

ISSN 0130-7061

Index 76127

**მეცნიერება და ტექნოლოგიები**

სამეცნიერო რეზიუმირებადი ჟურნალი

**SCIENCE AND TECHNOLOGIES**

SCIENTIFIC REVIEWED MAGAZINE

**НАУКА И ТЕХНОЛОГИИ**

НАУЧНЫЙ РЕФЕРИРУЕМЫЙ ЖУРНАЛ

**№2(719)**

თბილისი – TBILISI – ТБИЛИСИ

2015

გამოდის 1949 წლის  
იანვრიდან,  
განახლდა 2013 წელს.

**მეცნიერება და  
ტექნოლოგიები**

№2(719), 2015 წ.

**დამფუძნებლები:**

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

**УЧРЕДИТЕЛИ:**

Национальная академия наук Грузии  
Грузинский технический университет  
Инженерная академия Грузии  
Академия сельскохозяйственных наук Грузии  
Грузинское общество истории наук

**სარედაქციო კოლეგია:**

ა. ფრანგიშვილი (თავმჯდომარე), ი. გორგიძე (თავმჯდომარის მოადგილე), შ. ნაჭყებია (თავმჯდომარის მოადგილე), რ. ჩიქოვანი (თავმჯდომარის მოადგილე), გ. აბდუშელიშვილი, ა. აბშილაძე, გ. არაბიძე, რ. არველაძე, რ. ბაბაიანი (რუსეთი), ნ. ბაღატირაძე, თ. ბაციკაძე, გ. ბიბილეიშვილი, ვ. ბურკოვი (რუსეთი), გ. გავარდაშვილი, ზ. გასიაშვილი, ზ. გელაშვილი, თ. გელაშვილი, ალ. გრიგოლიშვილი, დ. გურგენიძე, ბ. გუგუშვილი (რუსეთი), ი. ელიშაშვილი (აშშ), გ. ვარშალომიძე, ს. ვასილიშვილი (რუსეთი), ნ. ვახანია (მექსიკა), მ. ზგუროვსკი (უკრაინა), თ. ზუმბურიძე, პ. ზუნკელი (ავსტრია), დ. თავხელიძე, ა. თოფჩიშვილი, ზ. კაკულია, ვ. კვარაცხელია, გ. კვესიტაძე, ლ. კლიმაშვილი, ფ. კრიადო (ესპანეთი), მ. კუხაიშვილი, რ. ლაზაროვი (აშშ), ჯ. ლაიტმანი (აშშ), ზ. ლომსაძე, ნ. მახვილაძე, დეკანოზი ლ. მათეშვილი, მ. მაცაბერიძე, ვ. მატევევი (რუსეთი), პ. მელაძე, ე. მეძმარიშვილი, გ. მიქიაშვილი, თ. ნათიშვილი, თ. ნამიხიშვილი, დ. ნოვიკოვი (რუსეთი), ს. პედროლო (იტალია), რ. ჟინევიჩუსი (ლიტვა), ი. ჟორდანი, ვ. ჟუკოვსკი (რუსეთი), პ. რიჩი (იტალია), მ. სალუკვაძე, ფ. სიარლე (საფრანგეთი), რ. სტურუა, თ. სულაბერიძე, ფ. უნგერი (ავსტრია), ა. ფაშაევი (აზერბაიჯანი), ნ. ყავლაშვილი, ა. ჩხეიძე, გ. ცინცაძე, თ. ცინცაძე, ნ. წერეთელი, ზ. წერეთელი, გ. ხუბულური, თ. ჯაგორიშვილი, გ. ჯავახაძე, მიტროპოლიტი ა. ჯაფარიძე, გ. ჯერენაშვილი, მ. ჯიბლაძე, ჯ. ჯუჯარო (იტალია)

**EDITORIAL BOARD:**

A. Prangishvili (chairman), I. Gorgidze (vice-chairman), Sh. Nachkebia (vice-chairman), R. Chikovani (vice-chairman), G. Abdushelishvili, A. Abshilava, G. Arabidze, R. Arveladze, R. Babaian (Russia), N. Bagaturia, T. Batsikadze, G. Bibileishvili, V. Burkov (Russia), A. Chkheidze, P. Ciarlet (France), I. Elishakov (USA), Z. Gasitashvili, G. Gavardashvili, Z. Gedenidze, O. Gelashvili, G. Giugiaro (Italy), Al. Grigolishvili, D. Gurgenidze, B. Gusev (Russia), T. Jagodnishvili, Metropolitan A. Japaridze, G. Javakhadze, G. Jerenashvili, M. Jibladze, Z. Kakulia, N. Kavlashvili, G. Khubuluri, L. Klimiashvili, F. Kriado (Spain), M. Kukhaleishvili, V. Kvaratskhelia, G. Kvesitadze, J. Laitman (USA), R. Lazarov (USA), Z. Lomsadze, N. Makhviladze, Archpriest L. Mateshvili, M. Matsaberidze, V. Matveev (Russia), E. Medzmariashvili, H. Meladze, G. Miqiaishvili, O. Namicheishvili, O. Natishvili, D. Novikov (Russia), A. Pashaev (Azerbaijan), S. Pedrollo (Italy), P. Ricci (Italy), M. Salukvadze, R. Sturua, T. Sulaberidze, H. Sunkel (Austria), D. Tavkhelidze, A. Topchishvili, G. Tsintsadze, T. Tsintsadze, N. Tzereteli, Z. Tzveraidze, F. Unger (Austria), N. Vakhania (Mexico), G. Varshalomidze, S. Vasilev (Russia), M. Zgurovski (Ukraine), R. Zhinevichius (Lithuania), I. Zhordania, V. Zhukovski (Russia), O. Zumburidze

**РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:**

А. Прангишвили (председатель), И. Горгидзе (зам. председателя), Ш. Начкебия (зам. председателя), Р. Чиковани (зам. председателя), Г. Абдушелишвили, А. Абшилава, Г. Арабидзе, Р. Арвеладзе, Р. Бабаян (Россия), Н. Багатурия, Т. Бацикадзе, Г. Бибилеишвили, В. Бурков (Россия), Г. Варшаломидзе, С. Васильев (Россия), Н. Вахания (Мексика), Г. Гавардашвили, З. Гаситашвили, З. Геденидзе, О. Гелашвили, Ал. Григолишвили, Д. Гургенидзе, Б. Гусев (Россия), Г. Джавахадзе, Т. Джагоднишвили, Митрополит А. Джапаридзе, Г. Джеренашвили, М. Джибладзе, Дж. Джуджаро (Италия), И. Елишаков (США), Р. Жиневичус (Литва), И. Жордания, В. Жуковский (Россия), М. Згуровский (Украина), О. Зумбуридзе, Х. Зункел (Австрия), Н. Кавлашвили, З. Какулия, В. Кварацхелия, Г. Квеситадзе, Л. Климиашвили, Ф. Криадо (Испания), М. Кухалеишвили, Р. Лазаров (США), Дж. Лаитман (США), З. Ломсадзе, В. Матвеев (Россия), Протоиерей Л. Матешвили, Н. Махвиладзе, М. Мацабериძე, Э. Медзмариашвили, Г. Меладзе, Г. Микиашиვილი, О. Намичеишвили, О. Натишвили, Д. Новиков (Россия), С. Педроло (Италия), З. Ричи (Италия), М. Салукваძე, Ф. Сиарле (Франция), Р. Стурua, Т. Сулабериძე, Д. Тавхелиძე, А. Топчишвили, Ф. Унгер (Австрия), А. Фашаев (Азербайджан), Г. Хубулuri, З. Цверайძე, Н. Церетели, Г. Цинцаძე, Т. Цинцаძე, А. Чхеიძე

საგამომცემლო სახლი „ტექნიკური უნივერსიტეტი“, 2015  
Publishing House “Technical University”, 2015  
Издательский дом “Технический Университет”, 2015  
<http://www.acnet.ge/publicut.htm>  
[scitech@gw.acnet.ge](mailto:scitech@gw.acnet.ge)



# შინაარსი

## მეტეოროლოგია

|                                                                                                                                                                               |   |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|
| ლ. შენგელია, გ. კორძასია, გ. თვაური, მ. ძაძამია. აღმოსავლეთი საქართველოს მცირე მყინვარების კვლევა თანამგზავრული დისტანციური ზონდირების და GIS ტექნოლოგიების გამოყენებით ..... | 9 |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|

## გეობრაზია

|                                                                                                                        |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| ზ. ლეჟავა, კ. წიქარიშვილი, ნ. ბოლაშვილი, ე. წერეთელი, ი. ფინჩაია, რ. თოღორდავა. დეიქაზის ლოდი – გუნების ფენომენი ..... | 19 |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|

## სპელეოლოგია

|                                                                                                                                                               |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| ზ. ლეჟავა, კ. წიქარიშვილი, გ. დვალაშვილი, გ. ჩართოლანი, გ. ხუციშვილი. სამხრეთ იმერეთის პირველი რაიონის კარსტულ-სპელეოლოგიური კვლევის წინასწარი შედეგები ..... | 25 |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|

## ბოტანიკა

|                                                                       |    |
|-----------------------------------------------------------------------|----|
| ლ. კუხალაშვილი. ხულოს რაიონის ციანოპროკარიოტების შესწავლისათვის ..... | 33 |
|-----------------------------------------------------------------------|----|

## ბიომეძანია

|                                                                                 |    |
|---------------------------------------------------------------------------------|----|
| კ. მოისწრაფიშვილი. კიდეკერძულ ალამიანის წონასწორობის მდგომარეობის შესახებ ..... | 39 |
|---------------------------------------------------------------------------------|----|

## მასალათმცოდნეობა

|                                                                                  |    |
|----------------------------------------------------------------------------------|----|
| ო. შურაძე. მასალათმცოდნეობა – კაცობრიობის განვითარების თანამდევ მენეჯერება ..... | 47 |
|----------------------------------------------------------------------------------|----|

## მეტალურგია

|                                                                                                                                          |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| ი. ფულარიანი, ნ. კეკელიძე, მ. კერესელიძე, რ. რაზმაძე, ნ. ხუციშვილი. მანგანუმის ქლორიდის რკინის ფხვნილით აღდგენის პროცესის შესწავლა ..... | 60 |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|

## მანქანათმშენებლობა

|                                                                                                                |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| მ. წულაია, კ. წულაია. ალამიანის ორბანიზმის რეაქცია ვიბრაციულ ზემოქმედებაზე და მისი გამოვლინების ასექტები ..... | 63 |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|

## მშენებლობა

|                                                                                                  |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| გ. გაბრიჩიძე. ენგურის თაღოვანი კაშხლის მუშაობის მოდელირების ზოგიერთი თავისებურების შესახებ ..... | 68 |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|----|

## რკინიგზის ტრანსპორტი

|                                                                                                                                                                                           |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| ბ. დიდებაშვილი, გ. თელია, ა. კაკაბაძე, ტ. კოტრიკაძე, გ. ჩუბინიძე.<br>ახალი არასპეციალიზებული სატვირთო სადგურებისათვის სალიანდაგო განვითარების<br>სქემების მათემატიკური გაანგარიშება ..... | 76 |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|

## სოფლის მეურნეობა

|                                                                                                                 |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| დ. წურწუშია, თ. კატარავა. ფეიხოს ( <i>Feijoa Sellowiana</i> L) კულტივირების პერსპექტივები<br>საქართველოში ..... | 81 |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|

## ღვინის ტექნოლოგია

|                                                                                                                                             |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| ნ. ბაღათურია, ნ. ბეგიაშვილი, მ. გაბრიჭიძე. მთრიმლაში ნივთიერებების (ტანინების)<br>დინამიკა ღურღოზე ტკბილის ალკოჰოლური ღვინის პროცესში ..... | 86 |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|

## მედიცინა

|                                                                                                                      |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| ზ. მარშანია. სემსოლოგია, როგორც მედიცინის დარგი: გამოწვევები და<br>პერსპექტივები XXI საუკუნის საქართველოსათვის ..... | 94 |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|

## სამკურნალო მცენარეები

|                                                                                                                                             |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| თ. კატარავა, რ. ზედგინიძე. სამკურნალო და არომატულ მცენარეთა გენეტიკური რესურსის<br>რაციონალური გამოყენების ასპექტები სამცხე-ჯავახეთში ..... | 102 |
| ავტორთა საჩურადღებოდ .....                                                                                                                  | 106 |

# CONTENTS

## METEOROLOGY

|                                                                                                                                                                 |   |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|
| <b>L. Shengelia, G. Kordzakhia, G. Tvauri, M. Dzadzamia.</b> RESEARCH OF EAST GEORGIAN SMALL GLACIERS ON THE BASIS OF REMOTE SENSING AND GIS TECHNOLOGIES ..... | 9 |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|

## GEOGRAPHY

|                                                                                                                                                 |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Z. Lezhava, K. Tzikarishvili, N. Bolashvili, E. Tzereteli, I. Pichkhaia, R. Tolordava.</b> DEIDZAKHI BOULDER – THE PHENOMENON OF NATURE..... | 19 |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|

## SPELEOLOGY

|                                                                                                                                                                                     |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Z. Lezhava, K. Tzikarishvili, G. Dvalashvili, G. Chartolani, G. Khutsishvili.</b> PRELIMINARY RESULTS OF KARST-SPELEOLOGICAL RESEARCH OF SOUTHERN IMERETI LIMESTONE REGION ..... | 25 |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|

## BOTANY

|                                                                                    |    |
|------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>L. Kukhaleishvili.</b> TO THE STUDY OF THE CYANOPROKARYOTA OF KHULO REGION..... | 33 |
|------------------------------------------------------------------------------------|----|

## BIOMECHANICS

|                                                                                      |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>K. Moistzrapishvili.</b> ONCE AGAIN ABOUT THE EQUILIBRIUM STABILITY OF A MAN..... | 39 |
|--------------------------------------------------------------------------------------|----|

## MATERIALS SCIENCE

|                                                                                              |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>O. Shuradze.</b> MATERIALS SCIENCE – THE ACCOMPANYING SCIENCE OF MANKIND DEVELOPMENT..... | 47 |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|----|

## METALLURGY

|                                                                                                                                                         |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>I. Pulariani, N. Kekelidze, M. Kereselidze, R. Razmadze, N. Khutsishvili.</b> STUDY OF RESTORATION PROCESS OF MAGNESIUM CHLORIDE BY IPON POWDER..... | 60 |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|

## MECHANICAL ENGINEERING

|                                                                                                                  |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>M. Tzulaia, H. Tzulaia.</b> REACTION OF HUMAN ORGANISM ON VIBRATION EXPOSURE AND ITS EXPRESSION ASPECTS ..... | 63 |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|

## **BUILDING**

|                                                                                                 |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>G. Gabrichidze.</b> ABOUT SOME PECULARITIES OF MODELLING THE WORK OF<br>ENGURI ARCH DAM..... | 68 |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|----|

## **RAILWAY TRANSPORT**

|                                                                                                                                                                                           |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>B. Didebashvili, G. Telia, A. Kakabadze, T. Kotrikadze, G. Chubinidze.</b> MATHEMATICAL<br>CALCULATION OF RAILWAY DEVELOPMENT SCHEMES FOR NEW NON-SPECIALIZED FREIGHT<br>STATIONS..... | 76 |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|

## **AGRICULTURE**

|                                                                                                                              |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>D. Tzurtzumia, T. Kacharava.</b> PERSPECTIVES OF CULTIVATION OF FEIJOA ( <i>FEIJOA<br/>SELLOWIANA L</i> ) IN GEORGIA..... | 81 |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|

## **TECHNOLOGY OF WINE**

|                                                                                                                                                             |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>N. Bagaturia, N. begiashvili, M. gabrichidze.</b> DYNAMICS OF TANNING MATTER (TANNINS) IN THE<br>PROCESS OF ALCOHOLIC FERMENTATION OF MUST ON PULP ..... | 86 |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|

## **MEDICINE**

|                                                                                                                         |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Z. Marshania.</b> SEXOLOGY, AS A SPHERE OF MEDICINE: CHALLENGES AND PROSPECTS FOR<br>GEORGIA IN THE XXI CENTURY..... | 94 |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|

## **MEDICINAL PLANTS**

|                                                                                                                                                      |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>T. Kacharava, R. Zedginidze .</b> ASPECTS OF THE RATIONAL USE OF GENETIC RESOURCES<br>OF MEDICINAL AND AROMATIC PLANTS IN SAMTSKHE-JAVAKHETI..... | 102 |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|

|                                       |     |
|---------------------------------------|-----|
| <b>TO THE AUTHORS ATTENTION .....</b> | 106 |
|---------------------------------------|-----|

# СОДЕРЖАНИЕ

## МЕТЕОРОЛОГИЯ

|                                                                                                                                                                                              |   |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|
| Л. Д. Шенгелия, Г. И. Кордзахия, Г. А. Тваури, М. Ш. Дзадзамия. ИССЛЕДОВАНИЕ<br>МАЛЫХ ЛЕДНИКОВ ВОСТОЧНОЙ ГРУЗИИ НА ОСНОВЕ СПУТНИКОВОГО<br>ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ И ГИС ТЕХНОЛОГИИ ..... | 9 |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|

## ГЕОГРАФИЯ

|                                                                                                                                             |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| З. И. Лежава, К. Д. Цикаришвили, Н. Р. Болашвили, Э. Д. Церетели, И. С. Пичхана, Р. Р. Толордава.<br>ГЛЫБА ДЕИДЗАХИ – ФЕНОМЕН ПРИРОДЫ ..... | 19 |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|

## СПЕЛЕОЛОГИЯ

|                                                                                                                                                                                                         |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| З. И. Лежава, К. Д. Цикаришвили, Г. Б. Двалашвили, Г. Г. Чартолани, Г. В. Хуцишвили.<br>ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ КАРСТОВО-СПЕЛЕОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ<br>ИЗВЕСТНЯКОВОГО РАЙОНА ЮЖНОЙ ИМЕРЕТИИ ..... | 25 |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|

## БОТАНИКА

|                                                                        |    |
|------------------------------------------------------------------------|----|
| Л. К. Кухалешвили. К ИЗУЧЕНИЮ ЦИАНОПРОКАРИОТОВ ХУЛОЙСКОГО РАЙОНА ..... | 33 |
|------------------------------------------------------------------------|----|

## БИОМЕХАНИКА

|                                                                         |    |
|-------------------------------------------------------------------------|----|
| К. М. Моисцрапишвили. ЕЩЕ РАЗ ОБ УСТОЙЧИВОСТИ РАВНОВЕСИЯ ЧЕЛОВЕКА ..... | 39 |
|-------------------------------------------------------------------------|----|

## МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

|                                                                                       |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------|----|
| О. В. Шурадзе. МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ – НАУКА, СОПУТСТВУЮЩАЯ РАЗВИТИЮ<br>ЧЕЛОВЕЧЕСТВА ..... | 47 |
|---------------------------------------------------------------------------------------|----|

## МЕТАЛЛУРГИЯ

|                                                                                                                                                                         |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| И. И. Пуларияни, Н. П. Кекелидзе, М. В. Кереселидзе, Р. С. Размадзе, Н. Т. Хуцишвили.<br>ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ВОССТАНОВЛЕНИЯ ХЛОРИДА МАГНИЯ<br>ЖЕЛЕЗНЫМ ПОРОШКОМ ..... | 60 |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|

