The molar absorptition coefficients were calculated from the saturation curves. The developed methodology was used to detect vanadium (V) in river waters.

**Keywords:**  $\alpha,\alpha'$ -dipyridyl; bathofenontroline; mixed-ligand complex; phenonthroline; pyrogallol; vanadium (V).

## ტუტემიზათა ლითონების ჰიდროაცეპატების შანბბაზიანი კოლიედრების შესწავლა

ნაირა ქნდელაძე, მანუჩარ ჩიქოვანი, ნინო კახიძე, ლაშა ხვიჩია  
(აკ. წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი)

**რეზიუმე:** შესწავლითა ტუტემიზათა ლითონების სტრუქტურებში კოორდინაციული პოლიედრები. ჰიდროაცეპატების შესაბამისი ნაერთების კრისტალური ფორმულებია: კალციუმი;  $\text{CaH}(\text{CH}_3\text{COO})_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ , სტრონციუმი(2);  $\text{SrH}(\text{CH}_3\text{COO})_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{SrH}_2(\text{CH}_3\text{COO})_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , ბარიუმი(3);  $\text{BaH}_2(\text{CH}_3\text{COO})_4$ ,  $\text{BaH}(\text{CH}_3\text{COO})_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{BaH}(\text{CH}_3\text{COO})_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ .

ლითონის ატომების კოორდინაციული რიცხვი პოლიედრებში 7–10-ის საზღვრებშია და კონკრეტულად რეალიზებულია გადაგვარებული მრავალწახნაგებით.

$\text{CaH}(\text{CH}_3\text{COO})_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$  და  $\text{BaH}_2(\text{CH}_3\text{COO})_4$  სტრუქტურებში ლითონის ატომის უანგბადიანი პოლიედრები ერთმანეთს უკავშირდება ამა თუ იმ ხერხით (უმთავრესად წიბოებითა და წახნაგებით), წარმოქმნის უსასრულო ერთგანზომილებიან მოცულობით სვეტებს.

$\text{Sr}(\text{H}_2\text{O})_2(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot [\text{H}_2(\text{CH}_3\text{COO})_2]$  და  $\text{Sr}(\text{H}_2\text{O})_2(\text{CH}_3\text{COO})[\text{H}(\text{CH}_3\text{COO})_2]$  სტრუქტურების შედარებით დასტურდება მათი აღნაგობის მსგავსება.

სტრუქტურის აღნაგობის საფუძველია სტრონციუმის ატომის პოლიედრების უსასრულო ზიგზაგისებრი ჯაჭვი. „მეავა“ აცეტატების ორივე წარმომადგენელი მიეკუთვნება ნაერთების ახალ ჰომოლოგიურ სერიას – ჰიდრატირებულ ჰიდროაცეპატებს. მათი საერთო ფორმულაა  $\text{Me}(\text{H}_2\text{O})_2(\text{CH}_3\text{COO}) \cdot \text{Hn}[(\text{CH}_3\text{COO})_n \cdot \text{CH}_3\text{COO}]$ .

**საკვანძო სიტყვები:** ბმა; კოორდინაცია; პოლიედრი; შრე; წახნაგი; წიბო; ჰიდროაცეტატი.

### შესავალი

ტუტე და ტუტემიზათა ლითონების სინთეზი და სამმაგი (წყალი-მჟავა-მარილი) ან ორმაგი უწყლო სისტემების კვლევა უკვე დიდი ხანია მიმდინარეობს.

სტრუქტურული გეგმით გამოკვლეულია მხოლოდ ის ნაერთები, რომლებიც პაერზე საკმაოდ მდგრადია. ჰიდროაცეპატების და (ჰიდროფორმიატების) უმრავლესობა წვეულებრივ პირობებში სწრაფად იშლება და შეუძლებელია მათი მონოკრისტალების შესწავლა წინასწარი ევაპუაციის გარეშე. ამ ნაერთების აღნაგობის შესწავლის აქტუალობა (თეორიული და პრაქტიკული თვალსაზრისით) განისაზღვრება მათში არა მარტო ძლიერი წყალბაზური ბმის არსებობით, არამედ უმნიშვნელოვანებით, რომლებიც დამახასიათებელია დაბალი კარბომჟავების მარილებისათვის.

ტუტე და ტუტემიზათა ელემენტების აცეტატებისა და ფორმიატების კრისტალები გამოიყენება მრავალი ნაერთის გასაწმენდად (მჟავების, გამხსნელების და სხვ.) მიკრომინარევებისაგან, ხოლო ჰიდრომარილის შედგენილობის ცოდნა აუცილებელია იმისათვის, რომ

განისაზღვროს მთელ რიგ მჟავებში რა ფორმით იმყოფება ლითონების მიკრომინარევები, რომლებიც გამოიყენება მიკროელექტრონიკაში.

## ძირითადი ნაწილი

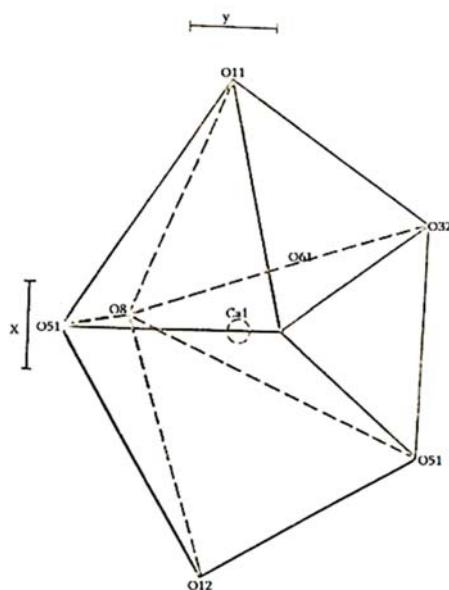
სინთეზირებული და გაზრდილია ტუტე და ტუტემიწათა ლითონების პიდროაცებატების მონოკრისტალები, კერძოდ:  $\text{CaH}(\text{CH}_3\text{COO})_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ;  $\text{SrH}_2(\text{CH}_3\text{COO})_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ;  $\text{SrH}(\text{CH}_3\text{COO})_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{BaH}_2(\text{CH}_3\text{COO})_4$ ;  $\text{BaH}(\text{CH}_3\text{COO})_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ;  $\text{BaH}(\text{CH}_3\text{COO})_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ .

დაზუსტებულია კრისტალთა ზრდის პირობები რენტგენოსტრუქტურული ანალიზისათვის. აღსანიშნავია, რომ პრაქტიკულად შეუძლებელია ყველა შემთხვევაში პიდროაცებატის მონოკრისტალის მიღება უწყლო (მეგა-მარილის) სისტემისაგან, რადგან კრისტალიზაციის პროცესში მყარდება სარეაქციო მასა და შეუძლებელია კრისტალების ერთმანეთოსაგან დაცილება. ამიტომ საჭირო გახდა წყალნაერთობთან მუშაობა. კრისტალთა გადაღება ჩატარდა ევაკუირებულ პირექსის კაპილარში დედა სხნარის შრის ქვეშ CAD-4-SDP მონოკრისტალურ ავტომატურ დიფრაქტომეტრზე. ყველა გამოთვლა ტარდებოდა მინი ეგზ PDP 11/55 t-ზე ENX SDP კომპლექსური პროგრამით [1].

შედეგები და მათი განსჯა. კალციუმის დიპიდრატის პიდროაცებატის შესწავლის საცუმებულზე დადგენილ იქნა, რომ სტრუქტურაში არსებობს კალციუმის ორი სახის კათიონები ჟანგბადის ატომებთან სხვადასხვა კოორდინაციით.

კოორდინაციული პოლიედრები  $\text{Ca1}$  და  $\text{Ca2}$  საკმაოდ რთულია და განსხვავებული ამ ატომების მაკრორდინირებული კარბოქსილის ჯგუფის ფუნქციონალური როლით.

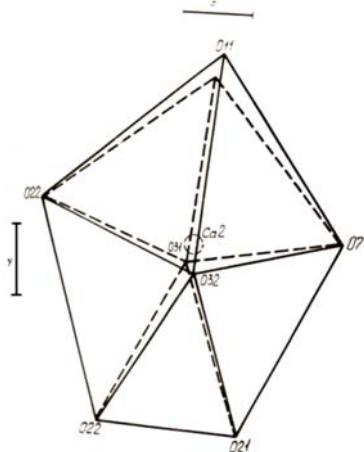
$\text{Ca1}$  ატომის პოლიედრი წარმოქმნილია კარბოქსილის ჯგუფის ექვსი ჟანგბადის ატომითა და წყლის მოლეკულით. პოლიედრის ფორმა ძნელი დასახასიათებელია, რადგან იგი წააგავს გადაგვარებულ პენტანგონურ ბიპირამიდას ან ერთქუდიან ოქტაედრს. გადაგვარების შესახებ მიუთითებს, მაგალითად, კუთხე  $O(61)\text{-Ca}(1)\text{-O}(8)\text{W}$  ტოლია 1560-ის (ნახ. 1).  $\text{Ca2}$  ატომის პოლიედრი წარმოქმნილია ჟანგბადის რვა ატომისაგან (ერთი მათგანი წყლის მოლეკულისაა). ყველაზე უფრო პოლიედრი აპროქსიმირდება გადაგვარებული დოდეკაედრის სახით.



ნახ. 1.  $\text{Ca}_1\text{O}_7$  კოორდინაციული პოლიედრის პროექცია სიძრტყეზე ( $xy0$ )

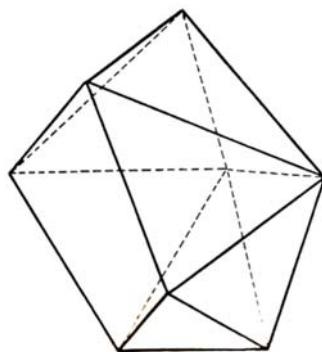
$\text{Ca}_2\text{O}_8$  პოლიედრები უკავშირდება  $\text{O}_{22}$ - $\text{O}'_{22}$  წიბოთი. თითოეულ მათგანს ზემოთ და ქვე- მოთ  $\text{O}_{32}$ - $\text{O}_{11}$  და  $\text{O}_{31}'$ - $\text{O}_{12}$  წიბოებზე მიერთებული აქვს  $\text{Ca}_{10}$  პოლიედრები და წარმოქმნის დამახასიათებელ სვეტებს. ეს სვეტები ჩამაგრებულია საერთო სტრუქტურაში აცეტატური ჯგუფის წყალბადური ბმებით და ორი მოლეკულა წყლით (ნახ. 2).

ადსანიშნავია, რომ  $\text{Ca}$ -ის ატომების მსგავსი აღნაგობა აღმოჩენილია კალციუმისა და სპილენდის საშუალო აცეტატებში [2,3].



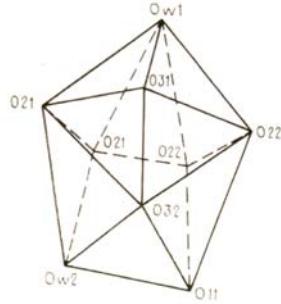
ნახ. 2. კოორდინაციული პოლიედრის პროექცია  $\text{Ca}_2\text{O}_8$  სიბრტყეზე ( $xy\text{O}$ )

სტრონციუმის დიპიდრატის ჰიდროაცეტატის სტრუქტურაში  $\text{SrH}(\text{CH}_3\text{COO})_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$   $\text{Sr}$ -ის ატომები იკავებს საერთო პოზიციას და კოორდინირებულია ჟანგბადის რგა ატომით, რომელთაგანაც ოთხი მიეკუთვნება სამ  $\text{Ac}(2)$  მონომერს (ერთი მათ შორის ეკონტაქტება ბი- დენტატურად), ხოლო ორი – დიმერს  $\text{Ae}(1)\dots\text{H}^*(1)\dots\text{Ac}(3)$  (მონოდენტატური კონტაქტი) და ორი ჟანგბადის ატომი მიეკუთვნება წყლის ორ მოლეკულას. კოორდინაციული  $\text{SrO}_8$  პოლიედრი (ნახ. 3) წარმოადგენს გადაგვარებულ დოდეკაედრს ( $(\text{S}_2\text{-O})$  საშ. 2,601 Å).



ნახ. 3. კოორდინაციული  $\text{SrO}_8$  პოლიედრის პროექცია

სტრონციუმის დიპიდრატის  $\text{Sr}(\text{H}_2\text{O})_2(\text{CH}_3\text{COO})[\text{H}_2(\text{CH}_3\text{COO})_3]$  ჰიდროაცეტატის სტრუქტურის მიხედვით თუ ვიმსჯელებთ, შეიძლება ჩაითვალოთს, რომ სტრუქტურის ძირითადი საშენი ელემენტია  $\text{SrO}_9$  პოლიედრებისაგან შექმნილი ზიგზაგისებრი ჯაჭვები (ნახ. 4).



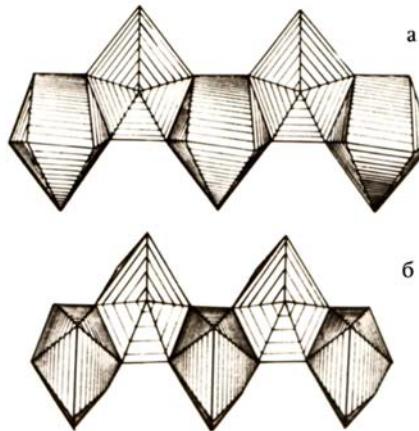
ნახ. 4. კოორდინაციული  $\text{SrO}_2$  პოლიედრის პროექცია სიბრტყეზე(001)

ცალკეული 022-22 და 021-21 პოლიედრი წიბოებითაა ბმული და ერთმანეთში გადაღის ინვერსიის ცენტრით. ჯაჭვები წარმოქმნის ნეიტრალურ პოლიმერულ ფრაგმენტებს  $[\text{Sr}(\text{H}_2\text{O})_2\text{H}_2(\text{CH}_3\text{COO})_3\text{CH}_3\text{COO}]$ .

სტრონციუმის ატომის პოლიედრები წარმოქმნილია შვიდი ატომი ჟანგბადისაგან, რომელთაგან ხუთი აცეტატური ჯგუფისაა და ორი – წყლის მოლეკულების.

აცეტატური ფრაგმენტები ერთმანეთს უკავშირდება ბიდენტატურად და ურთიერთსაწინააღმდეგოდაა მიმართული კარბოქსილის ჯგუფის  $90^\circ$ -ით შემობრუნების შედეგად.

სტრონციუმის ატომის პოლიედრი წარმოადგენს ძლიერ გადაგვარებულ ერთქედიან ტეტრაგონალურ ანტიპრიზმას. საშუალო მანძილი  $\text{Sr}-\text{O}$  ტოლია  $2,654(7)\text{\AA}$ -ის, რაც მხოლოდ  $0,02\text{\AA}$ -ით განსხვავდება  $\text{Sr}^{2+}$  და  $\text{O}^{2-}$  ( $2,67\text{\AA}$ ) იონების ჯამისაგან [4].



ნახ. 5. ა და ბ სტრუქტურებში სტრონციუმის ატომების პოლიედრების ჯაჭვი:

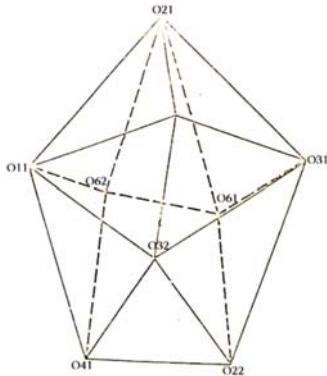
ა –  $\text{SrH}_2(\text{CH}_3\text{COO})_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ; ბ –  $\text{SrH}(\text{CH}_3\text{COO})_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

მე-5 ა და ბ ნახ-ებზე მოცემულია ძირითადი საშენი ერთეულის პროექცია. თითოეული სტრუქტურის ერთი შრე ორი მიმართულებით ვრცელდება. მათი შედარებისას შეიძლება დავასკვნათ:

- სტრუქტურის აღნაგობის საფუძველი სტრონციუმის ატომების პოლიედრებისგანაა წარმოდგენილი ზიგზაგისებრი ჯაჭვის სახით, რომლებიც ერთმანეთს უკავშირდება საერთო წიბოებით, რის გამოც იდენტურობის პერიოდული ჯაჭვის გასწვრივ ( $7,125\text{\AA}$  პირველისათვის და  $7,114\text{\AA}$  მეორისათვის) პრაქტიკულად ერთნაირია;
- ჯაჭვები წყლის მოლეკულებისა და მმარმევას მოლეკულების „მუავა“ პროტონითაა გაერთიანებული წყალბადური ბმით და წარმოქმნის შრებს. მათი ურთიერთქმედება განპირობებულია ვან-დერ-ვაალსის ძალებით.

ზემოხსენებულიდან გამომდინარე, შეიძლება დავასკვნათ, რომ „მჟავა“ აცეტატების ორივე წარმომადგენელი მიკუთხნება პიდრატირებული პიდროაცეტატების ნაერთების ახალ პომოლოგიურ სერიას საერთო ფორმულით:  $[M(H_2O)_2(CH_3COO)Hn(CH_3COO)nCH_3COO]$ .

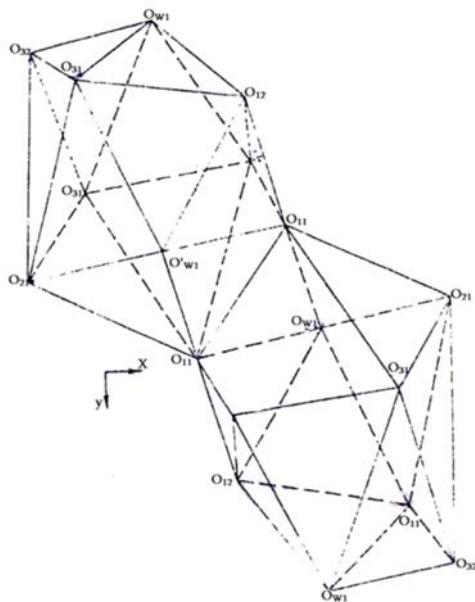
ბარიუმის პიდროაცეტატის სტრუქტურაში –  $Ba(CH_3COO)H_2(CH_3COO)_3$  – არსებობს ორი სახის ბარიუმის ატომები, რომლებიც ხასიათდება ერთნაირი ტიპის ჟანგბადიანი პოლი-ედრებისაგან. მე-6 ნახ-ზე სამქუდიანი ტრიგონალური პრიზმის სახით წარმოდგენილია  $Ba$ -ის ატომის კოორდინაციული პოლიედრები, რომლებიც ერთმანეთს უკავშირდება წიბოებით და წვეროებით, წარმოქმნის სვეტებს და წარმოადგენს სტრუქტურის საფუძველს.



**ნახ. 6. ბარიუმის პიდროაცეტატის სტრუქტურაში  $BaO_6$  კოორდინაციული პოლიედრის პროექცია**

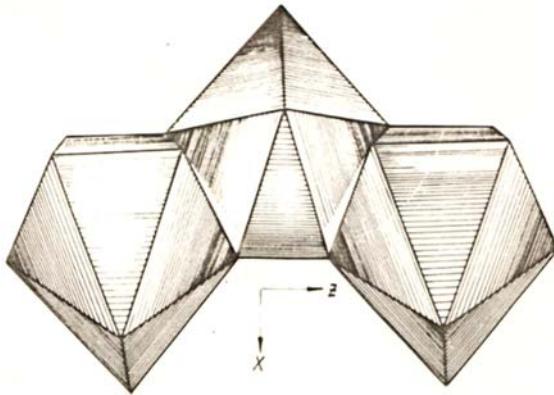
ცალკეული სვეტი გარშემორტყმულია აცეტატური ტრიმერებით, წარმოქმნის უსასრულო ბლოკებს, რომლებიც შეერთებულია ვან-დერ-ვაალსის ბმებით.

$[Ba(H_2O)(CH_3COO)][H(CH_3COO)_2]$  – ბარიუმის პიდროაცეტატის მონოჰიდრატი შრეობრივი აღნაგობისაა, რომლის საფუძველია ბარიუმის ატომის ჟანგბადიანი პოლიედრისაგან შექმნილი ჯაჭვები (ერთქუდიანი ტრიგონალური ანტიპრიზმა). ეს ჯაჭვები ერთმანეთს უკავშირდება წახნაგებით შრეებიში ( $O_{YZ}$ ) სიბრტყის პარალელურად (ნახ. 7).



**ნახ. 7.  $BaO_{10}$  კოორდინაციული პოლიედრის პროექცია  
 $Ba(H_2O)(CH_3COO)[H(CH_3COO)_2]$  სტრუქტურაში**

გამოკვლეულია ბარიუმის ჰიდროაცეტატის –  $\text{BaH}(\text{CH}_3\text{COO})_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  აღნა-  
გობა. დადგენილია, რომ ბარიუმის ატომის პოლიედრები ერთმანეთს უკავშირდება წიბოებით,  
წარმოქმნის ზიგზაგისებრ ჯაჭვებს, ანუ Sr და Ba ნაერთების სტრუქტურების ანალოგიურ  
სვეტებს (ნახ. 8).



ნახ. 8. ბარიუმის ატომების ჯაჭვი  $\text{BaH}(\text{CH}_3\text{COO})_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  სტრუქტურაში

მეთილის ჯგუფები  $\text{Ac}-\text{H}-\dots-\text{Ac}$  დიმერებში მიმართულია სივრცეში არსებულ სვეტებს შორის, ბარიუმის ატომები გარშემორტყმულია უანგბადის ცხრა ატომით გადაგვარებული სამქუდიანი ტრიგონალური პრიზმის მოტივით.

ცხრილიში წარმოდგენილია ლითონის ატომების მეტად გავრცელებული კოორდინაციული პოლიედრები. აღსანიშნავია, რომ ზოგიერთ შემთხვევაში პოლიედრის ფორმის ჩვენება რთულია მისი ძლიერი გადაგვარების გამო, რაც გამოწვეულია წიბოების ან წახნაგების სხვა პოლიედრებთან შერწყმით ან კარბოქსილის ჯგუფთან ბიდეტანტური მიერთებით.

### სხვადასხვა ტიპის აცეტატების სტრუქტურები

ნაერთი	სტრუქტურის ტიპი	დიმერის ან ტრიმერის ტიპი	ლითონის ატომის პოლიედრის ტიპი და კ. რ.	პოლიედრის კავშირი
$\text{Ca}_2(\text{Ac})_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	სიბრტყის პარალელური შრები (xoz)	–	დოდეკაედრი ჰენტანგონალური ბიპირამიდა (ერთ- ქუდიანი ოქტაედრი) კ. რ. 8 და 7	$\text{Ca}_1\text{O}_8$ და $\text{Ca}_2\text{O}_7$ პოლიედ- რები უკავშირდება წიბოებით და წვეროებით სვეტებში /100/ გასწვრივ
$\text{CaH}(\text{Ac})_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	სვეტები პოლიედრებიდან დაკავშირებული $\text{H}$ -ბმებით კარგასში	Ca-ის ასიმეტრი- ული	-/-	-/-
$\text{Sr}(\text{Ac})_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$	შრეობრივი	-/-	პოლიედრის ორი სახე (დოდეკაედრი) კ. რ. 8	ატომთა პოლიედრები გაერთიანებულია წიბოებით და წახნაგებით შრებად (xyo)
$\text{Ba}(\text{Ac})_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$	-/-	–	სამქუდიანი ტრიგონალური პრიზმა და დოდეკაედრი; კ. რ. 9 და 8	ბარიუმის ატომის პოლი- ედრები გაერთიანებული წიბოებით და წვეროებით პარალელურად (xyo)

SrH(Ac) <sub>3</sub> ·2H <sub>2</sub> O	-/-	ასიმეტრიული დიმერი	ტეტრაგონალური ანტიპრიზმა კ. რ. 8	SrO <sub>8</sub> პოლიედრი დაკავშირებულია ზიგზაგისებრი ჯაჭვით პარალელურად /010/
SrH <sub>2</sub> (Ac) <sub>4</sub> ·2H <sub>2</sub> O	-/-	ასიმეტრიული ტრიმერი	სამქუდიანი ტრიგონალური პრიზმა კ. რ. 9	SrO <sub>9</sub> პოლიედრი დაკავშირებულია ზიგზაგისებრი ჯაჭვით პარალელურად /010/
BaH(Ac) <sub>3</sub> ·H <sub>2</sub> O	-/-	ასიმეტრიული დიმერი	ორქუდიანი	BaO <sub>10</sub> პოლიედრი დაკავშირებულია წიბოებით და წახნაგებით კედლებად პარალელურად /011/
BaH <sub>2</sub> (Ac) <sub>4</sub>	სვეტები პილროფობული ზედაპირით	ასიმეტრიული ტრიმერი	ტრიგონალური ანტიპრიზმა კ. რ. 10	Ba <sub>2</sub> O <sub>9</sub> და Ba <sub>2</sub> O <sub>10</sub> პოლიედრები დაკავშირებულია წიბოებით და წვეროებით სვეტებდ, მიმართული /100/ გასწვრივ
BaH(Ac) <sub>3</sub> ·5H <sub>2</sub> O	ჯაჭვური	დიმერი	ორი ტიპის	BaO <sub>9</sub> პოლიედრები წიბოებით უკავშირდება და წარმოქმნის ხრანისებრ ჯაჭვებს /001/ გასწვრივ

მოცემულია აგრეთვე Me-O საშუალო მანძილის ცვლილების მიზეზები:

- კოორდინაციული რიცხვის გაზრდა. არსებობის პირდაპირი დამოკიდებულება კოორდინაციასა და Me-O საშუალო მანძილს შორის;
- ლითონის ატომის უანგბადიანი პოლიედრის გადაგვარება. რაც უფრო დიდია პოლიედრის გადაგვარების ხარისხი, მით მეტია Me-O საშუალო მანძილი;
- ვაკანსიების არსებობა ლითონის ატომის მდგომარეობაში, რაც ასევე ზრდის Me-O საშუალო მანძილს.

რადიუსების ჯამიდან საშუალო მანძილის გადახრა დიდი ზომის ატომებისათვის (K, Rb, Cs) უფრო მეტად დაკავშირებულია პოლიედრის გადაგვარების მეტ ხარისხთან, ხოლო შედარებით ნაკლებად – უანგბადის ატომის კოორდინაციულ რიცხვთან [6].

## დასკვნა

ამრიგად, პილრომარილების სტრუქტურებში ლითონის ატომის უანგბადიანი პოლიედრების გადაგვარების ანალიზმა ცხადყო, რომ ძირითადი მიზეზი Me-O ბმის ცვლილებისა არის ცალკეული მანძილის ძლიერი გადახრა საშუალო მანძილიდან, რაც გამოწვეულია კოორდინაციულ სფეროში წყლის მოლექულების არსებობით ან კარბოქსილის ჯგუფის მიერთებით ლითონის ატომის პოლიედრთან.

## ლიტერატურა – REFERENCES

1. B.A. Prenz. The enzafr-nonus CAD-4-SDP-A real-time system for concurrent x-ray collection and crustal/structure determination//In: Computing in Crystallography-Holland: Delft U.P.1978. - 260 p.
2. E.A. Klop et al. Structure of calcium acetate monohydrate Ca(C<sub>2</sub>H<sub>3</sub>O<sub>2</sub>)<sub>2</sub>H<sub>2</sub>O//Ibid.V.C. 40. 1984, pp. 51-53.

3. E.A. Klop, A.J.M. Duisenberg, A.L.Spek. Reinvestigation of the structure of calcium copper acetate hexahydrate  $\text{CaCu}(\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2)_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  // *Ibid*, V.C.39, 1983, pp. 1342-1344.
4. R.D. Shannon. Nevised effective ionic radii and systematic studies of interatomic distances in halides and chalcogenides // *Ibid*. V.A.36, 1976, pp. 751-753.

## CHEMISTRY

### STUDY OF OXYGEN POLYHEDRA OF HYDROACETATES OF ALKALINE EARTH METALS

**N. Endeladze, M. Chiqovani, N. Kakhidze, L. Khvichia**

(A. Tsereteli State University)

**Resume.** The coordination polyhedra in the structure of hydroacetates of alkaline earth metals have been studied. Crystalline formulas of the corresponding compounds hydroacetates: calcium  $\text{CaH}(\text{CH}_3\text{COO})_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ , strontium(2);  $\text{SrH}(\text{CH}_3\text{COO})_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{SrH}_2(\text{CH}_3\text{COO})_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , barium(3);  $\text{BaH}_2(\text{CH}_3\text{COO})_4$ ,  $\text{BaH}(\text{CH}_3\text{COO})_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{BaH}(\text{CH}_3\text{COO})_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ .

The coordination number of metal atoms in polyhedra is in the range of 7-10 and is specifically realized by distorted polyhedra.

In the  $\text{CaH}(\text{CH}_3\text{COO})_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$  and  $\text{BaH}_2(\text{CH}_3\text{COO})_4$  structures, the oxygen polyhedra of metal atoms are bound in one way or another (mainly along edges and faces) to form one-dimensionally infinite volumetric columns.

Comparison of the structure of  $\text{Sr}(\text{H}_2\text{O})_2(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot [\text{H}_2(\text{CH}_3\text{COO})_2]$ , with the structure of the compound  $\text{Sr}(\text{H}_2\text{O})_2(\text{CH}_3\text{COO})[\text{H}(\text{CH}_3\text{COO})_2]$ , indicates a clear similarity of their structures.

The formation of the structures is based on endless zigzag chains of polyhedra of strontium atoms.

Both representatives of "acidic" acetates belong to a new homologous series of compounds – hydrated hydroacetates with the general formula  $\text{M}(\text{H}_2\text{O})(\text{CH}_3\text{COO}) \cdot \text{H}_n[(\text{CH}_3\text{COO})_n \cdot \text{CH}_3\text{COO}]$ .

**Keywords:** bond; coordination; edge; face; hydroacetate; layer; polyhedron.

## პავპასიური ოოდოდენდრონის ლიოზილურად გამშრალი ნიმუშის ბიოქიმიური კვლევის შედეგები

**ვიტალი ლვაჩლიანი, თამაზ ისაკაძე, გივი გუგულაშვილი**

(საქართველოს აგრარული უნივერსიტეტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი)

**რეზიუმე:** საქართველოს ენდემურ მცენარეებს შორის მნიშვნელოვანი ადგილი უქავია როდოდენდრონს (კავკასიურ დეკას), რომელსაც მრავალ სხვა სასარგებლო თვისებასთან ერთად ახასიათებს ანტიოქსიდანტური და ანტილიპიაზური თვისებებიც. როდოდენდრონის ფოთლების ანტილიპიაზური თვისებების გამო დაისვა საკითხი ნედლეულის ლიოფილურად გამშრალი ნიმუშების შესწავლის შესახებ, რადგან ლიოფილური შრობა უზრუნველყოფს ნედლეულის საწყისი ბიოქიმიური შედგენილობის მაქსიმალურ შენარჩუნებას.

ნაშრომში წარმოდგენილია კავკასიური როდოდენდრონის ლიოფილურად გამშრალი ნიმუშების ანტიოქსიდანტური და ანტილიპიაზური აქტიურობის შესწავლის შედეგები.

**საკანძო სიტყვები:** ანტილიპიაზური და ანტიოქსიდანტური აქტიურობა; ლიოფილური შრობა; პოლიფენოლები; როდოდენდრონი.

### შესაგალი

თანამედროვე მსოფლიოს განსაკუთრებული მოთხოვნაა ისეთი დიდეფექტური სასურსათო პროდუქტების წარმოება, რომლებიც სასარგებლოა ადამიანის ჯანმრთელობისათვის და ხასიათდება ადამიანის ორგანიზმი დაგროვილი სხვადასხვა მავნე ნივთიერების გამოღვენის უნარით. ამ თვალსაზრისით ძალზე მნიშვნელოვანია ანტიოქსიდანტური და ანტილიპიაზური თვისებების მქონე სურსათის წარმოების ტექნოლოგიების დამუშავება.

კავკასიაში და, კერძოდ საქართველოში, ბიოლოგიურად აქტიური ნივთიერებების ფართო სპექტრით გამოირჩევა მცენარეული ნედლეული, რომლისგანაც შესაძლებელია ეკოლოგიურად სუფთა, მრავალკომპონენტიანი ფუნქციონალური პროდუქტების მიღება. ამ მცენარეთა შორის თავისი სასარგებლო ბიოქიმიური შედგენილობით განსაკუთრებულ ყურადღებას იყერობს კავკასიური როდოდენდრონი (*Rhododendron Caucasicum* Pall). იმისათვის, რომ მცენარეული ნედლეულის რომელიმე სახეობას მიეცეს გამოყენების რეკომენდაცია, აუცილებელია წინასწარ იქნეს შესწავლილი მისი ბიოქიმიური შედგენილობა და ადამიანის ჯანმრთელობაზე მისი ზეგავლენა.

ჩვენ მიერ შესწავლილი იყო კავკასიური როდოდენდრონის ფოთლებში პოლიფენოლების, ამინმჟავების შემცველობა, ნედლეულის ანტიოქსიდანტური და ანტილიპიაზური აქტიურობა და ექსტრაქტულობა [1]. ჩატარებულმა ცდებმა დაადასტურა მცენარის სასარგებლო თვისებები, რომელთა შორის განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია მაღალი ანტილიპიაზური აქტიურობა. გამოკვლევებით დადგინდა, რომ კავკასიური როდოდენდრონის ფოთლებით მიღებული ჩაის ანტილიპიაზური აქტიურობა უტოლდება ჭარბწონიანობის საწინააღმდეგო პრეპარატ თვისებაზე ანტილიპიაზურ აქტიურობას.

ცდები ჩატარდა ოთხი სხვადასხვა მეოთხით დამუშავებულ კავკასიური როდოდენდრონის ნედლეულზე. ფოთლები იყო მზეზე გამშრალი, ჩრდილში გამშრალი, მწვანე და შავი ჩაის ტექნოლოგიით გადამუშავებული. ცნობილია, რომ გადამუშავების პროცესში ხდება ნედლეულში არსებული სასარგებლო ელემენტების რაოდენობრივი და ხარისხობრივი ცვლილებები. ამ თვალსაზრისით ყველაზე მეტად გამორჩეულია შრობის პროცესი, რომელიც ჩვენ მიერ გამოკვლეული ყველა ნიმუშის მიღების საბოლოო ოპერაციას წარმოადგენს. ადსანიშნავია, რომ ხარისხის შენარჩუნების თვალსაზრისით შრობის ყველაზე უკეთესი საშუალებაა ლიოფილური შრობა [2, 3], როდესაც გარანტირებულია საწყის ნედლეულში არსებული ყველა სასარგებლო ნივთიერების მაქსიმალური შენარჩუნება. აღნიშნულიდან გამომდინარე, დაისვა საკითხი კავკასიური როდოდენდრონის ლიოფილურად გამშრალი ნედლეულის ბიოქიმიური შედგენილობის შესწავლის შესახებ.

## ძირითადი ნაწილი

კავკასიური როდოდენდრონის ლიოფილურად გამშრალი ნიმუშის ბიოქიმიური კვლევები ჩატარდა საქართველოს აგრარული უნივერსიტეტის კვლევით ლაბორატორიაში.

ცდებისათვის საქართველოს მაღალმთიან რეგიონში (ზემო სენაკიში) შეგროვდა კავკასიური როდოდენდრონის მე-2 და მე-3 ფოთლები. აღნიშნული ნიმუშები გადამუშავებულია ოთხი განსხვავებული მეოთხით:

- მზეზე შრობის მეოთხი (ნიმუშები 5 დღე-დამის განმავლობაში იყო გაფენილი 27-28 °C საშუალო ტემპერატურის პირობებში);
- ჩრდილში შრობის მეოთხი (ნიმუშები 12 დღე-დამის განმავლობაში იყო გაფენილი 16-17 °C საშუალო ტემპერატურის პირობებში);
- შავი ჩაის გადამუშავების კლასიკური მეოთხი;
- მწვანე ჩაის გადამუშავების კლასიკური მეოთხი.

ლიოფილურად გამშრალი ნიმუშის მისაღებად საჭირო გახდა ოთხივე გადამუშავების მეოთხით მიღებული ნედლეულის ერთმანეთთან შერევა და დაფქვა. მიღებულ ნარევს ჩაუტარდა წყლით ექსტრაქცია. ამისათვის ნიმუშს დაემატა 10-ჯერ მეტი (მასის მიხედვით) რაოდენობის ცხელი წყალი და 20 წთ-ის განმავლობაში ადუდებული წყლის აბაზანაზე დაიდგა. გაგრილების შემდეგ ხსნარი გაიფილტრა. მიღებული ექსტრაქტიდან წყლის აორთქლების მიზნით გამოყენებულ იქნა ვაკუუმროტაციული ამაორთქლებელი. წყლის მოცილება განხორციელდა 70 °C ტემპერატურაზე. დარჩენილ ექსტრაქტში რეფრაქტორულის საშუალებით განსაზღვრული მშრალი ნივთიერების რაოდენობამ შეადგინა 6 %.

ნიმუშის ლიოფილური შრობისათვის სპეციალურ თევზზე დასხმული ექსტრაქტი მოთავსდა სუბლიმაციურ საშრობში. შრობის პროცესში ნიმუშის ტემპერატურა იცვლება -30 °C-დან +20 °C-მდე საზღვრებში. წნევა შეადგენდა 10 პა-ს, შრობის ხანგრძლიობა – 24 სთს, ლიოფილურად გამშრალი ნიმუშის ტემპერატურაში – 5 %-ს.

ბიოქიმიური ანალიზებისათვის 0,5 გ ნიმუში მოთავსდა 50 მლ-იან საზომ კოლბაში და გასახსნებად ჩაისხა 60 °C ტემპერატურის მქონე 25 მლ ცხელი წყალი. ამის შემდეგ ნიმუში გაგრილდა ოთახის ტემპერატურამდე, დაემატა 5 მლ აცეტონიტრილი და საზომი კოლბა შეივსი ჭდემდე.

მიღებულ ნიმუშში პოლიფენოლები განისაზღვრა სპექტროფოტომეტრიული მეოთხით, რომელიც ემყარება ფოლინ-ჩეკოლტეოს რეაგენტის ურთიერთქმედებას ფენოლებთან გალის შევაზე დასტანდარტებით [4]. ფოლინ-ჩეკოლტეოს რეაგენტი ურთიერთქმედებს ფენოლებთან

და ხდება მოლურჯო-მოცისფრო, რომლის ინტენსიურობა ფენოლების შემცველობის პრო-პორციულია. ნიმუშის განსაზღვრა მიმდინარეობს 765 ნმ ტალღის სიგრძეზე. ცდები ჩატარდა 5-ჯერადი განმეორებით.

კავკასიური როდოდენდრონის ლიოფილურად გამშრალი ნიმუშის ანტიოქსიდანტური აქტიურობის განსაზღვრისათვის გამოყენებულ იქნა ყველაზე თანამედროვე მეთოდი – Ferric Reducing Ability of Plasma (FRAP) [5]. ამ მეთოდით დადგინდა ჯამური ანტიოქსიდანტების კონცენტრაცია. ციფრული სპექტროფოტომეტრის (UV/Vis Spectrophotometer) მეშვეობით განისაზღვრა შთანთქმის ინტენსიურობის ცვლილება, რომელიც იმ შემთხვევაშია შესაძლებელი, როდესაც რკინის სამვალენტიანი იონები (TPTZ-Fe<sup>3+</sup>) ადგება ორვალენტიან იონებად (TPTZ-Fe<sup>2+</sup>) ანტიოქსიდანტების თანაობისას. ამ დროს წარმოქმნება ლურჯი ფერი, რომლის შთანთქმის მაქსიმუმია 593 ნმ. 1000 მმოლ/ლ კონცენტრაციის  $FeSO_4 \times 7H_2O$ -ს ხსნარი გამოიყენება ინსტრუმენტის დაკალიბრებისათვის. ანტიოქსიდანტური აქტიურობა გამოისახება ასკორბინის მჟავას რაოდენობრივ ეკვივალენტებში. ცდები ჩატარდა 3-ჯერადი განმეორებით.

ნიმუშში ლიპაზას აქტიურობის განსაზღვრა ხდება ტიტრაციის მეთოდით [1, 6], რომლის პრინციპია ცხიმის პიდროლიზის შედეგად წარმოქმნილი ცხიმოვანი მჟავების გატიტვრა. ლიპაზას ფერმენტული აქტიურობის ერთეულად განისაზღვრება ლიპაზას სტანდარტული პრეპარატის (სოკოვანი ლიპაზას საერთაშორისო FIP სტანდარტი) ის რაოდენობა, რომელიც pH 7,00-ისა და 37 °C-ის პირობებში 1 წთ-ის განმავლობაში სუბსტრატის ემულსიიდან ათავისუფლებს 1 მმოლ-ის ეკვივალენტ ცხიმოვან მჟავებს. აღნიშნული პირობები დადგენილია ზეითუნის ზეთის ნატრიუმის ტაუროქოლატთან ემულსიაში ფიქსირებული დროის ინტერვალში წარმოქმნილი თავისუფალი ცხიმოვანი მჟავების რაოდენობის გაზომვის გზით. ფერმენტის ნიმუშად გამოყენებულია ლიპაზას კონცენტრატი (Lipase concentrate-HP, Integrative Therapeutic, LLC (USA), რომლის ფერმენტული აქტიურობაა 12600 FIP, pH 7,00.

ზემოთ აღწერილი მეთოდით განისაზღვრება ლიპაზას აქტიურობა გამოსაკვლევი ნიმუშის ექსტრაქტის თანაობისას. მიღებული აქტიურობის შედარება ხდება ლიპაზას აქტიურობასთან გამოსაკვლევი ნიმუშის გარეშე, რის საფუძველზეც ხდება აქტიურობის შემცირების პროცენტის გამოთვლა მშრალ მასაზე გადაანგარიშებით.

ანალიზების შედეგები წარმოდგენილია 1-ლ, მე-2 და მე-3 ცხრილებში.

როგორც ცდების შედეგებმა აჩვენა, ლიოფილურად გამშრალი როდოდენდრონის ნედლეული მდიდარია პოლიფენოლებით. როდოდენდრონის 100 გ ნიმუში საშუალოდ შეიცავს 36,79 გ გალის მჟავას ეკვივალენტს (ცხრილი 1).

## ცხრილი 1

### პოლიფენოლების შემცველობა ლიოფილურად გამშრალი კავკასიური როდოდენდრონის ნიმუშებში

ნიმუშის №	პოლიფენოლების შემცველობა (გალის მჟავას ეკვივალენტი)
1	35,07
2	34,91
3	38,08
4	36,45
5	39,38
საშუალო	36,79

კავკასიური როდოდენდრონის ლიოფილურად გამშრალი ნიმუშის ანტიოქსიდანტური აქტიურობაც საკმაოდ მაღალი აღმოჩნდა (ცხრილი 2), თუმცა იგი ოდნავ ჩამორჩება ფოთლის ანტიოქსიდანტურ აქტიურობას.

## ცხრილი 2

### კავკასიური როდოდენდრონის ნიმუშის ანტიოქსიდანტური აქტიურობა

ნიმუშის №	მგ ასკორბინის მეავას ეკვივალენტი 100 გ-ში
1	38,5
2	36,87
3	38,26
საშუალო	37,88

ჩატარებული ცდების შედეგებს შორის განსაკუთრებით აღსანიშნავია ანტილიპაზური მაჩვენებლების მიღებული მნიშვნელობა. ექსპერიმენტების შედეგად დადგინდა, რომ 50 მგ ლიოფილურად გამშრალი კავკასიური როდოდენდრონის ნიმუშების გავლენით ფერმენტ დაიპაზას აქტიურობა დაინაბიტირდა 11,61 %-ით. შედარებისათვის მე-3 ცხრილში მოყვანილია ლიოფილურად გამშრალი 1 მგ როდოდენდრონის ნიმუშის და 1 მგ პრეპარატ ორ-დისტატის ანტილიპაზური აქტიურობა.

## ცხრილი 3

### კავკასიური როდოდენდრონის და პრეპარატ ორლისტატის ანტილიპაზური აქტიურობა

დასახელება	ინპიბიტირება (ლიპაზას ერთეული)
ლიოფილურად გამშრალი როდოდენდრონი	9,09
პრეპარატი ორლისტატი	7,58

მიღებული შედეგები იმაზე მიუთითებს, რომ ლიოფილურად გამშრალი კავკასიური როდოდენდრონის ანტილიპაზური აქტიურობა საკმაოდ მაღალია, თუმცა იგი მხოლოდ 1,2-ჯერ აღვმარება პრეპარატ ორლისტატის ანტილიპაზურ აქტიურობას. სავარაუდოდ, ასეთი შედეგი იმითაა გამოწვეული, რომ ნიმუშის კონცენტრირება განხორციელდა მაღალი ტემპ-რატურის პირობებში. ანტილიპაზური აქტიურობის უკეთესი შედეგის მისაღებად საჭირო იქნება კონცენტრირების განსხვავებული მეთოდის, მაგალითად, მემბრანული ტექნოლოგიის, გამოყენება.

## დასკვნა

ჩატარებული ექსპერიმენტული კვლევის საფუძველზე დადგინდა, რომ ლიოფილურად გამშრალი კავკასიური როდოდენდრონის ნიმუშები გამოირჩევა პოლიფენოლების მდიდარი შემცველობით და მაღალი ანტიოქსიდანტური აქტიურობით. საკმაოდ მაღალია მისი ანტილიპაზური აქტიურობაც, თუმცა პროდუქტის დამზადების ტექნოლოგიის დახვეწით შესაძლებელია უკეთესი შედეგის მიღწევა.

## ლიტერატურა – REFERENCES

1. Zhucha Khachapuridze, Givi Gugulashvili, Vitali Ghvachlian, Angelika Ploeger, Levan Gulua, Tamar Turmanidze. In-vitro functional efficacy of extracts from Caucasian Rhododendron (Rhododendron

- Caucasicum) and Rkatsiteli vines as pancreatic lipase inhibitors// Ukrainian Food Journal, vol. 10. Issue 1. 2021, pp. 37-50.
2. Innovative technology of making tea “Mate”// Annals of Agrarian Science, vol. 18, № 2, 2020, pp. 216-219.
  3. Хочолава И. А. Технология чая. М.: Пищевая промышленность, 1977.
  4. G. Williamson. Methods of polyphenols analyses. Edited by Celestino Santos-Buelga, 2003, 258 p.
  5. I. F. Benzie, J. J. Strain. The Ferric Reducing Ability of Plasma (FRAP) as a Measure of ~Antioxidant Power~: The FRAP Assay ANALITICAL BIOCHEMISTRY 239(1), 1996, pp. 70-76.
  6. T. T. Liu, X. T. Liu, Q. X. Chen, Y. Shi. Lipase Inhibitors for Obesity: A Review. Biomed. Pharmacother. 2020. -128 p.
  7. A. J. Piper, R. R. Grunstein. Big breathing: the complex interaction of obesity, hypoventilation, weight loss, and respiratory function//Appl Physiol., 108, 2010, pp. 199-205.
  8. H. R. Bajes, Y. Almasri, Y. Bustanji. Plant Products and Their Inhibitory Activity Against Pancreatic Lipase//Revista Brasiliera de Farmacognosia, 30, 2020, pp. 321-330.
  9. R. Bogarin, J.P. Chancine. Safety and Tolerability of Orlistat, a Lipase Inhibitor in the Treatment of Adolescent Weight Excess// Therapy, 6(1), 2007, pp. 23-30.

## BIOCHEMICAL

### RESULTS OF BIOCHEMICAL STUDY OF SAMPLES LYOPHILE-DRYING OF RODODENDRON CAUCASUS RAW MATERIALS

**V. Gvachiani, T. Isakadze, G. Gugulashvili**

(Agricultural University of Georgia, Georgian Technical University)

**Resume.** Among the endemic plants of Georgia the Caucasian Rhododendron occupies an important place, which, in addition to numerous other useful properties, also has antioxidant and anti-lipase properties. In connection with obtaining high results of the anti-lipase properties of rhododendron leaves, the question was raised of studying the samples obtained as a result of freeze-drying of raw materials due to the fact that freeze-drying ensures maximum preservation of the biochemical composition of the starting material. The results of experimental studies of the antioxidant and anti-lipase activity of samples obtained by freeze-drying of raw materials from Caucasian rhododendron are presented.

**Keywords:** anti-lipase and antioxidant activity; freeze-drying; polyphenols; rhododendron.

## მიღსაბლიონი აბრებათის ახალი სქემის შემუშავება

სლავა მებონია, ჯემალ მელქაძე, გელა ოთარაშვილი, თამარ ცერცვაძე

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

**რეზიუმე:** განხილულია უნაკერო მიღების გრძივი გლინვის ახალი ტექნოლოგიური პროცესი და დეფორმაციის კერის ანალიზის საფუძველზე გამოვლენილია მისი თავისებურებები. შემოთავაზებულია მიღსაგლინი აგრეგატის სქემა, რომლის შემადგენლობაში შედის დეფორმაციის კერაში უკან დაწეული სამართულით აღჭურვილი ავტომატური დგანი. აღნიშნული სქემა მიღების გლინვის ტექნოლოგიური პროცესის მაღალი სიზუსტით წარმოებისა და აგრეგატის მწარმოებლურობის მნიშვნელოვნად გაზრდის საშუალებას იძლევა.

**საკვანძო სიტყვები:** ავტომატური დგანი; მიღსაგლინი აგრეგატი; სამართული.

### შესავალი

ავტომატურ დგანზე მიღების გლინვისას დეფორმაციის კერის ანალიზმა ცხადყო, რომ მიღების სიზუსტისა და სხვა ხარისხობრივი მაჩვენებლების გაზრდა შესაძლებელია დეფორმაციის კერის შეცვლით, რაც მიიღწევა დეფორმაციის კერაში სამართულის დაყენების ადგილის სათანადო შერჩევით.

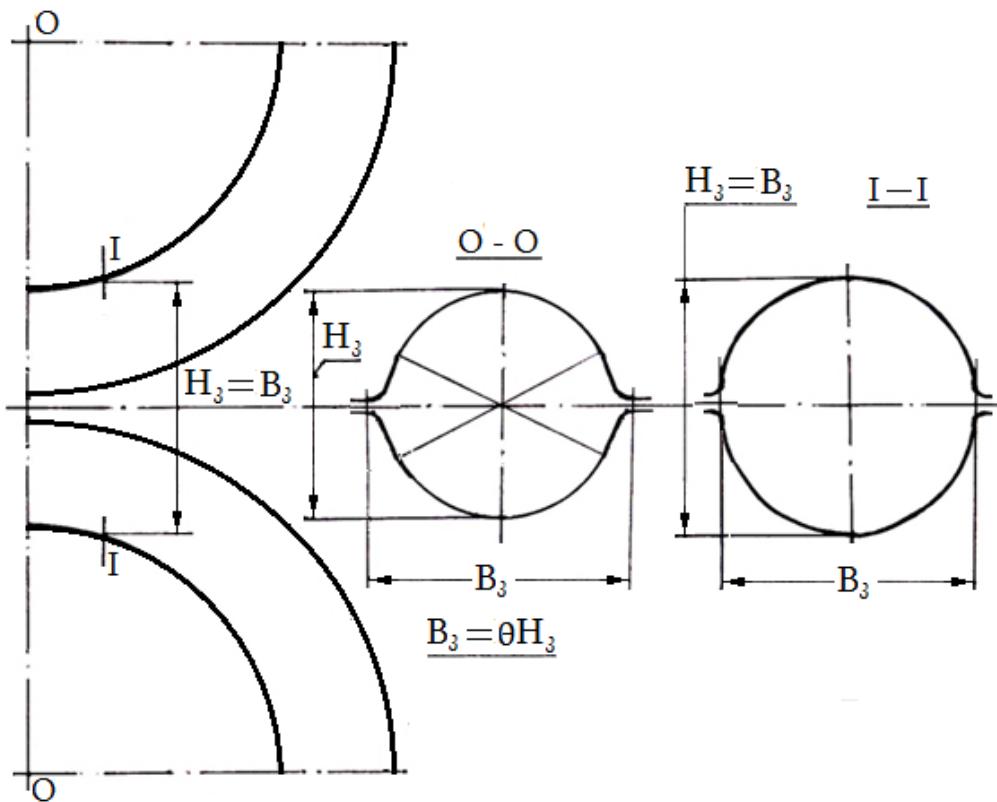
ამჟამად გამოყენებული ტექნოლოგიის შესაბამისად სამართულის დაყენება დეფორმაციის კერაში ხდება ისე, რომ მისი ცილინდრული სარტყლის შუა ნაწილი ემთხვევა მუშა გლინების ვერტიკალური სიმეტრიის სიბრტყეს [1–3]. ამ დროს დეფორმაციის კერა შეიცავს მიღნამზადის დიამეტრის რედუცირებისა და მისი კედლის მოჭიმვის ზონებს; ამ უკანასკნელში დიამეტრიც მცირდება, ოღონდ უმნიშვნელოდ. აღნიშნული ზონების თანაფარდობა დამოკიდებულია გლინვის სქემაზე, რაც მნიშვნელოვნად განაპირობებს სამართულის წინააღმდეგობას მიღნამზადის დეფორმაციის კერაში გადაადგილებისადმი და ქმნის წინააღმდეგობის დაძლევის პირობებს.

თუ ავტომატური დგანის აწყობის დროს დეფორმაციის კერაში სამართული ისე დაიდგმება, რომ მისი ცილინდრული სარტყლის შუა ნაწილი აღმოჩნდება მუშა გლინების ვერტიკალური სიმეტრიის სიბრტყეს უკან არსებულ სიბრტყეში, სადაც კალიბრის სიგანე მის სიმაღლეს გაუტოლდება, მაშინ გაგლინულ მიღს მთელ პერიმეტრზე თანაბარი კედლის სისქე ექნება [4]. ამ სიბრტყეში კალიბრის კონტური სამართულის კონტურის ეკვიდისტანციურია და მიღნამზადის კედელი მთელ პერიმეტრზე ერთსა და იმავე მოჭიმვას მიიღებს.

ავტომატური დგანის აწყობისათვის აუცილებელია გლინვის პროცესის დეფორმაციული პარამეტრების ზუსტი მნიშვნელობების განსაზღვრა. აქედან გამომდინარე, ავტომატური დგანის უკან დაწეულ სამართულზე მიღების გლინვის პროცესისათვის აღნიშნული პარამეტრების საანგარიშო ფორმულების დადგენა ძალზე აქტუალურია.

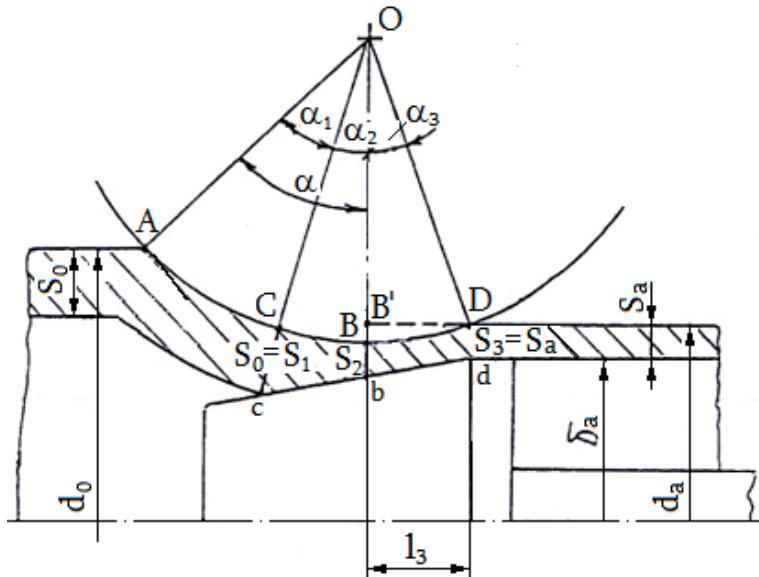
## ძირითადი ნაწილი

ავტომატური დგანის გლინის კალიბრში სამართულის დაყენების ადგილის შერჩევის სქემა მოცემულია 1-ლ ნახ-ზე.



ნახ. 1. ავტომატური დგანის გლინის კალიბრში სამართულის დაყენების სქემა

ამ სქემის თანახმად, სამართული დეფორმაციის კერაში ისე უნდა დაიდგას, რომ მისი ცილინდრული სარტყელი მდებარეობდეს სიბრტყეში, რომელიც გლინვის მიმართულებით განსაზღვრული მანძილით იქნება დაშორებული გლინების ცენტრალური სიბრტყიდან. სამართულის ცილინდრული სარტყლის განლაგების სიბრტყე კი ისე უნდა შეირჩეს, რომ გლინის კალიბრის სიმაღლე მისი სიგანის ტოლი იყოს. ამ შემთხვევაში მოცემულ სიბრტყეში გლინის კალიბრის კონტური და სამართულის ცილინდრული ნაწილი ერთმანეთის მიმართ ეკვიდისტანციურია, რის გამოც მათ შორის წარმოიქმნება თანაბარი რგოლური დრეჩო და ამიტომაც მასრის კედლის სისქის მოჭიმვა გათანაბრებულია კალიბრის მთელ პერიმეტრზე. გაგლინული მილის კედლის სისქე ერთი და იგივე იქნება მილის მთელ კონტურზე. ეს კი გამორიცხავს ავტომატური დგანის ტექნოლოგიური ციკლიდან მიღწამზადის გადაყირავების ოპერაციას პირველი გატარების შემდეგ და, რაც მთავარია, ასევე გამოირიცხება მეორე გატარების საჭიროება. ეს საგრძნობლად შეამცირებს მილების გლინვის ციკლის ხანგრძლივობას და გაზრდის ავტომატური დგანის ტექნოლოგიური ციკლიდან მიღწამზადის გადაყირავების ნაირსისქიანობის შემცირებას და ზუსტი გეომეტრიული ზომებისა და ფორმის მიღების მიღებას. გლინვის ასეთ პროცესს „უკან დაწეულ სამართულზე გლინვა“ ეწოდება. გლინვის პროცესის დეფორმაციის კერა მოცემულია მე-2 ნახ-ზე.



ნახ. 2. უკან დაწეულ სამართულზე გლინვის დეფორმაციის კერა

ამ ნახაზზე  $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$  – რედუცირების, კედლის მოჭიმვის და დიამეტრის გაფართოების ზონების კუთხეებია;

$\alpha$  – შეტაცების კუთხე;

$l_3$  – დიამეტრის გაფართოების ზონის სიგრძე;

$S_1, S_2, S_3$  – მიღის კედლის სისქე რედუცირების, კედლის მოჭიმვის და დიამეტრის გაფართოების ზონების ბოლოში;

$S_0$  – საწყისი მასრის კედლის სისქე;

$S_a$  – მიღის კედლის სისქე ავტომატდგანის შემდეგ;

$d_0$  – მასრის დიამეტრი;

$d_a$  – მიღის დიამეტრი;

$\delta_a$  – სამართულის დიამეტრი.

ზოგად შემთხვევაში დეფორმაციის კერა უკან დაწეულ სამართულზე გლინვისას სამ ზონას შეიცავს; ესენია: რედუცირების (AC), კედლის მოჭიმვისა (CB) და დიამეტრის გაფართოების (BD) ზონები. პირველ ზონაში (AC რკალი) ლითონის დეფორმაცია ძირითადად ხასიათდება მასრის დიამეტრის შემცირებით, ხოლო კედლის სისქე აქ პრაქტიკულად უცვლელია (ნახ. 2), ე. ი.

$$\Delta d = d_0 - d_1;$$

$$\Delta S_1 = 0; S_1 = S_0.$$

მეორე ზონაში (CB-რკალი), პირიქით, ძირითადი დეფორმაცია მასრის კედლის მოჭიმვაა. მასრის დიამეტრი აქ უმნიშვნელოდ იცვლება, ე. ი.

$$\Delta d_2 = d_1 - d_2 = 0; \Delta S_2 = S_2 - S_1 = S_2 - S_0.$$

მესამე ზონაში (BD-რკალი) ხდება მიღის დიამეტრის გაფართოება, ხოლო კედლის სისქე ამ შემთხვევაში პრაქტიკულად არ იცვლება, ე. ი.

$$\Delta d_3 = d_3 - d_2; \Delta S_3 = S_2 - S_3.$$

ლითონის დეფორმაცია გაფართოების ზონაში ფასდება შემდეგი კოეფიციენტებით:

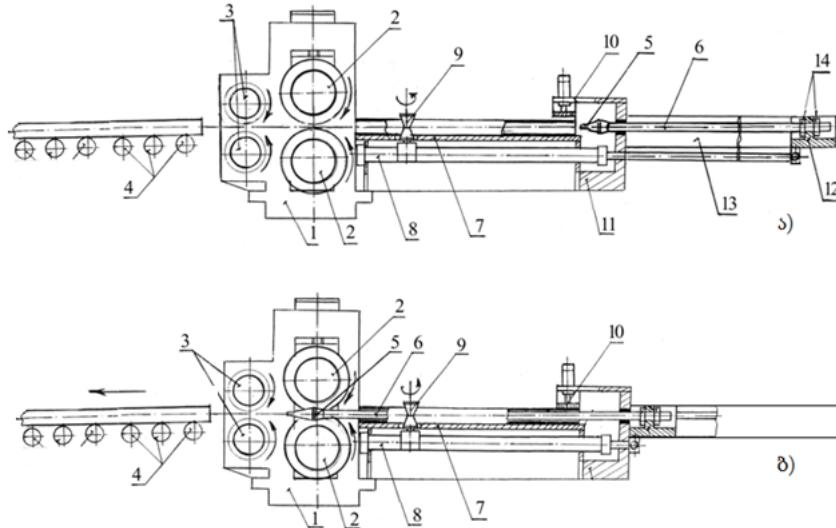
- კედლის სისქის მოჭიმვის კოეფიციენტით,  $\lambda_3 = S_2 / S_3 > 1$ ;

- დიამეტრის გაფართოების კოეფიციენტით,  $k = (d_3 - S_3) / (d_2 - S_2) > 1$ ;

- შემოჭიმვის კოეფიციენტით,  $\mu_3 = (d_2 - S_2)S_2 / (d_3 - S_3)S_3 < 1$ .

როგორც ავტომატური დგანის დეფორმაციის კერის ანალიზმა ცხადყო, უკან დაწეულ სამართულებელ მიღების გლიცენისას დაფიქსირდა დეფორმაციული პარამეტრების მნიშვნელოვანი განსხვავება ავტომატურ დგანზე გლიცენის ჩვეულებრივ პროცესთან შედარებით, რაც გასათვალისწინებელია გლიცენის ცხრილის გაანგარიშებისა და ტექნოლოგიური ინსტრუმენტის დაკალიბრების დროს.

მე-3 ნახ-ზე წარმოდგენილია უკან დაწეული სამართულის მქონე ავტომატური დგანის სქემა [5].



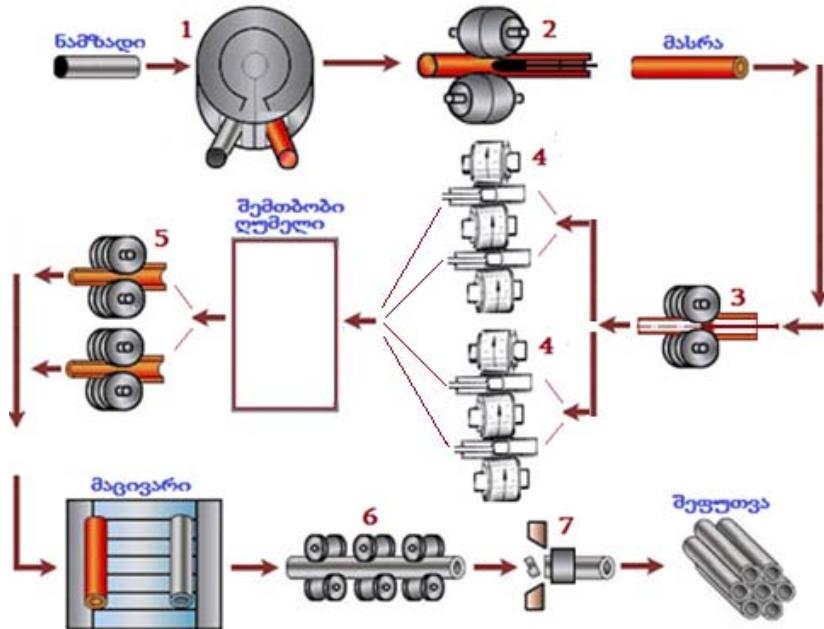
ნახ. 3. უკან დაწეული სამართულით მომუშავე ავტომატური დგანის სქემა: 1 – ავტომატური დგანის მუშა უჯრა; 2 – მუშა გლიცენები; 3 – უკუმიწოდების გორგოლაჭები; 4 – გამუგანი როლგანგი; 5 – სამართული; 6 – სამართულის ლერო; 7 – მიმღები ლარი; 8 – პნევმოცილინდრი; 9 – მიმწოდებელი გორგოლაჭები; 10 – მასრის მიმჭერი; 11 – საყრდენის სადგარი; 12 – მოძრავი საყრდენი; 13 – მოძრავი საყრდენის მიმმართველები; 14 – ლეროს დამჭერი ქანჩები

ავტომატური დგანი შემდეგი პრინციპით მუშაობს: საწყის მდგომარეობაში (ნახ. 3, а) სამართული (5) გამოყვანილია დეფორმაციის კერიდან და იმყოფება დგანის ფარგლებს მიღმა, მიმწოდებელი გორგოლაჭები (9) დაშორიშორებულია, მასრის მიმჭერი (10) კი ზედა მდგომარეობაში იმყოფება. მასრის დარში (7) მოხვედრისთანავე ჩაირთვება პნევმოცილინდრი (8), რომელიც მოძრავ საყრდენს (12) გადააადგილებს მარჯვნიდან მარცხნივ, რის შედეგადაც სამართული (5) გაივლის მასრის შიგნით (გლიცენის ცხრილის თანახმად, მასრის დიამეტრი რამდენიმე მმ-ით აღემატება სამართულის დიამეტრს) და მოთავსდება დეფორმაციის კერაში გლიცენების (2) კალიბრის არეში (ნახ. 3, ბ). მიმწოდებელი გორგოლაჭები მიუახლოვდება ერთმანეთს და მიაწოდებს მასრას დგანის გლიცენებს, სადაც მოხდება მისი გაგლინება. გაგლინული მიღი გორგოლაჭებით (3) გადაუცემა გამუგან როლგანგს (4), რომლის მეშვეობით მიღი გამოდის დგანიდან. ამის შემდეგ დგანის ყველა მექანიზმი უბრუნდება საწყის მდგომარეობას.

თანამედროვე ავტომატურ დგანებზე გორგოლაჭები (3) მიღს აბრუნებს დგანის უკანა მაგილიდან წინა მაგილაზე ხელმეორედ გაგლინებისათვის [6]. ავტომატური დგანის აღწერილ კონსტრუქციაში გორგოლაჭები (3) ბრუნავს იმავე მიმართულებით, როგორიც აქვს მუშა გლიცენებს და მიღი გააქვს დგანიდან. გარდა ამისა, გამარტივებულია ავტომატური დგანის მუშა უჯრის კონსტრუქცია, ვინაიდან მას არ სჭირდება სოლური მექანიზმი დგანის ზედა გლიცენის ასაწევ-დასაწევად. ამით იზრდება როგორც მისი, ისე დგანის საიმედოობა, რადგან

სამართულის დერო გლინგის დროს მუშაობს არა კუმულაციე (როგორც ეს ხდება არსებულ ავტომატურ დგანებზე), არამედ გაჭიმვაზე. ეს კი უზრუნველყოფს დეროს გრძივი მდგრადობის შენარჩუნებას და სამართულის სტაბილურ მდგომარეობას დეფორმაციის კერაში, რაც ამაღლებს გაგლინული მილების სიზუსტეს.

მე-4 ნახ-ზე წარმოდგენილია უკან დაწეული სამართულით მომუშავე ავტომატურდგანიანი მილსაგლინი აგრეგატის ტექნოლოგიური სქემა.



ნახ. 4. უკან დაწეული სამართულით მომუშავე ავტომატურდგანიანი მილსაგლინი აგრეგატის სქემა:

- 1 – რგოლური დუბელი;
- 2 – განმაღრუებელი დგანი მასრის დერმული გაცემით;
- 3 – ავტომატური დგანი უკან დაწეული სამართულით;
- 4 – ორხაზოვანი შემომგლინავი დგანები (ორი დგანი);
- 5 – საკალიბრებელი დგანები (ორი დგანი);
- 6 – მასწორებელი მანქანა;
- 7 – მილების ბოლოების ჩამოსაჭრელი დანადგარი

მილების გლინგის ტექნოლოგიური პროცესი მიმდინარეობს შემდეგი თანმიმდევრობით: პირველი ოპერაციის დროს ხდება მილნამზადის საჭირო ზომებად დანაწევრება 1500 ტ-იან წელზე. შემდეგ მილნამზადი ჩაიტვირთება მბრუნავქვედიანი დუმლის (1) ქვედზე, გლინგისათვის საჭირო ტემპერატურამდე გახურებისთანავე გამოიტვირთება დუმლიდან და მიკროტება განმაღრუებელი დგანისაკენ (2).

განმაღრუებელ დგანზე მილებული მასრა გადაეცემა ავტომატურ დგანს (3), სადაც სრულდება მასრის გრძივი გლინვა სასურველი კედლის სისქის მისაღებად. ჩვეულებრივ, ავტომატურ დგანზე გლინვა ხორციელდება ორი გატარებით. მეორე გატარების წინ მიმდებ დარში მილს აბრუნებენ 90°-ით, რათა პირველი გატარების დროს წარმოქმნილი მილის კედლის შესქელებები მეორე გატარებისას კალიბრის სიმაღლეზე იყოს და მოხდეს მათი გადაგლინვა. ვინაიდან მოცემულ ტექნოლოგიურ სქემაში ჩართულია უკან დაწეული სამართულით მომუშავე ავტომატური დგანი, გლინვას სჭირდება მხოლოდ ერთი გატარება.

ავტომატური დგანიდან მილი გადაეცემა ერთ-ერთი შემომგლინავი მანქანის (4) მიმდებ დარს. შემომგლინავი მანქანის დანიშნულებაა მილის შიგა და გარე ზედაპირების გასწორება-დაუთვება, რითაც უზრუნველყოფს ავტომატურ დგანზე გლინვისას წარმოქმნილი მილის შიგა ნაკაწრების გასწორებას. შემოგლინვის შედეგად მილის შიგა და გარე ზედაპირი ხდება გლუვი, მცირდება მისი კედლის უთანაბრობა და მილი დგბულობს მრგვალ ფორმას.

მოცემულ ტექნოლოგიურ სქემაში გამოყენებულია ორხაზოვანი შემოგდინავი მანქანები, რომლებიც ემსახურება ავტომატური დგანის მწარმოებლურობის მნიშვნელოვან ზრდას.

შემოგდინავი მანქანიდან მიღი მიეწოდება 7-გალიან საკალიბრებელ დგანებს (5), სადაც ხდება მიღის დიამეტრის საბოლოო ფორმირება. საკალიბრებელი დგანი წარმოადგენს გრძივი გლინგის სამართულის არმქონე უწყვეტი გლინგის დგანს. დგანის მუშა უჯრები დახრილია თანმიმდევრობით სხვადასხვა მხარეს, პორიზონტის მიმართ  $45^{\circ}$ -იანი კუთხით. მეზობელი უჯრები ერთმანეთან ქმნის  $90^{\circ}$ -იან კუთხეს.

უჯრების ასეთი განლაგების შედეგად მიღის მოჭიმვა დიამეტრზე ხორციელდება ორი ურთიერთმართობი მიმართულებით. საკალიბრებელი დგანის კალიბრები ოვალური ფორმისაა (გარდა ორი სასუფთაო კალიბრისა, რომლებსაც აქვს მრგვალი ფორმა). საკალიბრებელი დგანის მუშა უჯრებში ხდება მიღის დიამეტრის თანდათანობითი მოჭიმვა საბოლოო დიამეტრის მიღებამდე.

მოცემულ ტექნოლოგიურ სქემაში გამოყენებულია ორი საკალიბრებელი დგანი, რაც ასევე ხელს უწყობს აგრეგატის მწარმოებლურობის ზრდას.

საკალიბრებელი დგანის შემდეგ გამჟღანი როლგანგების მეშვეობით მიღები მიეწოდება მაცივარს გასაცივებლად. გაცივების შემდეგ ისინი გადაეცემა ცივად მოსაპირკეთებელ განუფილებას, სადაც შესაძლებელია მიღების გასწორება მასწორებელ მაქანებზე (6), ხოლო ბოლოების ჩამოჭრა – ჩამოსაჭრელ დანადგარებზე (7). საბოლოო პროცესი სრულდება კონცენტროლით, რაც გულისხმობს შიგა და გარე ზედაპირების დათვალიერებას, გეომეტრიული ზომების შემოწმებას, მარკირებასა და შეფუთვას.

## დასკვნა

ამრიგად, უკან დაწეული სამართულის მქონე მიღსაგლინი აგრეგატის ავტომატურ დგანებზე მიღის გაგლინვა ხდება ერთი გატარებით. ამიტომ მიღნამზადები დამუშავების პროცესში გადაადგილდება ტექნოლოგიური ნაკადის მიმათულებით, რაც აგრეგატის მწარმოებლურობის ზრდის ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი ფაქტორია.

ავტომატური დგანის დეფორმაციის კერის ანალიზის საფუძველზე დადგინდა, რომ უკან დაწეული სამართულით მიღების გლინგისას დეფორმაციული პარამეტრების ბევრად უფრო მნიშვნელოვანი განსხვავებები გამოიკვეთა, ვიდრე ჩვეულებრივი პროცესების დროს.