## МАШИНОСТРОЕНИЕ

|                                                                                                                         |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| М. Г. Цулая, Г. Г. Цулая. РЕАКЦИЯ ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО ОРГАНИЗМА НА ВИБРАЦИОННОЕ<br>ВОЗДЕЙСТВИЕ И АСПЕКТЫ ЕГО ПРОЯВЛЕНИЯ ..... | 63 |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|

## **СТРОИТЕЛЬСТВО**

|                                                                                                     |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Г. К. Габричидзе. НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ МОДЕЛИРОВАНИЯ РАБОТЫ ИНГУРСКОЙ АРОЧНОЙ ПЛОТИНЫ</b> ..... | 68 |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|----|

## **ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫЙ ТРАНСПОРТ**

|                                                                                                                                                                                                                      |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Б. Ш. Дидебашвили, Г. Ш. Телиа, А. Д. Какабадзе, Т. И. Котрикадзе, Г. И. Чубинидзе. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРЕДЛОЖЕННЫХ ОБРАБОТАННЫХ РЕЛЬСОВЫХ СХЕМ ДЛЯ НОВЫХ НЕСПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ ГРУЗОВЫХ СТАНЦИЙ</b> ..... | 76 |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|

## **СЕЛЬСКОЕ ХОЗЯЙСТВО**

|                                                                                                                   |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Д. П. Цурцумия, Т. О. Качарава. ПЕРСПЕКТИВЫ ВЫРАЩИВАНИЯ ФЕЙХОА (<i>FEIJOA SELLOWIANA</i> L) В ГРУЗИИ</b> ..... | 81 |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|

## **ТЕХНОЛОГИЯ ВИНА**

|                                                                                                                                           |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Н. Ш. Багатурия, Н. А. Бегиашвили, М. А. Габричидзе. ДИНАМИКА ДУБИЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ (ТАНИНОВ) В ПРОЦЕССЕ БРОЖЕНИЯ СУСЛА НА МЕЗГЕ</b> ..... | 86 |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|

## **МЕДИЦИНА**

|                                                                                                    |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>З. С. Маршания. СЕКСОЛОГИЯ КАК ОТРАСЛЬ МЕДИЦИНЫ: ВЫЗОВЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ГРУЗИИ XXI ВЕКА</b> ..... | 94 |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|----|

## **ЛЕКАРСТВЕННЫЕ РАСТЕНИЯ**

|                                                                                                                                                                     |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Т. О. Качарава, Р. Ш. Зедгинидзе. АСПЕКТЫ РАЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГЕНЕТИЧЕСКОГО РЕСУРСА ЛЕКАРСТВЕННЫХ И АРОМАТИЧЕСКИХ РАСТЕНИЙ В САМЦХЕ-ДЖАВАХЕТИИ</b> ..... | 102 |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|

|                                 |     |
|---------------------------------|-----|
| <b>К СВЕДЕНИЮ АВТОРОВ</b> ..... | 106 |
|---------------------------------|-----|

### აღმოსავლეთ საქართველოს მცირე მყინვარების კვლევა თანამგზავრული დისტანციური ზონდირების და GIS ტექნოლოგიების გამოყენებით\*

ლარისა შენგელია, გიორგი კორძაძია, გენადი თვაური, მურმან ძაძამია

(საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი,

ივ. ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის

მ. ნოდის გეოფიზიკის ინსტიტუტი, გარემოს ეროვნული სააგენტო)

**რეზიუმე:** განხილულია აღმოსავლეთ საქართველოს მცირე მყინვარების ძირითადი მახასიათებლების განსაზღვრა თანამგზავრული დისტანციური ზონდირებისა და GIS (გეო-საინფორმაციო სისტემები) ტექნოლოგიების გამოყენებით. ნახევრები, რომ თანამგზავრული დისტანციური ზონდირება და GIS ტექნოლოგიები მნიშვნელოვანი ინოვაციაა, რომელთა საშუალებით მცირე მყინვარების ძირითადი მახასიათებლების განსაზღვრა საიმედო შედეგებს იძლევა. ამ შედეგებზე დაყრდნობით მიღებულია მნიშვნელოვანი დასკვნები, რომელთაგან ერთ-ერთი ძირითადია ის, რომ მცირე მყინვარების კვლევისათვის თანამგზავრული დისტანციური ზონდირების გამოყენებით შესაძლებელია დავადგინოთ, თუ როგორ შეიცვალა მათი ზომები, რომელი მყინვარი უფრო მეტად შემცირდა ან საერთოდ გაქრა.

**საკვანძო სიტყვები:** მცირე მყინვარები; თანამგზავრული დისტანციური ზონდირება; GIS ტექნოლოგიები.

### შესავალი

აღმოსავლეთ საქართველოში მრავლადაა მცირე მყინვარები. თითოეული მათგანის ფართობი 0,5 კმ<sup>2</sup>-ს არ აღემატება. მცირე მყინვარების კვლევა მიწისპირა დაკვირვებების საფუძველზე საკმაოდ შეზღუდული იყო, ბოლო წლების განმავლობაში კი ფაქტობრივად სრულიად შეწყდა. დღეს მათ შესასწავლად ეფექტურად გამოიყენება თანამგზავრული დისტანციური ზონდირება, რომლის მეშვეობით შესაძლებელი გახდა მცირე მყინვარების მაღალი სივრცითი გარჩევადობის სურათების მოპოვება და შემდგომ ამ სურათებისა და [1, 2] შრომებში აღწერილი მეთოდოლოგიის საფუძველზე მათი კონტურებისა და მახასიათებლების დადგენა.

მყინვარების შესახებ სტანდარტიზებული ინფორმაცია მოყვანილია მსოფლიო მყინვარების კატალოგში (World Glacier Inventory–WGI<sup>\*\*</sup>), რომელიც დაცული და წარმოდგენილია მსოფლიო მყინვარების მონიტორინგის სამსახურის (World Glacier Monitoring Service–WGMS) ვებ გვერდზე:

---

\* პროექტი ხორციელდება შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდის ფინანსური ხელშეწყობით (გრანტი FR /586/9-110/13). წინამდებარე პუბლიკაციაში გამოთქმული ნებისმიერი აზრი ეკუთვნის ავტორებს და შესაძლებელია არ ასახავდეს შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდის შეხედულებებს.

\*\* WGI – მსოფლიო მყინვარების კატალოგის ელექტრონული ვერსია ყოფილი საბჭოთა კავშირის ტერიტორიისათვის შედგენილია მყინვარების კატალოგის ნაბეჭდი ვერსიის საფუძველზე.

www.wgms.ch. WGMS მდებარეობს შვეიცარიაში. მას მჭიდრო ურთიერთობა აქვს ქ. ბოულდერში (აშშ) თოვლისა და ყინულის ეროვნულ ცენტრში (National Snow and Ice Data Center–NSIDC) არსებულ გლაციოლოგიის მსოფლიო მონაცემთა ცენტრთან და პროექტთან, რომლის სახელწოდებაც „მიწისპირა ყინულების გლობალური გაზომვები კოსმოსიდან“ (Global Land Ice Measurements from Space – GLIMS).

### ძირითადი ნაწილი

მყინვარების კვლევისთვის, ზოგადად, გამოიყენება GLIMS-ის მონაცემთა ბაზა. ეს ბაზა შექმნილია თანამგზავრ TERRA-ს ASTER (Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer) სენსორის მონაცემთა საფუძველზე [3]. ეს სენსორი, რომლის მაქსიმალური სივრცითი გარჩევადობა 15 მ-ს შეადგენს, ხილულ და ინფრაწითელ დიაპაზონებში მოიპოვებს მონაცემებს.

სენსორ ASTER-ის მონაცემების საშუალებით შესაძლებელია 30 მ სივრცითი გარჩევადობის რელიეფის ციფრული მოდელის (Digital Elevation Model – DEM) გენერირება. მულტისპექტრულ თანამგზავრულ მონაცემებთან ერთად ASTER DEM მყინვარების შესწავლის საუკეთესო საშუალებად იქცა [4, 5]. თანამგზავრული მონაცემების დამუშავებისათვის გამოიყენება GIS სისტემები – Google Earth, BEAM Visat და Quantum GIS Lisboa.

მაღალი სივრცითი გარჩევადობის თანამგზავრული სურათების ხელმისაწვდომი წყაროა პროგრამა Google Earth. საქართველოს ტერიტორიის უმეტესი ნაწილისათვის ეს პროგრამა 0.5–0.8 მ-ის სივრცითი გარჩევადობის სურათებს გეთავაზობს, რაც მყინვარების კონტურების დიდი სიზუსტით დადგენის საშუალებას იძლევა. პროგრამა Google Earth-ის საშუალებით დავამუშავეთ NSIDC-ის მყინვარების მსოფლიო კატალოგის მონაცემები.

განსახილველი მყინვარები მცირე ზომის გამო GLIMS-ის მონაცემთა ბაზაში შეტანილი არ არის და, შესაბამისად, არც მათი კონტურებია მოცემული. მცირე მყინვარების შესასწავლად პირველ რიგში საჭირო გახდა მათი იდენტიფიცირება.

მცირე მყინვარების შესახებ ინფორმაცია დაცულია სსრ კავშირის მყინვარების კატალოგში. ამავე კატალოგშია ინფორმაცია აღმოსავლეთ საქართველოს მყინვარების შესახებ [6–8].

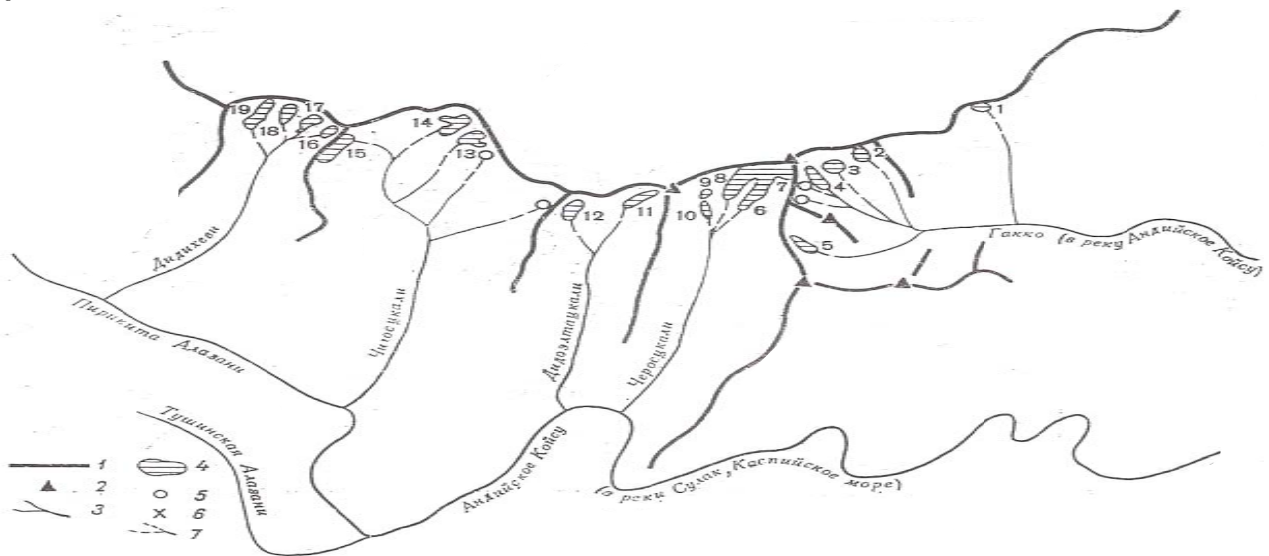
თანამგზავრიდან დედამიწის ზედაპირის მონიტორინგის განხორციელებაზე მნიშვნელოვან ზეგავლენას ახდენს ამინდის პირობები, კერძოდ, ღრუბლიანობის დროს გადაღებული თანამგზავრული სურათების გამოყენება სხვადასხვა მონაცემის მისაღებად ფაქტობრივად შეუძლებელია.

მყინვარებზე დაკვირვებისას ამ შეზღუდვას ემატება თვით მყინვარის ზედაპირის მდგომარეობა. აღსანიშნავია, რომ ამ დროს მყინვარი მაქსიმალურად თავისუფალი უნდა იყოს თოვლის საფრისაგან. კერძოდ, დისტანციური მონიტორინგი უნდა განხორციელდეს აბლაციის დამთავრებიდან პირველი თოვლის მოსვლამდე. თანამედროვე კლიმატის პირობებში საქართველოსათვის ეს დროითი ინტერვალი მოიცავს აგვისტოს ბოლოდან დაახლოებით ოქტომბრის დასაწყისამდე პერიოდს.

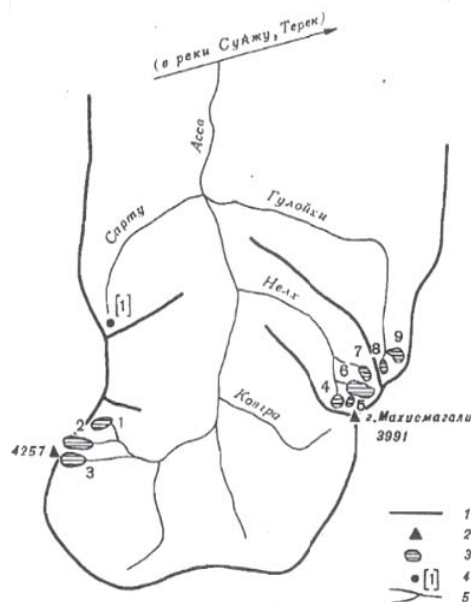
მყინვარების კონტურების გასაგებად გამოვიყენეთ Google Earth-ის მონაცემთა ბაზაში დაცული მაღალი სივრცითი გარჩევადობის თანამგზავრული სურათები. კერძოდ, პირიქითი ქედის, ანუ თუშეთის ქედის მდინარეების აუზის მყინვარებისათვის 2006 წლის 26 აგვისტოთი, ხოლო მდინარეების – არხოტისწყლის და ჯუთას აუზების მყინვარებისათვის 2011 წლის 22 სექტემბრით დათარიღებული სურათები. აღმოსავლეთ საქართველოს მცირე მყინვარები შესწავლილია იმ თანმიმდევრობით, როგორც ისინი წარმოდგენილია მყინვარების კატალოგის ცხრილში, ანუ აღმოსავლეთიდან დასავლეთისაკენ. განსახილველი მყინვარები მათი მცირე ზომის გამო GLIMS-ის მონაცემთა ბაზაში შეტანილი არ არის.

პროგრამა Google Earth-ის საშუალებით დამუშავებული NSIDC-ის მყინვარების მსოფლიო კატალოგის მონაცემებით შესაძლებელია მხოლოდ ზოგიერთი მათგანის საიდენტიფიკაციო კოდების დადგენა, რითაც შესაძლებელი გახდა ამ მყინვარების საორიენტაციოდ გამოყენება.

აღმოსავლეთ საქართველოს მცირე მყინვარების იდენტიფიცირებისათვის (აღმოსავლეთიდან დასავლეთისაკენ განლაგების მიხედვით) გამოიყენება მყინვარების კატალოგებში მოყვანილი სქემები [6–8, ნახ. 1–3].



ნახ. 1. მყინვარების განლაგების სქემა მდინარეების – გაკოსა და პირიქითი ალაზნის – აუზებში; № 6–19 საიდენტიფიკაციო მყინვარები მდებარეობს მდინარე პირიქითი ალაზნის აუზში. 1 – წყალგამყოფები, 2 – მწვერვალი, 3 – მდინარე, 4 – მყინვარი თავისი ნომრით, 5–0,1 კმ<sup>2</sup>-ზე ნაკლები ფართობის მქონე მყინვარი, 6 – უღელტეხილები, 7 – წყლის დინებები, რომლებსაც არა აქვს მუდმივი ნაკადი



ნახ. 2. მყინვარების განლაგების სქემა მდ. ასას (საქართველოში – არხოტისწყალი) აუზში; № 1 – 3 საიდენტიფიკაციო მყინვარები. 1 – ქედი, 2 – მწვერვალი, 3 – 0,1 კმ<sup>2</sup>-ზე მეტი ფართობის მქონე მყინვარი და მისი ნომერი, 4 – 0,1 კმ<sup>2</sup>-ზე ნაკლები ფართობის მქონე მყინვარი თავისი ნომრით, 5 – მდინარე



ნახ. 3. მყინვარების განლაგების სქემა მდინარეების ფიაგდონის, გიზელდონის და თერგის ზემო წელში; № 96 და №97 საიდენტიფიკაციო მყინვარები თერგის აუზში (მდ. ჯუთას ხეობა). 1 – წყალგამყოფი, 2 – მწვერვალი, 3 – მყინვარგამყოფი, 4 – მდინარე, 5 – მიწისქვეშა დინება, 6 – მყინვარი თავისი ნომრით, 7 – 0,1 კმ-ზე ნაკლები ფართობის მქონე მყინვარი

უნდა აღინიშნოს, რომ მეტი სიზუსტისათვის ყველა მყინვარისათვის Google Earth-ის საშუალებით ხდება მათი მდებარეობის კოორდინატების განსაზღვრა და მსოფლიო კატალოგში მოცემულ კოორდინატებთან შედარება, რადგან მყინვარების კატალოგში კოორდინატები არ არის მოცემული. მსოფლიო კატალოგში საორიენტაციო მყინვარების მახლობლად მითითებულია თითოეული მყინვარის საიდენტიფიკაციო კოდი, რის საფუძველზეც შესაძლებელია მყინვარების კატალოგში მათი საიდენტიფიკაციო ნომრებისა და შესაბამისი მახასიათებლების განსაზღვრა.

შესასწავლი მყინვარებისათვის 1-ლ ცხრილში Google Earth-ის მიხედვით მოყვანილი გეოგრაფიული კოორდინატები ემთხვევა მსოფლიო მყინვარების კატალოგის (WGI) მონაცემებს, რაც მყინვარების იდენტიფიკაციის სიზუსტეს ადასტურებს. განსხვავებულია მხოლოდ რამდენიმე მონაცემი და ისიც ერთი მეასედით, რაც კოორდინატების გაზომვის სიზუსტის ფარგლებშია. ამდენად, შესასწავლი მყინვარებისათვის მსოფლიო კატალოგის მონაცემების მიხედვით მინიჭებული საიდენტიფიკაციო კოდები სინამდვილეს შეესაბამება.

გარდა ამისა, უნდა აღინიშნოს, რომ №7 და №13 მყინვარებიდან თითოეული დანაწევრდა ორ მყინვარად: 7a და 7b, 13a და 13b.

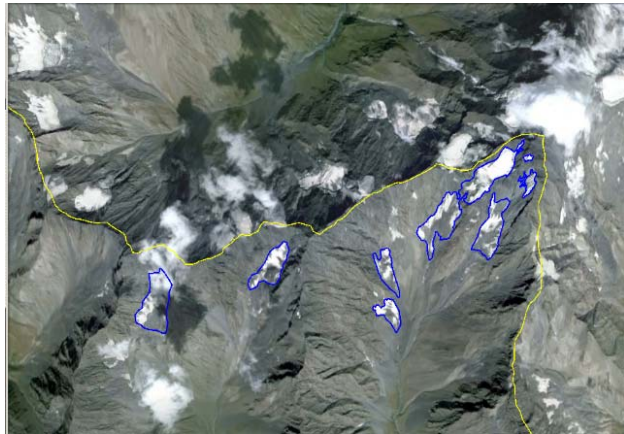
მყინვარების კოორდინატებით დაზუსტებული საიდენტიფიკაციო კოდები შესაბამისი სახელწოდებით და ნომრით სსრ კავშირის და მსოფლიო მყინვარების კატალოგებში

| №  | № სსრკ<br>კატალ.<br>სქემის<br>მიხედვით | ID<br>WGI-ის მიხედვით | განედი<br>Google<br>Earth-ის<br>მიხედვით | განედი<br>WGI-ის<br>მიხედვით | გრძელი<br>Google<br>Earth-ის<br>მიხედვით | გრძელი<br>WGI<br>მიხედ. | სახელწოდება<br>და №<br>სსრკ<br>კატალოგის<br>მიხედვით | სახელწოდება<br>და №<br>WGI<br>ფორმატის<br>მიხედვით |
|----|----------------------------------------|-----------------------|------------------------------------------|------------------------------|------------------------------------------|-------------------------|------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|
| 1  | 6                                      | SU4G09301006          | 42,479404                                | 42,48                        | 45,769522                                | 45,78                   | 92a                                                  | 92A                                                |
| 2  | 7 a                                    | SU4G09301007 a        | 42,484983                                | 42,48                        | 45,768290                                | 45,78                   | 92b                                                  | 92B                                                |
| 3  | 7 b                                    | SU4G09301007 b        | 42,486430                                | 42,48                        | 45,773772                                | 45,77                   | 92b                                                  | 92B                                                |
| 4  | 8                                      | SU4G09301008          | 42,479497                                | 42,48                        | 45,769748                                | 45,77                   | ჩერო 92                                              | CHERO (92)                                         |
| 5  | 9                                      | SU4G09301009          | 42,484983                                | 42,48                        | 45,768290                                | 45,77                   | 92c                                                  | 92V                                                |
| 6  | 10                                     | SU4G09301010          | 42,475403                                | 42,48                        | 45,752128                                | 45,75                   | 92d                                                  | 92G                                                |
| 7  | 11                                     | SU4G09301011          | 42,475186                                | 42,48                        | 45,733515                                | 45,73                   | აღმ. დიკლო<br>93                                     | VOSTOCHNY<br>DIKLO (93)                            |
| 8  | 12                                     | SU4G09301012          | 42,472363                                | 42,47                        | 45,715043                                | 45,72                   | დას. დიკლო<br>94                                     | ZAPADNY<br>DIKLO (94)                              |
| 9  | 13 a                                   | SU4G09301013a         | 42,492794                                | 42,50                        | 45,681857                                | 45,68                   | ჩიგოს<br>მყინვარი №5,<br>96                          | CHIGOS-<br>KINVARI 5 (96)                          |
| 10 | 13 b                                   | SU4G09301013 b        | 42,493194                                | 42,50                        | 45,685110                                | 45,68                   | ჩიგოს<br>მყინვარი №5,<br>96                          | CHIGOS-<br>KINVARI 5 (96)                          |
| 11 | 14                                     | SU4G09301014          | 42,502027                                | 42,50                        | 45,675265                                | 45,68                   | ჩიგოს<br>მყინვარი №4,<br>97                          | CHIGOS-<br>KINVARI 4 (97)                          |
| 12 | 15                                     | SU4G09301015          | 42,491326                                | 42,50                        | 45,648129                                | 45,65                   | ჩიგოს<br>მყინვარი №1,<br>100                         | CHIGOS-<br>KINVARI 1<br>(100)                      |
| 13 | 16                                     | SU4G09301016          | 42,496920                                | 42,50                        | 45,645728                                | 45,65                   | სამხ.-დას.<br>დიდი ხევი,<br>101a                     | JUGO-ZAPANY<br>DIDIHEVI<br>(101A)                  |
| 14 | 17                                     | SU4G09301017          | 42,500871                                | 42,50                        | 45,639702                                | 45,63                   | აღმ. დიდი<br>ხევი, 101b                              | VOSTOCHNY<br>DIDIHEVI<br>(101B)                    |
| 15 | 18                                     | SU4G09301018          | 42,504329                                | 42,50                        | 45,633127                                | 45,63                   | ცენტ. დიდი<br>ხევი, 101c                             | ZENTRAL'NY<br>DIDIHEVI<br>(101V)                   |
| 16 | 19                                     | SU4G09301019          | 42,503331                                | 42,50                        | 45,624558                                | 45,62                   | დას. დიდი<br>ხევი, 101                               | ZAPADNY<br>DIDIHEVI (101)                          |
| 17 | 1                                      | SU4G08012001          | 42,683965                                | 42,68                        | 44,865422                                | 44,87                   | 170                                                  | 170                                                |
| 18 | 2                                      | SU4G08012002          | 42,670947                                | 42,67                        | 44,847976                                | 44,85                   | 169                                                  | 169                                                |
| 19 | 3                                      | SU4G08012003          | 42,661115                                | 42,67                        | 44,842662                                | 44,85                   | 168                                                  | 168                                                |
| 20 | 96                                     | SU4G08011096          | 42,616036                                | 42,62                        | 44,834045                                | 44,83                   | 193                                                  | 193                                                |
| 21 | 97                                     | SU4G08011097          | 42,612081                                | 42,62                        | 44,821881                                | 44,82                   | 197                                                  | 197                                                |

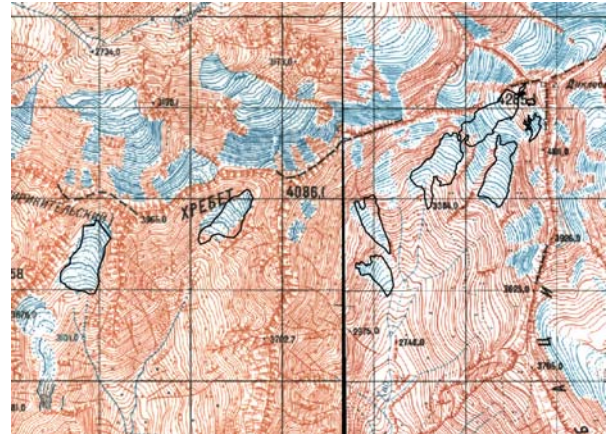
შესასწავლი მყინვარების კონტურების ვალიდაციისათვის გამოყენებულია გასული საუკუნის 60-იანი წლების სსრ კავშირის ტოპოგრაფიული რუკები (1:50000), რომლებსაც თავის დროზე მყინვარების კატალოგის შექმნისას იყენებდნენ.

მას შემდეგ, რაც დადგინდა შესასწავლი მყინვარების საიდენტიფიკაციო კოდები, შესაძლებელი გახდა აღმოსავლეთ საქართველოს მცირე მყინვარების ძირითადი მახასიათებლების განსაზღვრა.

აღმოსავლეთ საქართველოს მცირე მყინვარების ვიზუალიზაცია Google Earth-ის მიხედვით და შესაბამისი ტოპოგრაფიული რუკები წარმოდგენილია მე-4–6 ნახებზე.

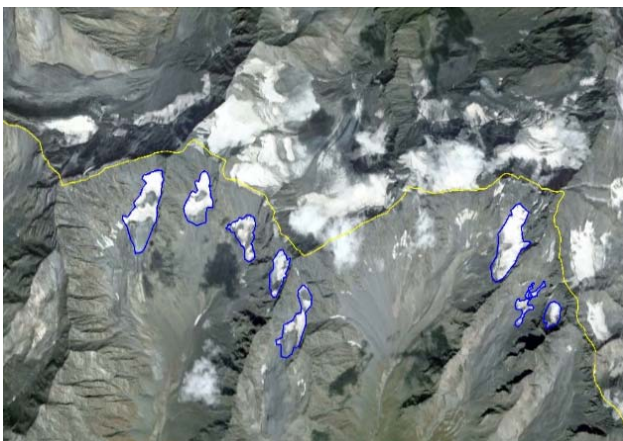


ა

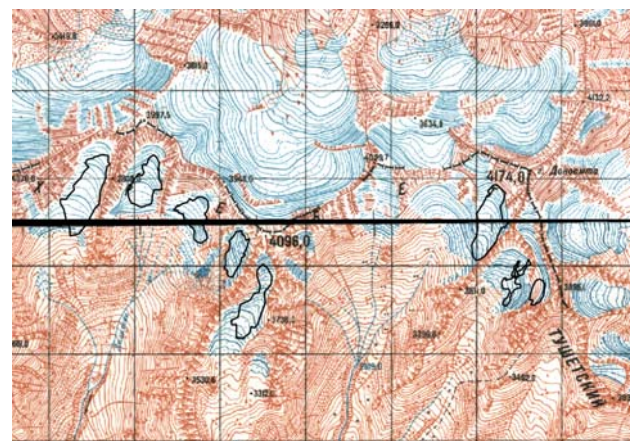


ბ

ნახ. 4. პირიქითი ქედის მდინარეების – ჩეროსწყლისა და დიდოელთაწყლის სეობებში მდებარე მყინვარები.  
ა – 3D ვიზუალიზაცია და კონტურები, ბ – მყინვარების კონტურების შედარება ტოპოგრაფიულ რუკასთან



ა

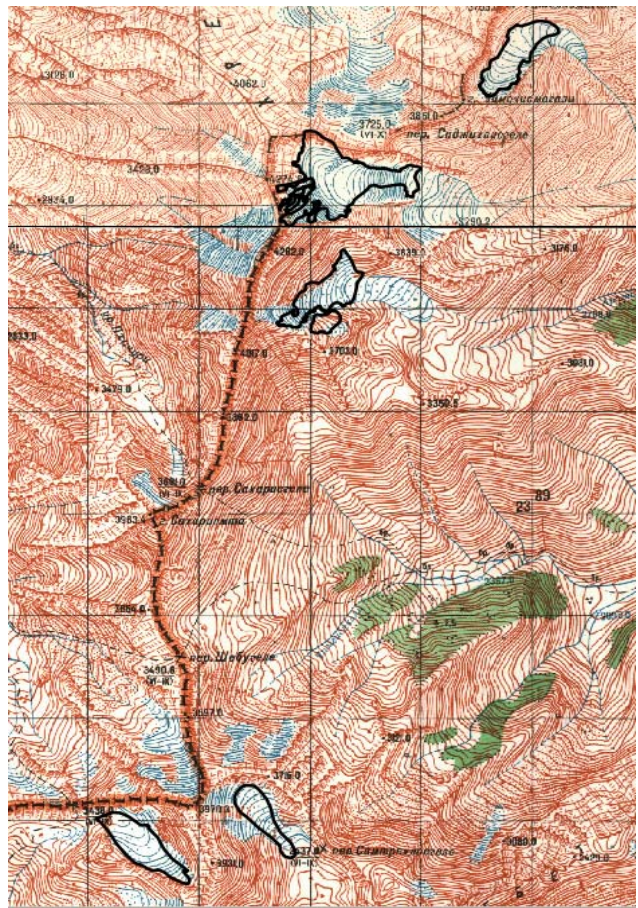


ბ

ნახ. 5. პირიქითი ქედის მდინარეების – ჩიგოსწყლისა და დიდიხევის სეობებში მდებარე მყინვარები. ა – 3D ვიზუალიზაცია და კონტურები, ბ – მყინვარების კონტურების შედარება ტოპოგრაფიულ რუკასთან



ა



ბ

ნახ. 6. მდინარეების – არხოტისწყლისა და ჯუთას ხეობებში მდებარე მყინვარები. ა – 3D ვიზუალიზაცია და კონტურები, ბ – მყინვარების კონტურების შედარება ტოპოგრაფიულ რუკასთან

აღმოსავლეთ საქართველოს მცირე მყინვარების ძირითადი მახასიათებლების განსაზღვრისათვის საჭიროა მყინვარების ვიზუალიზაციის შემდგომ მათი კონტურების დაზუსტება.

შესასწავლი მყინვარების მცირე ზომის გამო მათი ფირნის ხაზის დადგენა თანამგზავრული ინფორმაციით ვიზუალურად საკმაოდ რთულია, რადგან მყინვარების კვების და აბლაციის არეები მკვეთრად არ არის გამოყოფილი. თუმცა ფირნის ხაზის დასადგენად, კატალოგის მსგავსად, გამოიყენება გეფერის მეთოდი. თანამგზავრული სურათით ასევე რთულია მცირე ზომის მყინვარების მთლიანი და ღია ნაწილის მკვეთრად გამოიყენება. იმ შემთხვევაში, როცა მყინვარების კატალოგის მიხედვით მთლიანი და ღია არის მნიშვნელობები ემთხვეოდა ერთმანეთს, თანამგზავრული ინფორმაციით მიღებული ღია არის მნიშვნელობები შეტანილ იქნა მთლიანი არის მნიშვნელობათა გრაფაში.

ზემოთ მოყვანილი მეთოდოლოგიის საფუძველზე დაზუსტდა მცირე მყინვარების კონტურები და განისაზღვრა ამ მყინვარების ძირითადი მახასიათებლები (ცხრილი 2).

თანამგზავრული ინფორმაციით მიღებული მყინვარების მახასიათებლების კატალოგის მონაცემებთან შესადარებლად საჭირო იყო მათი შესაბამისი მახასიათებლების სსრ კავშირის მყინვარების კატალოგში მოძიება.

ადმოსავლეთ საქართველოს მცირე მყინვარების მახასიათებლები. (1)-ით მითითებულ სვეტებში მოცემულია თანამგზავრული დისტანციური ზონდირების საფუძველზე მიღებული შედეგები; (2)-ით – მყინვარების სსრ კავშირის კატალოგის შესაბამისი მონაცემები

| №  | № კატ. სქემის მიხედვით | სსრკ კატალოგის მიხედვით მყინვარების სახელწოდება და № | მყინვარების მსოფლიო კატალოგში საინტენციფიკაციო კოდი, ID | სსრკ კატალოგის საინტენციფიკაციო კოდი, ID | მაქსიმალური სიგრძე (კმ) |     |             |     | ფართობი (კმ²)     |     |             |     | მინ. სიმაღლე (მ)  |      |             |      | ფორმის ხაზის სიმაღლე (მ) |      | ფორმის ხაზის სიმაღლე (მ) |      | აბლაქციის არის ფართობი (კმ²) |       | მოლიანი მყინვარის ღია ნაწილის |     |
|----|------------------------|------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|------------------------------------------|-------------------------|-----|-------------|-----|-------------------|-----|-------------|-----|-------------------|------|-------------|------|--------------------------|------|--------------------------|------|------------------------------|-------|-------------------------------|-----|
|    |                        |                                                      |                                                         |                                          | მოლიანი მყინვარის       |     | ღია ნაწილის |     | მოლიანი მყინვარის |     | ღია ნაწილის |     | მოლიანი მყინვარის |      | ღია ნაწილის |      |                          |      |                          |      |                              |       |                               |     |
|    |                        |                                                      |                                                         |                                          | (1)                     | (2) | (1)         | (2) | (1)               | (2) | (1)         | (2) | (1)               | (2)  | (1)         | (2)  | (1)                      | (2)  | (1)                      | (2)  | (1)                          | (2)   | (1)                           | (2) |
| 1  | 6                      | 92a                                                  | SU4G09301006                                            | 92a                                      | 0,7                     | 1,0 | 0,7         | 1,0 | 0,16              | 0,4 |             | 0,2 | 3401              | 3041 |             | 3320 | 3841                     | 3800 | 3720                     | 3540 | 0,135                        | 0,25  |                               | -   |
| 2  | 7 a                    | 92b                                                  | SU4G09301007 a                                          | 92b                                      | 0,2                     | 0,5 | 0,2         | 0,5 | 0,024             | 0,1 | 0,024       | 0,1 | 3953              | 3760 | 3953        | 3760 | 4067                     | 4200 |                          | -    |                              | -     |                               | -   |
| 3  | 7 b                    | 92b                                                  | SU4G09301007 b                                          | 92b                                      | 0,08                    | 0,5 | 0,08        | 0,5 | 0,004             | 0,1 | 0,004       | 0,1 | 4127              | 3760 | 4127        | 3760 | 4177                     | 4200 |                          | -    |                              | -     |                               | -   |
| 4  | 8                      | ჩეო 92                                               | SU4G09301008                                            | 92                                       | 1,8                     | 2,0 |             | 1,5 | 0,38              | 0,6 |             | 0,5 | 3165              | 3080 |             | 3240 | 4137                     | 4080 | 3603                     | 3560 | 0,21                         | 0,3   |                               | 0,2 |
| 5  | 9                      | 92c                                                  | SU4G09301009                                            | 92c                                      | 0,6                     | 0,4 |             | -   | 0,1               | 0,1 |             | -   | 2937              | 3200 |             | 3350 | 3338                     | 3400 |                          | -    |                              | -     |                               | -   |
| 6  | 10                     | 92d                                                  | SU4G09301010                                            | 92d                                      | 0,5                     | 0,9 |             | 0,2 | 0,1               | 0,2 |             | -   | 2804              | 2800 |             | 3040 | 3086                     | 3130 |                          | -    |                              | -     |                               | -   |
| 7  | 11                     | 93, აღმ. დიდი                                        | SU4G09301011                                            | 93                                       | 0,8                     | 1,4 |             | 0,9 | 0,15              | 0,2 | 0,15        | 0,2 | 3381              | 3150 |             | 3350 | 3690                     | 3780 | 3706                     | 3590 | 0,1                          | 0,1   | 0,1                           | 0,1 |
| 8  | 12                     | 94, დას. დიდი                                        | SU4G09301012                                            | 94                                       | 0,8                     | 0,8 | 0,8         | 0,8 | 0,24              | 0,3 | 0,24        | 0,3 | 3370              | 3340 | 3370        | 3340 | 3671                     | 3620 | 3425                     | 3410 | 0,0                          | 0,036 | 0,1                           | 0,1 |
| 9  | 13a                    | 96, ჩეოს მყინვარი №5                                 | SU4G09301013 a                                          | 96                                       | 0,15                    | 1,5 |             | 0,6 | 0,035             | 0,4 |             | 0,2 | 3621              | 3200 |             | 3390 | 3720                     | 3760 | 3831                     | 3620 | 0,036                        | 0,3   |                               | 0,1 |
| 10 | 13 b                   | 96, ჩეოს მყინვარი №5                                 | SU4G09301013 b                                          | 96                                       | 0,4                     | 1,5 |             | 0,6 | 0,043             | 0,4 |             | 0,2 | 3398              | 3200 |             | 3390 | 3695                     | 3760 | 3719                     | 3620 | 0,043                        | 0,3   |                               | 0,1 |
| 11 | 14                     | 97, ჩეოს მყინვარი №4                                 | SU4G09301014                                            | 97                                       | 0,9                     | 1,0 | 0,9         | 1,0 | 0,2               | 0,3 | 0,2         | 0,3 | 3526              | 3380 |             | 3380 | 3855                     | 3800 | 3683                     | 3610 | 0,19                         | 0,2   | 0,19                          | 0,2 |
| 12 | 15                     | 100, ჩეოს მყინვარი №1                                | SU4G09301015                                            | 100                                      | 0,9                     | 1,4 | 0,9         | 1,4 | 0,15              | 0,3 | 0,15        | 0,3 | 3537              | 3460 | 3537        | 3460 | 3856                     | 3800 | 3689                     | 3650 | 0,115                        | 0,3   | 0,115                         | 0,3 |
| 13 | 16                     | 101a სამხ-დას. დიდიხეი                               | SU4G09301016                                            | 101a                                     | 0,3                     | 0,6 | 0,3         | 0,6 | 0,084             | 0,1 | 0,084       | 0,1 | 3687              | 3600 | 3687        | 3600 | 3922                     | 3940 | 3764                     | 3720 | 0,035                        | 0,1   | 0,035                         | 0,1 |
| 14 | 17                     | 101b, აღმ. დიდიხეი                                   | SU4G09301017                                            | 101b                                     | 0,32                    | 0,5 | 0,3         | 0,5 | 0,1               | 0,1 | 0,1         | 0,1 | 3493              | 3420 | 3493        | 3420 | 3658                     | 3610 |                          | -    |                              | -     |                               | -   |
| 15 | 18                     | 101c, ცენტრ. დიდიხეი                                 | SU4G09301018                                            | 101c                                     | 0,59                    | 0,7 | 0,59        | 0,7 | 0,136             | 0,2 | 0,136       | 0,2 | 3541              | 3440 |             | 3440 | 3753                     | 3720 | 3691                     | 3640 | 0,1                          | 0,1   | 0,1                           | 0,1 |
| 16 | 19                     | 101, დას. დიდიხეი                                    | SU4G09301019                                            | 101                                      | 0,98                    | 1,3 | 0,98        | 1,3 | 0,26              | 0,3 | 0,26        | 0,3 | 3477              | 3380 | 3477        | 3380 | 3793                     | 3810 | 3659                     | 3610 | 0,179                        | 0,2   | 0,179                         | 0,2 |
| 17 | 1                      | 170                                                  | SU4G08012001                                            | 170                                      | 0,9                     | 1,0 |             | 0,6 | 0,21              | 0,3 |             | 0,2 | 3352              | 3420 |             | 3540 | 3743                     | 3780 |                          | -    |                              | -     |                               | -   |
| 18 | 2                      | 169                                                  | SU4G08012002                                            | 169                                      | 1,79                    | 1,8 |             | 1,7 | 0,47              | 0,6 | 0,47        | 0,6 | 3367              | 3120 |             | 3160 | 4250                     | 4160 | 3654                     | 3530 | 0,074                        | 0,2   | 0,074                         | 0,2 |
| 19 | 3                      | 168                                                  | SU4G08012003                                            | 168                                      | 0,8                     | 1,2 |             | 0,8 | 0,26              | 0,3 | 0,26        | 0,3 | 3475              | 3320 |             | 3440 | 3883                     | 3860 | 3728                     | 3650 | 0,2                          | 0,2   | 0,2                           | 0,2 |
| 20 | 96                     | 193                                                  | SU4G08011096                                            | 193                                      | 0,8                     | 1,0 | 0,8         | 1,0 | 0,13              | 0,3 | 0,13        | 0,3 | 3375              | 3360 | 3375        | 3360 | 3691                     | 3830 | 3588                     | 3580 | 0,098                        | 0,2   | 0,098                         | 0,2 |
| 21 | 97                     | 197                                                  | SU4G08011097                                            | 197                                      | 1,0                     | 1,1 | 1,0         | 1,1 | 0,22              | 0,3 | 0,22        | 0,3 | 3440              | 3420 | 3440        | 3420 | 3769                     | 3770 | 3610                     | 3600 | 0,172                        | 0,2   | 0,172                         | 0,2 |