უკან დაწეული სამართულით მომუშავე ავტომატური დგანი უზრუნველყოფს აგრეგატის საიმედოობას, სამართულის დეროს გრძივი მდგრადობის შენარჩუნებას და სამართულის სტაბილურ მდგომარეობას დეფორმაციის კერაში, რაც განაპირობებს გაგლინული მიღების სიზუსტეს.

## ლიტერატურა – REFERENCES

1. Друян В. М., Гуляев Ю. Г., Чукмасов С. А. Теория и технология трубного производства. РИА/Днепр-ВАЛ, Днепропетровск, 2001. - 543 с.
2. Шевакин Ю. Ф., Глейберг А. З. Производство труб. М.: Металлургия, 1968. - 440 с.
3. Виноградов А. Г. Трубное производство. М.: Металлургия, 1981. - 343 с.
4. Перчанник В. В., Друян В. М., Попов М. В. Особенности новой технологии прокатки труб в круглом калибре на неподвижной конусной оправке. Металлургическая и горно-рудная промышленность. Украина, Днепропетровск, 2000, с. 317-318.

5. რ. ადამია, ს. მებონია, თ. ნატრიაშვილი, დ. დემეტრაძე. ავტომატური მილსაგლინი დგანის რაციონალური სქემის შემუშავება//მეცნიერება და ტექნოლოგიები, №1–3, 2009, გვ. 52-56.
6. Вердеревский В. А., Глейберг А. З., Никитин А. С. Трубопрокатные станы. М.: Металлургия, 1983. - 240 с.

## METALLURGY

### DEVELOPMENT OF NEW SCHEME OF TUBE ROLLING UNIT

**S. Mebonia, J. Melkadze, G. Otarashvili, T. Tservadze**

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

**Resume.** The technological process of longitudinal rolling of seamless tubes is considered, the deformation zone is analyzed and its features are revealed. A scheme of a tube-rolling unit is proposed, which includes an automatic mill with a mandrel screwed in the deformation zone. This scheme makes it possible to carry out the rolling process with high accuracy and significantly increase the productivity of the unit.

**Keywords:** automatic mill; mandrel; tube-rolling unit.

**სისტემური მიზანის თეორიის გამოყენებით ფესაცელის  
ზოგადოენცატურულ მახასიათებელთა ფორმირების მეთოდოლოგია  
თინათინ მაღლაკელიძე**

(ა.კ. წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი, საერთაშორისო ასოციაცია „ST-GEORGITALI“)

**რეზიუმე:** განხილულია სისტემური მიზანის თეორიის გამოყენებით ფესაცელის ზოგადნომენცატურულ მახასიათებელთა ფორმირების მეთოდოლოგია და ამ მახასიათებელთა კლასიფიკაცია ცალკეული პარამეტრების თეორიული განმარტებების სისტემაზე ინიციატივით, რომელიც ეყრდნობა ხარისხის განმსაზღვრელ ფაქტორებს სისტემაში „ადამიანი – ტანსაცმელი (ფესაცელები) – გარემო“.

**საკვანძო სიტყვები:** ადამიანი; კლასიფიკაცია; ფესაცელები; ხარისხი.

### **შესავალი**

მოსახლეობის მატერიალური კეთილდღეობისა და კულტურული დონის ზრდის პარალელურად ყოფით ცხოვრებაში მნიშვნელოვანი ადგილი უჭირავს ტანსაცმლის (ფესაცმლის) ხარისხის ამაღლებასა და მისი ასორტიმენტის გაფართოებას.

ცნობილია, რომ ტანსაცმლის (ფესაცმლის) ხარისხის შეფასება ხდება უქსპლუატაციის პროცესში მისი უშუალო გამოყენების დროს. ყველა დანარჩენ ტექნიკური კლასიფიკაცია დაგენერირდა, ვაჭრობა, სტანდარტიზაცია და სხვ.) იგი ფასდება თეორიულად. კონკრეტულ მომსმარებელს არ შეუძლია ზუსტად და ობიექტურად შეაფასოს ნაკეთობის ხარისხის დონე, რადგან ის ემყარება მხოლოდ პირად გამოცდილებას და ზედაპირულ ცოდნას.

ნაკეთობის ხარისხის შეფასება შესაძლებელია მხოლოდ მეცნიერულად დასაბუთებული მეთოდიების მოთხოვნების შესაბამისად იმ სპეციალისტების მიერ, ვისოვისაც ცნობილია მეცნიერებისა და ტექნიკის უახლესი მიღწევები, ნაკეთობათა საუკეთესო ნიმუშები და, რაც მთავარია, აქვთ გარკვეული ცოდნა ამ დარგში. ხარისხის შეფასების დღემდე არსებული კომპლექსური მეთოდები არასრულყოფილი და მეცნიერულად დაუსაბუთებელია, რადგან განსაზღვრული დანიშნულების ნაწარმის თვისებათა მაჩვენებლები არ წარმოადგენს ერთიან სისტემას, ხოლო ცალკეული კონსტრუქციებისათვის რეკომენდებულ მაჩვენებელთა ჯგუფები არ გამოდგება ხარისხის მართვის საშუალებად.

დიზაინერმა შეიძლება გარეგნულად ფესაცმლის (ტანსაცმლის) ძალიან დამაზი მოდელი შექმნას, მაგრამ სილამაზესთან ერთად მას უნდა ჰქონდეს ისეთი თვისებები, როგორიცაა ადამიანის სხეულის ზომა-სისრულესთან შესაბამისობა, შერჩეულ მასალათა პიგიენურობა, კომფორტულობა, გარემო პირობებისადმი მედეგობა და მრავალი სხვა თვისება, რომლებიც დამოკიდებულია ნაკეთობის დანიშნულებაზე, მომსმარებელთა კატეგორიასა და მათ სამომხმარებლო მოთხოვნებზე იმ ფაქტორთა გათვალისწინებით (ტემპერატურის ცვალება-დობა, ყინვამედეგობა, ტენმედეგობა და ა.შ.), რომლებისთვისაც შეიქმნა ესა თუ ის ნაკეთობა.

პალზე მნიშვნელოვანია ისიც, რომ ზემოაღნიშნულის გარდა, ხარისხი უნდა ითვალისწინებდეს ადამიანის ანატომიურ-ფიზიოლოგიურ (ერგონომიკულ და ფუნქციონალურ), ესთეტიკურ, საწარმოო-ეკონომიკურ, კონსტრუქტორულ-ტექნოლოგიურ და სხვა თავისებურებებსაც.

ფეხსაცმელი (ტანსაცმელი), როგორც აღვნიშნეთ, წარმოადგენს რთულ დინამიკურ სისტემას, რომელიც დამოკიდებულია ადამიანის თავისებურებებსა და გარემოზე. ეს სისტემა მოითხოვს ორმხრივ განხილვას: ერთი მხრივ, სტატიკაში (როდესაც ადამიანი დროებით ჩამოშორებულია დინამიზმს, ანუ რეალურ მდგომარეობას) და, მეორე მხრივ, დინამიკაში (როდესაც იგი გარემოში რეალურად არსებობს). აღნიშნული სისტემა კი დინამიკაში წარმოჩნდება ფუნქციონირებისა და განვითარების სახით (წარმოშობა, ჩამოყალიბება, რღვევა, კვლავ განვითარება, ევოლუცია).

რთული დინამიკური სისტემის მოცემული ადგვატური წარმოდგენის შესაბამისად გამოკვლევები მის შესახებ მიზანშეწონილია წარიმართოს საგნობრივი, ფუნქციონალური და ისტორიული მიმართულებებით.

მთავარი ადგილი მსუბუქი მრეწველობის ნაკეთობების თვისებათა კლასიფიკაციაში ეკუთვნის მომხმარებელთა მოთხოვნებს, რომლებიც გამომდინარეობს თვისებათა ზოგადი, ნომენკლატურული მახასიათებლების ერთობლიობიდან. კლასიფიკაციის საფუძველი კი არის ნაკეთობის (ფეხსაცმლის, ტანსაცმლის და ა.შ.) დამოკიდებულება თვით ადამიანთან და მის გარემომცველ სამყაროსთან.

ნაწარმის კლასიფიკაცია, თვისებათა იერარქიული განთავსება და აგების ეტაპები ითვალისწინებს მისი ზოგადი თვისებების თანმიმდევრულ განლაგებას უპირატესობების მიხედვით და მათ დეტალიზაციას (კვლევებით მიღებული დაუშლელი ელემენტების ნორმატიულ მახასიათებლებამდე დაყვანას).

მსუბუქი მრეწველობის სამეცნიერო ინსტიტუტებისა და უმაღლესი სასწავლებლების კვლევის შედეგები, სადისერტაციო ნაშრომების მასალები და სპეციალური ლიტერატურა ეკონომიკის, სისტემური ანალიზის, სტანდარტიზაციის, ხარისხის მართვის, კვალიმეტრიისა და შესატვრული კონსტრუირების სფეროში, ნაწარმის ხარისხის არსის გამოვლენის საშუალებას იძლევა, რის საფუძველზეც უნდა მოხდეს მისი სტრუქტურული ანალიზი და ერთიან სისტემაში მოქცევა, რათა დაზუსტდეს არც თუ ისე მკვეთრად გამოხატული ტერმინოლოგია ნაკეთობის ხარისხის (ნომენკლატურული თვისებების) შესახებ.

მსუბუქი მრეწველობის ნაწარმის (ტანსაცმლის, ფეხსაცმლის) ნომენკლატურული მახასიათებლების სისტემატიზებისა და იერარქიული დონეების განაწილებისას თავს იჩენს მთვლი რიგი სირთულეები, რომლებიც დაკავშირებულია ტერმინოლოგიურ განმარტებითან, მათ შინაარსობრივ აღქმასთან, თვისობრივ შემცნებასთან და სხვ., რაც, თავის მხრივ, თეორიული მასალების განზოგადების დროსაც ქმნის გარკვეულ სიძნელეებს. ამისათვის აუცილებელია მსუბუქი მრეწველობის ნაწარმის (ტანსაცმელი, ფეხსაცმელი) ზოგადნომენკლატურული მახასიათებლების კლასიფიკაცია, ცალკეული პარამეტრების თეორიული განმარტებების სისტემატიზიება, თვისებათა მიხედვით მიმდევრობით განლაგება და თვით სისტემის ფორმირება.

აღსანიშნავია, რომ დღემდე არსებულ ლიტერატურაში არ არის თავმოყრილი ფეხსაცმლის (ტანსაცმლის) და გამოყენებული მასალების (როგორც ნაკეთობის) მახასიათებლებითა ზოგადნომენკლატურული მაჩვენებლები, რომლებიდანაც შესაძლებელი გახდებოდა დაპროექტების წინ დასაპროექტებელი ობიექტისათვის საჭირო მახასიათებლების დასაბუთებული შერჩევა გარემოს გათვალისწინებით.

სამეცნიერო კვლევები შესრულებულია ისეთ ინფორმაციებზე დაყრდნობით, როგორიცაა ფეხსაცმლის ხარისხის განმსაზღვრელი ფაქტორები სისტემაში „ადამიანი—ტანსაცმელი (ფეხსაცმელი)—გარემო“ და შეიძლება მათი გამოყენება როგორც მეთოდოლოგიურ

სახელმძღვანელოდ საგნების (მასალათმცოდნეობა, ნაკეთობათა კონსტრუირება, ტექნოლოგია, დიზაინი და სხვ.) შესასწავლად, ისე სხვადასხვა სახის ნაწარმის ხარისხის ნომენკლატურული მახასიათებლების ფორმირებისათვის [1-3].

ტანსაცმლის ხარისხის შეფასების მეთოდის დამუშავებისას ფართო მნიშვნელობის მქონე საკითხის გადაჭრა დაკავშირებულია ნებისმიერი სახის ტანსაცმლის დაპროექტებასა და ხარისხის მართვასთან, რაც შემდეგ ეტაპზე უზრუნველყოფს კონკრეტული ტიპის მზა პროდუქციის მაღალ ხარისხს. ამ საქმეში უდიდესი წვლილი აქვს შეტანილი მასალათმცოდნე პ. ბუზოვს, რომელსაც ეკუთვნის ტანსაცმლის ხარისხის შეფასების მეთოდიების შექმნა ციფრი კლიმატური პირობებისათვის [4].

## ძირითადი ნაწილი

ფეხსაცმლის ხარისხის ანალიზის პრინციპები. განვითარებად მრეწველობასა და მოსახლეობის მზარდ მოთხოვნილებებს შორის წინააღმდეგობის თავიდან აცილების ერთ-ერთი გზაა ფეხსაცმლის (ტანსაცმლის) ხარისხის მართვის სისტემის სრულყოფა. ამასთან დაკავშირებით აუცილებელია იმის ცოდნა, თუ რა იგულისხმება ფეხსაცმლის ხარისხში, როგორ ყალიბდება მოთხოვნები ხარისხზე, შეიძლება თუ არა სრულად შეფასდეს ხარისხი, როგორ შეიძლება ანალოგიურ ნაკეთობათა (ნივთების) ხარისხის ერთმანეთთან შედარება და ა.შ.

შეცნიერებისა და ტექნიკის განვითარება, ცოდნის გაღრმავება და შესწავლილი მოვლენების კვლევის გაფართოება შესაძლებლობას იძლევა უფრო სრულყოფილად იქნეს განხილული კვლევის ობიექტები (ტანსაცმელი, ფეხსაცმელი და სხვა ნაკეთობები), როგორც ურთიერთდაკავშირებული ელემენტების ერთობლიობა (სისტემები, სტრუქტურები).

სოციალური და ეკონომიკური პირობების დონის ცვლილებამ გამოიწვია მოთხოვნების გაზრდა პროდუქციის ხარისხის მიმართ. ამ ფაქტორებმა გავლენა მოახდინა ისეთი ეკონომიკური კატეგორიების გაგებაზე (განმარტებაზე, აღქმაზე), როგორიცაა პროდუქციის ხარისხი და პროდუქციის ხარისხის მართვა, რაც გულისხმობს:

- პროდუქციის ხარისხის აუცილებელი დონის უზრუნველყოფას მისი დამუშავების, წარმოქმნისა და ექსპლუატაციის პროცესში;
- ხარისხის სისტემატიურ კონტროლს პროდუქციის ხარისხზე მოქმედ პირობებსა და ფაქტორებზე მიზანდასახული ზემოქმედების გზით.

პროდუქციის ხარისხის მართვის სისტემის დაპროექტება, ისევე როგორც მისი სრულყოფა, უნდა ემყარებოდეს პრინციპს, რომ პროდუქციის ხარისხის მართვის სამეურნეო მექანიზმი არის ორგანიზებული სისტემა და ამ სისტემაში მართვა განიხილება, როგორც ინფორმაციის ფორმირების პროცესი, რომელიც უნდა ითვალისწინებდეს მართვის კრიტერიუმების ეფექტიანობას, ასევე ფუნქციის, შემადგენლობისა და მართვის სისტემების ორგანიზაციული სტრუქტურების, მექანიზმებისა და მეთოდების თანმიმდევრულ გამოყენებას.

„ხარისხის“ გაგების ეფოლუცია, ფილოსოფიური თვალსაზრისით, გამოყვლეულია ა. გლიჩევის, ვ. პანოვისა და სხვათა მიერ. მათ ნაშრომებში თავდაპირველად ხარისხი განხილული იყო, როგორც შრომის პროდუქტის ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი თვისება, მაგრამ შემდეგ მასალათა წარმოების, მეცნიერებისა და ტექნიკის განვითარებასთან ერთად გამოჩნდა სხვა, არანაკლებ მნიშვნელოვანი თვისებებიც, რომლებიც გარკვეულ როლს ასრულებს საგნის (ნაკეთობის) ხარისხის შეფასებაში.

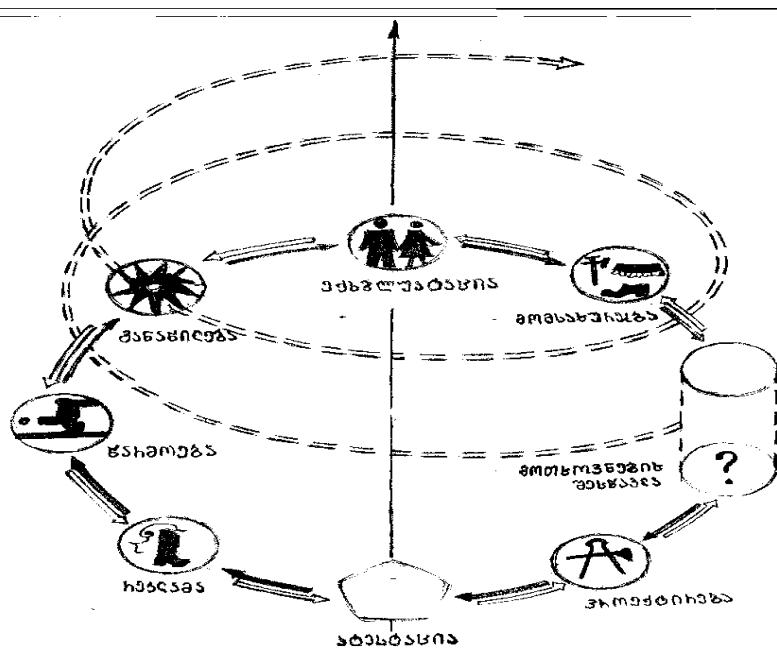
დღემდე პროდუქციის ხარისხის ერთმნიშვნელოვანი შეფასების სირთულის გამო ხარისხი მიზნეული იყო ნაკეთობის პარამეტრების შესაბამისობად ნორმაზიულ-ტექნიკურ დოკუმენტაციაში მითითებულ პარამეტრებთან. შემდეგ ეტაპზე შეფასებებში გაჩნდა ტერმინები:

„დეფექტი“ და „წუნი“, თუმცა ეს ტერმინები ვერ ასახავდა მომხმარებელთა გაზრდილ მოთხოვნებს ნაკეთობის თვისებებისადმი.

ძალზე რთულია ფეხსაცმლის ხარისხის შეფასება ცალკეულ სტადიებზე (იგულისხმება დაპროექტება, დამზადება, გამოცდილი ნიმუშებისა და სერიული პროდუქციის წარმოება). სპეციალისტების აზრით, თანამედროვე პირობებში ფეხსაცმელი უნდა შეფასდეს ყველა იმ მაჩვენებლის მიხედვით, რომლითაც შესაძლებელი იქნება ნაკეთობის ხარისხის განსაზღვრა მთლიანობაში (შექმნიდან მოყოლებული, ექსპლუატაციის ჩათვლით). ეს მოსაზრება განპირობებულია იმით, რომ ფეხსაცმელმა, რომელმაც ატესტაციის დროს მაღალი შეფასება მიიღო, რატომდაც ექსპლუატაციისას ვერ დაიმსახურა მომხმარებლის მოწონება.

შემუშავებული მეთოდოლოგიით ფეხსაცმლისადმი წაყენებული საზოგადოებრივი მოთხოვნები წინასწარ კონკრეტულება მიზნობრივი დანიშნულების შესაბამისად და ვლინდება ის ძირითადი ფუნქციები, რომლებიც უნდა შესარულოს ფეხსაცმელმა ექსპლუატაციის პროცესში. ეს ფუნქციები ზუსტდება მომხმარებლის საექსპლუატაციო-სამომხმარებლო (ფუნქციონალური) მოთხოვნილებების სახით და დაპროექტებასა და წარმოებასთან ერთად მოიცავს თვისებათა ნომენკლატურულ დონეებად განაწილებას (მათ შორის არსებული კავშირების გამოვლენით).

ფეხსაცმლის ხარისხის მართვის სრულყოფისა და მასზე თვისებათა იერარქიულ-ხარისხობრივი მოთხოვნების სრულად ჩამოყალიბებისათვის საჭიროა ფეხსაცმლის ხარისხის ფორმირების ციკლის შესწავლა, რომელიც მზარდი სპირალის ფორმითაა წარმოდგენილი და რამდენიმე ურთიერთდაკავშირებული ეტაპისა და თანმიმდევრულად განლაგებული გრაფიკული მოდულისაგან შედგება (ნახ. 1).



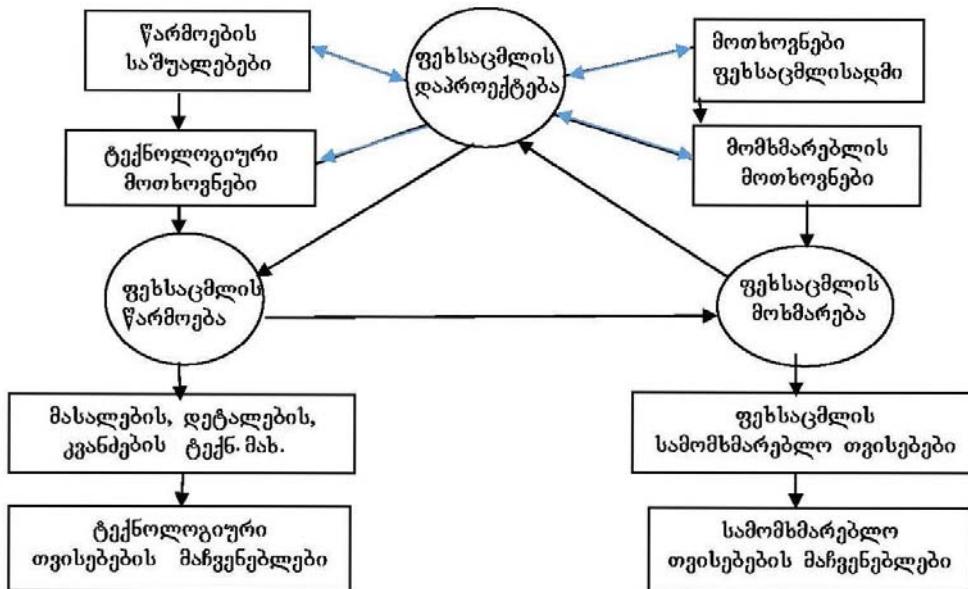
ნახ. 1. ფეხსაცმლის ხარისხის ფორმირების ციკლი

როგორც ნახაზიდან ჩანს, დაპროექტების საწყის ეტაპზე ხდება სისტემის – „ადამიანი – ტანსაცმელი (ფეხსაცმელი) – გარემო“ – თვისებების გაანალიზება, ძირითადი მოთხოვნების შესწავლა და წარმოების ზრდის ტემპის დადგენა, რომელსაც მომხმარებელი წარუდგენს გარკვეული მიზნობრივი დანიშნულების ფეხსაცმელს გარემოსა და ახალი შესაძლებლობების გათვალისწინებით.

დაპროექტებისა და ექსპერიმენტული ნიმუშების დამზადების შემდეგ სამსატვრო-ტექნიკური საბჭოები და საატესტაციო კომისიები თეორიულად აფასებენ ფეხსაცმლის ხარისხის დონეს და ამის შემდეგ ხდება დამტკიცებული ნიმუშების შეთანხმება სავაჭრო ორგანიზაციებთან.

**რეგლამა** მომხმარებელს აცნობს წარმოებისათვის შეთავაზებული ფეხსაცმლის დახასიათებას, რომელიც წარმოების ეტაპზე იძენს საჭირო საექსპლუატაციო თვისებებს, ანუ გარკვეულ ხარისხს (ნახ. 2).

ფეხსაცმლის ექსპლუატაციის პროცესში (რომელშიც შედის ფეხსაცმლის შეკეთება და წმენდა) ვლინდება წარმოებისას მისთვის მინიჭებული თვისებების ხარისხი და სწორედ ხარისხის მიხედვით აფასებს ფეხსაცმელს მომხმარებელი.



ნახ. 2. ფეხსაცმლის ხარისხის საექსპლუატაციო-სამომხმარებლო  
მოთხოვნათა ჯგუფის კავშირის სქემა

**ფეხსაცმლის ხარისხის კომპლექსური შეფასებისას** (ხარისხის დონის შეფასების პირველ ეტაპზე) დგინდება თვისებათა ნომენკლატურა, რომელიც განსაზღვრავს ნაკეთობის ხარისხს. ნაკეთობათა ხარისხის განმსაზღვრელი მაჩვენებლების რაოდენობა ცვალებადია. კერძოდ, ამ მაჩვენებლებთა რაოდენობის ზრდა იწვევს საერთო შეფასების სიზუსტის გაზრდას, ხოლო მაჩვენებლების მცირე რაოდენობა არასაკმარისად განსაზღვრავს როგორც ხარისხს, ისე შეფასების სიზუსტეს, ამიტომ მთავარია განისაზღვროს თვისებათა მაჩვენებლების ოპტიმალური რაოდენობა.

ახალი მეთოდოლოგიით პროდუქციის ხარისხის შეფასებისას განმარტებაში ჩაიდომ მნიშვნელოვანი მაჩვენებლები (დანიშნულება, საიმედოობა, ხანგამელეობა, ტექნიკურია, სტანდარტიზაცია და უნიფიკაცია, ერგონომიკა, ესთეტიკა და, ბოლო წლებში, ხარჯებიც კი), რომლებიც საჭიროა პროდუქციის წარმოებისათვის, ე. ი. წარმოიქმნა „ოპტიმალური ხარისხის“ ცნება.

სისტემაში ფეხსაცმლის ხარისხის შეფასების მთავარი ეტაპია თვისებათა იერარქიული დონეების (ხის) აგება, რომელიც საფუძვლად უდევს კლასიფიკაციას და მიზანშეწონილია საერთო იყოს მომხმარებელთა ყველა ჯგუფისათვის

**მომხმარებლის მიერ ფეხსაცმლისადმი წაყენებული მოთხოვნები შეიძლება განხილული იქნეს ისეთ მდგომარეობად, როდესაც ორგანიზმს ნორმალური ფუნქციონირებისა და ზრდისათვის სჭირდება გარკვეული პირობები. მოთხოვნა არ წარმოადგენს რეალურ საგანს. იგი არსებობს მხოლოდ ჩვენს წარმოდგენაში გონებრივად შექმნილი საგნის სახით. საზოგადოებას ახასიათებს მუდმივი განვითარება. ძირითადი ფაქტორი, რომელიც იწვევს მოთხოვნების ზრდას, არის საწარმოო ძალების განვითარება და საზოგადოების შესაძლებლობა (ნიჭი) – დაიქმაყოფილოს ესა თუ ის (თუნდაც ახლად წარმოქმნილი) მოთხოვნილება. მოთხოვნებისა და საწარმოს შორის გარკვეული დამოკიდებულება არსებობს. მოთხოვნები განაპირობებს წარმოებას და იქმნება ნაწარმი, რომელმაც უნდა დააკმაყოფილოს მომხმარებელი. მოხმარების შედეგად ცვდება ნაწარმი და საჭირო ხდება ახლის დამზადება. ამიტომაც გრძელდება ეს პროცესი უსასრულოდ.**

წარმოების გარდა, მოთხოვნების ზრდასა და განვითარებაზე მნიშვნელოვან გავლენას ახდებს მოსახლეობის განათლებისა და კულტურის დონის ამაღლება, საზღვარგარეთის ქვეყნებთან დარგობრივი და ეკონომიკური კავშირების გაფართოება (გამოფენების მოწყობა და სხვ), მაგრამ ზოგიერთ ნაწარმზე მოთხოვნათა ნაწილი რჩება უცვლელი, რაღაც მათი ჩამოყალიბება ხდებოდა საუკუნეების განმავლობაში გარკვეული ტრადიციებისა და წესების საფუძველზე უცვლელ კლიმატურ და გეოგრაფიულ პირობებში. ეს განხსაკუთრებით ეხება კავკასიის, შეკა აზიის, ბალტიისპირეთისა და სხვა ქვეყნების ხალხების ფეხსაცმლისა და ტანსაცმლის ტრადიციულ კონსტრუქციებს, რომლებიც საქმაოდ კონსერვატიულია (მაგალითად, ქართული ქალამანი, აზიური აზიაცია, რომაული კალტები მულერი და მონათა სკილპონეალი, ძველბერძნული ენდომისები და კოტურნები, მაშიები, შოსები და სხვ). მოთხოვნების მხრივ გამოიყოფა ორი ტენდენცია: დინამიკურობა და კონსერვატიულობა. მოთხოვნების განვითარებაში კი გადამზევები ფაქტორია დინამიზმი.

ადამიანის მოთხოვნების სფერო ცხოვრებაში არ რჩება უცვლელი. ის განუწყვეტლივ იზრდება, დიფერენცირდება, მდიდრდება შინაარსით; ცვალებადია მათი ურთიერთდამოკიდებულება და კავშირები.

მოთხოვნები ფეხსაცმელზე (ტანსაცმელზე) განიხილება, როგორც მოსახლეობის პირადი მოთხოვნები, რომლებიც საზოგადოებრივი მოთხოვნების ერთ-ერთი სახეა და სხვადასხვა კრიტერიუმის მიხედვით პირობით შეიძლება დაიყოს, მატერიალურ (ბიოლოგიურ) და სულიერ (სოციალურ) მოთხოვნებად.

მატერიალური მოთხოვნები ჩნდება ადამიანის ფიზიოლოგიური არსიდან გამომდინარე, ყალიბდება ადამიანის საზოგადოებრივ-პოლიტიკური განვითარების პროცესში და საფუძლად ედება მის მოღვაწეობას. მატერიალურ მოთხოვნებს განეკუთვნება მოთხოვნილება საჭმლის, ტანსაცმლის, საცხოვრებლის და სხვა საგნების მიმართ.

სულიერი მოთხოვნილებები ჩნდება საზოგადოებისა და საწარმოო ძალთა განვითარების შედეგად (შრომა, სწავლა, ურთიერთობა, საზოგადოებრივი მოღვაწეობა და სხვ) და დიდ როლს ასრულებს ადამიანის ცხოვრებაში.

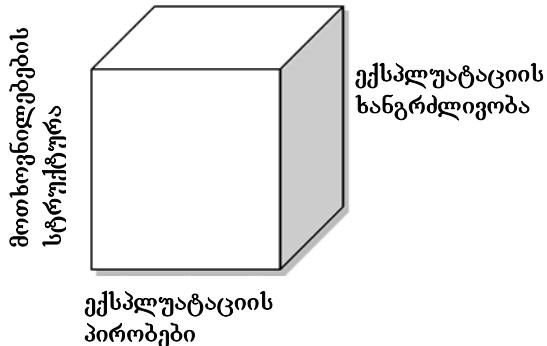
კვლევის მიზანი იყო ფეხსაცმლის ზოგადნომენკლატურული მახასიათებლების ერთობლიობის შედგენა, რომლის საშუალებითაც შესაძლებელი გახდებოდა მოთხოვნათა იმ ჯგუფის შერჩევა, რომელსაც მომხმარებელი წინასწარ წარუდგენდა ფეხსაცმელს, როგორც მიზნობრივ ნაკეთობას კონკრეტულ გარემოში ექსპლუატაციისათვის.

მომხმარებლის წინასწარი მოთხოვნები იმდენად ზუსტი უნდა ყოფილიყო, რომ ამ მოთხოვნების საფუძველზე შედგენილი ფეხსაცმლის ფუნქციების მოთხოვნათა რაციონალურ ჯგუფს უნდა მოეხერხებინა თანამედროვე კონსტრუქციისათვის მიენიჭებინა მკვეთრად გამოხატული მიზნობრივი დანიშნულება, კონკრეტული სოციალური მისამართი და შესაბამისი ხარისხის დონე. ასეთ შემთხვევაში ნაწარმი დამუშავდებოდა მომხმარებელთა კონკრეტული

ჯგუფისათვის და უზრუნველყოფდა მის ხანგრძლივ ექსპლუატაციას იმ გარემოში, რომლისთვისაც იგი შეიქმნა.

დასახული მიზნიდან გამომდინარე, ადარ იქნებოდა საჭირო კ. წ. მუდმივსეზონური ფეხსაცმლის წარმოება, რომელიც ყველგან შეიძლებოდა ჩაეცვა ადამიანს და ყველა სეზონზე გამოეყენებინა, არამედ წინასწარ დამუშავებული მომხმარებელთა მოთხოვნილებების შესაბამისად შეიქმნებოდა მრავალმიზნობრივი სხვადასხვა ფეხსაცმელი, რომმდებიც კონკრეტულ გარემოში კონკრეტული დანიშნულებით იქნებოდა გამოყენებული. გარდა ამისა, განისაზღვრებოდა მისი ხარისხი გარემოსთან შესაბამისობის, დანიშნულებისა და ხანგამდებობის თვალსაზრისითაც, რადგან განვითარებულ საზოგადოებაში უკვე კარგა ხანია ჩამოყალიბდა აზრი თანამედროვე კონსტრუქციის მქონე მიზნობრივ-ფუნქციონალური ფეხსაცმელების წარმოების შექმნის აუცილებლობის შესახებ.

მე-3 ნახ-ზე წარმოდგენილია მიზნობრივი დანიშნულების მიხედვით შექმნილი ფეხსაცმლის ასორტიმენტის სტრუქტურის სამგანზომილებიანი მატრიცა. მატრიცის ყოველი კუბი გარკვეული მიზნობრივი ფეხსაცმლის ასორტიმენტია, რომელიც შესაბამება მომხმარებლის მოთხოვნილებებს, რომლებიც მაქსიმალურად უნდა იქნეს დაკმაყოფილებული ფეხსაცმლის თვისებების მხრივ.



ექსპლუატაციის  
პირობები

### ნახ. 3. ფეხსაცმლის ასორტიმენტის ტექნიკური მატრიცა

შესწავლილი ინფორმაციის საფუძველზე ფორმირებულ იქნა ფეხსაცმლის ზოგადნომენკლატურულ მოთხოვნათა ჯგუფები და ჩატარდა კლასიფიკაცია, რომლის მეშვეობით შესაძლებელი გახდა წინასწარ ჩამოყალიბებულიყო დასამზადებელი ნაკეთობის თვისებები მისი მიზნობრივი დანიშნულებისა (გარემოს) და ადამიანთა იმ ჯგუფის მოთხოვნილების გათვალისწინებით, რომლისთვისაც მზადდება ესა თუ ის ნაკეთობა. მაგალითად, სპორტული ფეხსაცმელი (ძალოსნის, წანმოვარჯიშის, ფეხბურთელის, რაგბისტისა და სხვ.); სამუშაო სპეციალური ფეხსაცმელები (ჯარისკაცის, მფრინავის, პოლიციელის და სხვ.); სასცენო, ქალის, მამაკაცის, ბავშვისა და მრავალი სხვა დანიშნულების ფეხსაცმელი.

1990 წლს აკადემიკოს ვ. ფუკინის ხელმძღვანელობით დამუშავდა სადისერტაციო ნაშრომი [1], რომლის მიხედვითაც სისტემური მიღობრის თეორიის გამოყენებით შეიქმნა ფეხსაცმლის ზოგადნომენკლატურულ მახასიათებელთა ფორმირების მეთოდოლოგია [8], რომელიც შემდეგ გამოყენებულ იქნა მთელი რიგი ისეთი სამეცნიერო სამუშაოების შესასრულებლად, როგორიცაა ნომენკლატურული თვისებების ფორმირება ბალეტის (პუნტის), სამედიცინო, სასცენო, სოფლის მეურნეობის მუშაქთა, ძალოვანი სტრუქტურების (ჯარი, პოლიცია, მფრინავი, მეზღვაური და სხვ.) სპეციალური ფეხსაცმელებისა და სპეციალური სამოსისა და ფეხსაცმლის, ტყვიისა და ბეწვის ნაკეთობების,

ქართული ნაქარგობებისა და სხვა დანიშნულების ნაწარმის თვისებათა წინასწარი ფორმირებისათვის და შემდეგ პრაქტიკულად დამზადებისათვის [10].

სისტემური მიღორმის თეორიის გამოყენებით ფეხსაცმლის ზოგადნომენკლატურულ მახასიათებელთა ფორმირების მეთოდოლოგიურ საფუძვლებში წარმოდგენილია ისეთი საკითხები, როგორიცაა [2, 3, 5]:

- ფეხსაცმლის ზოგადნომენკლატურული მახასიათებლების ერთობლიობა;
- ფეხსაცმლის ნომენკლატურული მახასიათებლების თეორიული განმარტებები;
- სისტემური მიღორმის თეორიის გამოყენებით ფეხსაცმლის ხარისხის მაჩვენებლების ერთიანი იერარქიული სქემის სტრუქტურა;
- სქემების დაშლა ცალკეულ თვისებრივ ელემენტებად;
- ცალკეული იერარქიული დონისათვის განვითარების ახალი იერარქიული დონის შექმნის შესაძლებლობა.

აღნიშნული საკითხები ძირითადად მოიცავს ფეხსაცმლის დასამზადებლად გამოყებული მასალების შესახებ სამომხმარებლო ნომენკლატურული თვისებების დეტალურ განხილვას, მათ დაშლას და თვისებრივი მახასიათებლების საერთო ნიშან-თვისებების ჯგუფებად წარმოდგენას, გარემოს გათვალისწინებით სამომხმარებლო მოთხოვნათა კვლევას ნაწარმისა და გამოყენებული მასალის გამდლეობაზე.