მე-2 ცხრილის ანალიზმა აღმოსავლეთ საქართველოს მცირე მყინვარების მახასიათებლების შესახებ გამოავლინა:

- მყინვარების სიგრძე მცირდება, გამონაკლისს წარმოადგენს ერთი მყინვარი (SU4G09301009);
- მყინვარების ფართობი მცირდება, გამონაკლისია ერთი მყინვარი (SU4G093010170), რომლის ფართობი არ იცვლება;
- მყინვარების მინიმალური სიმაღლე იზრდება, გარდა ორი მყინვარისა (SU4G09301009 და SU4G08012001);
- გაზომვის ცდომილების ფარგლებში უმეტესი რაოდენობის მყინვარისათვის მაქსიმალური სიმაღლე არ იცვლება, მაგრამ ზოგიერთი მყინვარისათვის – მცირდება. ეს აიხსნება მათი ზომების სიმცირით. ისინი მდებარეობენ მთის კალთებზე და დათბობის შედეგად მათი ზომები იკლებს როგორც ენის ბოლოს, ასევე ზედა ნაწილშიც.

## დასკვნა

აღმოსავლეთ საქართველოს მცირე მყინვარების იდენტიფიცირებისათვის აღნიშნული მეთოდოლოგიის საფუძველზე ჩატარდა მყინვარების ზუსტი გეოგრაფიული მიბმა, რამაც მყინვარების იდენტიფიკაციის სიზუსტე უზრუნველყო.

შესასწავლი მყინვარების საიდენტიფიკაციო კოდების დადგენის შემდგომ განისაზღვრა მცირე მყინვარების კონტურები და მათი ძირითადი მახასიათებლები.

მიღებული მონაცემების დაწვრილებითმა ანალიზმა გამოავლინა მცირე მყინვარების ცვლილების თავისებურებები. მაგალითად, თუ დიდი ზომის მყინვარებისათვის მაქსიმალური სიმაღლე არ იცვლება, ჩატარებულმა კვლევებმა ცხადყო, რომ მცირე ზომის მყინვარებისათვის იგი მცირდება.

ჩატარებული კვლევის საფუძველზე შეიძლება დავასკვნათ, რომ მცირე მყინვარების ძირითადი მახასიათებლების განსაზღვრისათვის თანამგზავრული დისტანციური მონიტორინგი ფრიად ეფექტურია. ეს დასკვნა უადრესად მნიშვნელოვანია, რადგან ადრეც მცირე მყინვარების კვლევა მიწისპირა დაკვირვებების საფუძველზე ძლიერ შეზღუდული იყო, ხოლო ბოლო წლების განმავლობაში მცირე მყინვარების კვლევა ფაქტობრივად არ ხორციელდება.

ამდენად, მცირე მყინვარების კვლევისას სწორედ თანამგზავრული დისტანციური ზონდირებაა ის ძირითადი საშუალება, რომლის მეშვეობითაც შესაძლებელია იმის გაგება, თუ როგორ შეიცვალა მათი ზომები – რომელი მყინვარი უფრო მეტად შემცირდა ან საერთოდ გაქრა.

## ლიტერატურა—REFERENCES—ЛИТЕРАТУРА

1. ლ. შენგელია, გ. კორძახია, გ. თვაური, ვ. ცომაია. სუათისის მყინვარების კვლევის შედეგები თანამგზავრული დისტანციური ზონდირების საფუძველზე. თბ.: ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის შრომები, ტ. 120, 2014, გვ. 52-56.
2. G. Kordzakhia, L. Shengelia, G.Tvauri, V.Tsomaia, M. Dzadzamia. Satellite remote sensing outputs of the certain glaciers in the territory of East Georgia // Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Sciences. www.elsevier.com, 2014.
3. B. H. Raup, A. Kääb, J. S. Kargel, M. P. Bishop, G. Hamilton, E. Lee, F. Paul, F. Rau, D.Soltesz, S.J.S. Khalsa, M. Beedle&C. Helm. Remote sensing and GIS technology in the Global Land Ice Measurements from Space (GLIMS) Project. Computers and Geosciences, 33, 2007, p.104-125.
4. P. Frank, C. Huggel, A. Kääb. Combining satellite multispectral image data and a digital elevationmodel for mapping debris-covered glaciers. Remote Sensing of Environment, 89, 2004, p. 510-518.
5. T. Bolch and U. Kamp. Glacier mapping in high mountains using DEMs, Landsat and ASTER Data, 8th International symposium on high moutain remote sensing cartography, La Paz, Bolivia, 22 March, 2005.
6. Цомая В. Ш. Каталог ледников СССР. Т. 9, вып. 3, ч. 1, Закавказье и Дагестан. Л.:Гидрометеоиздат, 1975. – 95 с.
7. Панов В. Д., Боровик Э. С. Каталог ледников СССР. Т. 8, ч. 12, Северный Кавказ. Л.: Гидрометеоиздат, 1977. – 52 с.
8. Цомая В. Ш., Дробышев О.А. Каталог ледников СССР. Т. 8,ч. 11, Северный Кавказ. Л.: Гидрометеоиздат, 1977. – 71 с.

### RESEARCH OF EAST GEORGIAN SMALL GLACIERS ON THE BASIS OF REMOTE SENSING AND GIS TECHNOLOGIES

**L. Shengelia, G. Kordzakhia, G. Tvauri, M. Dzadzamia**

(Hydrometeorological Institute of Georgian Technical University, M. Nodia Institute of Geophysics of I. Javakhishvili Tbilisi State University, National Agency of Environment)

**Resume:** There is considered the determination of East Georgian small glaciers main characteristics on the basis of satellite remote sensing and GIS technologies. There is indicated, that remote sensing and GIS technologies are important innovations for this objective and it gives the reliable results for determination of the characteristics of the small glaciers. Based on the small glaciers research outputs, the important conclusions are received, one of which is essential, particularly, satellite remote sensing can be used to estimate the small glaciers sizes, how it changed, which glaciers sizes reduced more or disappeared in general.

**Key words:** small glaciers; satellite remote sensing; GIS technologies.

## МЕТЕОРОЛОГИЯ

### ИССЛЕДОВАНИЕ МАЛЫХ ЛЕДНИКОВ ВОСТОЧНОЙ ГРУЗИИ НА ОСНОВЕ СПУТНИКОВОГО ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ И ГИС ТЕХНОЛОГИИ

**Шенгелия Л. Д., Кордзахия Г. И., Тваури Г. А., Дзадзамия М. Ш.**

(Институт гидрометеорологии Грузинского технического университета, Институт геофизики М. Нодия Тбилисского государственного университета им. И. Джавахишвили, Национальное агентство окружающей среды)

**Резюме:** На основе спутникового дистанционного зондирования и ГИС технологии рассмотрены результаты исследований по определению основных характеристик малых ледников Восточной Грузии. Показано, что спутниковое дистанционное зондирование и ГИС технологии являются важной инновацией - она дает надежные результаты для определения основных характеристик малых ледников. На основе этих результатов получены важные заключения, основное из которых: для исследования малых ледников использование спутникового дистанционного зондирования дает возможность установить, как изменились их размеры, которые из них наиболее уменьшились или вовсе исчезли.

**Ключевые слова:** малые ледники; спутниковое дистанционное зондирование; ГИС технологии.

## დეიძასის ლოდი – ბუნების ფენომენი

**ზაზა ლეჟავა, კუკური წიქარიშვილი, ნანა ბოლაშვილი, ემილ წერეთელი, იგორ ფინხაია, რომან თოლორდავა**

(ივ. ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის

ვახუშტი ბაგრატიონის გეოგრაფიის ინსტიტუტი, ჩხოროწყუს ისტორიული მუზეუმი,

ტურისტთა საინფორმაციო ცენტრი)

**რეზიუმე:** ჩხოროწყუს მუნიციპალიტეტის სოფ. მუხურის მახლობლად, მდ. ხობისწყლის ხეობაში ჩატარებული საველე გეომორფოლოგიური, კარსტულ-ჰიდროლოგიური, სპელეოლოგიური და გეოფიზიკური გამოკვლევების დროს დეიძასის ვოკლუზური წყაროების მიდამოებში აღმოჩენილ იქნა დიდი ზომის (16 მ გარშემოწერილობის) კარგად დამუშავებული ლოდი. ლოდიდან აღებული მონატეხის ლაბორატორიული შემოწმებით დადგინდა, რომ იგი არ არის ადგილობრივი წარმოშობის და ჩამოტანილია მაღალი სიმკვრივის ქვატალახოვანი ღვარცოფის მიერ მიგარიას კირქვული მასივის მიღმა მდებარე ბაიოსური ასაკის ტუფქვიშაქვებით აგებული ტერიტორიიდან.

**საკვანძო სიტყვები:** ერატიკული ლოდი; ღვარცოფი; მყინვარი; კლდეზავი.

## შესავალი

ერატიკული, ანუ გადაადგილებული („ობოლი“) ქვის ლოდები მრავლად გვხვდება კავკასიონის სამხრეთ ფერდობებზე, ბზიფისა და არაგვის ხეობებში. საკმაოდ ბევრია ჩხალთის, საკენის, ენგურის, ცხენისწყლის, რიონის, აბუღელაურისა და სხვა მდინარეთა ხეობების სათავეებში. ზოგიერთი მათგანი მსოფლიოში ცნობილ უდიდეს გადაადგილებულ ლოდთა რიცხვს მიეკუთვნება და ჩართულია ტურისტულ მარშრუტებში [1].

ეს ლოდები მყინვარებისა და ღვარცოფების მიერ ზოგჯერ ათეულ კილომეტრზეა გადატანილი. ისინი ისეთი ქანებისგანაა ნაგები, რომლებიც ამ ადგილისათვის არ არის დამახასიათებელი. მყინვარის ან ღვარცოფის მიერ გადაადგილებულ ლოდებს, როგორც უკვე აღვნიშნეთ, ერატიკულ ან მოხეტიალე ლოდებს უწოდებენ [2, 3]. ეს უზარმაზარი, მომრგვალებული და მოგლუვებული გიგანტური ზომის ლოდების მასა ზოგჯერ რამდენიმე ტონას აღწევს. მათ სიასლოვს ნიადაგი რბილი და ფხვიერია; ირგვლივ კი ძირითადი ქანების გამოსაველები არ არსებობს. ასეთი ლოდები უფრო ხშირად ღრმა, ეროზიული ხეობების ფერდობებზეა გაშიშვლებული. ერთი შეხედვით, გაუგებარია, საიდან მოხვდა ეს გოლიათები მათთვის „არამშობლიურ“ გარემოში. როგორც ჩანს, ჩვენს პლანეტაზე ერთ დროს ისეთი პროცესები მიმდინარეობდა, რომლებსაც შეეძლო ეს გიგანტები რამდენიმე ათეულ კილომეტრზე გადაეადგილებინა. სწორედ ასეთ ძალადაა მიჩნეული მყინვარები და ღვარცოფული ნაკადები. ისინი არცთუ იშვიათია კავკასიონის მაღალმთიანეთში [4].

## ძირითადი ნაწილი

ივ. ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის ვახუშტი ბაგრატიონის გეოგრაფიის ინსტიტუტის საექსპედიციო ჯგუფის მიერ ჩხოროწყუს მუნიციპალიტეტის სოფ. მუხურის

მიდამოებში შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდის მიერ დაფინანსებული პროექტის ფარგლებში (FR/218/9-280/13) ჩატარებული კარსტულ-ჰიდროლოგიური კვლევების დროს მდ. ხობისწყლის ხეობის მარცხენა ჭაღისზედა პირველ ტერასულ საფეხურზე, მდინარის დონიდან 2–3 მ სიმაღლეზე მიკვლეულ იქნა 16 მ გარშემოწერილობისა და 5 მ სიმაღლის (სავარაუდო მასა 150–160 ტ) გიგანტური ლოდი, რომელიც „დეიძახის ლოდის“ სახელით მოენათლეთ (ნახ. 1), რადგან ის ადგილი, სადაც აღნიშნული ლოდია, „დეიძახის“ სახელითაა ცნობილი, რაც ხმაურიან, გამაყრუებელს ნიშნავს.



ნახ. 1. დეიძახის №1 ერატიკული ლოდი

მართლაც, ლოდის მდებარეობის ადგილიდან 20–30 მ სიმაღლეზე „შურუბუმუს მღვიმის“ (სულგანაბულის) შესასვლელია, რომლის ფსკერის ქვედა ჰორიზონტებში გამავალი ნაკადი 100–150 მ-ის ზოლში მდინარის კალაპოტის დონიდან 0,5–1 მ სიმაღლეზე 4–5 წყაროს სახით ფრონტალურად გამოედინება ძველი კლდეზავური ნაშალიდან. ცალკეული წყაროს დებიტი 0,5–1 მ<sup>3</sup>/წმ ფარგლებში მერყეობს. წყალდიდობისას შურუბუმუს მიწისქვეშა აუზიდან ნაკადების განტვირთვა უფრო გაძნელებულია. ამ დროს წყლის შიგა აუზის დონე საგრძნობლად იწევს ზევით და წყალი ამოღვრას იწყებს უფრო მაღალ ჰიფსომეტრიულ ნიშნულებზე განლაგებული ძველი სიფონური დერეფნებიდანაც და ეს ვეებერთელა ნაკადი (დებიტით 30–35 მ<sup>3</sup>/წმ) ზათქითა და გრიალით ხეობის ფერდობს მთლიანად ფარავს (ნახ. 2).

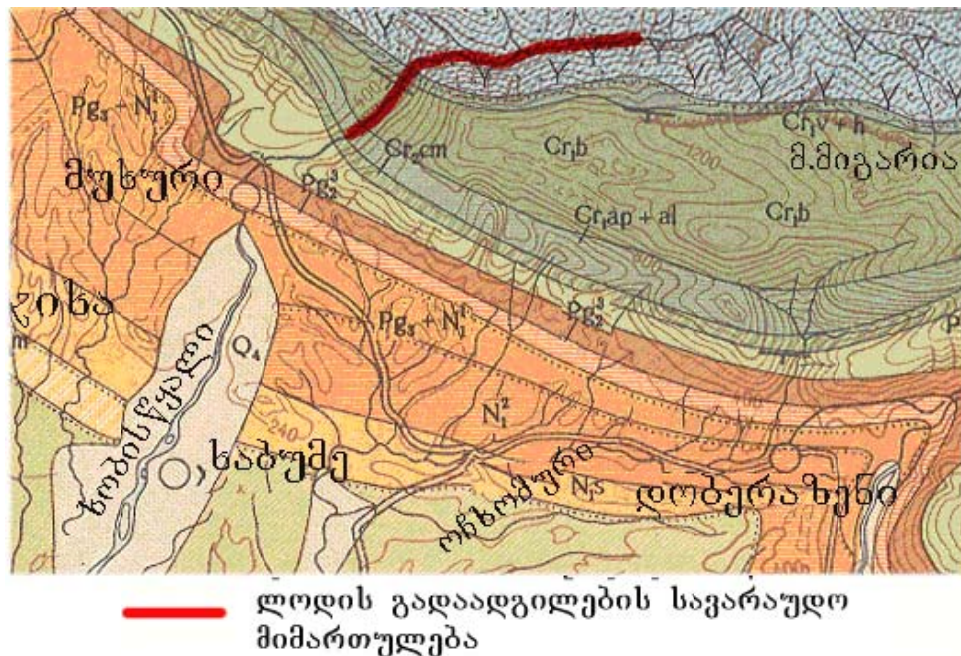


ნახ. 2. ლოდის სიახლოვეს გამომავალი ნაკადი წყალდიდობისას (2012 წლის ზაფხული)

გამოითქვა მოსაზრება, რომ ეს გიგანტური ერატიკული (მოხეტიალე) ღოღი აქ საკმაოდ დიდი მანძილის გავლის შემდეგ უნდა მოხვედრილიყო. ამ მოსაზრების გასამყარებლად საჭირო იყო ღოღის შედგენილობის დადგენა, რის შემდეგაც შესაძლებელი იქნებოდა ღოღის მოწვევების ადგილისა და მისი ტრანსპორტირების მიზეზების შესახებ მსჯელობა.