**ფეხსაცმლის თვისებები.** თანამედროვე ფეხსაცმლის ასორტიმენტი მრავალფეროვანია. ფეხსაცმელი შეიძლება განსხვავდებოდეს ერთმანეთისაგან მიზნობრივი დანიშნულების, გარეგნობის, ძირის, ძირისა და ზედაპირის შეერთების მეთოდების, ძირისა და ზედაპირის დეტალების ფორმისა და ზომის, კონსტრუქციის, გამოყენებული მასალების, დამაკავშირებელი დეტალების, ქასლის სიმაღლისა და სხვა ნიშნის მიხედვით. ფეხსაცმლის სახესხვაობების დანიშნულებაა ფეხსაცმელს მისცეს გარკვეული ღირებულება, რომელიც გამოარჩევს მას სხვა ნაწარმისაგან. საჭიროა განვასხვაოთ მასალის, ნახევარფაბრიკატების და ფეხსაცმლის კვანძების ტექნოლოგიური თვისებები, რომლებიც წნდება ნაწარმის დამზადების დროს, ხოლო მზა ფეხსაცმლის თვისებები, როგორც აღვნიშნეთ, მუდავნდება უშუალოდ ექსპლუატაციისა და სამომხმარებლო თვისებების გამოვლენით. ექსპლუატაციის პროცესი მოხმარების ეტაპთან ერთად მოიცავს დამხმარე ეტაპებსაც (ჩაცმა, გახდა, მოვდა და სხვ.),

დ. ბროზოგსკის აზრით, სამომხმარებლო თვისებები გულისხმობს, ერთი მხრივ, არა მარტო თვისებებს, რომლებიც ვლინდება ექსპლუატაციის პროცესში, არამედ მთელი მისი მაჩვენებლების თვისებებს. მეორე მხრივ, იგი გამოყოფს თვისებების სამომხმარებლო ჯგუფებს; კერძოდ, თვისებათა არჩევას, დახასიათების კრიტერიუმებს და პროდუქციის სარგებლიანობას.

აღნიშნულიდან გამომდინარე, პროდუქციის სარგებლიანობა დაკავშირებულია დამაკმაფოლებელ ან არადამაკმაფოლებელ თვისებებთან.

ი. ლიფიცისა და გ. კუტიანინის მოსაზრებით, „საექსლუატაციო თვისებები“ განიხილება, როგორც მოხმარების სისრული. ამავე დანიშნულებით იხმარება ტერმინი „ფუნქციონალური თვისებები“. ეს ტერმინი შეიძლება მიესადაგოს თვისებებს, რომლებიც გამოირჩევა ფეხსაცმლის (ტანსაცმლის) ტარების პროცესში მისი ექსპლუატაციის განსაკუთრებულობით, ანუ თვისებებს, რომლებიც შეძლებს ნაწარმის იმ ძირითადი ფუნქციის შესრულებას, რისთვისაც შეიქმნა იგი (მთამსვლელის, მოციგურავის, კოსმონავტის და ა. შ.).

ბუნებრივი თვისებების მიხედვით მასალების დახასიათება შეიძლება ფიზიკური, ფიზიკურ-ქიმიური და ბიოლოგიური თვისებებით. დ. ბროზოგსკი მათ პირობითად “ტექნიკურ თვისებებს” უწოდებს.

ვ. შარენსკი აღნიშნავს, რომ ფუნქციონალური თვისებები უშუალოდ არის დაკავშირებული ნაწარმის ტექნოლოგიურ დახმასიათებასთან, მაგრამ მომხმარებლისათვის მნიშვნელოვანია არა მარტო ტექნოლოგიური მონაცემები, არამედ ნაწარმის მუშაობის შედეგები. სისტემურ მეთოდოლოგიაში ნაწარმის ყოველი თვისება ძირითადად განხილულია ფუნქციონალური და ტექნოლოგიური კუთხით.

**ფეხსაცმლის ნომენკლატურული მახასიათებელების დაზუსტება სისტემური მიღგომის თეორიის გამოყენებით.** ახალი მეთოდოლოგიის მიხედვით ფეხსაცმელი, როგორც ნებისმიერი სხვა ნაწარმი, განიხილვბა როგორც სისტემა, რომელიც ხასიათდება, ერთი მხრივ, მთლიანობით და, მეორე მხრივ, დანაწევრებით.

სისტემური მიღგომა ეფუძნება ისეთი ცნებების გამოყენებას, როგორიცაა „სისტემა“, „ქვესისტემა“, „იერარქია“, „ორგანიზაცია“, „მართვა“, „გარემო“ და სხვ. სისტემური მიღგომის გამოყენებისას მეტი ყურადღება ეთმობა ობიექტის სტრუქტურას და მათი ნაწილების ურთიერთკავშირის დროს გამოვლენილ თვისებებს. სისტემური მიღგომა ახდენს ნაწილების სინთეზირებას ისე, რომ მათი დამოკიდებული არსებობა შეუძლებელია, ცალკეული ნაწილი კი შეადგენს მოცემული სისტემის საფუძველს. აღსანიშნავია, რომ ყოველი სისტემა დაშლის შემდეგ შედგება ისეთი ელემენტების შემცველი ქვესისტემებისაგან, რომლებიც არ ექვემდებარება შემდგომ დაყოფას. სისტემაში ქვესისტემათა რიცხვი, ისევე, როგორც ელემენტების რიცხვი ქვესისტემაში, დამოკიდებულია სისტემის სირთულეზე და დასახულ ამოცანაზე. მაშასადამე, შესაძლებელია ყოველი ქვესისტემიდან განხორციელდეს დეტალიზაცია ნებისმიერ, ადრე მოცემულ დონემდე დასახულ ამოცანაზე დამოკიდებულებით.

სისტემურ გამოკვლევებში განსაკუთრებული მნიშვნელობა აქვს ცნებას „კავშირი“, რომელზედაც დამოკიდებულია სისტემის და მთელი სისტემური მიღგომის აღქმა (გაგება). სისტემურ ნაწილებს შორის კავშირი შეიძლება იყოს შიგა (რომლის დროსაც ურთიერთქმედებს სისტემის ნაწილები) და გარე (როცა ხდება ურთიერთქმედება სისტემასა და გარემოს შორის). სისტემის კავშირების გამოყოფის სირთულემ გამოიწვია კავშირების კლასიფიცირების აუცილებლობა. ანალიზმა გამოავლინა კავშირების შემდეგი სახეები:

- ურთიერთქმედება, ანუ მიზანი (შეიძლება ითქვას, შედეგიც), რომელიც თან სდევს ურთიერთქმედების ყოველ მხარეს;
- აგებულება, ანუ სტრუქტურა;
- ფუნქციონირება, რომელიც უზრუნველყოფს ტექნიკური ობიექტის მოქმედებას.

ყველა არსებული ინფორმაცია ფეხსაცმლის დანიშნულების მრავალფეროვნების შესახებ წარმოადგენს სტრუქტურული კავშირების სისტემას, რომელშიც ერთვება მისი ფუნქციონირებისა და მიზნის მისაღწევად აუცილებელი მომენტების საბოლოო რაოდენობა. აქედან გამომდინარე, შეიძლება წარმოვიდგინოთ საზღვარი შექმნილ სისტემასა და გარემოს შორის. სისტემური მიღგომის თვალსაზრისით პროდუქციის დამზადებას ისევე სჭირდება განხილვა, როგორც გაცილებით მაღალი დონის სისტემის ელემენტს.

პროდუქციის მაღალი ხარისხის უზრუნველყოფა საფეხსაცმლე წარმოების ერთ-ერთი ძირითადი ამოცანაა, რომლის გადაწყვეტა მრავალ ფაქტორზეა დამოკიდებული; კერძოდ: მასალების შერჩევაზე, დანიშნულებასა და დამზადების ტექნოლოგიაზე, ძირითადი და დამხმარე მასალების თვისებების შესაბამისობაზე, მოღელისა და ნამზადის კონსტრუქციასთან დაკავშირებით გამოყენებული ტექნოლოგიის თავისებურებებზე, ექსპლუატაციის პირობებსა და სხვა უამრავ ფაქტორზე, მაგრამ განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია გამოყენებული მასალების ხარისხი. ამიტომ წინასწარ საფეხსაცმლე მასალების დასაბუთებული შერჩევა მნიშვნელოვნად განსაზღვრავს მიღებული ნაწარმის ხარისხს.

ადსანიშნავია, რომ საფეხსაცმლე მასალების თვისებების სრულყოფა, მომზადება და შერჩევა, ტექნიკური მოთხოვნების დამუშავება და მათი ხარისხის მაჩვენებლების ხომენ-კლატურა მრავალი მკვლევრის მიერაა განხილული. საფეხსაცმლე მასალების ხარისხის კონტროლისა და ორგანიზაციის მეცნიერული საფუძვლების შექმნაში უდიდესი წვლილი აქვთ შეტანილი ი. ზიბინს, პ. პლატუნოვს, გ. კუტიანინს, კ. ზურაბიანს, ნ. ზაკედოვს, ბ. ფუგინს, ბ. ბუზოვს, ტ. ალიმენკოვას, გ. მარიაკოვს და სხვებს.

გამოკვლევებთან ერთად გარკვეული სამუშაოებია ჩატარებული ფეხსაცმლისა და მასალების თვისებების სისტემატიზაციასა და კლასიფიკაციაზე, რის საფუძველზეც გაწნდა მეცნიერების ახალი სფერო – კვალიმეტრია, რომელიც პროდუქციის ხარისხის შეფასების მეთოდებს შეისწავლის.

კვალიმეტრიაში მოცემულია ნებისმიერი ობიექტის ხარისხის შეფასების ჩატარების ალგორითმი, რომელიც გამოიყენება ნაწარმის ხარისხის შესაფასებლად, თუმცა ხარისხის მეცნიერულად დასაბუთებული შეფასების მეთოდოლოგია დღემდე არ იყო დამუშავებული და, აუცილებლობიდან გამომდინარე, მიზანშეწონილი აღმოჩნდა ფეხსაცმლის საექსპლუატაციო-სამომხმარებლო თვისებების ანალიზი და მეცნიერულად დასაბუთებული კლასიფიკირის შექმნა.

ფეხსაცმლის თვისებების კვალიფიცირების ცდა ალგორითმების საფუძველზე (რომელიც შეფასებას აძლევს პრაქტიკულად ნებისმიერი ნაწარმის ხარისხს) ითვალისწინებს ხარისხისათვის დამახასიათებელი თვისებების იერარქიული სქემის აგებას. ამ სქემაში თვისებათა ერთობლიობა განიხილება მრავალდონიანი იერარქიული სისტემის სახით, სადაც ფეხსაცმლის ხარისხი (როგორც განზოგადებული კომპლექსური თვისება) პირველ დონეზეა, ხოლო მისი შემადგენელი (შედარებით ნაკლებად განზოგადებული) თვისებები, შესაბამისად, მეორე, მესამე და შემდგომ დონეებზე, რაც კლასიფიკაციის რთულ სტრუქტურას ქმნის და მნელია მისი გამოყენება.

სწორედ სისტემის საერთო თეორიის შემდგომმა განვითარებამ და სისტემათა გამოყენების გამოცდილების დაგროვებამ განაპირობა სისტემური ანალიზისა და სისტემური მიდგომის მეთოდოლოგიის ჩამოყალიბება.

პროდუქციის ხარისხის მართვის კომპლექსური სისტემის სრულყოფის ძირითადი ეტაპია თვისებათა ნომენკლატურისა და პროდუქციის ხარისხის მაჩვენებლების დამუშავება, აგრეთვე მათი შეფასების ობიექტური მეთოდების შექმნა.

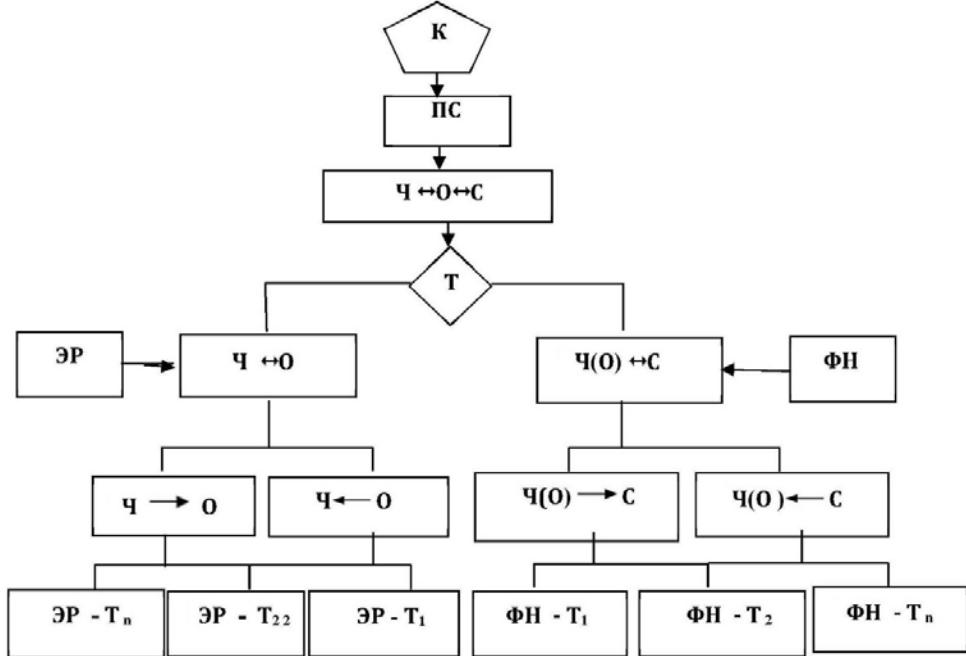
დროთა განმავლობაში გამოიკვეთა და წარმატებით ვითარდება სისტემური მიდგომის მეთოდოლოგიაზე დაფუძნებული საფეხსაცმლე მასალების შერჩევისა და მომზადების მეცნიერულად დასაბუთებული სისტემა, რომელიც ითვალისწიებს ნამზადის დანიშნულებას, აზუსტებს ცალკეული ჯგუფის ფეხსაცმლის ხარისხის მაჩვენებლების ნომენკლატურას და განსაზღვრავს თითოეული მაჩვენებლის გავლენას ხარისხის კომპლექსურ შეფასებაზე [8–11].

გარკვეული სახის ფეხსაცმლისათვის ხარისხის მაჩვენებლების ნომენკლატურის დამუშავებისას აუცილებელია ამ მაჩვენებლების იერარქიული სტრუქტურის დაზუსტება, რომელიც რამდენიმე ეტაპად მიმდინარეობს. მაგალითად, ნამზადზე მოთხოვნების შედგენისას უნდა მოხდეს ნამზადის ძირითადი თვისებების მაჩვენებლების ნომენკლატურის დადგენა და მოცემული ნამზადისათვის საჭირო მასალებისადმი წაყენებული მოთხოვნების ფორმულირება, რის შემდეგაც სისტემაში ჩაირთვება შედარებით ნაკლებად მნიშვნელოვანი ობიექტები (ას ფაქტორები).

კომპლექსური ანალიზის საფუძველზე დადგინდა, რომ ფეხსაცმლის კონსტრუქციის განხილვისას, როგორც სისტემის დამზადებისა და ექსპლუატაციის პოზიციის, ისე ადამიანის გარემონცევით საგნობრივი გარემოს ელემენტის მხრივ სისტემა „ადამიანი – ფეხსაცმლები“ (ტანსაცმელი) – გარემო“ მიზანშეწონილია ფლობდეს თანამედროვე სამომხმარებლო

თვისებებს, რომდებაც გათვალისწინებული იქნება ანატომიური, ფიზიოლოგიური, ანთროპომეტრიული, ბიომექანიკური, დამცავი და აღნიშნული სისტემისთვის დამახასიათებელი სხვა თავისებურებები.

ურთიერთქმედების შესახებ მთლიანი წარმოდგენის შესაქმნელად, დამუშავდა ფენომენის მოხმარების გრაფიკული მოდელი (ნახ. 4).



ნახ. 4. ფენომენის სამომხმარებლო თვისებების  
მოდელი სისტემაში „ადამიანი-ფენომენი-გარემო“

ქე-4 ნახ-დან ჩანს, რომ ფენომენის ხარისხის (K) მაჩვენებელი ითვალისწინებს სამომხმარებლო თვისებების სტრუქტურას (ΠC) და მისი ექსპლუატაციის პირობებს. მოცემულ სისტემაში ელემენტებს შორის კავშირების ანალიზის საშუალებით დგინდება: მითითებული ფენომენის სამომხმარებლო მოთხოვნები; ამ მოთხოვნების დაკმაყოფილების ხარისხი; კონსტრუქციული, საექსპლუატაციო და ესთეტიკური მახასიათებლების ცვლილების ტენდენცია მოცემული ჯგუფის ფენომენისათვის. გარდა ამისა, ხდება კონკრეტულ პერიოდში ამ თვისებების შესაძლო ცვლილებების განსაზღვრა.

სისტემაში ადამიანის, ფენომენისა და გარემოს ურთიერთქმედებაში მონაწილეობს მოთხოვნების ორი მნიშვნელოვანი ჯგუფი: ერგონომიკული (EP) და ფუნქციონალური (PH).

K – სამომხმარებლო თვისება;

T – მოთხოვნათა ჯგუფი;

Ψ – ადამიანი;

Ψ(O) – ადამიანი ფენომენით;

O – ფენომენი (ან ტანსაცმელი);

C – გარემო;

EP – ერგონომიკული მოთხოვნები;

PH – ფუნქციონალური მოთხოვნები;

$\left. \begin{array}{c} EP - T_1, EP - T_2 \dots EP - T_H \\ \vdots \\ PH - T_1, PH - T_2 \dots PH - T_H \end{array} \right\}$  – კონკრეტული ერგონომიკულ-ფუნქციონალური სამომხმარებლო თვისებები.

ერგონომიკა განიხილავს სისტემის ობიექტებს ერთიანობაში და ურთიერთქმედებაში. ადამიანის (როგორც ფეხსაცმლის მომხმარებლის) თავისებურებათა განხილვა, პირველ რიგში, დაკავშირებულია ტერფის აგებულებასა და ფუნქციაზე, მის ანატომიასა და ფიზიოლოგიაზე, რაც შესაძლებლობას იძლევა დაზუსტდეს ფეხსაცმლის კონსტრუქციის მუშაობის, მისი ცალკეული კვანძების, დეტალებისა და შეერთებების ხასიათი, ე. ი. გამოვლინდეს ფეხსაცმლის ყველა თვისება, რომელიც დაკავშირებულია ტერფის ფორმასა და ზომასთან. თავის მხრივ, ერგონომიკული მოთხოვნები ვლინდება მოქმედების ორი ფორმით: „ადამიანისა – ფეხსაცმელზე“ და „ფეხსაცმლისა – ადამიანზე“. ფეხსაცმლის ფუნქციონალური თვისებები კი ხელს უწყობს მისი ძირითადი ფუნქციების შესრულებას; აჩვენებს სისტემის ურთითერთქმედების ხასიათს: „გარემოსი – ადამიანზე“ და „ადამიანისა – გარემოზე“.

სისტემური მიღორმის თეორიის საფუძველზე ჩამოყალიბებული ფეხსაცმლის ზოგადნოენალატურული მახასიათებლების შესწავლით შესაძლებელი გახდა ფეხსაცმლის ხარისხის იერარქიული მაჩვენებლების ზოგადი ნომენკლატურის შექმნა, რომელიც შემოკლებული სახით წარმოდგენილია 1-ლ ცხრილში [1-3].

## ცხრილი 1

### ფეხსაცმელის (ნაწარმის) ხარისხის იერარქიული მაჩვენებლების ნომენკლატურა

დონე	შიფრი	ფეხსაცმლის ხარისხის იერარქიული მაჩვენებლების დასახელება
0	κ (co)	ხარისხი (ფეხსაცმლის თვისება ან ზოგადად მსუბუქი მრეწველობის ნაწარმის თვისება)
I	сн	სოციალური დანიშნულება
	пс	სამომხმარებლო თვისებები
	пэп	საწარმოო-ეკონომიკური მაჩვენებლები
	тоис	მოთხოვნა ფეხსაცმელზე (ნაწარმზე), რომელიც განპირობებულია გამოსავლიანობის სიტუაციით (>>)
II	эр	ერგონომიკული
	фн	ფუნქციონალური
	э	ესთეტიკური
	н	საიმედოობა
	кт	კონსტრუქციულ-ტექნოლოგიური
	тоис	სიტუაციის შესაბამისი მოთხოვნები (>>)
III	б	ბიომექანიკური
	Нг	ჰიგიენური
	п	ფსიქოლოგიური
	з	დამცავი
	эт	ესთეტიკურ-ტექნოლოგიური
	эм	ესთეტიკურ-მოდური
	сх	შენახვისუნარიანობა
	д	ხანგამდლვობა
	кт- 1	ფეხსაცმლის კვანძები
	кт - 2	ფეხსაცმლის სახეობა
	кт- 3	ფეხსაცმლის დანიშნულება
	кт - 4	სქეს-ასაკობრივი ნიშნის მიხედვით
	кт - 5	ზედაპირის მასალის მიხედვით
	кт - 6	ზედაპირის კონსტრუქციის მიხედვით
	кт - 7	ძირის მასალის მიხედვით
	кт- 8	ძირის მიმაგრების მეთოდის მიხედვით

	თის	სიტუაციის შესაბამისი ახალი მოთხოვნები (>>>)
	ა	ანატომიური მახასიათებლები
	ფვ	ფიზიოლოგიური თვისებები
	г - 1	ოფლგამძლეობა
	г - 2	მთლიანი გამტარობის თვისება
	г - 3	ფეხსაცმლის შიგა მიკროკლიმატი
	г - 4	ნაწილობრივი გამტარობის თვისება
	г - 5	სენსორული თვისება
	п - 1	დამხმარე ეტაპების თავისუფალი შესრულება
	п - 2	ნაკეთობის შესრულების კულტურა
	п - 3	ნაკეთობის პროპორციულობა
	ფЧ	ფიზიკური
	ХМ	ქიმიური
	БЛ	ბიოლოგიური
	თის	სიტუაციის შესაბამისი ახალი მოთხოვნები (>>>)

ფეხსაცმლის ხარისხის მაჩვენებელთა კლასიფიკაცია. ფეხსაცმლის ხარისხის გაუმჯობესების ღონისძიებების შემუშავებისა და ანალიზისათვის მნიშვნელოვანი ფაქტორი გახდა ხარისხის სხვადასხვა მაჩვენებლისა და ნიშნის ერთ სისტემაში მოქცევა. შეიქმნა ფეხსაცმლის ხარისხის მაჩვენებლების ოთხი ჯგუფი:

- ფეხსაცმლის დანიშნულების ჯგუფი;
- საექსპლუატაციო-სამომხმარებლო მაჩვენებლების ჯგუფი;
- საწარმოო-ტექნოლოგიური ჯგუფი;
- ეკონომიკური ჯგუფი.

ფეხსაცმლის დანიშნულების ჯგუფში შევიდა ფეხსაცმლის სახე, ზედაპირისა და ძირის მასალები, ექსპლუატაციის სხვადასხვა პირობა;

საექსპლუატაციო-სამომხმარებლო მაჩვენებლების ჯგუფში – ფეხსაცმლის საიმედოობის მახასიათებელი; ერგონომიკული, სანიტარიულ-ჰიგიენური და ესოეტიკური თვისებები. თავის მხრივ, თითოეული ჯგუფი შეიცავს გარკვეულ თვისებათა ერთობლიობას. მაგალითად, საიმედოობაში შედის ფორმის შენარჩუნების უნარი, კონსტრუქციის ხანგამდლეობა, შეკეთების უნარი და გარანტის დრო; ერგონომიკულ თვისებებში – კონსტრუქციის სიხისტე და ელასტიკურობა, ფეხსაცმლის მასა; სანიტარიულ-ჰიგიენურში – ანთროპომეტრია, სითბოდამცავი, ტენგამტარი და ტენდამცავი თვისებები; ესოეტიკურ თვისებებში გაერთიანდა მოდელის კომპოზიცია და მისი ელემენტები, ფეხსაცმლის სილუეტი და ფერი, შესაბამისობა თანამედროვე სტილთან და მოდასთან, მარკირებისა და შეფერის გაფორმება;

**საწარმოო-ტექნოლოგიური მაჩვენებლების ჯგუფს** მიეკუთვნა ფეხსაცმლის კონსტრუქცია და კალაპოტის ფორმა, ნამზადის კალაპოტზე ფორმირების მეთოდი, ძირის მიმაგრების მეთოდი, ტექნოლოგიური ნორმების დაცვა;

**ეკონომიკური მაჩვენებლების ჯგუფს** – საბითუმო და საცალო ფასები, თვითდირებულება, დანაკარგები (წუნის გამო) და რეკლამაციები.

ძველ სახტანდარტო მოთხოვნებში ძირითადად წარმოდგენილია მხოლოდ ფეხსაცმლის ხარისხის თვისებათა ერთობლიობა, საიდანაც შეიძლება განისაზღვროს კონკრეტული ნაწარმისათვის ხარისხის თვისებები, რომლებიც განაპირობებს მის ვარგისიანობას (ე. ი. აკმაყოფილებს დანიშნულების შესაბამის მოთხოვნებს), მაგრამ მასში სისტემის სახით არ არის წარმოდგენილი ერთმანეთს დაქვემდებარებული და ერთმანეთისაგან გამომდინარე მსგავსი თვისებების ერთობლიობა. განსაკუთრებით არასაკმარისადაა გამოხატული ფეხსაც-

მდის სქესი (ჯგუფი), როგორც მისი დანიშნულების ერთ-ერთი ნიშანი. მაგალითად, გოგონასა და ბიჭის ფეხსაცმელი. ასევე არასაკმარისია განსხვავება გოგონასა და ქალის, მამაკაცისა და ბიჭის ფეხსაცმელს შორის, რაც შინაარსობრივად ამცირებს ფეხსაცმლის ხარისხს.

სისტემური მიღგომის თეორიის მიხედვით შედგენილი ფეხსაცმლის ზოგადნომენკლატურულ მახასიათებელთა ცხრილისა და მეთოდოლოგიური საფუძვლების [1-3, 10] გამოყენებით კი შესაძლებელია მიზნობრივი დანიშნულების ფეხსაცმლისათვის წინასწარ განისაზღვროს და კვლევას დაქვემდებაროს სასტანდარტო მოთხოვნები, რომლებიც შემდგომში უზრუნველყოფს კონკრეტული ნაწარმის ხარისხს.

ახალი სასტანდარტო მოთხოვნებთან პროდუქციის შესაბამისობის უნარი არის სწორედ მისი ხარისხის დონე, რომელიც ყოველი მიზნობრივი დანიშნულების ფეხსაცმლის სტანდარტში ნომენკლატურული თვისებებისა და კვლევით დაზუსტებული კონკრეტული მახასიათებლების სახით იქნება შეტანილი (მაგალითად, ძალოვანი სტრუქტურების, სამედიცინო, საყოფაცხოვრებო, სასცენო და სხვა დანიშნულების ფეხსაცმლის სტანდარტი), მაგრამ სტანდარტში წარმოდგენილი თვისებები და მახასიათებლები არ სცდება მიზნობრივი დანიშნულების ფეხსაცმლის, თუმცა ის შეიძლება გამეორდეს სხვა დანიშნულების ფეხსაცმლის სტანდარტში სხვა გარემოს შესაბამისი სამომხმარებლო მახასიათებლებით.

ფეხსაცმლის ხარისხის საექსპლუატაციო-სამომხმარებლო მაჩვნებლებიდან მთავარია საიმედობა, რომელიც აერთიანებს ფეხსაცმლის სხვადასხვა ფიზიკურ-მექანიკურ თვისებას.

უკეთეს მოდური და საჭირო ფეხსაცმელიც კი არ გაიყიდება, თუ მომხმარებელი დაქვემდება, რომ ის მეორე დღესვე „დაიშლება“. საიმედობა და ხანგამძლეობა ერთმანეთთან შეიძლოდ დაკავშირებული ცნებებია, რომლებიც შინაარსობრივად ერთმანეთისაგან განსხვავდება, რადგან საიმედობაში იგულისხმება ექსპლუატაციის პერიოდში განსაზღვრული კალენდარული დროით ფეხსაცმლის თვისებების სრული (შეკეთების გარეშე) შენარჩუნება, ხოლო ხანგამძლეობა ახასიათებს ფეხსაცმლის თვისებების დიდხანს შენარჩუნებას (მისი პერიოდული შეკეთების გათვალისწინებით). საერთოდ, ფეხსაცმლის შეკეთების უნარი, მისი კონსტრუქციისა და დამზადების მეთოდისაგან განსხვავდებით, წარმოადგენს ხარისხის ერთ-ერთ ნიშანს, ფეხსაცმლის ზედაპირისა და ძირის დეტალების მრავალჯერადი შეკეთების უნარი კი მოწმობს ფეხსაცმლის მაღალ საიმედობას, ანუ მის ხარისხს.

თავისი ნაშრომებით ზოგიერთი მეცნიერი (ზიბინი, ცვეტკოვი, ლიუბიჩი, ჩერნიკოვი და სხვ.) განსაკუთრებულ ყურადღებას უთმობს ფეხსაცმლისა და საფეხსაცმელე მასალების საიმედობას. თუმცა დღესდღეობით მაინც არ არსებობს დახვეწილი, მწყობრი, კომპლექსური მეცნიერება ფეხსაცმლის საიმედობის შესახებ. პირველი ცდა გაერთიანებინა სამეცნიერო-კვლევითი ნაშრომები ამ სფეროში ეკუთვნის მ. ლიუბიჩს. მისი აზრით, ფეხსაცმლის ტარების ხანგრძლივობა (დღეებში) შეიძლება გამოისახოს შემდეგი ფორმულით:

$$P=T_1+T_2+T_3,$$

სადაც  $T_1$  ფეხსაცმლის ტარების პირველი პერიოდი (გამოცდა საიმედობაზე);

$T_2$  – ტარების მეორე პერიოდი (დეტალებისა და მიმაგრების ელემენტების თანდათანობით გაცვეთის დრო);

$T_3$  – ტარების მესამე პერიოდი (პირველი შეკეთებიდან ფეხსაცმლის საბოლოო გაცვეთამდე).

თუ მეცნიერულად და ექსპერიმენტულად დავასაბუთებთ სამივე პერიოდისათვის რაოდენობრივ მნიშვნელობებს დროში, მაშინ შესაძლებელია ყველა სახის, ჯგუფისა და დანიშნულების ფეხსაცმლისათვის დადგენილ იქნეს გამოსადევობის ტექნიკურად დასაბუთებული ნორმატივები. შესაბამისად, შეიძლება შეფასდეს ფეხსაცმლის ტარებისადმი მდგრადობა მასალების, მიმაგრების ელემენტების, ტექნოლოგიის ხარისხის გაუმჯობესების გზით  $P$  ნორ-

მასთან შედარებით. ამ დონისძიებების განხორციელების შემდეგ ზემოთ მოყვანილი ფორმულა დებულობს შემდეგ სახეს:

$$P' = T_1' + T_2' + T_3'.$$

გამოსადეგობის კოეფიციენტი შეიძლება გაანგარიშებულ იქნეს ფორმულით:

$$K = \frac{P'}{P}.$$

აღნიშნული კოეფიციენტი ყოველთვის მეტი უნდა იყოს ერთხე.

К კოეფიციენტის გავლენა მომხმარებლის დანახარჯებზე ფეხსაცმლის შესყიდვასა და შემდეგ შეკეთებაზე გამოისახება ქვემოთ მოცემული კანონზომიერებით. დავუშვათ, რომ ერთი წევილი ფეხსაცმლის საცალო ფასია  $M=75$  ლარი, ხოლო შეკეთების საშუალო დირებულება –  $N=25$  ლარი, მაშინ მომხმარებლის მთლიანი დანახარჯები ტოლი იქნება  $S=75+25=100$  ლარის. თუ ფეხსაცმლის ტარების ხანგრძლივობის კოეფიციენტი გაიზრდება  $K=1,2$ -მდე, მაშინ მომხმარებლის დანახარჯები იქნება

$$S' = \frac{S}{K} = \frac{100}{1,2} = 83,3 \text{ ლარი.}$$

ე. ი. 100 ლარი შემცირდება 16 ლარით და 70 თეთრით ( $100-83,30=16,70$ ).

ფეხსაცმლის ფორმამდგრადობა განპირობებულია ზედაპირის მასალების ფიზიკურ-მექანიკური თვისებებით, ფეხსაცმლის კონსტრუქციით და ისეთი ოპერაციების სწორად წარმართვით, როგორიცაა დატენიანება, ფორმირება და შრობა. ზედაპირის სწრაფი დეფორმაცია აისახება არა მარტო ფეხსაცმლის გარეგნულ სახეზე, არამედ იგი იწვევს ფეხსაცმლის დაშლის პროცესის დაჩქარებას. ამასთან დაკავშირებით ფორმამდგრადობის მაჩვენებელიც იმ მაჩვენებლების ჯგუფს მიეკუთვნება, რომელიც ახასიათებს ფეხსაცმლის საიმედოობას, ანუ მის ხარისხს.

ფეხსაცმლის ერგონომიკული თვისებები. მომხმარებლისთვის განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია ტერფის შესაბამისი ზომისა და დანიშნულების სწორად შერჩეული ფეხსაცმელი, რომელიც გამოირჩევა ენერგიის მცირე ფიზიკური დანახარჯებით გადაადგილების დროს. აღსანიშნავია, რომ მოუქნელი, მძიმე და ტარებისათვის მოუხერხებელი ფეხსაცმელი იწვევს სწრაფ დაღლას. ამასთან, ხისტ ფეხსაცმელში მცირე ამორტიზაციის გამო სწრაფად ფუჭდება ლანჩა.

ადამიანი ფეხსაცმლის მოღუნვისას ხარჯავს გარკვეულ ენერგიას (მაგალითად,  $7 \div 10$  ათასი მოხრისას ცალკეულ ტერფზე დღეში მოდის  $70-100$ -დან  $175-265$  კნ-მდე ენერგია). ცნობილია, რომ ტერფის მოხრისას დიდ წინააღმდეგობას ქმნის დაბაში. ტყავისლანჩიანი ფეხსაცმლით სიარულის დროს ადამიანი უფრო მეტად იღლება, ვიდრე ფორმგანი რეზინისლანჩიანი ფეხსაცმლის ხმარებისას. იმისდა მიხედვით, თუ როგორია ფეხსაცმლის სახე, დანიშნულება, ძირის მიმარტების მეთოდი და მასალები, ენერგიის ხარჯვაც სხვადასხვა.

მაღალი ხარისხის განმაპირობებელი ერთ-ერთი აუცილებელი ნიშანია სათანადო სანიტარიულ-ჰიგიენური თვისებებით ფეხსაცმლის სრული უზრუნველყოფა. ფეხსაცმლისადმი წაყენებული ძირითადი ჰიგიენური მოთხოვნების მიხედვით ფეხსაცმელი უნდა შეესაბამებოდეს ტერფის ფორმასა და ზომებს. აუცილებლად უნდა იყოს წყალგაუმტარი, ჰიგროსკოპული, ზამთრის პირობებში უნდა პქონდეს სითბოდამცავი თვისებები, მაგრამ – ვენტილირებული, რათა არ მოხდეს კანის გაღიზიანება (დაზიანება). ამასთან, გახათვალისწინებელია ისიც, რომ ოფლის ზემოქმედების შედეგად ტყავის დეტალებში შეიძლება დაიწყოს დაშლის პროცესი, რაც გამოიწვევს ფეხსაცმლის ვარგისიანობის ვადის შემცირებას.

ახალი მეთოდოლოგით ანალოგიური განხილვების საფუძველზე უნდა განხორციელდეს დასაპროექტებელი ფეხსაცმლის ყველა საჭირო თვისების შესწავლა და ნორმატიული

მასასიათებლების დადგენა. ამდენად, ფეხსაცმლის დაპროექტებისას ხარისხის ნომენკლატურული მაჩვენებლების ოთხივე ჯგუფში შემავალი თვისებების სასტანდარტო მასასიათებლების მიხედვით (რანჟირების დაზუსტების ჩათვლით) აუცილებელია:

- დასაპროექტებლი ფეხსაცმლის კვლევა ფეხსაცმლის ხარისხის ფორმირების ციკლში (ნახ. 1);
- კვლევა ექვემდებარებოდეს ფეხსაცმლის ხარისხის საექსპლუატაციო-სამომხმარებლო მოთხოვნათა ჯგუფის კავშირის სქემას (ნახ. 2);
- ფეხსაცმლის ასორტიმენტის ტექნიკური მატრიცის (ნახ. 3) მიხედვით დაზუსტდეს დასამზადებელი ფეხსაცმლის საექსპლუატაციო პირობები, მომხმარებლის მოთხოვნილებები და განისაზღვროს საექსპლუატაციო დროის ხანგრძლივობა;
- დამუშავდეს ფეხსაცმლის სამომხმარებლო თვისებების მოდელი სისტემაში (ნახ. 4);
- 1-ლი ცხრილის მიხედვით ერგონომიკული და ფუნქციონალური თვისებების გათვალისწინებით შეირჩეს დასამზადებელი ფეხსაცმლის ნომენკლატურული მასასიათებლები; დადგინდეს და დამტკიცდეს სტანდარტი სასტანდარტო ნორმატიული მასასიათებლებისა და კონკრეტული ფეხსაცმლის ხარისხის განმსაზღვრელი ნომენკლატურული მასასიათებლების ერთობლივობით.

## დასკვნა

სისტემის საერთო თეორიის განვითარებამ და სისტემათა გამოყენების გამოცდილების დაგროვებამ, აგრეთვე მსუბუქი მრეწველობის მრავალფეროვანი ნაწარმისადმი (ტანსაცმელი, ფეხსაცმელი, ჩანთები და სხვ.) მომხმარებელთა გაზრდილმა მოთხოვნებმა ჩამოაყალიბა სისტემური ანალიზისა და სისტემური მიდგომის ახალი მეთოდების შექმნის აუცილებლობა, რომელშიც პროდუქციის ხარისხის მართვის კომპლექსური სისტემის სრულყოფის ძირითადი ეტაპია თვისებათა ნომენკლატურისა და პროდუქციის ხარისხის მაჩვენებლების დამუშავება, აგრეთვე მათი შედარების ობიექტური მეთოდების შექმნა, რომლის თანახმადაც შესასწავლი ობიექტი (ნაწარმი) შეიძლება წარმოდგენილ იქნეს, როგორც ერთი მთლიანი საგანი, რომელიც, თავის მხრივ, შედგება ელემენტებისაგან, ნაწილებისაგან, ნაწილობისაგან და სხვ. მათ შესასწავლად საჭიროა ნაწარმის (საგნის ან ობიექტის) შემადგენელ ნაწილებად დაშლა (დაუშლელ ელემენტების მათი დაყვანით), შემადგენელ ნაწილაკებს შორის ურთიერთკავშირების გამოვლენა, კვლევის სრულყოფითი გახსნისათვის გამოსადეგი მეთოდოლოგიის დამუშავება, მთლიანი სისტემის თვისებრივი მასასიათებლების (ელემენტების, ელემენტთაშორისი ურთიერთობების, შიგა და გარე ფაქტორების ზეგავლენის და შ. შ.) დეტალური განხილვა.

სისტემური მიდგომის თეორიის მიხედვით ფეხსაცმლის ზოგადნომენკლატურულ მასასიათებლთა ფორმირების მეთოდოლოგიური საფუძვლები წარმატებით გამოიყენება ნებისმიერი გარემოსათვის საჭირო ფეხსაცმლისა და მისთვის შერჩეული მასალების სასტანდარტო თვისებების ფორმირებისა და კვლევისათვის, ცდებზე დაქვემდებარებული ცალკეული მახასიათებლების დაზუსტების მიზნით და სხვადასხვა სფეროში არსებულ საგანთა შესწავლა-შემეცნებისათვის.

## ლიტერატურა – REFERENCES

1. Маглакелидзе Т. А. Изготовление спецобувь для субтропических зон Грузии". Диссертация, т.1 -2 ; Д. тр. № 113187. М., 1988.

2. თ. ა. მაღლაკელიძე. სისტემურ მიდგომაზე დაყრდნობით ფეხსაცმელების საერთონო-მენეჯმენტურული მაჩვენებლების ფორმირების მეთოდოლოგიური საფუძვლები. ტ. 1-2, ქუთაისი: აკ. წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტის გამომცემლობა, 2009.
3. Зыбин Ю.П. Материаловедение изделий из кожи. М.: Легкая индустрия, 1968. - 384 с.
4. Бузов Б. А., Модестова Н. Д., Алименкова и др. Материаловедение швейного производства. М.: Легкая индустрия, 1978.
5. თ. ა. მაღლაკელიძე. მასალათმცოდნეობა. წიგნი 1-2; ტყავის ნაკეთობათა მასალები და წარმოების პროცესები. ქუთაისი: აკ. წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტის გამომცემლობა. 2013. - 184 გვ. ISBN (978-9941-455-13-1).
6. თ. ა. მაღლაკელიძე. მასალათმცოდნეობა. წიგნი 3; ტყავის ნაკეთობებში გამოყენებული ფურნიტურა, ახალი მასალები და გამოცდის მეთოდები. ქუთაისი: აკ. წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტის გამომცემლობა. 2013. - 112 გვ. ISBN (978-9941-455-12-4).
7. თ. ა. მაღლაკელიძე. მასალათმცოდნეობა. წიგნი 4; სამკერვალო ნაკეთობათა მასალები, ქუთაისი: აკ. წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტის გამომცემლობა, 2013. – 90 გვ. ISBN (978-9941-455-14-8).
8. თ. ა. მაღლაკელიძე. მსოფლიო ქვეყნების ძალოვანი სტრუქტურების სპეციალისტების კატალოგი. შოთა რუსთაველის საქართველოს ეროვნული სამეცნიერო ფონდი (საგრანტო პროექტი № 262), ქუთაისი: აკ. წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტის გამომცემლობა, 2008.
9. თ. ა. მაღლაკელიძე ძალოვანი სტრუქტურების სპეციალისტების ხარისხის მაჩვენებლების ნომენკლატურული მასასიათებლების ფორმირება. შოთა რუსთაველის საქართველოს ეროვნული სამეცნიერო ფონდი (საგრანტო პროექტი № 262). ქუთაისი: აკ. წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტის გამომცემლობა, 2008.
10. თ. ა. მაღლაკელიძე. ტყავის წარმოება. ტერმინები და განსაზღვრებები. სტანდარტი 3123.; შოთა რუსთაველის საქართველოს ეროვნული სამეცნიერო ფონდი (საგრანტო პროექტი № GNSF/ST07/7-262). ქუთაისი: აკ. წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი, 2009.

## LIGHT INDUSTRY

### METHODOLOGICAL FOUNDATIONS FOR THE FORMATION OF GENERAL NOMENCLATURAL CHARACTERISTICS OF SHOES BY THE THEORY OF SYSTEMIC APPROACH

**T. Maghlakelidze**

(A. Tsereteli State University, Internacionall Assotiation „ST-GEORGITALI“)

**Resume.** The methodological foundations of the formation of the general nomenclature characteristics of footwear are considered using the theoretical-systems approach.

The classification of features is the introduction of theoretical explanations of individual parameters into a system based on quality factors in this system "people-clothes (shoes)-environment".

**Keywords:** classification; person; quality; shoes.

## ტოპინმზეს უმზირას სამპურნალო თვისებები

### ნინო ჭანკვეტაძე

(საქართველოს მეცნიერებათა ეროვნული აკადემია)

**რეზიუმე:** შესწავლიდია (2009–2021 წწ.) ტოპინმზეს უმზირას წარმოების ტექნოლოგია. დადგენილია, რომ ამ პიბრიდის მწვანე მასაში შაქრების შემცველობაა 10,9–15,9 %, ხოლო ტუბერებში – 18,2–19,4 %. ტოპინმზეს უმზირას მწვანე მასის მოსავლიანობა ჰექტარზე სარწყავ პირობებში 60 ტ-მდეა, ტუბერებისა კი – 20–30 ტ-ის ფარგლებში მერყვობს. თითქმის ანალოგიური შედეგებია მიღებული საქართველოს ტენით ნაკლებად უზრუნველყოფილ მუნიციპალიტებშიც.

ტოპინმზეს უმზირას ტუბერებისაგან მომზადებულ სურსათს ახასიათებს აღდგენითი ფუნქციებიც, რაც მეტად მნიშვნელოვანია მათთვის, ვისაც ნივთიერებათა ცვლის დარღვევა აღენიშნებათ; ტოპინმზეს უმზირას ტუბერები შეიცავს ვიტამინ ბიოტინს და სისხლწარმოქმნელ მარილებს; ინულინი ტუბერს აძლევს სასიმოვნო გემოს და სიმსუსეს. ეს თვისება დადგებითად მოქმედებს ადამიანის ჯანმრთელობაზე, განსაკუთრებით მათზე, ვინც სისტემატური შიმშილის გრძნობას განიცდის.

ტოპინმზეს უმზირას მწვანე მასა გამოიყენება ცხოველთა საკვების დანამატად.

**საკვანძო სიტყვები:** ბუდობრივი და კომპაქტური „თესვა“; შაქრის შემცველი პიბრიდები; პიბრიდიზაცია.

### შესავალი

XX საუკუნის 40-იან წლებში სელექციური მუშაობის შედეგად შესაძლებელი გახდა მიწავაშლას მზეს უმზირასთან შეჯვარებით შექმნილიყო სასურსათო და საკვები მაღალდუროიანი და კომპაქტურბუდინი პიბრიდებით კულტურა ტოპინმზეს უმზირა, რომლის ტუბერები მიწაში შეჯგუფებულად იზრდება და ამოღების შემდეგ არ რჩვება ნაგერალი. პიბრიდიზაციის გზით შესაძლებელია აგრეთვე ტუბერიანი მზეს უმზირას და თესლოვანი მიწავაშლას ახალი ფორმების გამოყვანა. სახელწოდება „ტოპინმზეს უმზირა“ ბოტანიკოსებმა ველური ფლორიდან კი არ აიღეს, არამედ სელექციონერების მიერ გამოყვანილ მცენარეს უწოდეს. ტოპინმზეს უმზირა თვისებებით იგი მიეკუთვნება ტუბერიან მცენარეებს და ბევრი მსგავსება აქვს მიწავაშლასთან.

### ძირითადი ნაწილი

კვლევის ჩატარების პირობები. მინდვრის სტაციონარული ცდები დაიწყო 1999 წელს. ცდები ტარდებოდა სხვადასხვა სქემით და დღემდე გრძელდება. დანაყოფის სააღრიცხვო

ფართობი უოველ სქემაში შეადგენდა 100 მ<sup>2</sup>-ს, განმეორება იყო ოთხჯერადი, ხოლო დროში განმეორება, კვლევის დასახული მიზნებიდან გამომდინარე, მერყეობდა 3-დან 5 წლამდე. ექსპერიმენტი დაპავშირებული იყო გამოყენებული მინერალური სასუქების სახეებსა და ნორმების გავლენაზე, მცენარეთა ბიოლოგიურ მოსავლიანობაზე (მწვანე მასა+ტუბერები), კონსისტემის პარამეტრების ზემოქმედებაზე, ხოლო კვების არე წარმოდგენილი იყო წინა წლებში დაგენილი საუკეთესო ვარიანტით: 70X70 სმ (აგროტექნიკური ფონი).

გამოკველვებით დადგინდა, რომ ტოპინმზესუმზირას ტუბერების დარგის საუკეთესო პერიოდია მარტის ბოლო დეკადა და მოსავლის პირველი აღება იწყება ოქტომბრის ბოლოს და გრძელდება ნოემბრის პირველ დეკადაში, ხოლო შემდგომ დარჩენილი (ნიადაგში შენახული) მოსავლის აღება ხდება მეორე წლის მარტის ბოლომდე. ტოპინმზესუმზირას ნედლეულის გადამუშავება-გაშრობა საშრობ აპარატებში და მისგან წვენისა და სიროვეის დამზადება, შესაბამისად, მთელი წლის განმვლობაშია შესაძლებელი. გამხმარი ტოპინმზესუმზირას ტუბერების გადამუშავება და მისგან ფქვილის დამზადება შესაძლებელია ნებისმიერ დროს მოსავლის აღებიდან 18 თვის განმავლობაში. რაც შეეხება სიროვებს, მათი მიღება ხდება ახალგამოწურული წვენისაგან მოსავლის აღებიდან 2–4 დღის განმავლობაში.

მიწავაშლასთან შედარებით ტოპინმზესუმზირას ჰიბრიდებს მთელი რიგი უპირატულობები აქვს:

- მცენარე ხასიათდება ბუდის უფრო კომპაქტური განლაგებით, რომელიც ხანდახან ამოდის მიწის ზადაპირზე. ბუდის კომპაქტური განლაგება და ბოლქვების თანაბარი სიდიდე საშუალებას იძლევა მოსაგალი მთლიანად მექანიზებული წესით იქნეს ამოდებული მიწიდან მინიმალური დანაკარგებით;
- ტოპინმზესუმზირას ჩართვა შესაძლებელია თესლბრუნვაში ისე, რომ არ დანაგვიანდეს მინდორი ნაგერალით ბოლქვების ამოდების შემდეგ;
- ტოპინმზესუმზირას ბოლქვები და მწვანე მასა შეიცავს დიდი რაოდენობით ნახშირწყლებს, ვიტამინებს, ცილებს და სხვადასხვა საკვებ ნივთიერებებს. გაუმჯობესებულია მცენარეების შეფოთვლა და მწვანე მასის ენერგეტიკული უპარიზობა;
- გაიზარდა ადრეული სახეობების გამოყანა სასილოსე, საბოლქვე/სატუბერე და უნივერსალური მიმართულებებით, რაც მნიშვნელოვნად აფართოებს მისი გამოყენების სფეროს და გავრცელების არეალს, ხელს უწყობს კულტურის პროდუქტიულობის ამაღლებას. ჰიბრიდიზაციის დროს ხშირად შეიმჩნევა ჰეტეროზისის ეფექტი, რომელიც მტკიცდება მომდევნო თაობებში ვეგეტაციური გამრავლების უნარით და მოსავლიანობის კლებით; მცენარე ბევრად უფრო ყინვაგამდევა და მისი მოყვანა უკვე შესაძლებელია საქართველოს მთისწინა რეგიონებში. ჰიბრიდები კარგად ეგუება ცხელ და მშრალ კლიმატურ პირობებს, ნაკლებად ავადდება და ა.შ.

ადსანიშნავია, რომ ტოპინმზესუმზირა უნიკალური სამუშაოებით გულტურა. ის არა მარტო ამცირებს შექრების შემცველობას სისხლში, არამედ დადებითად მოქმედებს ადამიანის მხედველობაზეც. მცენარის ბოლქვი სასარგებლობა ანემით დაავადებულთაოვისაც, ვინაიდან მასში ორვალენტიანი რკინის შემცველობა 3-ჯერ უფრო მეტია, ვიდრე კარტიფილში.

ბოლქვების გამოყენებით შესაძლებელია ადგენითი ფუნქციების გაუმჯობესება, რაც მეტად მნიშვნელოვანია მათოვის, ვისაც ნივთიერებათა ცვლის დარღვევა აქვს; გარდა ამისა, ბოლქვი შეიცავს ვიტამინ ბიოტინს და სისხლწარმომქმნელ მარილებს; 2016–2021 წლებში ჩატარებული გამოკვლევების შედეგად დადგინდა ინულინის შემცველობა ტოპინმზესუმზირას ბოლქვში (ცხრილი 1). ამასთან, აღმოჩნდა, რომ ინულინი ბოლქვს აძლევს სასიამოვნო გემოს და გამოირჩევა სიმსუჟით. ამ თვისებას დიდი მნიშვნელობა აქვს ავადმყოფებისათვის, რომდებიც სისტემატური შიმშილის შევრმნებას განიცლიან.

## ცხრილი 1

### ინულინის შემცველობა ტოპინმზესუმირას ტუბერებში (2016-2021 წწ.)

გარი-ანტის №	70X70 სმ და სასუქების ნორმები	ტუბერების მოსავლიანობა, ტ/ჰა	ტუბერების ტენი-ანობა, %	პაერმშრა-ლი მასის შემცველო-ბა, %	ინულინის შემცვე-ლობა, %	ინულინი პაერმშრალ მასაში, %
1.	ტოპინმაბური N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>45</sub> (საკონტროლო)	19,6	77,6	22,4	14,4	28,4
2.	ტოპინმზესუმ-ზირა N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>45</sub>	24,8	79,8	21,3	15,8	32,9
3.	ტოპინმზესუმ-ზირა N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>45</sub>	25,8	81,3	21,2	16,0	32,6
4.	ტოპინმზესუმ-ზირა N <sub>100</sub> P <sub>90</sub> K <sub>60</sub>	27,9	80,6	21,5	16,5	32,8
5.	ტოპინმზესუმ-ზირა N <sub>120</sub> P <sub>90</sub> K <sub>60</sub>	31,6	81,4	21,4	16,8	33,2

მედიცინასთან ერთად ტოპინმზესუმზირა სხვადასხვა სახით წარმატებით გამოიყენება კვების მრეწველობაში:

- მისგან დამზადებული სიროფი ცვლის ნებისმიერ შაქრის შემცვლელ დამატებობელს;
- ტოპინმზესუმზირას ფხვნილი საუკეთესო დანამატად ითვლება დიეტური პურისა და დიეტური საკონდიტრო ნაწარმის რეცეპტურაში; ასევე დიეტური ფაფის, შოკოლადისა და სხვა დესერტების წარმოებაში;
- გამხმარი სახით ტოპინამბური/ტოპინზესუმზირა გამოიყენება დიეტური კერძების დასამზადებლად (იგი ცვლის კარტოფილს და შედის სოკოს კერძების რეცეპტურაში).

ჩატარებული სამეცნიერო კვლევების საფუძველზე დადგინდა, რომ ტოპინმზესუმზირა ტოპინამბურთან შედარებით გაცილებით ეფექტურია (ცხრილი 2 და ცხრილი 3).

## ცხრილი 2

### ცდის შედეგები (მწვანე მასის მოსავლიანობა 2016–2021 წწ.)

გარიანტის №	70 X70 სმ და კვების ნორმები	წლები						საშუალო 6 წლის	საკონტროლო-ში, %
		2016	2017	2018	2019	2020	2021		
1.	ტოპინამბური N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>45</sub> (საკონტროლო)	39,8	36,2	40,4	38,8	39,1	37,8	38,7	100
2.	ტოპინმზესუმზირა N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>45</sub> +ნანოკუპერი	42,9	39,8	44,9	42,2	42,1	41,2	42,7	110,3
3.	ტოპინმზესუმზირა N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>45</sub> +ნანოკუპერი	44,9	42,3	46,2	44,0	44,6	45,9	42,4	109,6
4.	ტოპინმზესუმზირა N <sub>100</sub> P <sub>90</sub> K <sub>60</sub> +ნანოკუპერი	46,1	45,4	47,4	44,7	45,5	46,5	45,9	118,6
5.	ტოპინმზესუმზირა N <sub>120</sub> P <sub>90</sub> K <sub>60</sub> +ნანოკუპერი	48,1	47,8	51,4	45,1	46,3	49,3	47,8	123,6

\*უ.ა.ს05 = 1,17

## ცდის შედეგები (ტუბერკოლის მოსავლიანობა 2016–2021 წწ.)

ვარიანტი, №	70 X70 სმ და კვების ნორმები	წლები						საშუალო 6 წლის	საკონტ- როლო- ბი, %
		2016	2017	2018	2019	2020	2021		
1.	ტოპინამბური N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>45</sub> (საკონტროლო)	19,6	17,2	20,1	18,9	22,1	19,8	19,6	100
2.	ტოპინმზესუმზირა N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>45+ნანოკუპერი</sub>	25,9	24,1	25,4	24,6	25,1	24,2	24,8	126,5
3.	ტოპინმზესუმზირა N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>45+ნანოკუპერი</sub>	24,9	24,2	26,2	27,6	26,6	25,0	25,8	131,6
4.	ტოპინმზესუმზირა N <sub>100</sub> P <sub>90</sub> K <sub>60+ნანოკუპერი</sub>	28,6	26,4	27,0	28,7	28,5	27,9	27,9	142,3
5.	ტოპინმზესუმზირა N <sub>120</sub> P <sub>90</sub> K <sub>60+ნანოკუპერი</sub>	31,1	29,8	31,9	32,1	33,3	31,4	31,6	161,2

## დასკვნა

ამრიგად, ჩატარებული კვლევების საფუძველზე დადგინდა, რომ ტოპინმზესუმზირა ტოპინამბურთან შედარებით გაცილებით ეფექტურია, რაც განპირობებულია შემდეგი ფაქტორებით:

- ტოპინამბურთან შედარებით ტოპინმზესუმზირაში უფრო მაღალია ინულინის შემცველობა (ტოპინამბური შეიცავს 15–17 % ინულინს, ხოლო ტოპინმზესუმზირა – 20–22 %-ს);
- ტოპინამბურისაგან ტოპინმზესუმზირა განსხვავდება როგორც მწვანე მასის, ისე ტუბერების მოსავლიანობით. ტოპინამბურის მწვანე მასის მოსავლიანობა შეადგენს 39,8 გ/ჰას, ტოპინმზესუმზირასი – 54,0 გ/ჰა-ს, ხოლო ტოპინამბურის ტუბერების მოსავლიანობა – 25 გ/ჰა-ს, ტოპინმზესუმზირასი კი – 35–40 გ/ჰა-ს;
- მცენარე ხასიათდება ბუდის უფრო კომპაქტური განლაგებით, რომელიც ხანდახან ამოდის მიწის ზაღაპირზე. ბუდის კომპაქტური განლაგება და ბოლქვების თანაბარი სიდიდე საშუალებას იძლევა მინიმალური დანაკარგებით მთლიანად მექანიზებულად იქნეს მოსავალი ამოდებული მიწიდან. ეს ბუნებრივად შეამცირებს ხარჯებს, რადგან ამ დროს მუშახელი საჭირო ადარ იქნება და, შესაბამისად, ხელფასზე გაცემული თანხა დაიზოგება;
- ტოპინმზესუმზირას ჰიბრიდების ბოლქვები და მწვანე მასა შეიცავს უფრო მეტ ნახშირწყლებს, ვიზამინებს, ცილებს და სხვა საკვებ ნივთიერებებს, გაუმჯობესებულია მცენარეების შეფოთვლა და მწვანე მასის ყუათიანობა, რის გამოც იზრდება სასილოსე მასა, რაც ხელს შეუწყობს მეცხოველეობის უზრუნველყოფას საკვებით როგორც მწვანე მასით, ასევე სილოსით;
- გაიზარდა მცენარის ყინვაგამძლეობა, ამიტომ ტოპინმზესუმზირას მოყვანა დღეს აქტიურად მიმდინარეობს მაღალმოთან რეგიონებში. ჰიბრიდები ეგუება ცხელ და მშრალ კლიმატურ პირობებს, ნაკლებად ავადდება, რაც მის კიდევ ერთ საუკეთესო თვისებად შეიძლება ჩაითვალოს.

## ლიტერატურა – REFERENCES

1. გ. ბადრიშვილი. მემცნარეობა. თბ.: განათლება, 1981. - 538 გვ.
2. ნ. ჭანკვეტაძე, ა. კორახაშვილი. ტოპინმზესუმზირას პროდუქტიულობა საქართველოს მთისწინა ზონაში. აგარარული მეცნიერების პრობლემები, სამეცნიერო შრომათა კრებული, ტ. XIII, 2001.
3. ნ. ჭანკვეტაძე, ა. კორახაშვილი. ტოპინმზესუმზირას კულტივირების შედეგები აღმოსავლეთ საქართველოს სარწყავ პირობებში. აგრარული მეცნიერების პრობლემები, სამეცნიერო შრომათა კრებული, ტ. XIII, 2003.
4. ა. კორახაშვილი, ნ. ჭანკვეტაძე, ი. ვეფხვაძე. ტოპინმზესუმზირას კულტივირების შესაძლებლობები საქართველოში. სამეცნიერო შრომათა კრებული, გორი. 2008. - 81 გვ.
5. ა. კორახაშვილი. საკვებწარმოება. 2003.
6. ა. კორახაშვილი. საკვების ენერგეტიკული ყუათიანობა, 2020. - 205 გვ.
7. ფერთერი И.И. Топинамбур. Фрунзе: сельхозгиз, 1979. -120 с.
8. Синягин И.И. Площад питания растений, Россельхозиздат, М. 1975.-124 с.
9. Barden a. John. Plant science. New-York, 1987. - 551 p.

## AGRICULTURE

### TOPINSUNFLOWER AS A MEDICINAL CULTURE

N. Chankvetadze

(Georgian National Academy of Sciences)

**Resume.** The studies (2009–2021) of topinsunflower growing technology are discussed. The studies show, that green mass harvest of this hybrid contains 10,9-15,9 percent of sugar, and tuber – 18,2-19,4 percent.

The yield of green mass in a watering condition can grow up to 60 tons, and tuber can give between 20-40 tons of yield. Almost similar results were obtained in Georgia, in areas of low precipitation. It was also found that meals prepared with topinsunflower's tuber is characterized by restorative function that is necessary for patients with metabolic disorders. Topinsunflower contains vitamin biotin and bloodforming salts. Inulin gives a nice flavor and richness; It is a very valuable feature for patients who are experiencing feelings for the systematic starvation.

**Keywords:** hybrids; compacts, buds, sugar substitutes; hybridization.

## ადიტიური ჭარმოვა და მისი სტანდარტიზებული ჰერმინები

### ომარ შურაძე, ინგა ჯიბუტი

(ფ. თავაძის მეტალურგიისა და მასალათმცოდნეობის ინსტიტუტი, არნ. ჩიქობავას  
სახელობის ენათმეცნიერების ინსტიტუტი)

**რეზიუმე:** წარმოდგენილია ადიტიური წარმოების – შრედაშრე მასალების დამატებით ნებისმიერი სამგანზომილებიანი ფიზიკური ობიექტის აგების ტექნოლოგიური პროცესის არსი, მისი უპირატესობა და განსხვავება ტრადიციული სუბსტრაქტული ტექნოლოგიებისაგან.

ნაკეთობების დამზადების უახლესი მაღალტექნოლოგიური წარმოება ინერგება ისეთ დარგებში, როგორიცაა მანქანათმშენებლობა, ავიამშენებლობა, აეროკოსმოსური მრეწველობა, მედიცინა, ენერგეტიკა, მსუბუქი მრეწველობა და სხვ. ადიტიური წარმოების განვითარების პროცესში ზოგჯერ ერთი და იგივე რამ განსხვავებული ტერმინებითა და განმარტებებით აღიწერება. ხშირად ქართულ ტერმინოლოგიაში მკვიდრდება ისეთი უცხოური (ძირითადად ინგლისურენოვანი) ტერმინები, რომლებიც დღეისათვის ინგლისურ ენაზეც კი შეუთანხმებელია.

ტერმინოლოგიური სისტემის აღსაკვეთად 2012 წელს სტანდარტიზაციის ISO/ASTM ორგანიზაციების მიერ რეგისტრირებულია ადიტიური წარმოების ძირითადი ტერმინების სტანდარტი – ISO/ASTM 52900. ქართული ენის ლექსიკური შესაძლებლობის გათვალისწინებით დაზუსტებული ტერმინებისა და განსაზღვრებების შემოღება აუცილებელია. ადიტიური წარმოების სტანდარტიზებული ტერმინები ხელს შეუწყობს ამ სფეროში ჩართული აღამიანების ურთიერთკავშირს საერთაშორისო მასშტაბით. ამასთან, სწორად შემოტანილი ტერმინი შემდგომ დაზუსტებას აღარ საჭიროებს და მისი დამკვიდრების დროც მნიშვნელოვნად მცირდება.

**საკვანძო სიტყვები:** ადიტიური პროცესები; ადიტიური წარმოება; აღბეჭდვა; სამგანზომილებიანი აღბეჭდვა; სელექციური ლაზერული დნობა; სინთეზირება; ფუძეშრება; შრედაშრე; შეცხობა; ციფრული მოდელი.

### შესავალი

თანამედროვე მოწინავე ინდუსტრიულ ქვეყნებში წარმოების ახალი დინამიკური კულტურა ყალიბდება. ეს ქვეყნები მსოფლიო ბაზარზე გასვლას და საკუთარი წარმოების პროდუქციის რეალიზებას ყოველგვარი (მეცნიერული, ფინანსური, ინფორმაციული და სხვ.) საშუალებებით ცდილობს. ახალი და სრულყოფილი ტექნოლოგიების გამოყენება უფრო იაფი და ხარისხიანი პროდუქციის დამზადების გარანტია ხდება. ამის ერთ-ერთი ნათელი მაგალითია ადიტიური ტექნოლოგიების ათვისება და წარმოებაში დანერგვა, რაც გულისხმობს ახალ-ახალი ტექნოლოგიური დამუშავებებისა და მოწყობილობების საშუალებით ტრადიციული წარმოების არსებით გაუმჯობესებას.

ადიტიური ტექნოლოგიები არის განზოგადებული დასახელება იმ ტექნოლოგიებისა, რომლებიც ციფრული კლეპტონული მოდელის მონაცემების შესაბამისად მასალების შრედაშრე დამატებით (ლათინურად Additio მიმატებას ნიშნავს და სწორედ აქედან წარმოდგება ეს დასახელებაც) ნაკეთობების დამზადების შესაძლებლობას ქმნის. ტერმინი არ არის შემთხვევით შემოღებული, რადგან იგი ასახავს სამგანზომილებიანი ტექნოლოგიების მრავალსახეობის განსხვავებას ტრადიციული სამრეწველო წარმოების მეთოდებისაგან, რომლებსაც სუბსტრაქტულ (subtraction – გამორიცხვა), ანუ „წამრთმებ“ ტექნოლოგიებს უწოდებენ. ე. ი., თუ ნაკეთობის მისაღებად ფრეზვის, ხეხვის, ჭრის და სხვა მსგავსი მექანიკური ოპერაციების დროს ნამზადს „ყველა ზედმეტი“ ნაწილი სცილდება, ადიტიური წარმოებისას, პირიქით, მასალა თანდათან, შრედაშრე ემატება ისე, რომ ყოველი ბოლო შრე მომდევნო შრის ჩამოსაყალიბებელი ფუძე ხდება. ასე გრძელდება მანამ, სანამ სასურველი ფორმისა და ზომის ობიექტი არ მიიღება.

ადიტიური წარმოების გამოყენების სფერო მრავალგვარია. მისი მომხმარებელია: მანქანათმშენებლობა, ავიამშენებლობა და აეროკოსმოსური მრეწველობა (აირტურბინები, ძრავებისა და საფრენი აპარატის კორპუსის ელემენტები და სხვ.), მედიცინის დარგები – ორთოპედია და სტომატოლოგია (პროთეზები, იმპლანტაციები), წვრილსერიული წარმოება (წნევის ქვეშ ჩამოსხმის აღჭურვილობა და პრესფორმები, ნამზადის ჩასაღგმელები და სხვ.), ავტოკომპონენტების წარმოება, ენერგეტიკა, სამშენებლო ინდუსტრია, მსუბუქი მრეწველობა, დიზაინი და სხვ. ასე რომ, თანამედროვე მრეწველობის მრავალი დარგი თანდათან ითვისებს შრედაშრე სინთეზის მაღალ პოტენციალს და ადიტიური ტექნოლოგიების პრიორიტეტული სფერო ხდება.

## ძირითადი ნაწილი

ნებისმიერი დარგის მეცნიერულ-ტექნოლოგიური მიღგომების მკვეთრი ცვლილებები, როგორც წესი, შესაბამისი დარგობრივი ტერმინოლოგიის ახალი ტერმინებით შევსებას იწვევს. ადიტიური წარმოების მრავალი ტექნოლოგია არსებობს და, საპატენტო ინტერესებიდან გამომდინარე, კიდევ უფრო მეტია მათი დასახელებები. გამორჩეულობის თვალსაზრისით, კომპანიები თავიანთი საქმიანობის დასაწყისში ტერმინებით მანიპულირებდნენ. მსგავსი ტექნოლოგიების სრულყოფა და დაპატენტება სხვადასხვა დასახელებით ხდებოდა. ბაზარზე კომპანიების გამორჩევის სურვილის გამო საქმე იქამდე მიდიოდა, რომ, ფაქტობრივად, წარმოების ერთი და იგივე ხერხი (მეთოდი) სხვადასხვა დასახელებას დებულობდა.

უნდა აღინიშნოს, რომ „მსოფლიო საზოგადოების“ განვითარების თანამედროვე მეცნიერული და ტექნიკური მიღწევები თუ დროულად არ აისახა ეროვნულ ტერმინოლოგიებში, მაშინ ენაში საერთაშორისო ტერმინების ექსპანსიისათვის საუკეთესო გარემო იქმნება და, პირიქით, ენის ლექსიკური შესაძლებლობის დროული და საფუძვლიანი გამოყენება ეროვნულ ტერმინოლოგიებში საერთაშორისო ტერმინებისათვის თავისუფალ სივრცეს ავიწროებს. აქედან გამომდინარე, ტერმინოლოგიური ცვლილებების დადგენა და შესაბამის სამეცნიერო-ტექნოლოგიურ მიმართულებებში მათი ქართულ ენაზე ასახვა საშური საქმეა. იგი ხელს შეუწყობს მრავალი დარგის სამეცნიერო მიმართულების ამ ახალ ინოვაციურ პროცესებთან ადაპტაციას სახელმწიფო ენის საფუძველზე.

ადიტიური წარმოების ტერმინოლოგია, ძირითადად, ინგლისურენოვანია და მრავალი ტერმინი ამჟამად ინგლისურ ენაზეც კი არის შეთანხმებული და დადგენილი. ამ დინამიკურად განვითარებად დარგში სწრაფად ჩნდება ახალი ტერმინები. მაგალითად, „ადიტიური წარმოების“ აღსანიშნავად სხვადასხვა დროს გამოიყენებოდა ტერმინები: ადიტიური

დამზადება, ადიტიური პროცესები, ადიტიური მეთოდები, ადიტიური შრედაშრე წარმოება, შრედაშრე წარმოება, ნებისმიერი ფორმის მყარტანიანი ნაკეთობის დამზადება და ნებისმიერი ფორმის ნაკეთობის დამზადება (additive fabrication, additive processes, additive techniques, additive layer manufacturing, layer manufacturing, solid freeform fabrication, solid imaging) [1].

ამ გაურკვევლობის თავიდან ასაცილებლად 2012 წელს „მასალების გამოცდის ამერიკულმა საზოგადოებამ“ – ASTM (American Society for Testing And Materials) კველა ტექნოლოგია გააქრთიანა ერთ კატეგორიად და ადიტიური წარმოება (Additive manufacturing) უწოდა. იგი ოფიციალური ტერმინია, რომელიც დამტკიცებულია სტანდარტიზაციის ISO (International Organization Standardization) და ASTM ორგანიზაციების მიერ (ISO/ASTM 52900) [2]. ტერმინი მოკლედ და ზუსტად ახასიათებს პროცესის არსებობას – „ადიტიური წარმოება“, ანუ წარმოება მასალის დამატებით [3].

1-ლ დანართში მოცემულია ISO/ASTM 52900 სტანდარტით დაზუსტებული ინგლისური დასახელების ტერმინები ქართული და რუსული შესატყვისებით და შენარჩუნებულია სტანდარტის აგების კონსტრუქციული ფორმა. ამასთან, ქართული შესატყვისები განმარტებულითაა წარმოდგენილი.

თანამედროვე მასალათმცოდნების ტერმინოლოგიაში მიმდინარე ცვლილებების გათვალისწინება აუცილებელია. მიუხედავად იმისა, რომ ადიტიური წარმოების ტერმინოლოგიური გარემო ცვალებადია და ტერმინების განსამარტავად მყარი წესები ჯერ არ არსებობს, მაინც შესაძლებელია (თუ აუცილებელი არა) აღნიშნული ტერმინების კონკრეტული განსაზღვრებების დადგენა. დასაწყისიდანვე სწორად შემოტანილი ტერმინი შემდგომ დაზუსტებას ადარ საჭიროებს და მისი დამკვიდრების დრო მნიშვნელოვნად მცირდება.

ახალი ტერმინის შემოდება-დამკვიდრების პროცესში დროის ფაქტორი განმსაზღვრელი კომპონენტია. მის შესამცირებლად საჭიროა ნახესები, არაქართული ტერმინების დამახინჯებულად გამოყენების თავიდან აცილება. თუ გვსურს თანამედროვე მასალათმცოდნების ტერმინოლოგიაში მიმდინარე ცვლილებებისადმი ფეხის აწყობა, წინასწარ უნდა შევეგულოთ იმ აზრს, რომ ასეთ ცვალებად ტერმინოლოგიურ გარემოში მოსალოდნელია (შემდგომ ეტაპზე, დროდადრო) ამ ტერმინების გარკვეული დაზუსტება-დაკონკრეტება. მაგალითად, ტერმინის, „ადიტიური წარმოება“, პარალელურად ფართოდაა გავრცელებული და ფაქტობრივად სტანდარტი ხდება ისეთი შესიტყვება, როგორიცაა „სამგანზომილებიანი აღბეჭდვა“, ანუ „3D-აღბეჭდვა“ (3D-printing). 3D (three dimensional) მიღებული აბრევიატურაა [4]. იგი განსაკუთრებით გავრცელებულია მასობრივი ინფორმაციის საშუალებების, სტარტაპების, ინვესტორებისა და სხვ. ტერმინოლოგიების ტერმინი dimension [5] განმარტებულია, როგორც განზომილება (კოორდინატთა დერებების მინიმალური რაოდენობა, რომელიც განსაზღვრავს წერტილის/ფიგურის სივრცით მდებარეობას).