ჩვენი წინასწარი ვარაუდით, დეიძახის ღოღი ფერდობის ზოლში წარმოქმნილი ზეავის შედეგად უნდა იყოს მოხვედრილი, თუმცა მის ზედაპირზე აღბეჭდილი ძლიერი ბუნებრივი დამუშავების კვალი (მოშანდაკებული და მომრგვალებული) ამ მოსაზრების საწინააღმდეგოდ მეტყველებს. მართლაც, ღოღის ასეთი მოგლუვებული ზედაპირი კლდეზვავების პირობებში ნაკლებად მოსალოდნელია.

ლოდიდან მონატეხი ნიმუშის ლაბორატორიული შემოწმების შედეგად დადგინდა, რომ იგი ბაიოსური ასაკის ეულკანოგენური, წვრილმარცვლოვანი ტუფქვიშაქვაა, რომლის ძირითადი ქანები გვხვდება მდ. ხობისწყლის ზემო წელში, ღოღის ამჟამინდელი მდებარეობიდან 6–7 კმ-ში და ვრცელდება მის ზემოთ ორ ათეულ კილომეტრზე მდინარის სათავესაკენ [5]. ე. ი. ღოღი ჩამოგორებულია მდ. ხობისწყლის კალაპოტის მიმართულებით კირქვების გავრცელების ზოლში სულ მცირე 7–10 კმ-დან (ნახ. 3).



ნახ. 3. მიგარიას კირქველი მასივის გეოლოგიური რუკა

ცხადია, ხეობაში ერთ დროს ძლიერი მიწისძვრით გამოწვეული მეწერის, კლდეზვავის ან მათი კომბინირებული ვარიანტის შედეგად მდინარის კალაპოტის მთლიანი შეგუბებით მოხდა ტბის გაჩენა; წყლის მარაგის დაგროვების შემდგომ კი — მისი უცაბედი გარღვევა და ძლიერი ღვარცოფული ნაკადის მეშვეობით ღოღის ჩამოტანა დეიძახის ვოკლუზებამდე.

ეს რომ ძლიერი მიწისძვრით გამოწვეული კლდეზვავის პროდუქტია, ეჭვს არ იწვევს. ასეთი დიდი ღოღების გადაადგილება შეუძლებელი იქნებოდა წყლის ენერგიის გარეშე და თანაც ჩვეულებრივი წყალნატანის რეჟიმის პირობებში საქმე რომ არ გეჟონოდა განსხვავებული რეოლოგიური ბუნების ნაკადებთან. ამასთან, დიდი მოცულობის კლდეზვავი ვერ წარმოიქმნებოდა, თუ ამ ფერდობის ამგები ქანები არ იქნებოდა ტექტონიკურად ძლიერ აშლილი და მაღალი ენერგიის მიწისძვრები ასეთ ფერდობს ვერ გამოიყვანდა დამყარებული პომეოსტატიზმის მდგომარეობიდან. როგორც ჩანს, კლდეზვავებმა გარკვეული დროით, მართლაც, გადაკეტა ხეობა და დიდი რაოდენობით წყლის მარაგის დაგროვების შემდეგ მოხდა კაშხლის გარღვევა, რასაც მოჰყვა მაღალი ენერგიის ღვარცოფული ნაკადების ჩამოყალიბება. მაგრამ ეს ნაკადები უნდა ყოფილიყო ჩვეულებრივი წყალქვიანი კი არა,

არამედ გაცილებით მაღალი სიმკვრივის ქვატალახოვანი, რომლის გარეშე, გრავიტაციული ძალებიდან გამომდინარე, ასეთი დიდი ქვის ლოდების გადატანა შეუძლებელი იქნებოდა.

მსგავსი, მნიშვნელოვანი სიდიდის და იმავე შედგენილობის ნაწილობრივ დამარხული ლოდი იქნა აღმოჩენილი ზემოაღნიშნული დეიძახის № 1 ერატიკული ლოდის სიახლოვეს, რომელსაც ხელოვნურად დამუშავების კვალი ეტყობა და, ჩვენი ვარაუდით, იგი, ალბათ, საკულტო დანიშნულებით გამოიყენებოდა (ნახ. 4).



ნახ. 4. დეიძახის № 2 ერატიკული ლოდი

გამორიცხული არ არის მდ. ხობისწყლის ხეობის გაყოლებით (აღმა მიმართულებით) ან დეიძახის ლოდების სიახლოვეს სხვა, უფრო დიდი ლოდების არსებობაც. იქვე მრავლადაა მცირე ზომის ადგილობრივი წარმოშობის წვიმისა და კოროზიისაგან დახრული ზედაპირებით გამორჩეული დიდი კირქვული ლოდები (ნახ. 5).

საუკუთადადებოა, რომ პროფესორ ლევან მარუაშვილის მიერ მდ. ხობისწყლის ხეობის ზემო წელში, მისი მარცხენა შენაკადის – ჩეგოლას ხეობაში, ეგრისის ქედის სამხრეთ ფერდობზე, ზ. დ. 1900 მ სიმაღლეზე მიკვლეულ იქნა ძველი მყინვარის მიერ გადაადგილებული კირქვის ლოდები, რომლებიც „საქართველოს წითელ წიგნში“ [6] ჩეგოლას ლოდების სახელითაა შეტანილი. მკვლევრის აზრით, ეს „გიგანტები“ ხეობის ფსკერზე ნეოკომური კირქვების იზოლირებული შთენილი მასივიდან – მწვერვალ ჩეგოლადან (2811 მ) ძველი მყინვარის მიერ მათი გადაადგილების შედეგია [7].



ნახ 5. წვიმისა და კოროზიისაგან დახრული ადგილობრივი წარმოშობის კირქვის ლოდი

## დასკვნა

ამრიგად, მდ. ხობისწყლის ხეობაში შურუბუმუ-ლუგელის მონაკვეთზე ჩატარებული საველე სპელეოლოგიურ გამოკვლევებს ჩვენთვის მოულოდნელი და სასიამოვნო შედეგი მოჰყვა. მიკვლეულ იქნა ახალი, იშვიათი გეოგრაფიული ობიექტი, აქამდე უცნობი არაორგანული ბუნების ძეგლი – მოხეტიალე (ერატიკული) ღოღი, რომელიც შეტანილი იქნება საქართველოს ბუნების უნიკალურ ძეგლთა სიაში. მომავალში მდ. ხობისწყლის ხეობაში გამავალ ტურისტულ მარშრუტს შურუბუმუს შესანიშნავ მღვიმესთან და მიმზიდველ კარსტულ რელიეფთან, კანიონებთან, ეფექტურ ჩანჩქერებთან, ვოკლუზურ წყაროებთან ერთად შეემატება ზემოაღნიშნული დეიძახის ღოღიც.

## ლიტერატურა—REFERENCES—ЛИТЕРАТУРА

1. კ. ხარაძე. ბუნების ძეგლები. წიგნში „ჩვენი ღირსებანი“. თბ., 2012, გვ. 114-168.
2. კ. ხარაძე. არაორგანული ბუნების ღირსშესანიშნაობები. წიგნში „საქართველოს გეოგრაფია“. თსუ, 2013, გვ. 202-212.
3. კ. ხარაძე. საქართველოს ბუნების ძეგლები. თბ., 2014, გვ. 104-134.
4. მ. გონგაძე, კ. წიქარიშვილი, საქართველოს ბუნებრივი საოცრებები. საყმაწვილო ენციკლოპედია. წიგნი IX. თბ.: პოლიგრაფ +, 2008, გვ. 90-93.
5. Геология СССР. Т. X. Грузинская ССР, ч. I. М.: Недра, 1964.
6. საქართველოს სსრ წითელი წიგნი, თბ.: საბჭოთა საქართველო, 1982.
7. Маруашвили Л. И. Древнее оледенение южных склонов Мегрельского хребта // Сб. трудов геологического Института им. Ал. Джанелидзе. Тб., 1959.

### DEIDZAKHI BOULDER – THE PHENOMENON OF NATURE

**Z. Lezhava, K. Tzikarishvili, N. Bolashvili, E. Tzereteli, I. Pichkhaia, R. Tolordava**

(Vakhushti Bagrationi Institute of Geography of I. Javakhishvili Tbilisi State University, Hystorical museum of Chkhorotzku , Tourist information center)

**Resume:** In the vicinity of the village Mukhuri of Chkhorotzku municipality in the Khobistzkali gorge during the geomorphological, karst-hydrological, speleological and geophysical research our attention was paid to the well processed large size (16 m) boulder. Based on the laboratory researches there was determined, that boulder is a different rock type, than the bed-rock, on which it is located. The boulder is deposited by the high density stone-mud landslide from the territory over the Migaria limestone massif, which is composed by Bajocian age tuff-sandstone.

**Key words:** erratic block; mud flow; glacier; rockfall.

## ГЕОГРАФИЯ

### ГЛЫБА ДЕЙДЗАХИ – ФЕНОМЕН ПРИРОДЫ

**Лежава З. И., Цикаришвили К. Д., Болашвили Н. Р., Церетели Э. Д., Пичхаиа И. С., Толордава Р. Р.**

(Институт географии Вахушти Багратиони Тбилисского государственного университета им. Ив. Джавахишвили, Чхороцкусский исторический музей, Информационный центр туризма)

**Резюме:** Вблизи с. Мухури Чхороцкусского муниципалитета проведены полевые геоморфологические, карстово-гидрологические, спелеологические и геофизические исследования. В окрестностях вклюдоз Дейдзахи была найдена окатанная глыба большого размера (ее окружность достигает 16 м). Лабораторный анализ куска этой глыбы, а также результаты проведенных нами геолого-геоморфологических исследований, показали, что эта глыба не местного происхождения. Она была перемещена грязево-каменным селевым потоком большой плотности из участка, сложенного байосскими туфопесчаниками, вблизи от известнякового массива Мигария.

**Ключевые слова:** эратическая глыба; селевой поток; ледник; обвал.

**სამხრეთ იმერეთის კირქული რაიონის კარსტულ-სკელეოლოგიური კვლევის  
წინასწარი შედეგები**

**ზაზა ლეჟავა, კუკური წიქარიშვილი, გიორგი დვალაშვილი, გიორგი ჩართოლანი,  
გიორგი ხუციშვილი**

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

**რეზიუმე:** სამხრეთ იმერეთის კირქული რაიონის კარსტული პროცესები და ფორმები დღემდე სათანადოდ არ არის შესწავლილი. მკვლევართა უმრავლესობას აღნიშნულ ზოლში კარსტული ფორმები არ შეუნიშნავთ.

ჩატარებული გამოკვლევების საფუძველზე დადგინდა, რომ სამხრეთ იმერეთის კირქულ რაიონში შემავალი ბზვანის მონოკლინური მთის მასივი მთლიანად აგებულია ზედაცარცული კირქვებით და წარმოდგენს ტიპურ კირქულ მთას, სადაც რელიეფის ეროზიულ-დენუდაციურ ფორმებთან ერთად კარგად არის გამოხატული კლასიკური კირქული მასივებისათვის დამახასიათებელი ზედაპირული და მიწისქვეშა კარსტული ფორმები. ეს კი შესაძლებლობას იძლევა აღნიშნული რეგიონი, წინამორბედი მკვლევრების მოსაზრებისაგან განსხვავებით, ცალკე იზოლირებულ დაბალმთიან კირქულ მასივად გამოიყოს. აქედან გამომდინარე, დასავლეთ საქართველოს კირქულ ზოლს შეემატა ახალი, დღემდე უცნობი ბზვანის კირქული მასივი. გარდა ამისა, საჭიროა წყალკარგვის კერების დროული გამოვლენა, რათა ჩატარდეს მიწისქვეშა წყლების ტრასირების ინდიკატორული ექსპერიმენტები და, შესაბამისად, შემუშავდეს სასმელი წყლის გატუქციანების თავიდან აცილების პრაქტიკული რეკომენდაციები.

**საკვანძო სიტყვები:** კარსტი; მღვიმე; ძაბრი; ტექტონიკა.

**შესავალი**

სამხრეთ იმერეთის მთისწინა ზოლის რელიეფი წარმოდგენილია ბორცვიანი და დაბალი მთებით, რომლებიც ტექტონიკურად მოქცეულია გარდამავალ ზოლში გურიის ბაქნიდან გეოსინკლინისაკენ; ამასთან, წარმოდგენილია ანტიკლინებით, სინკლინებით და გართულებულია შეცოცვებით, რღვევებით, ნასხლეტებით, ნაპრალთა სისტემებით. რელიეფის ფორმირებაში სწორედ აღნიშნულმა პროცესებმა შეასრულა გადამწყვეტი როლი, რის შედეგადაც აქ გაბატონებულია კარგად გამოხატული ტექტონიკური საფეხურები და რღვევებში ჩასახული მდინარეთა ხეობები. აღმავალი ვერტიკალური მოძრაობების და ტერიტორიის ეროზიული დანაწევრების კვალდაკვალ იცვლებოდა მდინარეული ქსელი და ვითარდებოდა რელიეფის რელიქტური ფორმები (ტერასები, უნაგირები, მკვდარი ხეობები და ა. შ.), რასაც ხელი შეუწყო ზედა ეოცენური ტერიგენული ნალექების ინტენსიურმა გადარეცხვამ.

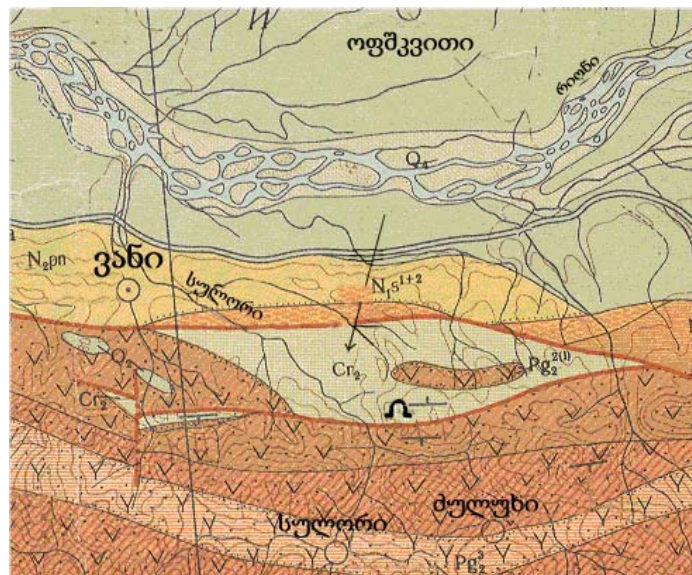
ტერიტორიის რელიეფი კარგადაა შესწავლილი, თუმცა აქ განვითარებული რელიეფის კარსტული ფორმების შესახებ არაფერია ნათქვამი და მხოლოდ გაკვრითაა მითითებული ზედაპირის სხვადასხვა უბანზე (ბაღდათიდან აღმოსავლეთით 10 კმ-ზე, ვანის სამხრეთ-აღმოსავლეთით და სოფ. გომთან) კუნძულების სახით გამოძვავალი ზედაცარცული კარბონატული ქანების გავრცელების შესახებ.

რელიეფზე განედური მიმართულებით კარგად ჩანს დაბალი მთების სახით წარმოდგენილი, მორფოლოგიურად მკვეთრად გამოხატული მონოკლინური მასივების მონაცვლეობა. ჩვენი ყურადღება მიიპყრო სოფლების — ბზვანის, ისრითის და დიხაშხოს მიდამოებში გაშიშვლებულმა ზედა-ცარცულმა კირქვებმა, რომლებიც მნიშვნელოვანი ნაპრაღიანობით და დაკარსტულობით გამოირჩევა (კირქვებთან ერთად წარმოდგენილია მერგელები და ქვიშაქვები). ამ ქანებითაა აგებული ზემოთ აღნიშნული ერთ-ერთი მონოკლინური სტრუქტურის მთა (სერი), რომელსაც ჩვენ ბზვანის მთა ეუწოდეთ. პროფესორები ლევან მარუაშვილი და გრიგოლ დევდარიანი მას ტიპურ კირქველ მთას უწოდებდნენ, თუმცა იქვე მიუთითებდნენ, რომ აქ კარსტული ფორმები შენიშნული არ იყო [1]. შაღვა ყიფიანი საქართველოს კარსტული ზოლის დარაიონების სქემაში ცალკე გამოყოფდა სამხრეთ იმერეთის კირქველ რაიონს [2]. აღსანიშნავია, რომ ცნობილი კარსტოლოგის, პროფესორ ზურაბ ტინტილოზოვის (ტატაშიძის) მონოგრაფიაში [3] ამ ტერიტორიის კარსტის შესახებ ცნობები არ მოიპოვება. ოთარ ჩხეიძე სამხრეთ იმერეთის მთისწინეთის რაიონის დახასიათებისას აღნიშნავს: „ერთსართულიანი გორაკ-ბორცვიანი დაბალმთიანი ლანდშაფტი, ზომიერად ნესტიანი სუბტროპიკული ჰავით, კარსტს მოკლებული, ეროზიული ფორმების გაბატონებით...“ [4, 5].

### ძირითადი ნაწილი

საკვლევ ტერიტორიაზე კარსტული პროცესები და ფორმები, როგორც ჩანს, ჯერ კიდევ არ არის სათანადოდ შესწავლილი. უფრო მეტიც, მკვლევართა უმრავლესობა რაიონის ფარგლებში კარსტული ფორმების განვითარების სიღარიბეზე მიუთითებს. აქედან გამომდინარე, კარსტული მოვლენების შესწავლის მიზნით საჭირო გახდა სამხრეთ იმერეთის კირქველ რაიონში დაზვერვითი ხასიათის სავსე კარსტულ-სპელეოლოგიური კვლევების ჩატარება.

ბზვანის მთა, რომელიც სამხრეთ იმერეთის მთისწინეთის დაბალი წინა სერების და გორაკ-ბორცვიანი რელიეფის ზოლშია მოქცეული, წარმოადგენს მონოკლინური სტრუქტურის იზოლირებულ კირქველ მასივს, რომლის სიგრძე 11 კმ-ს, ხოლო მაქსიმალური სიგანე 2 კმ-ს აღემატება. მთის მასივის აბსოლუტური სიმაღლეები 300–400 მ-ის ფარგლებში მერყეობს, ცალკეულ შემთხვევებში 500 მ-ს აღემატება. ტერიტორიას დასავლეთ ნაწილში დიაგონალურად კვეთს მდ. სულორი თავისი შენაკადებით (ნახ. 1).