განსაკუთრებით საყურადღებოა ადიტიური წარმოების ერთ-ერთი ძირითადი ინგლისური ტერმინის printing-ის ქართული შესატყვისის დადგენა. ინგლისური განმარტების – „Printing is a process for reproducing text and images using a master form or template“ ქართული თარგმანია: ბეჭდვა პროცესია, რომლის დროსაც დედნის (ნიმუშის, შაბლონის, თარგის) გამოყენებით ტექსტის ან გამოსახულების აღწარმოება ხდება [6, 7]. რუსულად ეს ტერმინია „печатать“, რომელიც ქართულად ითარგმნება, 1. ბეჭდი; 2. ბეჭდვა; 3. ნაბეჭდი; 4. ბეჭდვითი სიტყვა [8]. საინტერესოა, გეომეტრიული ფიგურის ციფრული ელექტრონული მოდელიდან მიწოდებული ბრძანებებით რომელი უფრო სწორია, სამგანზომილებიანი საგანი იბეჭდება, თუ აღიბეჭდება?

ბეჭდვის მრავალი სახე არსებობს: კონტაქტური, სუბლიმაციური, ციფრული (ოპერატორული ბეჭდვის ერთ-ერთი ხერხი, რომლის დროსაც ბეჭდვა ხდება უშუალოდ კომპიუტერიდან), ფართოფორმატიანი და სხვ. მაგრამ, არც ერთი მათგანი ზუსტად არ ასახავს გეომეტრიული ფიგურის ციფრული ელექტრონული მოდელის შესაბამის სამგანზომილებიანი ნაკეთობის მიღების პროცესს.

მკითხველი, როგორც წევი, იმასხოვრებს გარკვეული „მიზიდულობის“ მქონე შინაარსობრივად ნათელ ტერმინებს და მათ იყენებს საჭიროების შესაბამისად. შტამპვაჲედვისაგან განსხვავებით ტერმინი „ბეჭდვა“ სამგანზომილებიანი საგნის დამზადების ნათელ სურათს ვერ იძლევა. ქართული ენისთვის მატერიალური საგნის მოცულობითი „ბეჭდვა“ ბუნდოვანია, არაბუნებრივია და მიუღებლად მიგვაჩნია.

„აღბეჭდვა“ ქართული ენის განმარტებით ლექსიკონში (ქეგლ) [9] გადმოცემულია როგორც სახელი აღბეჭდავს ზმის მოქმედებისა (აღბეჭდავს ე. ი. ნათლად ასახავს, გამოხატავს). მაგალითად, „თვალი ვერ ასწრებს სურათების ხილვას და გონება მათ აღბეჭდვას“. დიდ ქართულ-ინგლისურ ლექსიკონში მოცემულია განმარტება – აღბეჭდვა (აღბეჭდავს) imprinting, engraving (on mind) ♦ მველი ქართული (XI საუკუნემდე) depicting ბეჭდვით აღბეჭდვა [10].

ჩვენი აზრით, ტერმინი ბეჭდვა გეომეტრიული ფიგურის ელექტრონული მოდელის (პროგრამის) ციფრულად ასახვას (პროგრამის ბეჭდვა, პროგრამა იბეჭდება) უფრო შეეფერება, ხოლო აღბეჭდვა – ამ გეომეტრიული ფიგურის ელექტრონული მოდელის შესაბამისი სამგანზომილებიანი ობიექტის შექმნას, როცა ხდება მუშა ორგანოს მიერ პროგრამიდან მიწოდებული ბრძანებების რეალიზება. ე. ი. პროგრამით გათვალისწინებულ ქმედებებს (მიწოდებულ სიგნალებს) მუშა ორგანო განასხვულებს, ანუ საგნად აქცევს. ზემოაღნიშნულიდან გამომდინარე, უფრო მისაღებად მიგვაჩნია „ბეჭდვის“ ნაცვლად ტერმინ „აღბეჭდვის“ შემოღება.

ხაზასმით უნდა აღინიშნოს, რომ აუცილებლობის გარეშე ინგლისურენოვანი ტერმინების შემოტანა-დამკვიდრება ქართულ ენაში ლექსიკის გამრავალფეროვნებას ვერ მოახდენს. ამ კონკრეტულ შემთხვევაში უურადღება გადატანილია უცხო ენებიდან ნასესხებ საურთაშორისო სიტყვებზე, რომლებიც შემოტანილ-დამკვიდრებული უნდა იქნეს ენაში მანამდე (შემოტანამდე) უცნობი ცნებების აღსანიშნავად. ვინაიდან ამ ტერმინებს ქართულში შესატყვისები არ მოეპოვება, ამდენად, ისინი დროთა განმავლობაში შეერწყმებიან ქართული ენის ლიტერატურულ-გრამატიკულ ნორმებს და გაამდიდრებენ მას [10]. ამრიგად, ცალკეული დარგის ტერმინოლოგიის განვითარება და მისი სტანდარტიზაცია ავტომატურად ნიშნავს ქვეყნის სახელმწიფო ენის განვითარებაზე ზრუნვას. ამის საილუსტრაციოდ მოგვავს ქართულ ენაში დამკვიდრებული და ქართული ენის ფუნდამენტურ ცნობარებში ასახული სხვადასხვა ენიდან ნასესხები მნიშვნელობით ერთმანეთისგან სრულიად განსხვავებული, რამდენიმე ტერმინი (იხ. ცხრილი).

ხშირად ადიტიური ტექნოლოგიების ამსახველი ტერმინები შემოკლებებით და აბრეგიატურების სახით გვხვდება (AM – Additive manufacturing; SLM - Selective Laser Melting; SLS – Selective Laser Sintering; DMLS – Direct metal Laser Sintering და სხვ.). შესაბამისად, აბრეგიატურები დადგენილი წესით ფორმდება და მათი ბრუნვის ნიშნები და თანდებულები დეფისით გამოიყოფა.

ამჟამად მსოფლიოს მრავალ მსხვილ საწარმოში (BMW, GE და სხვ.) დაჩქარებული ტექნიკებით მიმდინარეობს ლითონური მზა ნაკეთობების მიღების სელექციური ლაზერული დნობის – Selective lazer melting (SLM) ტექნოლოგიების დამუშავება-დანერგვა. იგი ადიტიური წარმოების ერთ-ერთი ნოვატორული ტექნოლოგიაა.

**სხვადასხვა ენიდან ნასესხები და ქართულში დამკვიდრებული ზოგიერთი ტერმინი**

ტერმინი	ქართულენოვანი წერო	წარმომავლობა
აბრევიატურა	ქვებ; ქსე; უსლ - მ. ჭაბაშვილი ქვებ	ლათ. abbreviatura იტალ. abbreviatura ლათ. abbreviatura
ადაპტაცია	ტექნ. ტერმინოლოგია; ქვებ; ქსე; უსლ - მ. ჭაბაშვილი ქვებ	ლათ. adaptatio
ადიტიური	ტექნ. ტერმინოლოგია; ქსე; უსლ - მ. ჭაბაშვილი ქვებ	ლათ. < aditio
ექსპანსია	ქვებ; ქსე; უსლ - მ. ჭაბაშვილი ქვებ	ლათ. expansio
ინოვაცია	უსლ - მ. ჭაბაშვილი ქვებ	ლათ. innovatio
ლაზერი	ქსე; უსლ - მ. ჭაბაშვილი	ინგლ. light amplification by stimulated emission of radiation
ოპერაცია	ტექნ. ტერმინოლოგია; ქვებ; ქსე; უსლ - მ. ჭაბაშვილი ქვებ	ლათ. operatio
პრიორიტეტი	ქვებ; ქსე; უსლ - მ. ჭაბაშვილი ქვებ	გერმ. Priorität ლათ. < prior
ტექნოლოგია	ტექნ. ტერმინოლოგია; ქვებ; ქსე; უსლ - მ. ჭაბაშვილი ქვებ	გერმ. technē+logos
ფრენგა	ტექნ. ტერმინოლოგია; ქვებ; ქსე; უსლ	ფრანგ. < fraise

ადიტიური წარმოებიდან ძირითადად განივხილავთ სელექციური და ლაზერული დნობის ტექნოლოგიას, რომელიც ლითონური მასალების თანამედროვე სამგანზომილებიანი აღბეჭდვის ყველაზე პოპულარული მეთოდია და ინერტულ გარემოში ლითონური ნაკეთობების დასამზადებლად გამოიყენება.

ელექტრონული მოდელის შესაბამისად, ლითონური ფხვნილების სელექციური ლაზერული დნობით სხვადასხვა დანიშნულების სამგანზომილებიანი დეტალების დამზადებისას ლაზერი ერთმანეთთან შეადნობს წვრილდისპერსული ლითონური ფხვნილის ყოველ შრეს. შრედაშრე სინთეზი უზრუნველყოფს ლითონური ფხვნილისაგან მტკიცე მოცულობითი დატალის (კონსტრუქციის) შექმნას.

ლაზერული გამოსხივებით შესაძლებელია არა მარტო ლითონური ფხვნილოვანი მასალების, არამედ არალითონური მასალების (კერამიკის, პლასტმასების, მინის, ნეილონის და სხვ.) ლოკალური შრედაშრე დწობა.

ადიტიური წარმოების სელექციური ლაზერული დწობის ტექნოლოგია რაიმე დამატებით ინსტრუმენტს არ საჭიროებს. ასე რომ, შესაძლებელია შტამპვისა და პრესფორმებში ჩამოსხმის რთული და ძვირად დირექტული ტექნოლოგიების შეცვლა. ამ ტექნოლოგიის გამოყენებით მნიშვნელოვნად მცირდება დეტალის დამზადების დრო, ენერგეტიკულად მომგებიანია და იმდენად მცირება საწარმოო ნარჩენი, რომ მას უნარჩენო წარმოებასაც უწოდებენ. ამასთან, ხარჯების მნიშვნელოვან ეკონომიასთან ერთად ფხვნილოვანი მასალების გამოყენებასთან დაკავშირებული ტექნოლოგიები და მოწყობილობები უზრუნველყოფს შრომისა და გარემოს დაცვის მაღალ დონეს. ქვემოთ გაგაცნობთ ISO/ASTM 52900 სტანდარტით დადგენილ ტერმინებს ინგლისურ, ქართულ და რუსულ ენებზე (დანართი 1):

## 1. General terms - ძირითადი ტერმინები - Основные термины

### 1.1. 3D printer

სამგანზომილებიანი პრინტერი (3D პრინტერი) – 3D ალბერტულის დანადგარი.

### 3D принтер

### 1. 2. additive manufacturing (AM)

ადიტიური წარმოება (ადიტიური ტექნოლოგიური პროცესი) – სუბსტრაქტული (მექანიკური დამუშავება) და ტრადიციული ფორმაწარმომექმნელი წარმოებისაგან (ჩამოსხმა, შტამპვა) განსხვავებული დეტალის დამზადების პროცესი, რომლის დროსაც გეომეტრიული ფიგურის ციფრული ელექტრონული მოდელის შესაბამისად სივრცული ფიზიკური ობიექტი მასალის შრედაშრე დამატებით იქმნება.

### аддитивное производство

### 1.3. additive system (additive manufacturing system, additive manufacturing equipment);

ადიტიური წარმოების სისტემა – ადიტიური წარმოებისათვის გამოყენებული ადიტიური წარმოების დანადგარი და დამხმარე მოწყობილობები.

система аддитивного производства (система АП, аддитивная система)

### 1.4. AM machine

ადიტიური წარმოების დანადგარი – დეტალების აგების ციკლისათვის აუცილებელი, ადიტიური წარმოების სისტემის ნაწილი, რომელიც მოიცავს: აპარატულ ნაწილს, დანადგარის ასაწყობად (გასამართავად) და კონტროლისთვის პროგრამულ უზრუნველყოფას, აგრეთვე პერიფერიულ სამარჯვებს დანადგარის მომსახურებისთვის.

установка АП (аддитивная установка)

### 1.5. AM machine user

ადიტიური წარმოების დანადგარის მომხმარებელი – ადიტიური დანადგარის მომხმარებელი თპერატორი ან ორგანიზაცია.

пользователь установки АП

### 1.6. AM system user (additive system user)

ადიტიური წარმოების სისტემის მომხმარებელი (ადიტიური სისტემის მომხმარებელი) – მომხმარებელი-ოპერატორი ან ორგანიზაცია, რომელიც ადიტიურ სისტემას ან ადიტიური სისტემის რომელიმე ნაწილს იყენებს.

пользователь системы АП

## **1.7. front (of a machine; unless otherwise designated by the machine builder)**

დანადგარის ფრონტალური მხარე – დანადგარის მხარე (გვერდი), რომლის წინაც უნდა იდგეს ოპერატორი, რათა სამომხმარებლო ინტერფეისთან და/ან მთავარ საჭკრეტელთან მისასვლელი ჰქონდეს.

### **фронтальная сторона установки**

## **1.8. material supplier**

მკებავი – ადიტიურ სისტემაში გადასამუშავებელი მასალის/ნედლეულის წყარო.

\*ამ სტანდარტში ტერმინში „მასალა“ იგულისხმება ადიტიურ სისტემაში გადასამუშავებელი ნედლეული/ნახევარფაბრიკატი.

### **питатель**

## **1.9. multi-step process**

**მრავალსაფეხურიანი** (მრავალეტაპიანი) პროცესი – ადიტიური წარმოების პროცესის ტიპი, როდესაც დეტალი მზადდება ორი ან მეტი თექირაციით. ამასთან, პირველ საფეხურზე, როგორც წესი, უზრუნველყოფილია მოცემული გეომეტრიული ფორმის მიღება, ხოლო შემდგომ საფეხურებზე დეტალის კონსლიდაციით ფორმირდება გამოყენებული მასალის (ლითონი, კერამიკა, პოლიმერი და სხვ.) ძირითადი მოთხოვნილი თვისებები.

\* დამხმარე (მხარდაჭერის) სტრუქტურის მოცილება და გაწმენდის თექირაცია შესაძლებელია იყოს აუცილებელი, მაგრამ მოცემულ კონტენტში ცალკე პროცესად არ განიხილება.

### **многошаговый процесс (многоэтапный процесс)**

## **1.10. single-step process**

**ერთსაფეხურიანი პროცესი** – ადიტიური წარმოების პროცესი, რომლის დროსაც დეტალი მზადდება ერთი თექირაციით. ამასთან, ძირითადი გეომეტრიული ფორმა და მასალის (მოთხოვნილი) თვისებები ერთდროულად მიიღწვა.

### **одношаговый процесс (одноэтапный процесс)**

## **2. Process categories - პროცესის კატეგორიები - Типы процесса**

### **2.1. binder jetting (BJ)**

**შემკვრელის ჭავლური დატანა** – ადიტიური წარმოების პროცესი, როდესაც თხევადი შემკვრელის ჭავლის შერჩევითი დატანით ხდება ფხვნილოვანი მასალების შეკვრა.

### **Струйное нанесение связующего**

### **2.2. directed energy deposition**

**მასალისა და ენერგიის პირდაპირი მიწოდება** – ადიტიური წარმოების პროცესი, როდესაც გარე წერტილი მიწოდებული ენერგია გამოიყენება მასალების დატანის დროს შედნობით შესაერთებლად.

\* ენერგიის წყარო (მაგალითად, ლაზერი, ელექტრონული სხივი, პლაზმა და სხვ.), რომელიც გამოიყენება დასატანი მასალების სრული ან არასრული დნობისათვის.

### **прямой подвод энергии и материала**

### **2.3. material extrusion**

**მასალის ექსტრუზია** – ადიტიური წარმოების პროცესი, როდესაც მასალა შერჩევით მიეწოდება საქმებით ან ჟიკლიორით.

### **экструзия материала**

### **2.4. material jetting (MJ)**

**მასალის ჭავლური დატანა** – ადიტიური წარმოების პროცესი, როდესაც ობიექტი მზადდება სამშენებლო მასალის (მაგალითად, ფოტოგამყარებადი პოლიმერის და ცვილის შემცველი) წევის დატანით.

## **струйное нанесение материала**

### **2.5. powder bed fusion**

**ფუძეშრებე** სინთეზი (ფხვნილის) – ადიტიური წარმოების პროცესი, როდესაც წინასწარ და-  
ტანილი ფხვნილოვანი მასალის შრის შერჩევით შესაცხობად/შესადნობად გამოიყენება გარე  
წაროდან მიწოდებული ენერგია.

#### **синтез на подложке**

### **2.6 . sheet lamination**

**ფურცლოვანი ლამინაცია** – ადიტიური წარმოების პროცესი, როდესაც დეტალი მზადდება ფურ-  
ცლოვანი მასალების შრედაშრე შეერთებით.

#### **листовая ламинация**

### **2.7. vat photopolymerization**

**ფოტოპოლიმერიზაცია აბაზანაში** – ადიტიური წარმოების პროცესი, როდესაც სინათლისგამო-  
სხივებიან აბაზანაში ხდება თხევადი ფოტოპოლიმერის შერჩევითი გამყარება.

#### **фотополимеризация в ванне**

## **3. General Processing – ძირითადი ტექნოლოგია: – Основная Технология**

### **3.1. 3D printing**

**სამგანზომილებიანი აღბეჭდვა** (3D აღბეჭდვა) – ობიექტების შექმნა მასალის შრედაშრე  
დატანით აღმბეჭდავი თავით, საქმით ან აღბეჭდვის სხვა ტექნოლოგიის გამოყენებით.

#### **трехмерная печать** (3D печать)

### **3.2. build chamber**

**სამუშაო კამერა** – დახმული მოცულობა ადიტიური წარმოების სისტემის შიგნით, რომელშიც  
დეტალები მზადდება.

#### **рабочая камера**

### **3.3. build cycle**

**აგების ციკლი** (ფიზიკური ობიექტის) – პროცესის ცალკეული (ერთგული) ციკლი, როდესაც ადი-  
ტიური წარმოების სისტემის სამუშაო კამერაში ერთი ან მეტი კომპონენტი მზადდება.

#### **цикл построения**

### **3.4. build envelope**

**აგების სივრცე** – აგების არის ზღვრებში არსებული სივრცე უდიდესი გარე განზომილებებით x, y  
და z დერების მიმართ, რომელშიც შესაძლებელია დეტალების დამზადება.

\* აგების არის ზომები შეიძლება აღმატებოდეს აგების სივრცის ზომებს.

#### **пространство построения**

### **3.5. build platform**

**აგების ბაქანი** – ბაზა, საყრდენი ზედაპირი, საიდანაც იწყება დეტალის (დეტალების) დამზადება.

\* ზოგ სისტემაში დეტალების აგება ხდება აგების ბაქანზე უშუალოდ ან დამხმარე სტრუქ-  
ტურებით მიმაგრებული. სხვა სისტემებში აგების ბაქანზე მიმაგრება აუცილებელი არ არის.

#### **платформа построения**

### **3.6. build space**

**აგების არე** – აღგილი, სადაც დეტალის დამზადება შესაძლებელია, როგორც წესი, აგების  
ბაქანზე სამუშაო კამერის ზღვრებში.

#### **область построения**

### **3.7. build surface**

**აგების ზედაპირი** – არე (ზედაპირი), სადაც მასალა დაიტანება, როგორც წესი, უკანასკნელ შრეზე, რომელიც შემდეგი შრის ფორმირების ფუძე ხდება:

\* პირველი შრის აგების ზედაპირი ხშირად აგების ბაქანია;

\*\* ენერგიისა და მასალის პირდაპირი მიწოდების პროცესში აგების ზედაპირი შესაძლებელია არსებული ღებალი იყოს, რომელზეც მასალა დაიტანება;

\*\*\* თუ მასალის დატანის ან კონსოლიდაციის საშუალებების, ან ორივეს ორიენტაცია ცვალებადია, ის (აგების ზედაპირი) შეიძლება განისაზღვროს კონსტრუქციის ზედაპირთან მიმართებაში.

#### **повехность построения**

#### **3.8. build volume**

**აგების მოცულობა** – ღებალის დასამზადებელ დანადგარში ხელმისაწვდომი, საერთო სასარგებლო მოცულობა.

#### **строительный объем**

#### **3.9. feed region**

**მიწოდების ზონა** (ფუძეშრეზე სინთეზისას) – ნედლეულის შესანახი ადგილი დანადგარში, საიდანაც აგების ციკლის მიმდინარეობისას ფუძეშრეზე ნედლეულის ნაწილი (ფხვილის შრე) მიეწოდება.

**зона подачи** (бункер подачи) [в синтезе на подложке]

#### **3.10. layer**

**შრე /ფენა** (მასალის) – ზედაპირის შესაქმნელი წინასწარ დატანილი მასალა.

**слой** (вещества)

#### **3.11. machine coordinate system**

**დანადგარის კოორდინატთა სისტემა** – სამგანზომილებიანი კოორდინატთა სისტემა, რომელიც განისაზღვრება აგების ბაქანზე დაფიქსირებული საწყისი წერტილით x, y და z-ით აღნიშნული სამი მთავარი ღერძითა და თითოეული ამ ღერძის ირგვლივ, შესაბამისად, A, B და C-თი აღნიშნული ბრუნვის მიმართულებებით, სადაც x, y და z ღერძებს შორის კუთხები დეკარტოგებულია.

\* დანადგარის კოორდინატთა სისტემა დაფიქსირებულია დანადგარის მიმართ კოორდინატთა იმ სისტემებისგან განსხვავებით, რომლებიც დაკავშირებულია კონსტრუქციის ზედაპირთან, რომლის გადატანა ან მობრუნება შესაძლებელია.

#### **система координат установки**

#### **3.12. manufacturing lot**

**საწარმო პარტია** (ნაწარმისა) – ერთი და იმავე ნედლეულისაგან დამზადებული ერთი სერიის დეტალების ნაკრები; დეტალები შესრულებულია ერთიანი საწარმო ტექნიკური დავალებით, ადიტიური წარმოების სისტემისა და შემდგომი დამუშავების (აუცილებლობის შემთხვევაში) გამოყენებით.

\* დამკვეთსა და დამზადებელს შორის დადებული შეთანხმების შესაბამისად ადიტიური წარმოების სისტემა შეიძლება შეიცავდეს ერთ ან რამდენიმე ადიტიური წარმოების და/ან შემდგომი დამუშავების დანადგარს.

#### **производственная партия**

#### **3.13. origin (zero point, 0, 0, 0 when using x-, y-, and z-coordinates)**

**კოორდინატთა სათავე** [ნულოვანი წერტილი, (0, 0, 0)] – კოორდინატთა სათავის მოცემული წერტილი, რომელშიც კოორდინატთა სისტემის სამი ძირითადი ღერძი გადაიკვეთება.

\* გამოიყენება სამგანზომილებიან კოორდინატთა სისტემაში x, y და z კოორდინატების სარგებლობისას;

\*\* კოორდინატთა სისტემა შეიძლება იყოს დეკარტოგებული ან დანადგარის დამზადებლის მიერ განსაზღვრული;

\*\*\* ნულოვანი წერტილი თავიდანვე განისაზღვრება დანადგარის დამზადებლის მიერ.

**начало координат** (нулевая точка, 0, 0, 0)/

### 3.14. build origin

**აგების ნულოვანი წერტილი** – ნულოვანი წერტილი, რომელიც უფრო ხშირად განთავსებულია აგების ბაქნის ცენტრში და განსაზღვრავს აგების წაღმა (კარგი პირის) ზედაპირს. აგების ნულოვანი წერტილის განსაზღვრა შესაძლებელია აწყობებით (შეთანწყობებით).

**нулевая точка построения;**

### **3.15. machine origin (machine home, machine zero point)**

დანადგარის ნულოვანი წერტილი – დანადგარის მუშა ნაწილების საწყის მდგრამარეობა.

**нулевое положение рабочих частей установки**

### 3.16. overflow region;

**ჭარბი მასალის ზონა** (ფუქეშრეხების სინთეზისას) – ადგილი დანადგარში, რომელშიც აგების ციტ-ლის დროს ჭარბი ფენონილი ცვიგა და ინახება.

\*ზოგ დანადგარში ჭარბი მასალის ზონა, რომელიც ერთი ან რამდენიმე სპეციალიზებული კატერისაგან ან ფეხნილის რეცირკულაციის სისტემისაგან შედგება.

**зона излишков** (в синтезе на подожке)

### 3.17. part location

დეტალის ადგილმდებარეობა – დეტალის ადგილი სამშენებლო მოცულობაში.

\*დებალის მდგბარეობა, როგორც წესი, განისაზღვრება სამშენებლო მოცულობისა და კოდინატთა სათავის მიმართ შემზღვევლი ბლოკის გეომეტრიული ცენტრის მდგბარეობის  $x$ ,  $y$  და  $z$  კოორდინატებით.

#### **положение детали**

### 3.18. process parameters

პროცესის (ტექნოლოგიური) პარამეტრები – აგების ციკლის დროს გამოყენებული სამუშაო და სისტემური პარამეტრების ნაკვები;

#### технологические параметры

### 3.19. production run

**დეტალების სერია** – ერთი ან რამდენიმე თანმიმდევრობით აგების ციკლებში ერთი პარტიის ნედლეულით და თან ტექნოლოგიური პროცესის ერთნაირ პირობებში წარმოებული გველა დატანი.

серия деталей

### **3.20 system set-up**

#### настройки системы

### 3.21 x-axis

**Х ლერძი** (დანადგარის; თუ სხვაგვარად არ არის მითითებული მანქანაომშენებლის მიერ) – ლერძი დანადგარის კოორდინატთა სისტემაში, რომელიც გადის დანადგარის წინა მხარის პირადობრივათ და ზოგადობრივათ.

\* ჩანაწერისათვის – „თუ სხვაგვარად არ არის მითითებული მანქანათმშენებლის მიერ“ – x დერძის დადგებითი მიმართულება განისაზღვრება მარცხნიდან მარჯვნივ, როცა დანადგარის ფრონტალური ნაწილიდან ვიხედებით კოორდინატთა სათავის საწყისიდან სამშენებლო ობიექტის მიმართულებით:

\*\* ჩანაწერისათვის – „თუ სხვაგვარად არ არის მითითებული მანქანამშენებლის მიერ“ – ჩვეულებრივ, x დერძი პორიზონტალურია და აგების ბაქნის ერთ-ერთი კიდის მიმართ – პარალელური.

## ის ხ უსაფრთხოების

### 3.22. y axis

y დერძი (დანადგარის; თუ სხვაგვარად არ არის მითითებული მანქანამშენებლის მიერ) – დერძი დანადგარის კოორდინატთა სისტემაში, რომელიც z და x დერძების პერპენდიკულარულია.

\* ჩანაწერისათვის – „თუ სხვაგვარად არ არის მითითებული მანქანამშენებლის მიერ“ – y დერძის დადებითი მიმართულება განისაზღვრება კოორდინატთა სისტემის მარჯვენა წესით. უფრო ხშირად, როცა ვიხედებით დანადგარის ფრონტალური ნაწილიდან, თუ z დერძის დადებითი მიმართულებაა ზევით, მაშინ y დერძის დადებითი მიმართულება იქნება ფრონტალურიდან დანადგარის უკანა მხრისკენ;

\*\* ჩანაწერისათვის – „თუ სხვაგვარად არ არის მითითებული მანქანამშენებლის მიერ“ – იმ შემთხვევაში, თუ z დერძის დადებითი მიმართულებაა ქვევით და ვიხედებით დანადგარის ფრონტალური ნაწილიდან. მაშინ y დერძის დადებითი მიმართულება იქნება დანადგარის უკანა მხრიდან ფრონტალურისკენ;

\*\*\* როგორც წესი, y დერძი პორიზონტალურია, აგების ბაქნის ერთ-ერთი კიდის მიმართ – პარალელური.

## ის უსაფრთხოების

### 3.23. z axis;

z დერძი (დანადგარის; თუ სხვაგვარად არ არის მითითებული მანქანამშენებლის მიერ) – დერძი დანადგარის კოორდინატთა სისტემაში, რომელიც x და y დერძების პერპენდიკულარულია.

\* ჩანაწერისათვის – „თუ სხვაგვარად არ არის მითითებული მანქანამშენებლის მიერ“ – z დერძის დადებითი მიმართულება განისაზღვრება კოორდინატთა სისტემის მარჯვენა წესით. იმ პროცესებისთვის, როდესაც მასალები შრედაშრე ერთ სიბრტყეში დაიტანება, z დერძის დადებითი მიმართულება განისაზღვრული იქნება, როგორც შრედების ნორმალი;

\*\* იმ პროცესებისთვის, როდესაც მასალები შრედაშრე ერთ სიბრტყეში დაიტანება, z დერძის დადებითი მიმართულება იქნება პირველი შრიდან შემდგომი შრედებისაკენ;

\*\*\* როდესაც შესაძლებელია მასალის დატანა სხვადასხვა მხრიდან (მაგალითად, როგორც ეს მასალების და ენერგიის პირდაპირი მიწოდებისას ხდება), z დერძი შეიძლება განისაზღვროს დატანის ზედაპირთან შეფარდებით.

## ის უსაფრთხოების

### 4. Processing: Data - ტექნოლოგია (დამუშავება):

მონაცემები – Технология. Данные:

#### 4.1. 3D scanning (3D digitizing)

სამგანზომილებიანი სკანირება (3D სკანირება) – ობიექტის ფორმისა და ზომის სივრცული წარმოდგენის მონაცემების მიღების ხერხი, რომლის დროსაც ხდება ობიექტის ზედაპირის წერტილების x, y და z კოორდინატების მონაცემების ჩაწერა და სპეციალიზებული პროგრამული უზრუნველყოფით წერტილების ნაკრების გეომეტრიული ფიგურის ელექტრონულ მოდელად გარდაქმნა.

\* საყოველთაოდ მიღებული ხერხები უმეტესად ავტომატიზებულია. ისინი ოპტიკური სენსორით ან სხვა სამარჯვით კონტაქტურ საზომ თავთანაა კომბინირებული.

#### 3D-сканирование (3D-однотиповка)

#### 4.2. additive manufacturing file format (AMF)

ადიტიური წარმოების ფაილების ფორმატი (AMF) – ფაილების ფორმატი ადიტიური წარმოების საკომუნიკაციო (მონაცემთა გაცვლისათვის) ელექტრონული გეომეტრიული მოდელისათვის,

მოიცავს ზედაპირის გეომეტრიის სივრცულ აღწერილობას, დამხმარე ინფორმაციებს ფერის, მასალების, კორდინატთა ბადის, ელემენტების ჯგუფებისა და მეტამონაცემებისათვის (მონაცემთა შესახებ მონაცემებისათვის).

\* აღიტიური წარმოების ფაილების ფორმატი შეიძლება იყოს ერთ-ერთი იმ ობიექტთა სიმრავლიდან, რომლიც ობიექტთა ჯგუფშია მითითებული (კლასიფიცირებული). STL-ის ანალოგით, ზედაპირის გეომეტრია წარმოდგენილია სამკუთხა ელემენტების ბადით, მაგრამ აღიტიური წარმოების ფაილების ფორმატში (AMF) სამკუთხედები შესაძლებელია იყოს გამრუდებული. დოტიური წარმოების ფაილების ფორმატში (STL) შეუძლია დაადგინოს თითოეული მოცულობის მასალა და ფერი, აგრეთვე თითოეული სამკუთხედის ფერი ბადები.

#### **формат файлов АП; ФФАП**

##### **4.3. bounding box of a part**

**დეტალის შემზღვეველი ბლოკი** [შემოსაზღვრული ფუთი (დეტალის)] – ორთოგონალურად მიმართული მინიმალური პერიმეტრის მქონე კუბოიდი, რომელიც სივრცული დეტალის ზედაპირის მაქსიმალურად დაშორებულ წერტილებს მოიცავს.

\* თუ დასამზადებელი დეტალი ითვალისწინებს გეომეტრიის კონტროლს და გეომეტრიის გაფართოების დამატებით ელემენტებს (მაგალითად მარკირების ადგილებს, შეკრილებს ან რელიეფურ ანბანს), მაშინ შემზღვეველი ბლოკის დაყრენება შესაძლებელია დეტალის გეომეტრიის კონტროლის გათვალისწინებით და გაფართოების დამატებითი ელემენტების გამორიცხვით.

#### **ограничительный блок детали**

##### **4.4. arbitrally oriented bounding box of a part**

**ნებისმიერად ორიენტირებული დეტალის შემზღვეველი ბლოკი** – დეტალის შემზღვეველი ბლოკი, რომელიც გამოითვლება ყოველგვარი შეზღუდვის გარეშე, რათა ამ შეზღუდვებმა გავლენა არ მოახდინოს მის ორიენტაციაზე.

#### **произвольно ориентированный ограничительный блок детали**

##### **4.5. machine bounding box of a part**

**დეტალის განთვალების** (დაყენების) **შემზღვეველი ბლოკი** – დეტალის შემზღვეველი ბლოკი, რომელიც გამოითვლება ყველა ზედაპირი დანადგარის კოორდინატთა სისტემის პარალელურია.

#### **ограничительный блок установки детали**

##### **4.6. master bounding box**

**საერთო შემზღვეველი ბლოკი** – შემზღვეველი ბლოკი, რომელიც მოიცავს ერთი აგების კვეთა დეტალს.

#### **общий ограничительный блок**

##### **4.7. extensible markup language (XML)**

**განვრცობადი მარკირების** (მონიშვნის) **ენა** (XML) – დოკუმენტებში არსებული ინფორმაციის მოხარული დამუშავებული მსოფლიო ქსელის კონსორციუმის (WorldWideWeb) სტანდარტი, რომელსაც შეუძლია ადამიანსა და კომპიუტერულ პროგრამებს ერთნაირად კარგად მოხერხებულ ფორმატში მიაწოდოს ინფორმაციის შინაარსი წასაკითხად.

\***ცხრილებისა და სტემპების აგების სტილის** გამოყენებით შესაძლებელია ინფორმაციის უნიფიცირებულად წარმოდგენა, რომელიც როგორც ინფორმაციის (მონაცემების), ისე ფომატის (მეტა-მონაცემების) გაცვლის საშუალებას იძლევა.

#### **расширяемый язык разметки (XML)**

##### **4.8. facet**

**წახნაგი** (ფასეტი) – სამ- ან თოხვერდიანი პოლიგონი (მრავალკუთხედი), რომელიც მოდელის ზედაპირის სივრცული პოლიგონური ბადის ელემენტია.

\* სამკუთხა ფასეტები გამოიყენება ადიტიური წარმოების ყველაზე მნიშვნელოვანი ფაილების ფორმატში (AMF და STL). ამასთან, AMF ფორმატში ნებადართულია სამკუთხა ფასეტების გამრუდება.

#### **ფასეტ**

#### **4.9. geometric centre (centroid) of a bounding box**

**შემზღვევლი ბლოკის გეომეტრიული ცენტრი** – დეტალის შემზღვევლი ბლოკის არითმეტიკული ცენტრის მდებარეობა.

\* შემზღვევლი ბლოკის ცენტრი შეიძლება იყოს დეტალის საზღვრებს გარეთ.

**геометрический центр** (центр ограничительного блока).

#### **4.10. initial graphics exchange specification (IGES)**

**საწყისი გრაფიკული ინფორმაციის გაცვლის სტანდარტი (IGES)** – ფაილების ნეიტრალური ფორმატი, რომელიც განკუთვნილია ავტომატური დაპროცესირების სხვადასხვაგვარ სისტემას შორის ორ- და სამგანზომილებიანი ნახატების მონაცემების გადასატანად.

**стандарт обмена исходной графической информацией (IGES)**

#### **4.11. initial build orientation**

**აგების საწყისი ორიენტაცია (დეტალის)** – სამშენებლო მოცულობაში დეტალის განთავსების საწყისი ორიენტაცია.

**начальная ориентация построения [детали]**

#### **4.12. nesting, principle**

**განლაგება ადიტიურ წარმოებაში** – სამშენებლო მოცულობაში ელქტრონული მოდელების იმგვარად განლაგების (განთავსების) პროცესი, როდესაც სამშენებლო მოცულობის ოპტიმალურად გამოყენების მიზნით მათი შემზღვევლი ბლოკები ნებისმიერადაა ორიენტირებული ან სხვაგვარად გადაფარული.

**компановка в АП**

#### **4.13. Product Data Exchange Specification (or Product Data Exchange using STEP); PDES**

**პროდუქტის მონაცემთა გაცვლის სპეციფიკაცია; PDES** – პროდუქციაზე ინფორმაციის გაცვლის სპეციფიკაცია ან ინფორმაციის გაცვლა პროდუქციაზე იყენებს ნაკვთობის მოდელის მონაცემების გაცვლის სტანდარტ STEP-ს.

**PDES - Спецификация обмена информации по продукции**

#### **4.14. part reorientation**

**დეტალის ორიენტაციის კალათვალილება** – აგების საწყის ტრიენტაციასთან შეფარდებით შემზღვევლი ბლოკის ბრუნვა დეტალის გეომეტრიული ცენტრის ირგვლივ.