ნახ. 1. გეოლოგიურ რუკაზე ისრით ნაჩვენებია ბზვანის მონოკლინური კირქველ მთის ქვერეიონი

აღნიშნული მთის მასივი ჩრდილოეთით მდებარე კოლხეთის დაბლობისაგან გამოყოფილია სურამ-გოკიშურის შეცოცების ხაზით, ხოლო დანარჩენი სამი მხრიდან შემოსაზღვრულია კარგად გამოხატული რღვევის ხაზებით. ამრიგად, ბზვანის მთა წარმოადგენს მეზორელიეფის ტექტოგენურ

ფორმას, რომელიც გართულებულია მეორეული რღვევებით, წყვეტებით და ტექტონიკური ნაპრალების ხშირი ქსელით, რის გამოც მასივის ამგები კირქვები ძლიერ დამსხვრეული და დანაპრალეულია. ნაპრალობა სისტემები ზოგან გაშიშვლებულია, ხშირად კი მნიშვნელოვანი სიმძლავრის დელუვიონითაა დაფარული. მასივის სამხრეთ კიდეში, წყალგამყოფზე გამავალი რღვევის ხაზის გაყოლებით, ზედაცარცულ კირქვებს, ტექტონიკური პირობებიდან გამომდინარე, ოდნავ სამხრეთით დახრილი სუბპორიზონტული წოლა ახასიათებს, რაც განაპირობებს მიწისქვეშა კარსტული წყლების გადაადგილებას სამხრეთის მიმართულებით, თუმცა მიწისქვეშა წყლების განტვირთვა ძირითადად ხდება კირქვების საერთო დახრილობის მიმართულებით ჩრდილოეთისაკენ და ჩრდილო-დასავლეთისაკენ. მიწისქვეშა წყლების განტვირთვაზე მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს მდ. სულორის ხეობა, რომელიც კვეთს აღნიშნულ მონოკლინურ სერს და ქმნის ადგილობრივი ეროზიის ბაზისს. საერთოდ, ბზვანის მთის მასივისათვის დამახასიათებელია განკერძოებული (იზოლირებული) მიწისქვეშა კარსტული ნაკადები, რომელთა ფორმირებას ხელს უწყობს ზედაცარცული კირქვების არაერთგვაროვანი ლითოლოგიური შედგენილობა, რელიეფის ძლიერი დანაწევრება და ტექტონიკური ნაპრალების ხშირი ქსელი. აქ მცირე მონაკვეთზე ყალიბდება მიწისქვეშა წყლების ადგილობრივი წყალშემკრები აუზები და რელიეფის გადაკვეთის (გარდატეხის) უბნებში ხდება მათი სწრაფი განტვირთვა, რასაც ხელს უწყობს კირქვების ქვეშ განლაგებული წყალსაკავი შრეები. აქედან გამომდინარე, აერაციის (ვერტიკალური) ჰიდროდინამიკური ზონის სიმძლავრე დიდი არ არის და რამდენიმე ათეულ მეტრს შეადგენს. მასივის ფარგლებში კარსტული წყაროების შეზღუდული გავრცელება და მათი მცირე დებიტები ღრმა ტექტონიკური ნაპრალების საშუალებით წყლების სიღრმეში გადაადგილების მიმანიშნებელია. არაა გამორიცხული მათი კავშირი კოლხეთის არტეზიულ აუზთან.

ზემოაღნიშნულ მკვლევართა ნაშრომებში საკვლევ ტერიტორიაზე განვითარებული ქვაბულები, მკვდარი ხეობები, უვალები და ა. შ. მოხსენიებულია როგორც მდინარეთა ეროზიული დანაწევრებისა და მათი ქსელის გარდაქმნის შედეგად წარმოქმნილი ეროზიული ფორმები, ხოლო კარსტული პროცესების როლი უგულებელყოფილია. ჩატარებული კვლევების საფუძველზე კი დადგინდა, რომ რელიეფის ფორმირებაში კარსტულ პროცესებს ეროზიულ პროცესებთან ერთად მნიშვნელოვანი ადგილი უკავია.

ბზვანის მთის მასივის შემომსახვერელი სიღრმეული რღვევები (ნახ. 1) თანმხლებ წყვეტებთან და ნაპრალებთან ერთად დაკარსტვისათვის ხელსაყრელ პირობებს ქმნის. ზედაპირული კარსტული ფორმები წარმოდგენილია როგორც ჩვეულებრივი „ძველი ხეობებით“, მათში განვითარებული კარებით, ძაბრებით, უვალებით, ჭებით, ისე ფართო და ჩაკეტილი ქვაბულებითა და ღრმულებით.



ნახ. 2. კარსტული ზედაპირის ფრაგმენტი



ნახ. 3. კარსტული ძაბრი მღვიმის მიმდებარე ტერიტორიაზე

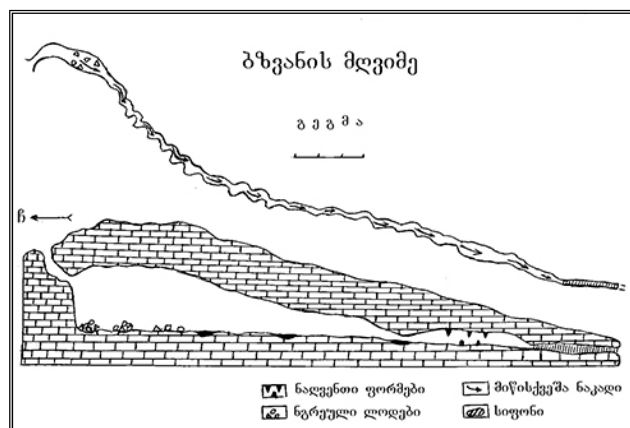
ზოგიერთი ღრმული „პოლიესაგან“ განსხვავდება უსწორმასწორო ფსკერით და მნიშვნელოვანი მუდმივი ნაკადის არარსებობით. მათი გენეზისი ეროზიულ-დენუდაციური პროცესებით არის განპირობებული, თუმცა არ გამოვრიცხავთ კარსტული პროცესების და ტექტონიკური ნაპრალების როლსაც. კარსტული ძაბრების გენეზისი, ტიპები და მორფომეტრიული მონაცემები საკმაოდ მრავალ-

ვალფეროვანია. განსაკუთრებით ფართო გავრცელება აქვს ჩაწოვით გაჩენილ, ანუ კოროზიულ-სუფოზიურ, ძაბრებს, რომელთა ფსკერზე ზოგან პონორებია განვითარებული. ხშირად პონორები ამოქოლილია ნგრეული ქანებით ან დელუვიონითაა დაფარული. ზოგან ძაბრის ფსკერზე პონორი ჩაქცეულია, რის შედეგადაც კარსტული ჭაა წარმოქმნილი. ეს უკანასკნელი ძირითადად დაკავშირებულია ტექტონიკური ნაპრალებისა და წყვეტების გადაკვეთის ზონებთან. ერთ-ერთ ასეთ ძაბრში ფსკერის ჩაქცევის შედეგად განვითარებული ხვრელით იწყება მღვიმის შესასვლელი, რომელიც ჩვენი ჯგუფის მიერ იქნა გამოკვლეული.

მღვიმე მოსახლეობისათვის ცნობილია და ადგილობრივებიც ხშირად სტუმრობენ მას (ინფორმაცია მღვიმის არსებობის შესახებ თსუ-ის მაგისტრანტ სადღომე ხონელიძისაგან შევიტყვეთ. 90-იანი წლების ბოლოს მღვიმეში მთამსვლელი რომან კაჭკაჭიშვილი ჩასულა. გასულ წელს ექსპედიცია კლუბ „თეთნულდსაც“ ჩაუტარებია, თუმცა მღვიმის მეცნიერული შესწავლა და კოპლექსური გამოკვლევა არ მომხდარა).

მღვიმე მდებარეობს ვანის მუნიციპალიტეტის სოფ. ბზვანში, ე. წ. „როდინას“ უბანში („ნავარსკვლაევში“), ზ. დ. 390 მ-ზე.

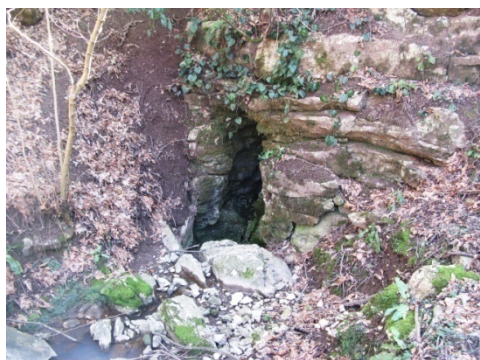
მღვიმე განლაგებულია ზედაცარცულ კირქვებში და მიეკუთვნება ტექტონიკურ ნაპრალში გამო-მუშავებულ კომბინირებულ მღვიმეთა ტიპს, სადაც წარმოდგენილია მოკლე, ვერტიკალური საფეხურები და ჰორიზონტული მონაკვეთები მეანდრირებული წყლიანი ვიწრო დერეფნების სახით (ნახ. 4).



ნახ. 4. ბზვანის მღვიმის გეგმა და ჭრილი

მღვიმე იწყება 15–20 მ დიამეტრისა და 10–12 მ სიღრმის კარსტული ძაბრის ფსკერზე გახსნილი 2–2,5 მ სიმაღლისა და 1 მ სიგანის ჩასასვლელით, რომელიც ჩრდილო-აღმოსავლეთით 150°-ით არის ორიენტირებული (ნახ. 5).

ჩასასვლელთან 4–5 მ სიღრმის საფეხურს სწრაფად ებმის 8–10 მ სიღრმის შეუუღკედლებიანი ჭა, რომლის ფსკერზე მოფენილია კირქვის გიგანტური ლოდები.



ნახ. 5. ჩაქცევითი ძაბრის ფსკერზე გახსნილი ჩასასვლელი



ნახ. 6. 4–5 მ სიღრმის საფეხური მღვიმის დასაწყისში

ნაწილი ღოდებისა ნაპრალში განვითარებულ საფეხურებზეცაა გაჭედილი. ფსკერზე გახსნილი მომცრო დარბაზის სიგანე 4–5 მ-ია, ჭერის სიმაღლე ნაპრალის გაყოლებით 15 მ-ს აღწევს. დარბაზს 15–20 მ-ის შემდეგ მოსდევს 250 მ სიგრძის ტიპური მეანდრირებული დერეფანი (მიმართულება 225°), რომლის მინიმალური სიგანე 0,3 მ, ხოლო მაქსიმალური 2–3 მ-ია, ჭერის სიმაღლე მღვიმის მთელ სიგრძეზე 7–8 მ-ს აღწევს (ნახ. 6–8).



ნახ. 7. 8–10 მ სიღრმის შეუღლკედლებიანი ჭა



ნახ. 8. ნაპრალში გაჭედილი ღოდი

მღვიმეში ნაღვენთი ფორმები სუსტადაა განვითარებული. საწყისი წინა მონაკვეთის კედლებზე წარმოდგენილია მცენარეთა ფესვები. მღვიმეში გაედინება მცირე დებიტის (0,3–0,5 ლ/წმ) მქონე ნაკადი, რომელიც ზედაპირზე, ჩასასვლელიდან 15 მ-ის მოშორებით კლდის ნაპრალიდან (180°-ით ორიენტირებული სამხრეთით) გამოედინება.

ნაპრალში წყლის ტემპერატურა 9,5 °C-ია, ხოლო მღვიმეში – 10 °C. გამდინარე ნაკადი დერეფნის გასწვრივ 0,5–0,8 მ სიღრმის გუბებს აჩენს. ჰაერის ტემპერატურა მღვიმეში 12,5 °C-ია.

მღვიმის ბოლოში (220 მ სიგრძეზე) დაბალი (0,5 მ) და ვიწრო (0,5–1,0 მ) გასასვლელის ფსკერი მთლიანად წყლით არის დაფარული. ტბის მიღმა მეანდრირებული დერეფანი 205°-ია, რომლის დაძლევის შემდეგ იხსნება შედარებით ფართო დერეფანი თეთრი, ქათქათა ნაღვენთი ფორმებით. აღნიშნული დერეფანი იმდენად ვიწროვდება, რომ გავლა შეუძლებელი ხდება (ნახ-ები 9 და 10).



ნახ. 9. ვიწრო მეანდრირებული დერეფნის ერთი მონაკვეთი



ნახ. 10. წყლით დაფარული დერეფნის ფსკერი

მიწის ქვეშ აღებულმა აზიმუტის მიმართულებამ გარემომცველი ტერიტორიის ზედაპირზე კირქვებისა და მერგელების კონტაქტის ზოლში, მკვდარი ხეობის ფსკერზე აღნიშნული მღვიმის დაბოლოებასთან ლოდებში გაჩენილ სიფონურ ტბასთან მიგვიყვანა. ამრიგად, მღვიმის ჯამურმა სიგრძემ 300 მ-ს მიაღწია.

სიფონი ზედაპირთან დაკავშირებულია 0,5 მ დიამეტრის ხერელით, საიდანაც გამოედინება ზემოთ აღწერილი 0,3–0,5 ლ/წმ დებიტის მქონე ნაკადი. სიფონის სიღრმე 0,6–0,7 მ-ია და მასში შეღწევა შეუძლებელია მცირე მესანგრული სამუშაოების შესრულების გარეშე.

ცხადია, კარსტული რელიეფის განვითარება ბზვანის მთის მასივზე სამხრეთ იმერეთის მთისწინა-ბორცვიანი ზოლის გეოლოგიური განვითარების და, საერთოდ, რელიეფის განვითარება-ჩამოყალიბების ფონზე მიმდინარეობდა. აქედან გამომდინარე, მოკლედ შევხერდებით რეგიონში კარსტული პროცესების ევოლუციის საკითხებზე.

ამ მხრივ საყურადღებოა თანამედროვე გეომორფოლოგიური ციკლის დაწყებითი ფაზა (სარმატის შემდგომი), რომელიც საკვლევი ტერიტორიის ფარგლებში ჰიდროქსელის სუსტი ჩატრით გამოიხატა. აღნიშნულ პერიოდში მასივის ფარგლებში მდინარეები ჯერ კიდევ ვერ აღწევდნენ ადვილშლად ქანებამდე და კარსტი საერთოდ არ წარმოიქმნებოდა. ინტენსიური და წყვეტილი აღმავალი ტექტონიკური მოძრაობების კვალდაკვალ მიმდინარეობდა მთის მასივის ინტენსიური ეროზიული დანაწევრება. მას შემდეგ, რაც ხეობათა ქსელი ჩატრილ იქნა კირქვების წყებაში, ხოლო მასზე განლაგებული მესამეული ქანები გადაირეცხა ან გათხელდა, მასივზე შეიქმნა დაკარსტვისათვის ხელსაყრელი პირობები. ამ მხრივ აღსანიშნავია სურამ-გოკიშურის შეცოცება, რომლის გასწვრივ დაწყებულმა აჭარა-იმერეთის ქედის ახევაბამ და კოლხეთის დაბლობის დაძირვამ გამოიწვია ბზვანის მასივის ახევაბა და მასთან დაკავშირებული ინტენსიური სიღრმითი ეროზია და, შესაბამისად, რელიეფის ძლიერი და ინტენსიური დანაწევრება, ნახტევებისა და ღრმა ტექტონიკური ნაპრალების წარმოშობა.

მდინარეების ინტენსიურ სიღრმით ჩატრას თან სდევდა მიწისქვეშა წყლების გააქტიურება და კარსტული სიღრუეების დამუშავება. ჰიდროგრაფიულმა ქსელმა ზედაცარცულ კირქვებამდე მიღწევისთანავე დაიწყო მასში გაუნვა და ყოფილი კალაპოტის ქვეშ მიწისქვეშა სიღრუეების ჩასახვა-განვითარება (როგორც ჩვენ მიერ აღწერილი „ბზვანის მღვიმეა“). ზოგიერთი ზედაპირული ნაკადი დაშრა და ხეობებმა შეწყვიტა ეროზიული განვითარება. ამავე დროს მდ. სულორი და მისი ძირითადი შენაკადები განაგრძობდა ინტენსიურ სიღრმით ეროზიას, რის გამოც გამოიმუშავეს აღმავალი განვითარების ახალგაზრდა მთიანი მხარეებისათვის დამახასიათებელი ღრმა, V-სებრი ხეობები. ამიტომ, რომ აღნიშნული მკვდარი ხეობები ამჟამად მთავარ მდინარეთა და მათი ძირითადი შენაკადების ძირიდან ასე მაღლაა გაერცელებული. საკვლევ ტერიტორიაზე ყოფილი ჰიდროგრაფიული ქსელის მოქმედების შედეგები საკმაოდ ბევრია (ნახ. 11).



ნახ. 11. პალეოხეობა (მკვდარი ხეობა) ბზვანის მღვიმის მიმდებარე ტერიტორიაზე

ძველი ჰიდროგრაფიული ქსელის (მკვდარი ხეობები) სადინარების გასწვრივ ინტენსიური დაკარსტების შედეგად წარმოიქმნა კარსტული რელიეფისათვის დამახასიათებელი ზედაპირული კარსტული ფორმები – კარები, ძაბრები, უვალები, ქვაბულები, რაც მრავლადაა წარმოდგენილი საკვლევ ტერიტორიაზე.

მდინარეების ჩაჭრის პარალელურად მიმდინარეობდა კირქვების დამცავი ზედაპირის დენუდაციური აგენტების მიმართ ნაკლებად მდგრადი ქანების ქვიშნარ-თიხიანი ნაფენების, აგრეთვე დელუვიონის გადარეცხვა. შემდგომში კირქვებზე განლაგებული ნაფენების სისქის შემცირებამ და მათმა კარგმა წყალგამტარობამ (რასაც ხელს უწყობს კირქვების ძლიერი ნაპრალიანობა) გამოიწვია ჩაწოვითი კარსტული ძაბრების ფართო განვითარება, რამაც განაპირობა ზედაპირული წყლების სიღრმეში ჩადინება. ერთ-ერთი ასეთი კარსტული ძაბრის დიამეტრი მის ზედა ნაწილში 70–80 მ-ს აღწევს და ფსკერზე განვითარებულ პონორში მცირე ნაკადი ჩაედინება, რომელიც დაკავშირებული უნდა იყოს აღნიშნული პონორიდან, ე. წ. „მჟავანადის წყაროებიდან“, 2–3 ასეულ მეტრში გამომდინარე წყაროსთან. ამ წყაროს დებიტი 5–6 ლ/წმ-ია (მშრალ პერიოდში), რომელსაც სოფელი სასმელად იყენებს.

საკვლევი ტერიტორიის რელიეფის და კარსტულ-გეოლოგიური თავისებურების შესწავლა იმის თქმის საფუძველს იძლევა, რომ ინფილტრაციული და განსაკუთრებით ინფლუაციური კარსტული წყლები სწრაფად შთაინთქმება პონორებსა და ნაპრალებში. ამასთან დაკავშირებით, კარსტული ძაბრების ფსკერზე განვითარებული პონორებიდან არ გამოვრცხავთ გაჭუჭყიანებული წყლების მოხვედრის შესაძლებლობას კარსტულ წყაროებში ან მოსახლეობის მიერ მოწყობილ ჭის წყლებში. აქედან გამომდინარე, საჭიროა წყალკარგვის კერების დროული გამოვლენა, მიწისქვეშა წყლების ტრასირების ინდიკატორული ექსპერიმენტების ჩატარება და, შესაბამისად, სასმელი წყლის გაჭუჭყიანების თავიდან აცილების პრაქტიკული რეკომენდაციების შემუშავება.

## დასკვნა

ამრიგად, ჩვენ მიერ ჩატარებული გამოკვლევებით პირველად დადგინდა, რომ ბზვანის მონოკლინურ მთაზე რელიეფის ეროზიულ-დენუდაციურ ფორმებთან ერთად კარგადაა გამოხატული კარსტული ზედაპირული და მიწისქვეშა ფორმები, რაც შესაძლებლობას იძლევა ბზვანის მთა გამოიყოს ცალკე იზოლირებულ კირქველ მასივად. შეიძლება დაბეჯითებით ითქვას, რომ დასავლეთ საქართველოს კირქველ ზოლს შეემატება ახალი, ლიტერატურაში დღემდე უცნობი ბზვანის კირქველი მასივი.

## ლიტერატურა—REFERENCES—ЛИТЕРАТУРА

1. Геоморфология Грузии. Тб., 1971.
2. შ. ყიფიანი. საქართველოს კარსტი. ნაწ. I, თბ., 1974.
3. Тинтилозов/Таташидзе З. К. Карстовые пещеры Грузии (морфологический анализ). Тб., 1976.
4. ო. ჩხეიძე. იმერეთის ფიზიკური გეოგრაფია. ნაწ. I, თბ., 2008.
5. ო. ჩხეიძე. იმერეთის ფიზიკური გეოგრაფია. ნაწ. II, თბ., 2009.

### PRELIMINARY RESULTS OF KARST-SPELEOLOGICAL RESEARCH OF SOUTHERN IMERETI LIMESTONE REGION

**Z. Lezhava, K. Tzikarishvili, G. Dvalashvili, G. Chartolani, G. Khutsishvili**

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

**Resume:** The karst processes and forms of southern Imereti limestone region are not well studied. The most of researchers deny karst development in mentioned zone.

According to the authors researches it can be assumed, that monoclinical massif of Bzvani Mountain within the southern Imereti limestone region is a typical limestone mountain. Here together with erosion-denudation forms of relief are well expressed surface and underground karst forms, that characterize classical limestone massifs. It makes opportunity to distinguish mentioned region as the isolated low mountainous limestone massif on the contrary to predecessor researchers.

The authors consider revealing timely the hearths of water waste, to conduct indicative experiments for tracing the underground waters and accordingly to suggest the practical recommendations for prevention of drinking water pollution, that is very important.

It can be said, that new, still unknown Bzvani limestone massif has added to the limestone zone of west Georgia.

**Kay words:** karst; cave; funnel; tectonics

## СПЕЛЕОЛОГИЯ

### ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ КАРСТОВО-СПЕЛЕОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ИЗВЕСТНЯКОВОГО РАЙОНА ЮЖНОЙ ИМЕРЕТИИ

**Лежава З. И., Цикаришвили К. Д., Двалашвили Г. Б., Чартолани Г. Г., Хуцишвили Г. В.**

(Институт географии им. Вахушти Багратиони Тбилисского государственного университета им. И. Джавахишвили)

**Резюме:** Карстовые формы и процессы известнякового района Южной Имеретии доныне ещё не изучены. Большинство исследователей в этой полосе существование карстовых форм не отмечают.

На основе проведённых авторами исследований можно утверждать, что Бзванский моноклиновый горный массив, входящий в пределы карстово-известнякового района Южной Имеретии, является типичной известняковой горой, где наряду с эрозионно-денудационными формами рельефа, ярко выражены поверхностные и подземные карстовые формы, столь присущие классическим известняковым массивам, что даёт возможность выделить его в качестве отдельного изолированного низкогорного известнякового массива.

Авторы считают необходимым произвести выявление очагов водопотерь, индикаторных экспериментов трассирования подземных водотоков и, соответственно, выработку практических рекомендаций по предотвращению загрязнения питьевой воды.

Таким образом, можно сделать вывод, что к западно-грузинской известняковой полосе прибавился новый, доныне неизвестный Бзванский известняковый массив.

**Ключевые слова:** карст; пещера; воронка; тектоника.

## ხულოს რაიონის ციანოპროკარიოტების შესწავლისათვის

### ღალი კუხალეში

(ილიას სახელმწიფო უნივერსიტეტის ბოტანიკის ინსტიტუტი)

**რეზიუმე:** ხულოს რაიონის წყალსატევებში ციანოპროკარიოტების განყოფილებიდან 43 ტაქსონი აღმოჩნდა. ისინი განაწილებულია 2 კლასში (*Chroococcophyceae*, *Hormogoniophyceae*) შემავალ 4 რიგში, 11 ოჯახსა და 18 გვარში.

მრავალფეროვნებით გამოირჩეულია *Hormogoniophyceae*-ს კლასი. მას 31 სახეობა და სახეობის შიგა ტაქსონი მიეკუთვნება. *Chroococcophyceae*-ს კლასი კი აერთიანებს 12 წარმომადგენელს.

საკვლევ რაიონში აღმოჩენილ ციანოპროკარიოტებს შორის მასობრივი განვითარებით აღინიშნა: *Anabaena oscillaroides*, *Phormidium foveolarum*, *Ph. frigidum*, *Schizothrix lardacea*, *Symploca muscorum*, *Tolypothrix distorta* f. *penicillata*, *T. tenuis*, *Xenococcus rivularis*.

სახეობათა გარკვეული ნაწილი ზოგ ადგილსამყოფელში განვითარებული იყო მასობრივად ან დიდი რაოდენობით, ზოგან კი მცირე რაოდენობით. ესენია: *Microcoleus vaginatus*, *Oscillatoria princeps*, *Phormidium favosum*, *Ph. autumnale*, *Pleurocapsa minor*, *Schizothrix lenormandiana*, *Xenococcus kernerii*, *Gloeocapsa minuta*, *Microcystis pulvereana* f. *conferta*.

მოცემულ რაიონში ციანოპროკარიოტების გავრცელება ძლიერ შეზღუდულია. მათი უმეტესობა (25) ერთ ადგილსამყოფელში აღმოჩნდა. 7 ციანოპროკარიოტას მივაგენით ორ ადგილას. შედარებით ფართოდაა გავრცელებული *Phormidium autumnale* და *Pleurocapsa minor*. გავრცელების მხრივ მათ ოდნავ ჩამორჩება: *Gloeocapsa minuta*, *Microcystis pulvereana* f. *conferta*, *Lyngbya martensiana*, *Oscillatoria princeps*, *Schizothrix lenormandiana*.

ციანოპროკარიოტებით ყველაზე მდიდარია გამდინარე წყლები (მდინარეები, წყაროები, ნაკადულები და სხვ.), საკმაოდ ხშირად გვხვდებოდნენ ისინი დაჭაობებულ ადგილებსა და ტბებში, იშვიათად – გუბებში. მინერალურ წყაროებში აღმოჩნდა ციანოპროკარიოტების მხოლოდ 3 წარმომადგენელი – *Oscillatoria* sp., *Anabaena variabilis* f. *tenuis* და *Microcystis parietina*.

**საკვანძო სიტყვები:** ციანოპროკარიოტა; ტაქსონი; კლასი; რიგი; სახეობა.

### შესავალი

ხულო მთიანი აჭარის ერთ-ერთი ადმინისტრაციული რაიონია. იგი მდებარეობს მდ. აჭარის-წყლის ხეობაში ზ. დ. 923 მ-ზე. რაიონის ტერიტორია მთებსა და მთისწინებს უკავია. იგი დასერილია მდ. აჭარისწყლისა და მისი შენაკადების ღრმა ხეობებით. რეგიონში არის მცირე ზომის ტბები, მინერალური წყაროები, დაჭაობებული ადგილები [1, 2].

ალგოლოგიურ ლიტერატურაში ცნობები ხულოს რაიონის წყალსატევებში გავრცელებული ციანოპროკარიოტების შესახებ არ არსებობს. წინამდებარე ნაშრომი პირველი ცდაა ამ ხარვეზის შესწავლად. მოცემულ რაიონში ჩატარებული ალგოლოგიური კვლევების შედეგად შესაძლებელი გახდა ციანოპროკარიოტების 43 სახეობისა და სახეობის შიგა ტაქსონის გამოვლენა. მათი იდენტიფიკაციისათვის ვისარგებლეთ საბჭოთა კავშირის მტკნარი წყლების სარკვევების მე-2 ტომით

[3], ხოლო სახეობების ავტორთა გვარები მოცემულია ჟურნალ „Альгология“-ში რეკომენდებული უნიფიკაციით [4].

### ძირითადი ნაწილი

საკვლევ რაიონში აღმოჩენილი ციანოპროკარიოტების 43 ტაქსონი განაწილებულია 2 კლასში (*Chroococcophyceae*, *Hormogoniophyceae*) შემავალ 4 რიგსა, 11 ოჯახსა და 18 გვარში. მრავალფეროვნებით გამოირჩეულია *Hormogoniophyceae*-ს კლასი, რომელიც აერთიანებს 3 რიგში შემავალი 7 ოჯახის 13 გვარს 31 სახეობითა და სახეობის შიგა ტაქსონით. *Chroococcophyceae*-ს კლასი კი მოიცავს ერთ რიგში გაერთიანებულ 4 ოჯახს 12 წარმომადგენლით.

*Hormogoniophyceae*-ს კლასში ყველაზე მრავალრიცხოვანია *Oscillatoriales* რიგი. მას 18 სახეობა ეკუთვნის. მათგან 13 სახეობაა *Oscillatoriaceae*-ს ოჯახიდან, 5 კი – *Schizothrichaceae*-ს ოჯახიდან. მრავალრიცხოვნობის მიხედვით მეორე ადგილზეა *Nostocales* რიგი. იგი საკვლევ რაიონში 10 სახეობითა და სახეობის შიგა ტაქსონითაა წარმოდგენილი და 4 ოჯახს შორისაა განაწილებული. ყველაზე მცირერიცხოვანია (3 სახეობა) *Pleurocapsales* რიგი. ამ რიგის სამივე სახეობა *Pleurocapsaceae*-ს ოჯახს ეკუთვნის.

*Chroococcophyceae*-ს კლასში სახეობათა სიმრავლით გამოირჩევა *Microcystidaceae*-ს ოჯახი, რომელიც *Microcystis*-ის გვარის 6 წარმომადგენელს აერთიანებს და *Gloeocapsaceae*-ს ოჯახი, რომელიც ორი გვარის (*Gloeocapsa*, *Gloeotheca*) 4 სახეობას მოიცავს. დანარჩენ ორ ოჯახში – *Merismopediaceae* და *Gomphosphaeriaceae* თითო გვარის თითო-თითო სახეობაა.

საკვლევ რაიონში აღმოჩენილ ციანოპროკარიოტებს შორის მასობრივი განვითარებით აღინიშნა: *Anabaena oscillaroides*, *Phormidium foveolarum*, *Ph. frigidum*, *Schizothrix lardacea*, *Symploca muscorum*, *Tolypothrix distorta* f. *penicillata*, *T. tenuis*, *Xenococcus rivularis*. საკმაოდ მრავლად იყო აგრეთვე: *Anabaena variabilis* f. *tenuis*, *Merismopedia punctata*, *Microcystis grevillei*, *M. muscicola*, *M. pulvereae*, *Oscillatoria amoena*, *Nostoc linckia*.

სახეობათა გარკვეული ნაწილი ზოგ ადგილსამყოფელში მასობრივად ან დიდი რაოდენობით იყო განვითარებული, ზოგან კი – მცირე ან ძალიან მცირე რაოდენობით. ასეთია: *Microcoleus vaginatus*, *Oscillatoria princeps*, *Phormidium favosum*, *Ph. autumnale*, *Pleurocapsa minor*, *Schizothrix lenormandiana*, *Xenococcus kernerii*, *Gloeocapsa minuta*, *Microcystis pulvereae* f. *conferta*.

მოცემულ რაიონში ციანოპროკარიოტების გავრცელება ძლიერ შეზღუდულია. მათი უმეტესობა (25) ერთი ადგილსამყოფლიდან აღინიშნა. 7 ციანოპროკარიოტას მივაგენით ორ ადგილას. შედარებით ფართოდაა გავრცელებული *Ph. autumnale* და *Pleurocapsa minor*, რომლებიც გვხვდებოდა წყაროებსა და მდინარეებში. გავრცელების მხრივ მათ ოდნავ ჩამორჩება: *Gloeocapsa minuta*, *Microcystis pulvereae* f. *conferta*, *Lyngbya martensiana*, *Oscillatoria princeps* და *Schizothrix lenormandiana*.

ციანოპროკარიოტებით ყველაზე მდიდარი აღმოჩნდა წყაროები და, ზოგადად, გამდინარე წყლები, სადაც ისინი დასახლებული არიან სხვადასხვა წყალქვეშა სუბსტრატზე (ქვებზე; ბეტონის, რკინის, ხისა და სხვა საგნებზე); ციანოპროკარიოტები საკმაოდ ხშირად გვხვდებოდა აგრეთვე დაჭაობებულ ადგილებსა და ტბებში, იშვიათად – გუბებში. კურორტ ბეშუმისა და სოფ. ხიხაძირის მინერალურ წყაროებში აღმოჩნდა 3 ციანოპროკარიოტა: ერთი – *Oscillatoria*-ს გვარის მცირე რაოდენობა – კურორტ ბეშუმის მინერალურ წყაროში, რომლის სახეობამდე იდენტიფიკაცია ვერ შევძელით და ორი – *Anabaena variabilis* f. *tenuis* და *Microcystis parietina*, საკმაოდ მრავლად სოფ. ხიხაძირის მინერალურ წყაროში.

ქვემოთ ანბანის მიხედვით ჩამოთვლილია ხულოს რაიონის წყალსატევებში ნანახი ციანოპროკარიოტების გვარები. ასევე ანბანის მიხედვითაა მოცემული გვარებში სახეობები:

*Anabaena oscillaroids* Bory – ჭაობიანში, შავი ტბის მახლობლად;

*A. oscillaroids* Bory f. *tenuis* (Lemmerm.) Elenkin. – ნიადაგზე, წყაროსგან შექმნილ გუბებში, სოფ. დანისპარაულის მიდამოებში, ადგილ დასილულთან;

*A. sp.* – ხის მორზე შავი ტბის ნაპირას, ქვებზე, ნაკადულში სოფ. დანისპარაულის მიდამოებში (საოთხებში), ნიადაგზე, ნელა გამდინარე თხელ წყალში, სამანქანო გზის პირას, სოფ. რიყეთის საძოვრებზე, გოდერძის უღელტეხილთან;

*A. variabilis* Kütz. – ნიადაგზე, ოდნავ გამდინარე თხელ წყალში, სოფ. ოქრუაშილებში;

*A. variabilis* Kütz. f. *tenuis* Popova – ნიადაგსა და ქვებზე მინერალურ წყაროში სოფ. ხიხაძირში და იქვე ჭაობიანში;

*Calothrix braunii* Born. et Flachault – ხელოვნური აუზის ბეტონის კედლებზე დაბა ხულოში (საავადმყოფოსთან);

*C. sp.* – ხის ღარზე, წყაროში სოფ. ვაშლოვანის (ყოფ. სოფ. ოქტომბრის) საძოვრებზე;

*Gloeocapsa minor* (Kütz.) Hollerb. ampl. – წყლის მცენარეებისა და ბალახების შორის ჭაობიანში, სოფ. დანისპარაულის მიდამოებში;

*Gl. minuta* (Kütz.) Hollerb. ampl. – ბეტონის კედლებზე წყაროებში სოფ. კვატიაში, რიყეთსა და დაბა ხულოში; ხის ღარზე და ხავსების გამონაწურში, წყაროში, სოფ. დიდაჭარაში;

*Gl. punctata* Nägeli ampl. Hollerb. – ჭაობიანში, შავი ტბის მახლობლად;

*Gloeotheca palea* (Kütz.) Rabenh. – ჭაობში, წყლის მცენარეებისა და ბალახების გამონაწურში, სოფ. დანისპარაულის მიდამოებში;

*Gomphosphaeria lacustris* Chodat – ბეტონის კედლებზე, წყაროში, აღდენას გორის ძირას (აღვილი დასილული).