**переориентация детали**

#### **4.15. standard for the exchange of product model data (STEP)**

**STEP – ნაკვთობის მოდელის მონაცემების გაცვლის სტანდარტი.**

**STEP - Стандарт обмена данными модели изделия.**

#### **4.16. Standard Template Library (STL)**

**STL** – ფაილის ფორმატი მოდელის მონაცემებისათვის, რომელიც ობიექტის ზედაპირის გეომეტრიას აღწერს, როგორც სამკუთხედებისაგან შედგენილ მოზაიკას. გამოიყენება ელექტრონული გეომეტრიული მოდელების გადასაცემად დანადგარზე ფიზიკური დეტალების დასამზადებლად.

#### **4.17. surface model**

**ზედაპირის მოდელი** – ობიექტის მათემატიკური ან ციფრული წარმოდგენა ბრტყელი და/ან გამრუდებული ზედაპირების ნაკრებით, რომელსაც შეუძლია, მაგრამ არაა აუცილებელი, ჩაქეტილი მოცულობა იყოს.

**модель поверхности**

## **5. Processing: Material - ტექნოლოგია (დამუშავება): მასალები – технология: материал**

### **5.1. curing**

**გამყარება** – ქიმიური პროცესი, რომლის შედეგადაც საბოლოო თვისებების მქონე ან სხვა მასალა მიიღება.

### **отверждение**

### **5.2. feedstock (source material, starting material, base material, original material)**

**ნედლეული** – ადიტიური წარმოების პროცესში გამოყენებული ძირითადი ნაყარი მასალა.

\*ადიტიური წარმოების პროცესებისათვის ძირითადი ნაყარი ნედლეული, როგორც წესი, მიკ-წოდება სხვადასხვა ფორმით: ხსნარები, ფხვნილები, მავრული, სუსპენზიები, ბოჭკოები, ფურცლები და სხვა

### **сырье**

### **5.3. fusion**

**სინთეზირება** – მასალის ორი ან მეტი ნაწილაკის ერთ ნაწილაკად გაერთიანება  
**синтезирование**

### **5.4. laser sintering (LS)**

**ლაზერული შეცხობა/შედნობა (LS)** – ფხვნილოვანი მასალებისაგან შრედაშრე დეტალების საწარმოებლად, ზედაპირზე ნაწილაკების შერჩევით შესაცხობად ან შესადნობად, დახურულ კამპრაში ერთი ან მეტი ლაზერით ფუძეშრებზე მიმდინარე სინთეზის პროცესი.

\* **ლაზერული შეცხობა/შედნობის** დანადგართა უმრავლესობა დასამუშავებელ მასალას ნაწილობრივ ან სრულად ადნობს. სიტუაცია შეცხობა არის ისტორიული და შეცდომაში შემყვანი ტერმინი, რადგან პროცესი, როგორც წესი, მოიცავს მთლიან ან ნაწილობრივ დნობას, განსხვავებით ლითონის ფხვნილების ტრადიციული შეცხობისა პრესფორმების, ტემპერატურის და/ან წნევის გამოყენებით (ფხვნილოვანი კომპოზიციის ძნელდნობადი ფაზის შემცველი ძირითადი კომპონენტის დნობის წერტილზე გადამეტებულებისას ხდება თხევადფაზური შეცხობა, ანუ მოცემული პროცესებისათვის ტერმინი „შეცხობა“ დასაშვებია).

### **лазерное спекание / сплавление (L S)**

### **5.5. part cake**

**ფხვნილის მასივი** (გროვა) **დეტალთან ერთად** – ფუძეშრებზე სინთეზირებისას გახურებადი სამუშაო კამერის შემთხვევაში ნაწილობრივ აგლომერირებული ფხვნილის მასა, რომლითაც გარშემორტყმულია დეტალი დამზადების ციკლის ბოლოს.

### **порошковый массив с деталью**

### **5.6. post-processing**

**შემდგომი დამუშავება** – ნაკეთობისათვის აუცილებელი თვისებების მისანიჭებელი დამუშავების ოპერაციათა კომპლექსი მრავალსაფეხურიან პროცესში.

### **постобработка**

### **5.7. powder batch**

**ჩასატენირთავი ფხვნილის პარტია** – ფხვნილი, რომელიც ადიტიური წარმოებისათვის ნედლეულად გამოიყენება. იგი შეიძლება იყოს პირველადი ფხვნილი, გამოყენებული (მეორეული) ფხვნილი ან ფხვნილოვანი კომპოზიცია.

### **загрузочная партия порошка**

### **5.8. powder bed, part bed**

**ფხვნილოვანი ფუძეშრე, საგები დეტალი** – ადიტიური წარმოების სისტემაში არსებული არე, სადაც თავსდება დეტალის დასამზადებლი ნედლეული და ხდება მისი შერჩევით შეცხობა/შედნობა გარე წყაროდან მიწოდებული ენერგიით ან შეკავშირება ადჰეზიით.

### **подложка**

## **5.9. powder blend**

**ნარევი ფხვნილი** (ფხვნილოვანი კომპოზიცია) – ერთნაირი ქიმიური და მოცემულ ზღვრებში გრანულომებრიული შედგენილობის მქონე ერთი ან რამდენიმე პარტიის ფხვნილების ნარევი.

\* ადიტიურ წარმოებაში ფხვნილოვანი კომპოზიცია, ჩვეულებრივ, პირველადი და მეორეული ფხვნილების ნარევია. ფხვნილოვანი კომპოზიციების განსკუთრებული მოთხოვნები, ჩვეულებრივ, მათი გამოყენებით ან დამამზადებელსა და დამკვეთს შორის დადგებული ხელშეკრულებით განისაზღვრება.

### **порошковая композиция для АП**

## **5.10. powder lot**

**ფხვნილის პარტია** – კონტროლირებულ პირობებში ფხვნილის წარმოების ერთ ციკლში წარმოგებული ფხვნილის რაოდენობა.

\* ფხვნილის პარტიის რაოდენობა განისაზღვრება მომწოდებლის მიერ;

\*\* ხარისხის მენეჯმენტის სისტემის უმრავლესობა, როგორც წესი, ფხვნილის პარტიაზე ითხოვს თანმხლებ დოკუმენტაციას (შესაბამისობის სერტიფიკატს, გამოცდის აქტებს და სხვ.).

### **партия порошка**

## **5.11. used powder**

**გამოყენებული** (მეორეული) **ფხვნილი** – ადიტიური წარმოების დანადგარში, როგორც მინიმუმ აგების ერთ ციკლში ნედლეულად გამოყენებული ფხვნილი.

### **использованный порошок**

## **5.12. virgin powder**

**პირველი ფხვნილი** – გამოყენებელი (უხმარი) ფხვნილი ფხვნილის ერთი პარტიიდან.

### **первичный порошок**

## **6. Applications - დანართები – приложения**

### **6.1. part**

**დეტალი** – ერთ- ან მრავალსაფეხურიანი პროცესით მიღებული ნაკეთობა, რომელიც დამზადებულია ერთგვაროვანი დასახელებისა და მარკის მქონე მასალისაგან (ან ერთდროულად რამდენიმე ასეთი მასალისაგან) და ნორმატიული და კონსტრუქტორული დოკუმენტაციის მოთხოვნებს აქმაყოფილებს.

### **деталь**

### **6.2. prototype**

**პროტოტიპი** – ერთ- ან მრავალსაფეხურიანი პროცესით მიღებული ნაკეთობა, რომელიც საცდელი ნიმუში ან სამუშაო მოდელია და ნაკეთობის მახასიათებლების, დიზაინის ან თვისებების წინასწარ შესაფასებლად გამოიყენება.

### **прототип**

### **6.3. prototype tooling**

**პროტოტიპის აღჭურვილობა** – პროტოტიპირებისათვის საჭირო ბოჭვები, პრესფორმები და სხვა სამარჯვები. ზოგჯერ ამ ტერმინში დროებითი აღჭურვილობა იგულისხმება.

\* ამ ტიპის აღჭურვილობები (ვიდრე ძირითადი აღჭურვილობა დამზადდება) ზოგჯერ აღჭურვილობის კონსტრუქციის გამოსაცდელად და/ან მომსმარებლისათვის საჭირო დეტალის საწარმოებლად გამოიყენება. ასეთ შემთხვევაში ამ ტერმინით გამოხატულია დროებითი აღჭურვილობა.

### **оснастка для прототипа**

### **6.4. rapid prototyping (in additive manufacturing)**

**სწრაფი პროტოტიპირება** (ადიტიურ წარმოებაში) – პროტოტიპის წარმოებისას, დროის შემცირების მიზნით, ადიტიური წარმოების გამოიყენება.

### **быстрое прототипирование**

## **6.5. rapid tooling (in additive manufacturing)**

**სწრაფი საიარაღო წარმოება** – ტრადიციულ საიარაღო წარმოებასთან შედარებით, იარაღების ან აღჭურვილობის ელემენტების დამზადების ვადის შემცირების მიზნით ადიტიური წარმოების გამოყენება.

\* სწრაფი საიარაღო წარმოების დროს აღჭურვილობის წარმოება შეიძლება ადიტიური წარმოებით უშეალოდ ან შეალედური ნიმუშის (მაგ. ლეპალო) სახით, რომელიც, თავის მხრივ, გამოყენებული იქნება სრულყოფილი აღჭურვილობის საწარმოებლად.

\*\* ტერმინი „სწრაფი საიარაღო წარმოება“, ადიტიური წარმოების გარდა, იხმარება სუბსტრაქციული ტექნილოგიების გამოყენებისას, შემცირებულ დროში ინსტრუმენტების დამზადებისას (მაგალითად, ფრეზისას).

## **быстрое инструментальное производство**

### **7. Properties - მახასიათებლები (თვისებები) - свойства**

#### **7.1. accuracy**

**ადიტიური წარმოების სიზუსტე** – ადიტიური პროცესით დამზადებული დეტალის გეომეტრიის გაზომვის შედეგების მიახლოების ხარისხი მოთხოვნილ მნიშვნელობასთან.

#### **точность АП**

#### **7.2. as built**

**ადიტიური წარმოების ნამზადი** – ადიტიური წარმოებით დამზადებული დეტალის მდგომარეობა ყოველგვარი შემდგომი დამუშავების გარეშე, გარდა აუცილებლობით გამოწვეული აგების ბაქნიდან დეტალის მოხსნის, დამხმარე სტრუქტურისა და/ან გამოუყენებელი ნედლეულის მოცილებისა.

#### **заготовка А**

#### **7.3. fully dense**

**საბოლოო სიმკვრივე** – სინთეზირებული მასალის სიმკვრივე, რომელიც ოპტიმალური ტექნილოგიური პარამეტრების დაცვისას მიიღწვა.

\* არამთლიანობების გარეშე მასალის წარმოება პრაქტიკულად შეუძლებელია. გარკვეული მიკროფორმიანობა აუცილებლად რჩება.

\*\* არამთლიანობების ზომები და დასაშვები რაოდენობა, ჩვეულებრივ, საბოლოო პროდუქტის თვისებებზე მოთხოვნებით განისაზღვრება.

#### **конечная плотность**

#### **7.4. near net shape**

**საბოლოოსთან მიახლოებული ფორმა** – დეტალის გეომეტრიული ფორმა, რომელიც მაქსიმალურადაა მიახლოებული მოთხოვნილ საბოლოო ფორმასთან და, რომლისთვისაც მისი სიზუსტის მისაღწევად აუცილებელია მინიმალური შემდგომი დამუშავება.

#### **форма, близкая к конечной**

#### **7.5. porosity (property)**

**ფორიანობა** – დეტალის მასალაში არსებული გარკვეული რაოდენობის ფორმები.

\* ფორიანობა შეიძლება განისაზღვროს, როგორც არამთლიანობების ჯამური მოცულობის დეტალის მოლიან მოცულობასთან ფარდობა პროცენტებში.

#### **пористость**

#### **7.6. repeatability**

**განმეორებადობა** – ადიტიური წარმოების პრეციზიულობა განმეორებადობის პირობებში. განმეორებადობის პირობებს მიეკუთვნება: გაზომვის ერთი და იგივე მეთოდი, გასაზომი ობიექტების იდენტურობა, ერთი და იგივე ლაბორატორია, ერთი და იგივე ოპერატორი, ერთი და იგივე მოწყობილობა და დროის მოკლე მონაკვეთი.

#### **повторяемость АП**

სტანდარტული ტერმინების გამოყენება რეკომენდებულია დოკუმენტების გაფორმებისას, სამეცნიერო-ტექნიკური, სასწავლო და საცნობარო ლიტერატურის შედეგისას.

გეომეტრიული ფიგურის ციფრული კლექტორული მოდელიდან მიწოდებული ბრძანებებით ნაკეთობის საბოლოო ფორმის განსაზღვრისათვის ადიტიურ წარმოებას კომპიუტერულით მართვა ესაჭიროება. სახელმობრ, ეს ფაქტორი გარკვეულ დაბრკოლებებს უქმნიდა 3D-აღბეჭდების დაპრე-ექტების ფართოდ გავრცელებას მანამ, სანამ ციფრული პროგრამული მართვა და 3D-დაპროექტება საყველთაოდ ხელმისაწვდომი და დიდმწარმოებლური არ გახდა.

პირველი ადიტიური სისტემები ნედლეულად ძირითადად პოლიმერულ მასალებს იყენებდა. თანამედროვე ადიტიური წარმოების ნედლეული მრავალფეროვანია და, შესაბამისად, მრავალფეროვანია სამგანზომილებიანი ფიზიკური საგნების დამზადების „3D-აღბეჭდების“ პროცესებიც (დანართი 2).

შე-2 დანართში წარმოდგენილია თანამედროვე ორგანული და არაორგანული მასალების „3D-აღბეჭდების“ ძირითადი სახეები:

## 1. Fused Deposition Modeling (FDM)

**მოდელირება შრედაშრე დადუღებით** – სამგანზომილებიანი აღბეჭდების მეთოდი, რომლის დროსაც პრინტერის საშუალებით ხდება საქმიანი გამდნარი მასალის (თერმოპლასტიკების ან მათ ფუძეზე მიღებული კომპოზიციური მასალების) გამოწევა და შრედაშრე მყარი ანაბეჭდის შექმნა.

### Моделирование послойным наплавлением

## 2. Selective laser sintering (SLS)

**შერჩევითი (სელექციური) ლაზერული შეცხობა** – სამგანზომილებიანი აღბეჭდების მეთოდი, რომლის დროსაც ხდება პოლიმერული ფენილების (ფენილოვანი პლასტიკის) თხელი ფენების შრედაშრე ლაზერით შეცხობა და მყარი ანაბეჭდ შექმნა.

### Селективное лазерное спекание (SLS)

## 3. Selective Laser Melting (SLM)

**შერჩევითი (სელექციური) ლაზერული დნობა** – ადიტიური წარმოების მეთოდი, რომელიც ლითონური ფენილების თხელი ფენების შრედაშრე გასაღნობად და სამგანზომილებიანი ფიზიკური თბიექტების მყარი ანაბეჭდების შესაქმნელად მძლავრ ლაზერებს იყენებს. (SLM ტექნილოგიის გამოყენების შემთხვევაში ფენილის ნაწილაკები სრულად დნება და ჰომოგენურ მასას წარმოქმნის).

### Выборочная лазерная плавка

## 4. Multi Jet Fusion (MJF)

**მრავალჭავლური შეცხობა** – სამგანზომილებიანი აღბეჭდების მეთოდი, რომლის დროსაც ფენილოვანი პლასტიკის თხელ ფენაზე პრინტერის საქმეები დნობად მასალას მოაფენს და შემდეგ ინფრაწითელი გამოსხივების მძლავრი წყარო ნივთიერებით დამუშავებულ უბნებს შეცხობს.

### Мультиструйная плавка

## 5. Drop-On-Demand (DOD)

**„მფრინავი“ საჭრისით გათანაბრებული შრის დადუღება** – სამგანზომილებიანი აღბეჭდების მეთოდი, რომლის დროსაც მყარი ანაბეჭდის შესაქმნელად მრავალსაქმენი პრინტერი ბაქანს ცვილისებრ მასალას აწოდებს. ყოველი შრის გასათანაბრებლად, სწორი ზედაპირის შესაქმნელად და შემდეგი შრის აღსაბეჭდად DOD პრინტერებში ე. წ. „მფრინავი“ საჭრისი (დანა) გამოიყენება.

### Наплавление с выравниванием слоя летучим резцом

## 6. Direct Light Processing (DLP)

**ციფრული შუქდიოდური პროექცია** – სამგანზომილებიანი ალბეჭდვის მეთოდი, რომლის დროსაც მყარი ანაბეჭდის მისაღებად პრინტერში განთავსებული ციფრული პროექტორი სხვადასხვაგვარ ფისებს შრედაშრე აშექებს.

### **Цифровая светодиодная проекция**

#### **7. Stereolithography (SLA)**

**ლაზერული სტერეოლითოგრაფია** – სამგანზომილებიანი ალბეჭდვის მეთოდი, რომლის დროსაც გამოყენებული ფოტოპოლიმერული ფისები ულტრაიისფერი გამოსხივების (ლაზერის) დასხივებით მაგრდება.

### **Лазерная стереолитография**

#### **8. Laser-aided Direct Metal Tooling (DMT)**

**ლითონური აღჭურვილობის** (ტექნოლოგიური/ტექნიკური) **პირდაპირი ლაზერული ალბეჭდვა** (DMT ტექნოლოგია) – სამგანზომილებიანი ალბეჭდვის მეთოდი, რომლის დროსაც წერილდისპერსიული ლითონური ფხვნილის ლაზერით შედნობისას უშალოდ CAD-მოდელის შესაბამისი ლითონური ნაკეთობა პირდაპირ შრედაშრე იგება.

\* SLM პროცესისაგან განსხვავებით აუცილებელი რაოდენობის მასალა შედნობის არეში ნამზადის ზედაპირზე ზუსტად საჭირო ადგილას წერტილობრივ მიეწოდება.

### **DMT метод**

#### **9. Laminated Object Manufacturing (LOM)**

**ობიექტების აღბეჭდვა ლამინირების მეთოდით** – სამგანზომილებიანი აღბეჭდვის მეთოდი, რომლის დროსაც ხდება მასალის შრედაშრე შეწებება და ლაზერის ან მჭრელი პირის გამოყენებით ობიექტის კონტურის შექმნა.

### **Печать объектов методом ламинирования**

#### **10. Laser Engineered Net Shape (LENS)**

**ლაზერით ფორმის შექმნით დნობა** – სამგანზომილებიანი აღბეჭდვის მეთოდი, რომლის დროსაც აღბეჭდვის ბაქანზე ლაზერით იქმნება სადნობი აბაზანა, რომელშიც საქმენიანი პრინტერით მოწოდებული ფხვნილოვანი მასალა მყარდება და შრეს წარმოქმნის.

### **Плавка путём создания формы лазером**

#### **11. Direct Metal Laser Sintering (DMLS)**

**ლითონების პირდაპირი ლაზერული შეცხობა** – სამგანზომილებიანი აღბეჭდვის მეთოდი, რომლის დროსაც ლითონური ფხვნილის თხელი შრები ლაზერით შრედაშრე შეცხვება და მყარ ანაბეჭდს ქმნის.

\*DMLS პრინტერები ლითონურ ფხვნილებს თითქმის დნობის ტემპერატურამდე ახურებს და ამ ტემპერატურაზე ქიმიური რეაქციებით ხდება ფხვნილის ნაწილაკების ერთმანეთობა შეცხობა.

### **Прямое лазерное спекание металлов**

#### **12. Material jetting (MJ)**

**ჭავლური „3D-აღბეჭდვა“** – სამგანზომილებიანი აღბეჭდვის მეთოდი, რომლის დროსაც მრავალ-საქმენიანი პრინტერი ფოტოპოლიმერებს აღბეჭდვის ბაქანს აწვდის, ულტრაიისფერი გამოსხივებით შრედაშრე შეცხობის შემდეგ კი მყარი ანაბეჭდი იქმნება.

### **Струйная 3D печать**

#### **13. Nano particle jetting (NPJ)**

**ნანოაწილაკებით ჭავლური „3D-აღბეჭდვა“** – სამგანზომილებიანი აღბეჭდვის მეთოდი, რომლის დროსაც მრავალსაქმენიანი პრინტერი აღბეჭდვის ბაქანს ლითონის ნანონაწილაკებიან სითხეს აწვდის. კორპუსის შიგნით არსებული მაღალი ტემპერატურა აორთქლებს სითხეს და ბაქანზე მხოლოდ ლითონის შრე რჩება.

### **Струйная 3D печать наночастицами**

#### **14. Binder Jetting (BJ)**

**შემკვრელით ჭავლური აღბეჭდება** – სამგანზომილებიანი აღბეჭდების მეთოდი, რომლის დროსაც ციფრული მოდელის შესაბამისად პრინტერი შემკვრელ ნივთიერებას ფხვნილოვანი მასალების (ქვიშას, თაბაშირს, ლითონურ ფხვნილს) თხელ ფენებზე დაიტანს.

#### Струйная печать связующим веществом

#### 15. Electron Beam Melting (EBM)

**ელექტრონულ-სხივური დნობა** – სამგანზომილებიანი აღბეჭდების მეთოდი, რომლის დროსაც ლითონური ფხვნილის თხელი ფენების შრედაშრე გასადნობად და მყარი ანაბეჭდის შესაქმნელად ენერგიის წყაროდ ელექტრონების ძლიერი გამომსხივარი გამოიყენება. პროცესი გაგუშტურ გარემოში მიმდინარეობს.

#### Электронно-лучевая плавка

#### 16. Electron Beam Additive Manufacture (EBAM)

**ელექტრონულ-სხივური ადიტიური წარმოება** – სამგანზომილებიანი აღბეჭდების მეთოდი, რომლის დროსაც ლითონური ფხვნილი ან მავთული აღბეჭდების ბაქანს საქმენით მიეწოდება, ძლიერი ელექტრონული კონით გადნება და გამჭარებისას შრეს წარმოქმნის.

#### Электронно-лучевое аддитивное производство

## დასკვნა

გეომეტრიული წარმოდგენის საფუძველზე შრედაშრე მასალების დამატებით ნების-მიერი სამგანზომილებიანი ფიზიკური ობიექტების აგების ტექნოლოგიური პროცესების შემუშავებამ წარმოების ახალი დინამიკური კულტურა ჩამოაყალიბა. იგი პროდუქციის წარმოების სრულიად ახალ შესაძლებლობებს ქმნის, ცვლის მთელ სამყაროს, მოითხოვს ნაკრთობების დაპროექტებისა და დამზადების მეთოდების რადიკალურ გარდაქმნას. ადიტიური წარმოების ტექნოლოგიების განვითარების დასაწყისში ერთი და იგივე პროცესის აღსანიშნავად მრავალი განსხვავებული ტერმინი და განმარტება შემოიღეს. მათი ორაზროვნება აფერხებდა კომუნიკაციას და ტექნოლოგიის ფართო გამოყენებას. ამჟამად, ადიტიური წარმოების ტერმინოლოგია უზრუნველყოფილია საერთაშორისო სტანდარტებით. მიღწეულია ძირითადი ტექნოლოგიური პროცესების ფუნდამენტური პრინციპების საბაზისო გაგება და კომუნიკაცია ამ სფეროში ჩართულ ადამიანებს შორის. ქართული ენის ლექსიკური შესაძლებლობის გამოყენებით, დაზუსტებული ტერმინებისა და განსაზღვრებების შემოღება ხელს შეუწყობს ურთიერთგაგებინებას ამ სფეროში ჩართულ ადამიანებს შორის საერთაშორისო მასშტაბით. ამასთან, სწორად შემოტანილი ტერმინი შემდგომ დაზუსტებას აღარ მოითხოვს და მისი დამკვიდრების დრო მნიშვნელოვნად შემცირდება.

## ლიტერატურა – REFERENCES

1. <https://ru.linkedin.com/.../3d-печать-словарь-терминов>
2. ISO/ASTM 52900
3. უცხო სიტყვათა ლექსიკონი. შემდგენელი მ. ჭაბაშვილი. თბ., 1989. - 600 გვ.
4. <https://techdict.ge/ka/word/three-dimensional/>
5. <https://techdict.ge/ka/word/dimension/%20>
6. <https://en.wikipedia.org/wiki/Printing>

7. <https://dictionary.ge/>
8. რუსულ-ქართული დექსიკონი. საბჭოთა საქართველო, ობ., 1983.
9. ქართული ენის განმარტებითი დექსიკონი.
10. დიდი ქართულ-ინგლისური დექსიკონი.
11. ტერმინოლოგიის საკითხები II. ობ., 2016.

## FOR THE PURITY OF THE GEORGIA LANGUAGE

### **ADDITIVE MANUFACTURING AND ITS STANDARTIZATION TERMS**

**O. Shuradze, I. Jibuti**

(F. Tavadze Metallurgy and Materials Science Institute, Arn. Chikobava Institute of Linguistics)

**Resume.** The essence of the technological process of construction of any three-dimensional physical objects with the addition of additive production – layer materials is presented. Its advantages and differences from traditional substructure technologies are also discussed. Consumers of the latest high-tech production of goods are machine building, aircraft construction, aerospace industry, medicine, energy, light industry, design and more. In the process of developing additive production, the same notation was described in different terms and definitions. Its terminology is mostly English and many terms are still inconsistent even in English today. In order to prevent terminological divergence, the standard of basic terms of additive production was registered by ISO / ASTM standardization organizations in 2012 - ISO / ASTM 52900. Using the lexical ability of the Georgian language, it is necessary to introduce specified terms and definitions. Standardized terms for additive manufacturing will foster mutual understanding among people involved in the field internationally. However, a correctly introduced term no longer requires further clarification and its establishment time will be significantly reduced.

**Keywords:** additive manufacturing; additive processes; base printing; digital model; layer and layer; printing; selective laser melting; synthesis; three-dimensional printing.

ნაცომენიერების რაობა და მისი ფირმინოლოგიური ბაზოზევები

ომარ შურაძე, ნინო დათეშიძე, ნათელა მუზაშვილი, მარინე ოსაძე,  
ლია ქაროსანიძე

(ფ. თავაძის მეტალურგიისა და მასალათმცოდნეობის ინსტიტუტი, არნ. ჩიქობავას  
სახელობის ენათმეცნიერების ინსტიტუტი)

**რეზიუმე:** განხილულია მატერიის ხაზობრივი სიდიდის განზომილებების მიკროგანზომილებიდან ნანოგანზომილებაზე გადასვლით გამოწვეული მეცნიერული კვლევების მიმართულებების ძირებითი ცვლილებები – კვლევის პროცესების ხარისხობრივი გადაწყობა ნივთიერებების მანიპულაციიდან ცალკეული ატომების/მოლეკულების მანიპულაციაზე და ატომურ-მოლეკულურ ღონებების მატერიის თვისებების კვლევის ახალი მეთოდების შექმნა. ნანოტექნოლოგიების გამოყენებით შესაძლებელი გახდა მასალის ქიმიური შედგენილობის, ზომის, ფორმისა და მორფოლოგიური აგებულების მართვა, რამაც გნაპირობა ტექნოლოგიური პროცესების გაუმჯობესება და პროდუქციის სამიზნე მახასიათებლის სრულყოფა, ახალი პროდუქციისა და პროცესების შემუშავება და სხვ.

ნანომეცნიერება განსხვავებული მეცნიერული მიმართულებების გადაკვეთით ვითარდება და, სათანადოდ, სამეცნიერო ტერმინოლოგიაში მრავალი ახალი სიტყვა-ტერმინი და ტერმინოლოგიური შესიტყვებები შემოიტანა. გაჩნდა სხვადასხვა დარგობრივ ტერმინოლოგიასთან ჰარმონიზებული ისეთი უნივერსალური ტერმინთსისტემის ჩამოყალიბების აუცილებლობა, რომელიც დისციპლინათშორის კვლევებში მონაწილე მეცნიერებისათვის ურთიერთგაებინებისა და, შესაბამისად, პროფესიული საქმიანობის ეფექტურობის გარანტი გახდებოდა. ადსანიშნავია, რომ ადსაწერი პროცესებისა და მოვლენების დისციპლინათშორისმა კაგშირმა ზოგიერთი ტერმინის ინტერნაციონალიზაციისა და სისტემათაშორისი ნასესხობების შემოტანის აუცილებლობა შექმნა.

**საკვანძო სიტყვები:** ატომი; დისციპლინათშორისი მეცნიერება; მოლეკულა; ნანომეცნიერება; ნანობიუქტი; ნანორობოტი; ნანოტექნოლოგია; ნანოტექნოლოგია.

### შესავალი

გამოყენებითი მეცნიერებისა და ტექნიკის უახლესი სფერო – ნანოტექნოლოგია თანამედროვე ტექნოლოგიებისა და ტექნიკის ყველაზე სწრაფად განვითარებადი და დიდი იმედის მომცემი მიმართულება. ატომურ ენერგიისა და კომპიუტერებთან ერთად მას რადიკალური ცვლილებები შეაქვს ადამიანის აზროვნებაში. თანამედროვე მეცნიერება განვითარების იმ საფეხურზეა, როცა ცალკეული დისციპლინის ფუნდამენტური მიგნებები ასესნას პოულობს „განსხვავებული მიმართულებების“ მეცნიერებებში. ამა თუ იმ დარგში არსებული პრობლემის გადასაწყვეტად აუცილებელი გახდა სხვადასხვა მიმართულების მეცნიერთა ერთობლივი კვლევები.

დისციპლინათშორისი კვლევების (რასაც ზოგჯერ მეცნიერების გლობალიზაციასაც უწოდებენ) დროს მეცნიერს საშუალება ეძღვა საერთო პრობლემის გადასაწყვეტად ერთობლივი კვლევები აწარმოოს „მომიჯნავე“ (რამდენიმე განსხვავებული) მიმართულების მეცნიერ-მკვლევრებთან ერთად. ამდენად, ნანოგანზომილებიანი ობიექტების კვლევა გახდა თანამედროვე ცივილიზაციის საფუძველი, რომელიც ჩამოყალიბდა მრავალი მეცნიერული მიმართულების ურთიერთგადაკვეთაზე (ცალკეული მეცნიერული დარგის ინტერესებიდან გამომდინარე, დისციპლინათშორისი კვლევების ველად იქცა) და საკვლევი საკითხების ფართო სპექტრს მოიცავს.

მეცნიერების მრავალდისციპლინურობის საკითხი დროის მოთხოვნად იქცა. მეცნიერების სადღეისო ამოცანად აღიარებულია არსებული სინამდვილის, როგორც სისტემის, ჟესტავლა მრავალ მეცნიერულ მიმართულებაში დაგროვებული ცოდნის ინტეგრირებით. მასთან, დარგობრივი მეცნიერული კვლევების გაერთიანება-ურთიერთშერწყმა, სხვადასხვა მეცნიერული მიმართულების თეორიული და მეთოდოლოგიური ჩარჩოების თავსებადობა დაზუსტებული შედეგების მიღების გარანტია გახდა. მეცნიერული პრობლემის კომპლექსურად გადაწყვეტის პროცესის პარალელურად მეცნიერული აზროვნების გაფართოებული პორიზონტის მქონე და შემოქმედებითად გაზრდილი თანამედროვე მეცნიერ-მკვლევრის ახალი ტიპი ჩამოყალიბდა.

ნანოტექნოლოგიები XXI საუკუნის მეცნიერების განვითარების პრიორიტეტული მიმართულებაა. იგი მიეკუთვნება მაღალ ტექნოლოგიებს და, შესაბამისად, მოწინავე სამეცნიერო კვლევებსა და მოწყობილობებს ეფუძნება. ამდენად, მეცნიერების განვითარების მიმდინარე საფეხურზე დისციპლინათშორისი მეცნიერებების მიღწევების ეპოქა ყალიბდება. მის განვითარებას ხელს უწყობს ის ფაქტიც, რომ დარგის მსხვილ პრობლემებზე ერთდროულად (ხშირად ერთადაც) შრომობს მსოფლიოში გამოწენილი, მძლავრი ტექნიკური აღჭურვილობის მქონე სამეცნიერო ცენტრები, რომლებსაც ინფორმაციის გაცვლის უსწრაფესი შესაძლებლობები აქვს.

სხვადასხვა დარგის მაღალკალიფიციური მეცნიერული კადრები, შეუზღუდავი დაფინანსება, უმაღლესი დონის სამეცნიერო-კვლევითი აპარატურა და საინფორმაციო მიღწევები იყო ის წინაპირობა, რომელმაც შესაძლებელი გახადა მეცნიერების საფუძვლიანი გადასვლა, „მიკრო“ განზომილებიდან „ნანო“ განზომილებაზე. მიმდინარეობს ნივთიერებების მანიპულაციიდან ცალკეული ატომებისა და მოლეკულების მანიპულაციაზე ხარისხობრივი გადაწყობა. ნანოტექნოლოგიების გამოყენებით მეცნიერებებს უკვე შეუძლია „მომხმარებლის მოთხოვნების შესაბამისად“ ატომურ და მოლეკულურ ღონებების მატერიას აგებულების ცვლილებით შეცვალოს მისი თვისებები. მათი გამოყენებით შესაძლებელია: მასალის ზომების, ფორმის, მორფოლოგიური აგებულებისა და ქიმიური შედგენილობის მართვა, ტექნოლოგიური პროცესების გაუმჯობესება და პროდუქციის სამიზნე მახასიათებლის სრულყოფა, ახალი პროდუქციისა და პროცესების შემუშავება და სხვ. ამდენად, ნანოგანზომილება იქცა თანამედროვე ცივილიზაციის ახალ განზომილებად. თანამედროვე მეცნიერებათა ანალიტიკოსების აზრით, ნანოტექნოლოგია კაცობრიობის განვითარების ყველა მხარის არსებით პროგრესს გამოიწვევს.

მსოფლიოს მრავალ ქვეყანაში ფართოდაა გაშლილი კვლევები და დიდი წარმატებებია მიღწეული ერთმანეთისაგან ისეთ განსხვავებულ მეცნიერულ დარგებში, როგორიცაა: ბიოლოგია, მედიცინა, ფარმაკოლოგია, სოფლის მეურნეობა, ეკოლოგია, მასალათმცვლეობა, მანქანათმმეცნიერობა, გერონტოლოგია, კოსმოსის ათვისება, კიბერნეტიკა და სხვ. თუ მეცნიერების პრიორიტეტული განვითარების საზომ ერთულად მეცნიერებებში გაცემულ პრესტიჟულ ნობელის პრემიას ავიდებთ, დავრწმუნდებით, რომ ფიზიკაში, ქიმიაში, ბიოლოგიაში, მედიცინაში... გასული საუკუნის 80-იანი წლებიდან პრემიების უდიდესი

უმრავლესობა ნანოტექნოლოგიებისა და მათ კვლევებში გამოყენებული აპარატურის შემნებლ მეცნიერ-მკლევრებს მიენიჭათ.

მიუხედავად იმისა, რომ ამ დარგში მრავალი აღმოჩენა ჯერ კიდევ წინ არის, მეცნიერული მიღწევების პრაქტიკული გამოყენების მსგავსი ტემპი მეცნიერებისა და ტექნიკის ისტორიას არ ახსოვს. მცირდება მანძილი ახალ აღმოჩენებსა და ტექნოლოგიაში მათ გამოყენებას შორის. გამოყენებითი ნანოტექნოლოგია მოთხოვნადია ადამიანის ცხოვრების უკელასევროში. დღეს ნანომასალები და ნანოტექნიკა არის ინტეგრირებული ნანომექანიკური მოწყობილობები და ნანორობოტები; ელექტრონიკისა და კომპიუტერების ელემენტარული ბაზა; ზემტკიცე, ზეგამტარი, ზედენადი მასალები; დიდეფექტური კატალიზატორები; ბიოტექნოლოგიის პროდუქტები; სამედიცინო პრეპარატები და ინსტრუმენტები; გიგანტური მაგნიტური წინააღმდეგობის მქონე მასალები და სხვ. განვითარებულ ქვეყნებში, ნანოტექნოლოგიები უკვე გამოიყენება ადამიანის მოღვაწეობის უკელასნობების სფეროში – ჯანმრთელობის დაცვის, მასალათმცოდნეობის, მანქანათმშენებლობის, ენერგეტიკის, ეკოლოგიის, საინფორმაციო-საკომუნიკაციო მიმართულების, თავდაცვის და მრავალ სხვა მეცნიერებაზევად დარგში.

## ძირითადი ნაწილი

ისტორიულად, ნებისმიერი ახალი მეცნიერული დარგის ჩამოყალიბება-განვითარების საწყის ეტაპზე ერთ-ერთ პრიორიტეტულ მიმართულებად ერთიანი ადეპვატური ტერმინოლოგიის შემოღება ითვლება. ამჟამად სხვადასხვა დარგის მეცნიერთა გაერთიანებული ძალებითა და ერთიანი მიღებომით კვლევების ჩატარების პრაქტიკა მაღალი ტემპით მიმდინარეობს. დისციპლინათმორისი კვლევების გუნდში, ხშირად, გაერთიანებულია ფიზიკის, ქიმიის, ბიოლოგიის, მედიცინის, სოფლის მეურნეობის და სხვა ზოგადმეცნიერული დარგების შემადგენელი ცალკეული მიმართულების სპეციალისტთა ფართო სპექტრი.

ნანომეცნიერების, ნანოტექნოლოგიების, ნანონდუსტრიის, აგრეთვე მახლობელი დისციპლინების წინსვლა-განვითარებამ, როგორც წესი, მეცნიერებასა და ადამიანთა ყოფა-ცხოვრებაში ახალ-ახალი სიტყვა-ტერმინები შემოიტანა. ნათლად გამოიკვეთა დარგობრივ ტერმინოლოგიასთან ჰარმონიზებული, ზუსტი და საყოველობრივი მისაღები უნივერსალური, ტერმინთსისტემის ფორმირებისა და საყოველობრივი გავრცელების აუცილებლობა. დრომ მოითხოვა, რომ ერთიანი სახელმძღვანელო პრიციპების გათვალისწინებით და სხვადასხვა მეცნიერული მიმართულების მიღწევების ბაზაზე შექმნილიყო დისციპლინათმორისი, ყველასათვის მისაღები ტერმინოლოგია. ისეთი ტერმინთსისტემა უნდა შექმნილიყო, რომელშიც ყოველ ტერმინს საკუთარი დეფინიცია ექნებოდა და იმავდროულად სხვადასხვა დარგის სპეციალისტის მოთხოვნებს დააკმაყოფილებდა.

ნანომეცნიერებისა და ნანოტექნოლოგიების დისციპლინათმორისი სასიათის, დიდი სოციალური მნიშვნელობისა და, ინფორმაციული ინტერესებიდან გამომდინარე, ნანოტერმინოლოგიის ჩამოყალიბება-განვითარებამ განსაკუთრებული მნიშვნელობა შეიძინა. ასეთი ტერმინოლოგია თითოეულ კონკრეტულ მეცნიერებაში ხელს შეუწყობს შეცდომების თავიდან აცილებას, დააჩქარებს მეცნიერებების განვითარებას და საზოგადოებას ისენის ტერმინოლოგიური სიჭრელის გავლენისაგან.

სპეციალური ცოდნის სფეროში ტერმინოლოგიური სისტემის ჩამოყალიბება ხდება გაკვალებით გზით. ზოგადად, საკუთარ ტერმინოლოგიურ ველში სპეციალური დარგის ნებისმიერი ტერმინის (სპეციალური ლექსიკური ერთეულის) მახასიათებლებს მიეკუთვნება: კონტექსტიდან დამოუკიდებლობა, სინონიმების არქონა, სისტემურობა, ერთმნიშვნელოგნება, დეფინიციის არსებობა, სიზუსტე, სიმოკლე, ექსპრესიული ნეიტრალობა, კეთილსმოვნება. გარდა ამისა, დარგობრივ ტერმინოლოგიას საკუთარი მიმართულების ჩარჩოში

დარგის ახალი მეცნიერული ცნებებისა და განსაზღვრებების მოქცევა და სპეციფიკა-გაცნობილი სპეციალისტების ურთიერთგაგებინების (სათქმელის გასაგები ფორმით გადმოცემის) ხელშეწყობა მოეთხოვება.

დისციპლინათშორისი ტერმინოლოგიის შედგენისას სასურველია ამ ნიშნების ერთიან ტერმინთსისტემაში გათვალისწინება. რადგან რეალურად, მეცნიერებისა და ტექნოლოგიების მრავალ დარგთან შეპირაპირებული ნანოტერმინოლოგიის განვითარებას გარკვეული სირთულეები შეექმნა. ე. ბუშკოვსკაიას [8] მიხედვით მუდმივი კომუნიკაციის პირობებში გაერთიანებული სხვადასხვა სფეროში მომუშავე სპეციალისტი დისციპლინათშორის კავშირში „მიდის“ საკუთარი სფეროსათვის დამახასიათებელი ცნებებით, კონცეფციით, მეთოდებით, მასალებითა და ტერმინოლოგიით. ამასთან, საერთო მიზნის მისაღწევად თითოეული მათგანი ცდილობს პრობლემა განიხილოს საკუთარი მეთოდებითა და რაკურსებით.

ნანოტექნოლოგიის დისციპლინათშორის კვლევებში ჩართული სხვადასხვა სფეროს წარმომადგენელი მკვლევრები საერთო პრობლემის გადწყვეტისას უნდა გამოვიდნენ საკუთარი დისციპლინის ტერმინოლოგიური ჩარჩოდან და ერთმანეთის შემაგვსებელი კავშირი შექრან (ცენტრალური თემის განსილვისას უნდა გაერთიანდნენ თავიანთი პროფესიული მომზადებისა და პრაქტიკული გამოცდილების ურთიერთგაზიარების საფუძველზე). სინამდვილეში ასეთი ურთიერთობისას, ხშირად თავს იჩნეს რეალური პრობლემა – სამეცნიერო გაერთიანებისათვის საჭირო ერთიანი ტერმინოლოგიის არარსებობა.

ურთიერთმომიჯნავე მეცნიერებებში გავრცელებული მრავალი ტერმინის დეფინიცია, როგორც წესი, ერთმანეთს არ ემთხვევა და მეცნიერთა ურთიერთობანამშრომლობაში გაურკვევლობები წარმოიქმნება. ფ. კლაესიგის აზრით [12], ნანოტექნოლოგიაში არსებული გაურკვევლობა მკვლევრებში გაოცებას არ იწვევს. ამის მიზეზი კი, მეცნიერების ამ სფეროს სწრაფი განვითარება და მის ჩამოყალიბებაში ჩართული სხვადასხვა ქვეყნისა და ცოდნის სხვადასხვა სფეროს სპეციალისტთა დიდი რაოდენობაა.

მკვლევართა შორის წარმატებული კომუნიკაცია ერთობლივი კვლევების საფუძველია და იგი იწყება საკვანძო ცნებების განსაზღვრებით. დისციპლინათშორისი სამეცნიერო საზოგადოებისათვის ლექსიკონის უქნოლობა რეალური პრობლემაა. ტექნიკური და მეცნიერული ლექსიკის სწრაფი ზრდისას იგი თანდათან დრმავდება. თანამედროვე საინფორმაციო-საკომუნიკაციო საშუალებების მაღალი დონის ვითარებაში სპეციალისტებს შორის მეცნიერული მონაცემები/ცოდნა იმაზე უფრო სწრაფად ვრცელდება, ვიდრე სამეცნიერო ტერმინების ცნებებზე შეთანხმება ხდება.

ნანომეცნიერება მრავალი მიმართულების მეცნიერების ინტეგრირებული სფეროა და, აქედან გამომდინარე, მისი ტერმინთსისტემის შედგენისას გასათვალისწინებელია გარკვეული მოთხოვნები, კერძოდ: დისციპლინათშორისი ტერმინები უნდა იყოს უნივერსალური, მარტივად გასაგები და მისაღები მეცნიერების მრავალი მიმართულების სპეციალისტისათვის. ამდენად, ნანოტერმინოლოგიის ამოცანაა: დისციპლინათშორისი კვლევების მონაწილეთა მხარდასაჭერად აზრის გამჭვირვალე და მკაფიო წარმოდგენა, კომუნიკაციის კომუნიკაციური კომპეტენციის ამაღლება, ისეთი ტერმინოლოგიის ჩამოყალიბება, რომელიც მისაღები და გასაგები იქნება როგორც სამეცნიერო-ტექნოლოგიური სფეროს სპეციალისტების, ისე საყოფაცხოვრებო დონეზე არასამეცნიერო საზოგადოების სხვადასხვა სოციალური ფენისათვის.

მრავალდარგობრივ ტერმინოლოგიასთან ჰარმონიზებულმა ნანოტერმინოლოგიამ უნდა უზრუნველყოს საზოგადოების ურთიერთგაგებინება საკუთარ მრავალდისციპლინურ ტერმინოლოგიურ ველში. ბუნებრივია, ამ პრობლემების გადაწყვეტა როგორც დისციპლინათშორის კვლევებში მონაწილე მეცნიერებს, ისე არასამეცნიერო საზოგადოების წარმომად-

გენდებს ბიძგს მისცემს შემხვედრად „იმოძრაონ“ ურთიერთგაგებინებისა და პოზიციების გაერთიანებისაკენ.

პრაქტიკულად, სხვადასხვა მეცნიერულ-ტექნიკური დარგობრივი ტერმინოლოგიებიდან დისციპლინათშორისი ერთიანი ნაწილერმინოლოგიის ახალი განზოგადებული ტერმინების შემოღებას გარკვეული ობიექტური და სუბიექტური გამოწვევები შეექმნა. მისი ჩამოყალიბება და ფუნქციონირება უკავშირდება უნიკალურ შემთხვევებს. განვიხილოთ ზოგიერთი მათგანის თავისებურებები და მათი გამორიცხვის შესაძლებლობები:

1. სხვადასხვა დარგობრივი ტერმინოლოგიის ერთ საერთო დისციპლინათშორის ტერმინთსისტემაში გაერთიანებისას ზოგჯერ ხდება ერთი მეცნიერული მიმართულების ტერმინოლოგიიდან ტერმინის გადატანა მეორე (მიმღებ) ტერმინოლოგიაში, თავისი ლექსიკურ-სემანტიკური სტრუქტურით – დისციპლინათშორისი ნასესხობები. რეტერმინოლოგიზაციის პროცესი განიხილება, როგორც ერთმანეთისგან განცალკევებულად განვითარებადი ორი ტერმინთსისტემის ურთიერთქმედება, რაც სხვა ტერმინთსისტემებით მოსარგებლე სპეციალისტი ტერმინის გარკვეულ ასოციაციურ და სემანტიკურ ცვლილებებს იწვევს;

2. ნანოტერმინოლოგიას ქმნიან მეცნიერების სხვადასხვა დარგის წარმომადგენლები. როგორც წესი, მეცნიერი ტერმინსა და მის დაფინიციას აღიქვამს საკუთარი მოღვაწეობის მირთად მიმართულებაში დამკვიდრებული ტერმინთსისტემის შესაბამისად. სისტემატიზებული და დამკვიდრებული ტერმინოლოგიის მქონე განსხვავებულ სამეცნიერო დისციპლინებში (ფიზიკა, ქიმია, ბიოლოგია, მედიცინა, მასალათმცოდნება, ელექტრონიკა და სხვ.) მომუშავე მეცნიერი-სპეციალისტები კრთსა და იმავე ტერმინს სხვადასხვაგარად აღიჭვამენ. ისინი საკუთარი დარგის მეთოდებსა და ტერმინოლოგიას არიან დაუფლებული და კვლევების შედეგებს საკუთარი დარგისთვის მისაღები ტერმინებით ასახავენ. პრობლემა ისაა, რომ სხვადასხვა დარგში ატომურ-მოლეკულურ დონეზე მუშაობასა და თავიანთი დისცილინის საზღვრებში მოქმედი ტერმინოლოგიით კოლეგებთან ურთიერთობას შეჩვეულ სპეციალისტებს ტერმინების შეცვლის სურვილი არ აქვთ. ისინი მტკიცნეულად განიცდიან შეჩვეული ტერმინის შეცვლას და უჭირთ ახალ ტერმინთან შეგუება. მიუხედავად ამისა, ახალი ტერმინი იკაფავს გზას და დროთა განმავლობაში ტერმინოლოგიაში ის ცვლილებები იმკვიდრებს ადგილს, რომლებსაც სპეციალისტები თავიდან გვივით უცურებდნენ;

3. შეხედველობაშია მისაღები ცალკეული ნანომეცნიერული მიმართულების განვითარების სხვადასხვა ტემპი. სხვაზე მაღალი ტემპით განვითარებადი ნანომეცნიერული დისციპლინა ახალი აღმოჩენის სახელდებას ახდენს საკუთარი დარგის ტერმინოლოგიით. შესაბამისად, ახალი შეხედულების გათვალისწინებით ხდება დარგში არსებული ცალკეული ვიწრო-სპეციალური ტერმინის დაზუსტება-პონქრეტიზაცია ან მოხმარებიდან მისი განდევნა. ვიწრო-სპეციალურ დარგში მოძველებული ტერმინების ახლით შეცვლის პროცესი, როგორც წესი, იშვიათად ხდება დარგის სპეციალისტების ენათმეცნიერებთან ურთიერთშეთანხმებით;

4. ნანომეცნიერება მეცნიერების განვითარების აქამდე არნახული სისწრაფით ვითარდება, რამაც სამეცნიერო-ტექნიკურ ტერმინოლოგიაში ახალი ტერმინებისა და ტერმინოლოგიური შესიტყვებების მოზღვავება გამოიწვია. ამასთან, მეცნიერების განვითარების დღვენდებული ტემპი მნიშვნელოვნად აღემატება მეცნიერთა შორის ტერმინზე შეთანხმების მიღწევის ტემპს, რამაც არაეგვიპტური გახადა კომუნიკაციურ მონაწილე სხვადასხვა მეცნიერული მიმართულებისა და სხვადასხვა ქვეყნის სპეციალისტებს შორის პროფესიული ურთიერთობა და ურთიერთგაგებინება.

ტერმინოლოგიური გაურკვევლობის თავიდან ასაცილებლად ზუსტი და საყოველთაოდ მისაღები ნანოტერმინოლოგიის შექმნის საჭიროება გამოიკვეთა. დარგის განვითარებისათვის აუცილებელი გახდა ერთიანი, საერთაშორისო აღიარების მქონე ტერმინებისა და განსაზღვრებების შემუშავება, რომლებიც ერთნაირად გასაუგბი იქნება სხვადასხვა ქვეყნისა და

ცოდნის სხვადასხვა სფეროში (2010 წლის მონაცემებით – 32) მომუშავე სპეციალისტებისათვის [3]. მრავალი მეცნიერული დარგის წარმომადგენელთა და ენათმეცნიერთა პოზიციების შეპირაპირის საფუძველზე შეჯერებული, ყველა სპეციალისტისათვის გასაგები და მისაღები ტერმინები – უნივერსალური ტერმინოლოგიური ლექსიკა – გახდება სპეციალისტთა ეფექტური კომუნიკაციის გარანტი, გაამარტივებს სხვადასხვა დარგისა და სხვადასხვა ქვეყნის მეცნიერთა ურთიერთობებს, ხელს შეუწყობს მათ ეფექტურ ურთიერთობაზრდობას და საერთო ტერმინთსისტემის საფუძველზე მოახდენს დასმული ამოცანებისა და მიღებული შედეგების ფორმულირებას, აღმოფხვრის აზრთა სხვადასხვაობას ამა თუ იმ ტერმინის დეფინიციის განსაზღვრაში, უზრუნველყოფს ტერმინის გაზრებას, დაცვასა და მის მომავალზე ზრუნვას მრავალი დარგის მეცნიერების ერთიანი პოზიციიდან და გამორიცხავს ყოველგვარ ტერმინოლოგიურ სიჭრელეს.

ტერმინოლოგიური გაურკვევლობის თავიდან ასაცილებლად და თანამედროვე უნივერსალური, სტანდარტული ნანოტერმინოლოგიის ჩამოყალიბებაში ენათმეცნიერებთან ერთად მრავალი, ერთმანეთისგან განსხვავებული, დარგის სპეციალისტი და სტანდარტიზაციის უმსხვილესი საერთაშორისო ორგანიზაცია მონაწილეობს. ასეთია, მაგალითად: ნორმალიზაციის ევროპული კომიტეტი (Comite europeen de normalization, CEN), სტანდარტების საერთაშორისო ორგანიზაცია (the International Standards Organization, ISO) და ამერიკის ეროვნული სტანდარტების ინსტიტუტი (American National Standards Institute, ANSI).

ამ დრომდე მათ მიერ შემუშავებულია ნანომეცნიერებისა და ნანოტექნოლოგიების 10 საერთაშორისო სტანდარტი, რომლებიც სისტემურად წარმოდგენილ სხვადასხვა მეცნიერების ტერმინოლოგიას ასახავს და მრავალი მეცნიერული მიმართულების მეცნიერთა ყოველდღიური საქმიანობის ინტერესებსა და მოთხოვნებს აქმაყოფილებს. მოიცავს ახალ ტერმინებსა და ტერმინოლოგიურ შესიტყვებებს, რომელთა განმარტებები შეესაბამება თანამედროვე მეცნიერული ცოდნის დონეს.

ნანომეცნიერება, ძირითადად, ინგლისურენოვანია. შესაბამისად, ნანოტერმინოლოგიის სტანდარტიზებული ტერმინები ეურდობა ინგლისური ენის ლექსიკურ ერთეულებს და ინგლისურის ნანომეცნიერებისა და ნანოტერმინოლოგიის განვითარების მიზანის სამეცნიერო ენის პრესტიჟულობასთან ერთად, ნანოტექნოლოგიების დარგში მომუშავე მოწინავე სამეცნიერო ინგლისურენოვანი ქვეყნებია (აშშ, იაპონია და დიდი ბრიტანეთი). ამ ქვეყნებში ნანომეცნიერებისა და ნანოტექნოლოგიის ტერმინთსისტემის ფორმირება და ტერმინოლოგიის შემუშავება დაიწყო (და გრძელდება), ძირითადად, ინგლისურ ენაზე მოღვაწე მეცნიერების მიერ.

სტანდარტიზებულ ინგლისურენოვან ტერმინებთან ერთად დიდი წილი მოდის ბერნულ-ლათინური ელემენტების ბაზაზე აგებულ ტერმინებზე. სტანდარტულ ნანოტერმინოლოგიაში ფართოდ გამოიყენება ლათინური პრეფიქსები მაგალითად: ab- (ablation), ad (adhesion), ambi-(ambigel), de- (delamination), di- (dielectric), il-, im-, in- (immobilization), inter- (intercalation), co- (coagulation), re- (recombination), sub-(subroughness), super- (supercapacitor), supra-(supramolecular), trans- (transmission), ultra-(ultradisperse), ex- (exfoliation). გარდა ამისა, ტერმინების მნიშვნელოვანი რაოდენობა ნანომეცნიერებაში შესულია სხვადასხვა ეროვნული ენიდან და სხვადასხვა ტერმინთსისტემიდან. ამავე დროს, ნანოტერმინოლოგიისათვის ნიშანდობლივია ტერმინ-შესიტყვებების სიმრავლე.

ნანოტექნოლოგიების სფეროში ნანობიექტების აღსანიშნად სპეციალისტებმა გამოიყენეს მაკროსამყაროში არსებული, ფორმის მიხედვით მსგავსი ობიექტების დასახელებები და ტერმინს დაუმატეს თავსართი „ნანო.“ მაგალითად: ნანობიექტი, ნანორბოტი, ნანობოჭკო, ნანომილაკი, ნანოლენტი და სხვ. ასეთ შემთხვევაში თავსართ ნანოს დამატება გაურკვევლობას არ იწვევს. ფორმალურად იგი ათობითი (წილობითი) თავსართია და აღნიშნავს რომელიმე სიღიდის მემილიარდებ ნაწილს. ნანოტერმინოლოგიებში

და ნანომასალებში იგულისხმება მეტრული სისტემის სიგრძის ძირითადი ერთეულის – მეტრის ერთი მეტილიარდები (10<sup>-9</sup>) ნაწილი. მეორე მხრივ, ბერძნულად სიტყვა „ნანოს“ „ჯუჯას“ აღნიშნავს და ისიც მცირე ზომის აღმნიშვნელია.

მუშაობის პროცესში სამეცნიერო ლექსიკის სტანდარტიზაციით დაკავებული ორგანიზაციების სპეციალისტები იმ დასკვნამდე მივიღნენ, რომ არასაკმარისია უკვე არსებულ ტექნიკურ ტერმინებს უბრალოდ დაემატოს პრეფიქსი ნანო. მაგალითად, ისეთ სამეცნიერო სფეროებში, როგორიცაა ფიზიკა, ელექტრონიკა, ქიმია, და სხვ., აუცილებელია უნივერსალური ტერმინოლოგიის შექმნა რომლითაც ისარგებლებდა „სხვადასხვა პროფესიის წარმომადგენლები – წარმოებაში და საკვლევი სამუშაოებით დასაქმებული სპეციალისტებიდან სამთავრობო სფეროებთან დაკავშირებულ ადამიანებამდე“ [18].

აღსაწერი პროცესებისა და მოვლენების დისციპლინათშორისმა ხასიათმა განაპირობა ნანომეცნიერებისა და ნანოტექნოლოგიების სფეროში გამოყენებული ტერმინოლოგიის სპეციფიკური ხასიათი – მრავალი ტერმინის ინტერნაციონალიზაცია და სისტემათშორისი ნასესხობები. აღნიშნულ პროცესებს ხელს უწყობს შემდგენი ფაქტები: მსესხებელ ენაში ახალი სპეციალური ობიექტის, პროცესის ან მოვლენის ნომინაციის შესაბამისი მზა ტერმინერთულის არარსებობა და ახალი ცნების ენობრივი ეკონომია – ერთკომპონენტიანი ტერმინის გამოყენება მრავალკომპონენტიანის ნაცვლად – მიმღებ ენაში. შამწყხაროდ, ტერმინების სირთულის გამო და ტერმინოლოგიური შესიტყვებების დაკონკრეტების მიზნით აუცილებელი გახდა ტერმინის ვრცელი აღწერილობითი ფორმის შემოტანა. მაგალითად: ახლო ვულის ოპტიკური მასკანირებელი მიკროსკოპია (near-field scanning optical microscopy), ზედაპირის იონურ-სხივური მოდიფიცირება (ion beam surface reconstruction) და სხვ.

„ახალგაზრდა“ დისციპლინა – ნანომეცნიერება ინგენიერული განვითარების სტადიაზე იმუფლება და როგორც დარგი, ისე მისი ტერმინოლოგიაც ჩვენ თვალწინ ყალიბდება. პროგრესული, ჯერ კიდევ ფორმირების პროცესში მყოფი, ნანოტერმინოლოგია დინამიკურად ვითარდება მომიჯნავე სამეცნიერო სფეროებთან ნაწილობრივი ინტეგრირებით და ხასიათდება ამავე მეცნიერებების ტერმინების მიზიდვის მაღალი ხარისხით. ანომიმართულების თანამედროვე საერთაშორისო სამეცნიერო ლიტერატურაში სტანდარტიზებული ტერმინების გარდა, კიდევ მრავალი სხვა ტერმინი გამოიყენება. მიმდინარეობს მათი ანალიზი, სტანდარტიზება, შესაბამის დოკუმენტებში ასახვა და სტანდარტიზებული ტერმინების რაოდენობის გაზრდა.

ნანომეცნიერებისა და ნანოტექნოლოგიების განვითარების კვლდაკვალ ახალი დარგის სტანდარტიზებული ტერმინების „გაეროვნულობა“ სოციალურ მოთხოვნად იქცა. მუშაობის, სტანდარტიზებული ტერმინები მრავალ ეროვნულ ენაშია ასახული და გავრცელების საყოველთაო ხასიათს იდებს. სტანდარტიზებული ტერმინოლოგია აღიარა დიდმა ბრიტანეთმა, საფრანგეთმა, გერმანიამ, დანიამ, ნიდერლანდებმა, ჩეხეთმა, იაპონიამ, სამხრეთ აფრიკის რესპუბლიკამ, ინდონეზიამ და ა.შ. მრავალი ქვეყანა ISO-ს სტანდარტებს პირდაპირ ეროვნულ სტანდარტებად იდებს.

ქართულ ენაში ტერმინოლოგიური ცვლილებების ასახვა და შესაბამის სამეცნიერო-ტექნოლოგიურ მიმართულებებში გამოყენება ხელს შეუწყობს მრავალი დარგის მეცნიერის (სამეცნიერო მიმართულების) ახალ ინოვაციურ პროცესებთან ადაპტაციას, სხვადასხვა ენაზე ტერმინოლოგიის მომხმარებლების ურთიერთგაგებინებას, ყველა დონეზე გამოყენებული ტერმინოლოგიის შეპირაპირებას, ტერმინოლოგიის შევსებას ახალი სტანდარტიზებული დაექსიური ერთეულებით, ნანოტერმინოლოგიის პარმონიზებულ განვითარებასა და ტერმინოლოგიაში არსებული ნაკლოვანებების აღმოფხვრას.

მეცნიერებაში ახალი მიმართულების განვითარებამ უცხო ტერმინებისა და ტერმინოლოგიური შესიტყვებების მოზღვავება გამოიწვია. ინგლისურენოგანი ტერმინების ქართული

შესატყვისების მოძიება ხშირად უშედგოა. ტერმინთა თავისებურება (დისციპლინათშორისი ხასიათი) ართულებს ახალი სამეცნიერო ტერმინის ჩანაცვლებას ჩვენს ენაში არსებული შესატყვისებით. ზოგჯერ იძულებული ვართ ტერმინი ნასესხები სიტყვის სტატუსით ჩაირთოს ტერმინოლოგიაში. დროთა განმავლობაში ისინი „ლეგიტიმურ ტერმინებად იქცევიან“ და ნანოტერმინოლოგიას „გაამდიდრებენ“ უაღმისატივო აღმნიშვნელებით. ართულ ენაზე მათი გადმოტანისას საჭიროა ტრანსლიტერაციისა და კალკირების გამოყენებაც (მაგალითად, აბლიაცია, ასემბლერი, ამბიგელი, ბაქტერიოფაგი, დისიპაცია, კანტილევერი, პლაზმონი, პრეპრეგები და სხვ.).

უნდა აღინიშნოს, რომ ქართველ მეცნიერებს პქონდათ მცდელობა და შეადგინეს კოდეც დარგობრივი „ნანოქიმიის და ნანოტექნოლოგიის მცირე ოთხენოვანი ლექსიკონი“ [22–25]. სამომავლოდ გასათვალისწინებელია, რომ ნანომეცნიერება დისციპლინათშორისი მეცნიერული მიმართულებაა. ქართულ ენაზე ერთიანი ნანოტერმინოლოგიური ლექსიკონის შედგენა, სადაც ყოველ ტერმინს საკუთარი დეფინიცია ექნება, დროის მოთხოვნაა. უნებრივია, ყველა დარგისთვის მისაღები ტერმინოლოგიური ქართული „სტანდარტი“ უნდა ასახავდეს როგორც ნანომეცნიერების, ისე ნანოტექნოლოგიების ტერმინებსაც. საერთაშორისო სტანდარტული ტერმინების ქართულ ენაზე უფრო შეპირაპირებულად, ზუსტად, ლოგიკურად და ერთმნიშვნელოვნად გამოსათქმელად აუცილებელია ენათმეცნიერების კონტროლქვეშ სხვადასხვა დარგის (ფიზიკის, ქიმიის, მასალათმცოდნების, სოფლის მეურნეობის, მედიცინის, ბიოლოგიის, ეკოლოგიის, რადიოელექტრონიკის, კიბერნეტიკისა და სხვ.) სპეციალისტთა გაერთიანებული ძალისხმევა.

არნ. ჩიქობავას სახელობის ენათმეცნიერების ინსტიტუტის ენის საკითხების ექსპერტ რედაქტორებთან შეთანხმებული „ნანომეცნიერებისა და ნანოტექნოლოგიების ტერმინთა განმარტებითი ქართულ-ინგლისურ-რუსული ლექსიკონი“ [26] ამ დროისათვის არსებულ საერთაშორისო სტანდარტებთან პარმონიზებული სასტარტო ნანოტერმინოლოგიაა. ვიმე-დოვნებთ, რომ იგი გარკვეულ, დადგებით გავლენას მოახდენს ამ მიმართულებით სამომავლოდ გასაწევ შრომაზე.

მსოფლიოს სამეცნიერო-ტექნიკურ სივრცესთან ჩვენი ქვეყნის მჭიდრო კავშირისათვის ნანომეცნიერებისა და ნანოტექნოლოგიების ახალი სტანდარტული ტერმინების გამოქვეყნებისთანვე აუცილებელია მოიძებნოს ინგლისურნოვანი ტერმინების ეკვივალენტები და თანდათან შეიცვლოს საერთაშორისო ტერმინოლოგიასთან პარმონიზებული ნანოტერმინოლოგია.

ბუნებრივია, ნანომეცნიერებისა და ნანოტექნოლოგიური მიმართულებებით ქართული მეცნიერების წარმატებით განვითარებას მიზნებისად დაეხმარება ნანოტერმინოლოგიის პრობლემის გადაწყვეტა და ერთიანი ტერმინოლოგიური ლექსიკონის შედგენა. სწრაფად განვითარებადი დარგის საერთაშორისო სტანდარტიზებული და უნიფიცირებული ტერმინთისებრით სარგებლობა სპეციალისტს გაუძვილებს ურთიერთგაგებინებას ერთ- და მრავალენოვანი კომუნიკაციების დროს. გარდა ამისა, გაამარტივებს ნანოტექნოლოგიების განვითარებასა და გამოყენებას როგორც მრეწველობაში, ისე კვლევით სექტორში. პარმონიზებული ტერმინოლოგია წინ წასწევს საერთო ურთიერთგაგებინებას ყველა იმ სფეროში, სადაც კი ნანოტექნოლოგია შეაღწევს.

როგორც უკვე ითქვა, ნანოპროდუქტია ყოველწლიურად მდიდრდება ახალ-ახალი ნანომასალებითა და ნანობიერებით, ფართოვდება მათი გამოყენების სფეროები და ჩნდება ტერმინოლოგიური სიახლეები. აქედან გამომდინარე, უნდა დაიგეგმოს ქართულენოვანი ნანოტერმინოლოგიისა და სასწავლო-საცნობარო ლიტერატურის უწყვეტი განახლება. ასეთი მიდგომით შედგენილი ერთიანი განახლებადი ნანოტერმინოლოგიური ლექსიკონი მნიშვნელოვან სამსახურს გაუწევს ნანომეცნიერებისა და ნანოტექნოლოგიური მიმართულებებით მომუშავე ქართველ სპეციალისტებს.

## დასკვნა

ყოველივე ზემოაღნიშნულიდან გამომდინარე, დღის წერიგში დადგა ისეთი ხაკითხები, როგორიცაა:

- ნანომეცნიერებისა და ნანოტექნოლოგიის სხვადასხვა სფეროში გამოყენებული ტერმინოლოგიების გაერთიანების აუცილებლობა;
- ერთიანი სტანდარტიზებული ნანოტერმინების საკვანძო მნიშვნელობის დადგენა დისკიპლინათშორის კვლევებში მონაწილე სხვადასხვა მიმართულების მეცნიერებისათვის;
- სწრაფად განვითარებადი ნანომეცნიერებისა და ნანოტექნოლოგიების სტანდარტიზებული ტერმინების სიის გაფართოება ნანოტექნოლოგიის განვითარებასთან ერთად;
- საერთაშორისო მიდგომებთან პარმონიზებული ქართულებოვანი ნანოტერმინების როლის განსაზღვრა ეროვნული მეცნიერების საერთაშორისო, გლობალურ სამეცნიერო და ტექნოლოგიურ პროცესებთან ინტეგრაციაში.

ასე რომ, ჩვენ ქვეყანაში ნანოტექნოლოგიური მიმართულების განვითარებისათვის ტერმინოლოგიური პრობლემის გადაწყვეტა მნიშვნელოვანი და აქტუალურია. იგი გაამარტივებს ნანოტექნოლოგიების განვითარებასა და გამოყენებას კვლევით სექტორში, მრეწველობასა და საყოფაცხოვრებო მიმართულებებში, სადაც კი შეაღწევს ნანოტექნოლოგია.

## ლიტერატურა – REFERENCES

1. Авербух К. Я. Общая теория термина. Иваново, 2004. - 252 с.
2. Алимурадов О. А., Лату М. Н., Раздуев А. В. Особенности структуры и функционирования отраслевых терминосистем (на примере терминосистемы нанотехнологий)//International Journal of Experimental Education. № 2, 2012, с. 86 - 88; URL: <http://expeducation.ru/ru/article/view?id=2475> (дата обращения: 16.05.2020).
3. Иванова О. Б. Динамика становления терминологии новой предметной области (на материале терминосферы нанотехнологии в английском и русском языках): автореф. дис. канд. филол. наук. М., 2010. - 24 с.
4. Вишневская Г. М., Фокина С. Л. Стандартизация терминологии в области нанотехнологии (на материале английского языка) Вестник ЧГУ, №21(275), 2012.
5. Словарь нанотехнологических и связанных с нанотехнологиями терминов/Под ред. С.В. Калюжного М.: ФИЗМАТЛИТ, 2010. - 528 с. ISBN 978-5-9221-1266-6.
6. Потапова Р. К. Нанотехнологии и лингвистика: прогнозы и перспективы взаимодействия. URL: <http://inlang.linguanet.ru>.
7. Хохлявин С. Международный подход к нанотерминологии//Наноиндустрия. Выпуск №5, М., 2011.
8. Бушковская Е. А. Феномен междисциплинарности в зарубежных исследованиях. <https://cyberleninka.ru/article/n/fenomen-mezhdisciplinarnosti-v-zarubezhnyh-issledovaniyah/viewer>
9. Кабанов А., Сагдеев Р. Конвергенция наук: Нужно ли сажать всех ученых под одну «крышу»? trv.science.ru, январь, 2016 .
10. შოთა სიდამონიძე. ნანოქიმია. თბ., 2011. - 327 გვ.
11. ალექსი გერასიმოვი. ნანოტექნოლოგიების საწყისები. თბ., 2009. - 185 გვ.
12. Klaessig F. Current Perspectives in Nanotechnology Terminology and Nomenclature /F. Klaessig, M., Marrapese, S. Abe. Springer Science//Business Media, LLC, 2011.
13. Ramsden J. Essentials of Nanotechnology. J.Ramsden & Ventus Publishing ApS., 2009. - 126 c.
14. Willis, C. Nanotechnology. The Terminology Challenge // ISO Focus. № 4 (April). 2007.

15. Большой энциклопедический словарь. URL: <http://www.vedu.ru/BigEncDic>.
16. Лингвистический энциклопедический словарь. URL: <http://lingvisticheskiy-slovar.ru>.
17. Shorter Oxford English Dictionary online. URL: <http://dic.academic.ru..>
18. URL: <http://www.ansi.org/nsp>.
19. URL: <http://www.nanowerk.com>.
20. URL: <http://www.nanopoisk.com>.
21. URL: <http://nanodigest.ru>.
22. Ts. Ramishvili &V. Tsitsishvili. Short dictionary on nanochemistry and nanotechnology. Part I, vol 3, Nano Studies, 2011, pp 115 -150.
23. Ts. Ramishvili. Short dictionary (glossary) on nanochemistry and nanotechnology. Part II, 6, Nano Studies, 2012, pp. 15 - 54.
24. Ts. Ramishvili &V. Tsitsishvili. Short dictionary (glossary) on nanochemistry and nanotechnology. Part III, 8, Nano Studies, 2013, pp. 231 - 252.
25. Ts. Ramishvili &V. Tsitsishvili. Short dictionary (glossary) on nanochemistry and nanotechnology. Part IV, 10, Nano Studies, 2014, pp. 149 -162.
26. ომარ შურაძე. ნანომეცნიერებისა და ნანოტექნოლოგიების ტერმინთა განმარტებითი ლექსიკონი (ქართულ-ინგლისურ-რუსული), თბ., 2022. - 256 გვ.

## FOR THE PURITY OF THE GEORGIAN LANGUAGE

### THE ESSENCE OF NANO SCIENCE AND ITS TERMINOLOGICAL CHALLENGES

**O. Shuradze, N. Dateshidze, N. Muzashvili, M. Osadze, L. Qarosanidze**

(F. Tavadze Metallurgy and Materials Science Institute, Arn. Chikobava Institute of Linguistics)

**Resume.** The main changes in the scientific-research directions caused by the transition of the linear values of matter from micro to nano dimension – a qualitative relocation of research processes from substances manipulation up to individual atoms manipulation and creation of new methods for studying the properties of matter at the atomic-molecular level was reviewed. With the use of nanotechnology, it became possible to control the chemical composition, size, shape and morphological structure of the material, which ensured the improvement of technological processes, perfecting the product characteristics and development of new processes and materials and etc.

Nano science is developing by intersection of different scientific areas and accordingly, has inserted many new words and word combinations in the scientific terminology. There was a need to form such universal terminological systems which, in harmonization with various fields of terminology, guarantee the effectiveness of professional activity and mutual understanding of scientists in interdisciplinary researches. It should be noted that the interdisciplinary connection of the described phenomenon and processes created the necessity to introduce internationalization and intersystem loans for some expressions.

**Keywords:** atom; interdisciplinary science; molecule; nanoscience; nanoobject; nanorobot nano-terminology; nanotechnology.

## ავტორთა საქართველოში

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

3. სტატია გაფორმებული უნდა იყოს შემდეგნაირად:

- რეპრიკა (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 უურნალების 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

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

გადაეცა წარმოებას 15.07.2022. ხელმოწერილია დასაბუჭიდად 24.10.2022. ქაღალდის  
ზომა 60X84 1/8. პირობითი ნაბეჭდი თაბახი 7,5.

საგამომცემლო სახლი „ტექნიკური უნივერსიტეტი“, თბილისი, კოსტავას 77