*Lyngbya martensiana* Menegh. – ხის ღარზე, წყაროში, სოფ. ვაშლოვანის საძოვრებზე; ბეტონის კედლებზე, სატბაოს წყაროში, სოფ. ვაშლოვანის მიდამოებში; ქვებზე წყაროში, სოფ. პაქსაძეებში;

*L. sp.* – ბეტონის კედლებზე, წყაროში, სოფ. რიყეთში;

*Meeismopedia punctata* Meyen – თხელ, მდგარ წყალში, სოფ. კვატიაში;

*Microcoleus vaginatus* (Vaucher) Gomont – ბეტონის კედლებზე, წყაროში სოფ. რიყეთში; ნიადაგზე, ოდნავ გამდინარე თხელ წყალში სამანქანო გზის პირას, სოფ. რიყეთის საძოვრებზე, გოდერძის უღელტეხილთან; კედლებზე, რომლებიც სველდება ჩანჩქერის წყლით, შარაგზის პირას, სოფ. კვატიაში;

*Microcystis grevillei* (Hassal) Elenkin emend. – ჭაობიანში, შავი ტბის მახლობლად;

*M. muscicola* (Menegh.) Elenkin – ბეტონის კედლებზე, წყაროში სოფ. რიყეთში;

*M. parietina* (Nägeli) Elenkin – ქვებსა და ნიადაგზე, მინერალურ წყაროში სოფ. ხიხაძირში;

*M. pulvereae* (Wood.) Forti emend Elenkin – ხის ღარზე სოფ. ვაშლოვანის საძოვრებზე;

*M. pulvereae* (Wood.) Forti emend Elenkin f. *conferta* (W. et G.S. West) Elenkin – ჭაობიანში, შავი ტბის მახლობლად; ხელოვნური აუზის ბეტონის კედლებზე დაბა ხულოში (საავადმყოფოსთან); წყაროსაგან შექმნილ გუბებში, სოფ. ვაშლოვანის საძოვრებზე, აღვილ აბანოსყელში; ბეტონის კედლებზე, წყაროში, სოფ. რიყეთში;

*M. pulvereae* (Wood.) Forti emend Elenkin f. *incerta* (Lemmerm.) Elenkin – ჭაობიანში, შავი ტბის მიდამოებში; პატარა უსახელო ტბაში, ნაპირთან, შავი ტბის მახლობლად;

*Nostoc linckia* (Roth) Bornet et Flahault – ჭაობიანში, შავი ტბის მიდამოებში;

*Oscillatoria amoena* (Kütz.) Gomont – სატბაოს წყაროს ბეტონის კედლებზე, სოფ. ვაშლოვანის მიდამოებში;

*O. princeps* Vaucher – ხის მორზე შავ ტბაში, ნაპირთან; საქონლისაგან დაბინძურებულ ჭაობიანში, შქერნალის საძოვრებზე, გოდერძის უღელტეხილთან: ნიადაგზე, თხელ წყალში (იქვე);

*O. sp.* – საქონლისაგან დაბინძურებულ ჭაობიანში, შქერნალის საძოვრებზე, გოდერძის უღელტეხილის მიდამოებში; ნიადაგზე, მინერალურ წყაროში, კურორტ ბეშუმში;

*Phormidium autumnale* (Agardh) Gomont – ხის ღარზე, წყაროებში სოფ. ვაშლოვანის საძოვრებზე და სოფ. დიდაჭარაში; სატბაოს წყაროს ბეტონის კედლებზე, სოფ. ვაშლოვანის მიდამოებში; ქვებზე მდ. გაფენილის წყალში და მდ. აჭარისწყლის სათავეებში;

*Ph. favosum* (Bory) Gom. – რუში, სამანქანო გზის პირას, სოფ. ტაბახმელაში; ნიადაგზე, ოდნავ გამდინარე წყალში, სამანქანო გზის პირას, სოფ. რიყეთის საძოვრებზე, გოდერძის უღელტეხილთან;

*Ph. foveolarum* (Mont.) Gomont – ქვებზე, ნაძვისძირის ტბაში, სოფ. დიდაჭარის საძოვრებზე (ადგილი ნომარი);

*Ph. frigidum* F. E. Fritsch. – ნიადაგზე, ოდნავ გამდინარე თხელ წყალში, სამანქანო გზის პირას, სოფ. რიყეთის საძოვრებზე, გოდერძის უღელტეხილთან;

*Ph. sp.* – ქვებზე; ნაძვისძირის ტბაში, სოფ. დიდაჭარის საძოვრებზე (ადგილი ნომარი) გოდერძის უღელტეხილთან, მწვანე ტბაში (იქვე) და მდ. სატბაოს წყალში, სოფ. ვაშლოვანის მიდამოებში; ნიადაგზე, ნელა გამდინარე თხელ წყალში, სოფ. რიყეთის საძოვრებზე, გოდერძის უღელტეხილთან;

*Pleurocapsa minor* Hansg. emend Geitl. – სასმელი წყლის სოკოს ფორმის შადრევნის ბეტონის კედლებზე, დაბა ხულოში: ბეტონის კედლებზე, წყაროებში, აღდენას გორის ძირას (ადგილი დასილული), სოფ. კვატიაში და სოფ. რიყეთში; ხის ღარზე, წყაროში, სოფ. დიდაჭარაში; ქვებზე მდ. აჭარისწყალში, სოფ. პაქსაძეების მიდამოებში (ხილთან);

*Schizothrix fragilis* (Kütz.) Gomont – ქვებზე და ხის მორზე, მწვანე ტბაში, ნაპირთან;

*Sch. lardacea* (Ces.) Gomont – ბეტონის კედლებზე, წყაროში სოფ. რიყეთში; ნიადაგზე, ნელა გამდინარე თხელ წყალში, სოფ. რიყეთის საძოვრებზე, გოდერძის უღელტეხილთან;

*Sch. lenormandiana* Gomont – ხის ღარზე და ბეტონის კედლებზე წყაროებში, სოფ. ვაშლოვანის მიდამოებში და სოფ. კვატიაში; ქვებზე, მდ. აჭარისწყალში, სოფ. პაქსაძეებში, ხილთან;

*Sch. sp.* – ქვებზე, მდ. კვატიას წყალში, წისქვილთან, სოფ. კვატიაში; წყაროში, გზის პირას (რესტორნის წინ) გოდერძის უღელტეხილზე; ქვებზე, ნაკადულში, მდ. აჭარისწყლის სათავეებში;

*Spirulina major* Kütz. – ჭაობიანში, შავი ტბის მიდამოებში;

*Symploca muscorum* (Agardh) Gomont – რკინის მილზე და ნიადაგზე, წყაროში, სოფ. ოქრუაშვილებში;

*S. sp.* – ხის ღარზე, წყაროში, სოფ. დიდაჭარაში.

*Tolypothrix distorta* (Fl. Dan.) Kütz. f. *penicillata* (Agardh) Kossinsk. – ხის მორზე, შავ ტბაში (ნაპირთან);

*T. tenuis* Kütz. – იქვე;

*Xenococcus kernerii* Hansg. – ქვებზე, მდ. დასილულის წყალში; ხის ღარზე, წყაროში, სოფ. დიდაჭარაში;

*X. rivularis* (Hansg.) Geitl. – ხის ღარზე, წყაროში, სოფ. ვაშლოვანის საძოვრებზე.

## დასკვნა

ხულოს რაიონის წყალსატევებში აღმოჩენილი ციანობროკარიოტები პირველადაა მითითებული მოცემული მხარისათვის. აქ ისინი ყველაზე მრავლად აღმოჩნდნენ გამდინარე წყლებში. ხშირად ვპოულობდით მათ ჭაობიან ადგილებსა და ტბებშიც, იშვიათად – გუბებში. მინერალური წყაროებიდან აღინიშნა მხოლოდ 3 ციანობროკარიოტა.

## ლიტერატურა—REFERENCES—ЛИТЕРАТУРА

1. ე. დავითაია, ზ. სეფერთელაძე. აჭარა. საქართველოს გეოგრაფია. ნაწ. I. ფიზიკური გეოგრაფია. მთ. რელაქტორი პროფ. ზ. ტატაშიძე. თბ.: მეცნიერება, 2000, გვ. 293-308.
2. ქართული საბჭოთა ენციკლოპედია. მთ. რელაქტორი ირ. აბაშიძე. ტ. 11. თბ., 1987, გვ. 513-514.
3. Голлербах М. М., Косинская Е. К., Полянский В. И. Определитель пресноводных водорослей СССР. Вып. 2. М.: Советская наука, 1953.- 652 с.
4. Царенко П. М. Рекомендации по унификации цитирования фамилий авторов таксонов водорослей // Альгология, т. 20, № 1, Киев, 2010, с. 86-120.

## TO THE STUDY OF THE CYANOPROKARYOTA OF KHULO REGION

L. Kukhaleishvili

(Institute Botany of Ilia State University)

**Resume:** Forty three representatives of cyanoprokaryota, belonging to the two classes (*Chroococcophyceae*, *Hormogoniophyceae*), 4 orders, 11 families and 18 genera, were discovered in water basins of Khulo region (Ajara, east Georgia). The class of *Hormogoniophyceae* was distinguished with special diversity, which comprised 31 species and intraspecific taxons. The class of *Chroococcophyceae* comprised 12 representatives. Species of cyanoprokaryota: *Anabaena oscillaroides*, *Phormidium foveolarum*, *Ph. frigidum*, *Schizothrix lardacea*, *Symploca muscorum*, *Tolypothrix distorta* f. *penicillata*, *T. tenuis*, *Xenococcus rivularis* were notable with intensive development.

Part of the species, like *Microcoleus vaginatus*, *Oscillatoria princeps*, *Phormidium favosum*, *Ph. autumnale*, *Pleurocapsa minor*, *Schizothrix lenormandiana*, *Xenococcus kernerii*, *Gloeocapsa minuta*, *Microcystis pulverea* f. *conferta* were found abundantly and in big amount in some habitats, while other habitats were poor with these species.

Dissemination of cyanoprokaryota in the mentioned region was limited. Most of the discovered species (25) were mentioned only in one place. 7 species were found in two places. *Ph. autumnale* and *Pleurocapsa minor* were comparatively wide spread. A bit less spread were *Gloeocapsa minuta*, *Microcystis pulverea* f. *conferta*, *Lyngbya martensiana*, *Oscillatoria princeps*, *Schizothrix lenormandiana*. Mostly rich of cyanoprokaryota were running basins (rivers, springs, etc.). Rather often were they found in wetlands and lakes, rarely – in pools. Only three species of cyanoprokaryota were discovered in mineral waters: *Oscillatoria* sp., *Anabaena variabilis* f. *tenuis* and *Microcystis parietina*.

**Key words:** cyanoprokaryota; taxon; class; order; species.

## К ИЗУЧЕНИЮ ЦИАНОПРОКАРИОТОВ ХУЛОЙСКОГО РАЙОНА

Кухалеишвили Л. К.

(Институт ботаники Государственного университета Ильи)

**Резюме:** В водоемах Хулойского района обнаружено 43 таксона цианопрокариотов. Они распределены среди 2 классов (*Chroococcophyceae*, *Hormogoniophyceae*), 4 порядков, 11 семейств и 18 родов.

По разнообразию выделяется класс *Hormogoniophyceae*. К нему относится 31 вид с разновидностями; а класс *Chroococcophyceae* объединяет 12 представителей.

Среди найденных в исследуемом районе цианопрокариотов массовым развитием отмечаются: *Anabaena oscillaroides*, *Phormidium foveolarum*, *Ph. frigidum*, *Schizothrix lardacea*, *Symploca muscorum*, *Tolypothrix distorta* f. *penicillata*, *T. tenuis*, *Xenococcus rivularis*. Определенная часть видов в некоторых местообитаниях была развита

массово или в большом количестве, в некоторых местах в малом количестве. Такими являются: *Microcoleus vaginatus*, *Oscillatoria princeps*, *Phormidium favosum*, *Ph. autumnale*, *Pleurocapsa minor*, *Schizothrix lenormandiana*, *Xenococcus kernerii*, *Gloeocapsa minuta*, *Microcystis pulvereae* f. *conferta*.

В данном районе распространение цианопрокариотов очень ограничено. Большинство из них (25) отмечены из одного местообитания. 7 цианопрокариотов нашли в двух местах. Сравнительно широко распространены *Phormidium autumnale* и *Pleurocapsa minor*. Кроме них широкораспространенными видами можно считать: *Gloeocapsa minuta*, *Microcystis pulvereae* f. *conferta*, *Lyngbya martensiana*, *Oscillatoria princeps*, *Schizothrix lenormandiana*.

Наиболее богаты цианопрокариотами проточные воды (реки, ручейки, родники и т.д.). Довольно часто встречались они в заболоченных местах и в озерах, редко – в лужах. В минеральных источниках найдено только 3 представителя цианопрокариотов – *Oscillatoria* sp., *Anabaena variabilis* f. *tenuis* и *Microcystis parietina*.

**Ключевые слова:** цианопрокариоты; таксон; класс; порядок; вид.

## კიდევ ერთხელ ადამიანის წონასწორობის მდგომარეობის შესახებ

### კარლო მოისწრაფიშვილი

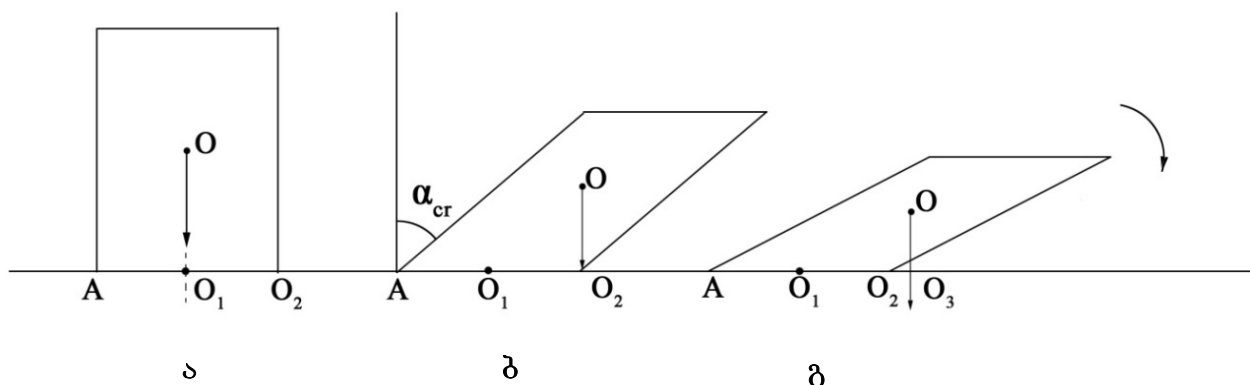
(საქართველოს ფიზიკური აღზრდისა და სპორტის სახელმწიფო უნივერსიტეტი)

**რეზიუმე:** განხილულია სხვადასხვა გეომეტრიის მქონე ერთგვაროვანი ცილინდრის ფორმის სხეულის წონასწორობის მდგრალობის პირობები და ამის მაგალითზე შესწავლილია სხვადასხვა პროპორციის მქონე ვერტიკალურად მდგომი ადამიანის წონასწორობის მდგრალობის პირობები; დადგენილია ადამიანის საერთო სიმძიმის ცენტრის მდებარეობის განსაზღვრის ახალი მეთოდი; განსაზღვრულია წინ გადახრის ოპტიმალური კუთხე, რომლის დროსაც ადამიანის სხეულის წონასწორობის მდგრალობის ხარისხი აღწევს თავის მაქსიმალურ მნიშვნელობას; გამოტანილია შესაბამისი დასკვნები.

**საკვანძო სიტყვები:** წონასწორობის მდგრალობა; საერთო სიმძიმის ცენტრი; ოპტიმალური გადახრა; კრიტიკული კუთხეები.

### შესავალი

სხეულის წონასწორობის მდგრალობა განვიხილოთ ერთგვაროვანი ცილინდრული ფორმის მქონე სხეულის მაგალითზე (ნახ. 1); ასეთი სხეულის სიმძიმის ცენტრი ( $O$ ) ემთხვევა მისსავე გეომეტრიულ ცენტრს და მისი წონასწორობის მდგრალობის ხარისხი მაქსიმალურია მაშინ, როცა ის მკაცრად ვერტიკალურ პოზიციაში იმყოფება (ნახ. 1, ა).



ნახ. 1. ცილინდრული ფორმის სხეულის თანდათანობითი გადახრის პროცესი ფიქსირებული ფუძის პირობებში

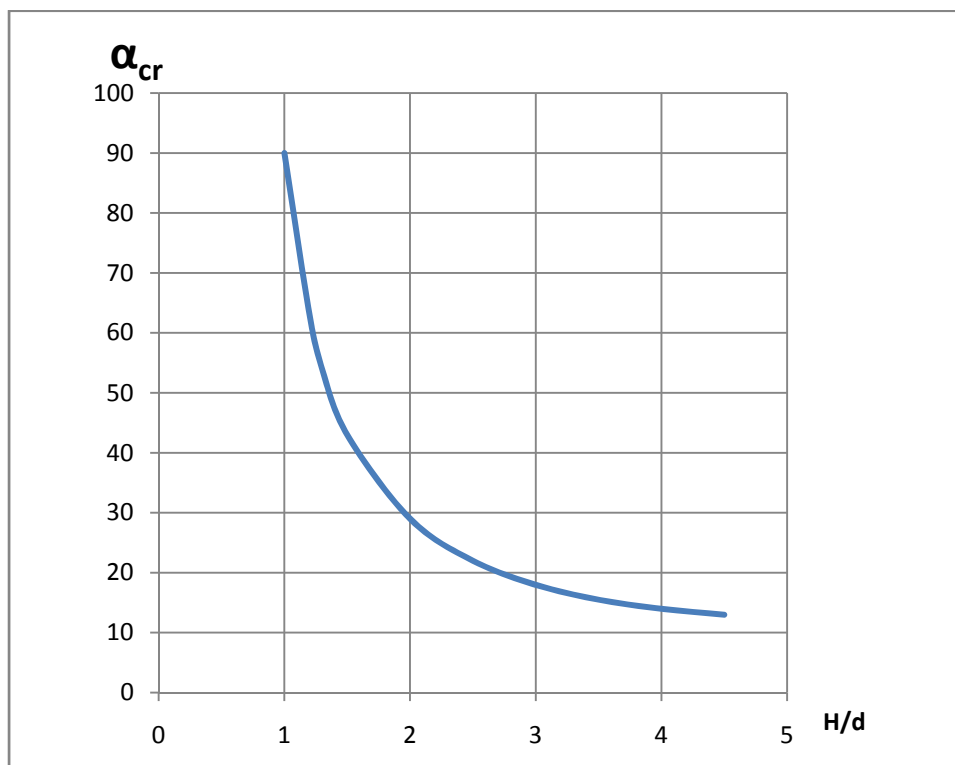
ასეთ პოზიციაში ცილინდრის სიმძიმის ცენტრის ( $O$ ) ვერტიკალური პროექცია საყრდენ ფართობზე (ფუძეზე) ემთხვევა საყრდენი ფართობის გეომეტრიულ ცენტრს ( $O_1$ ). ამ შემთხვევაში ცილინდრის სიმძიმის ძალის მომენტი  $M = |\vec{P}| \cdot \frac{d}{2}$  ბრუნვის ცენტრის ( $O_2$ ) მიმართ მაქსიმალურია და იგი ასრულებს შემაკავებელ ფუნქციას, რაც განაპირობებს წონასწორობის მდგრადობის მაქსიმალურ ხარისხს ( $|\vec{P}|$  – სიმძიმის ძალის სიდიდე,  $d = |AO_2|$  – ფუძის დიამეტრი,  $\frac{d}{2}$  – სიმძიმის ძალის მხარი).

ცილინდრის თანდათანობით გადახრასთან ერთად (ფიქსირებული ფუძის შემთხვევაში) მცირდება სიმძიმის ძალის მხარის სიდიდე, რაც იწვევს შემაკავებელი მომენტის შემცირებას და, შესაბამისად, იკლებს სხეულის წონასწორობის მდგრადობის ხარისხი.

1-ლ პ ნახ-ზე გამოსახულ პოზიციაში ცილინდრის სიმძიმის ცენტრის ( $O$ ) ვერტიკალური პროექცია საყრდენის ფართობზე ემთხვევა ბრუნვის ცენტრს ( $O_2$ ) და შემაკავებელი მომენტი და, შესაბამისად, მდგრადობაც უტოლდება ნულს (გადახრის კრიტიკული კუთხე –  $\alpha_{cr}$ ). შემდეგი გადახრისას სიმძიმის ძალის მომენტი იცვლის ნიშანს და იძენს მახრუნი მომენტის ფუნქციას, რის შემდეგაც სხეული იწყებს ვარდნას (ნახ. 1 გ).

აღნიშნულიდან გამომდინარე, სხეულის წონასწორობის მდგრადობის ხარისხი მაქსიმალურია, როცა ამ სხეულის სიმძიმის ცენტრის ვერტიკალური პროექცია საყრდენ ფართობზე ემთხვევა ამ ფართობის გეომეტრიულ ცენტრს; ანუ, ვიდრე სხეულის სიმძიმის ცენტრის ვერტიკალური პროექცია მოთავსებულია საყრდენი ფართობის საზღვრებში, სხეული ინარჩუნებს წონასწორობას, ხოლო, თუ მოცემული პროექცია გადის საყრდენი ფართობის საზღვრებიდან, სხეული კარგავს წონასწორობის მდგრადობას და იწყებს ვარდნას (ნახ. 1 გ).

მე-2 ნახ-ზე გამოსახულია კრიტიკული სიდიდის კუთხის ( $\alpha_{cr}$ ) დამოკიდებულება ცილინდრის ფორმის სხეულის გეომეტრიაზე ( $\frac{H}{d}$ ), სადაც  $H$  ცილინდრის სიმაღლეა, ხოლო  $d$  ფუძის დიამეტრი.

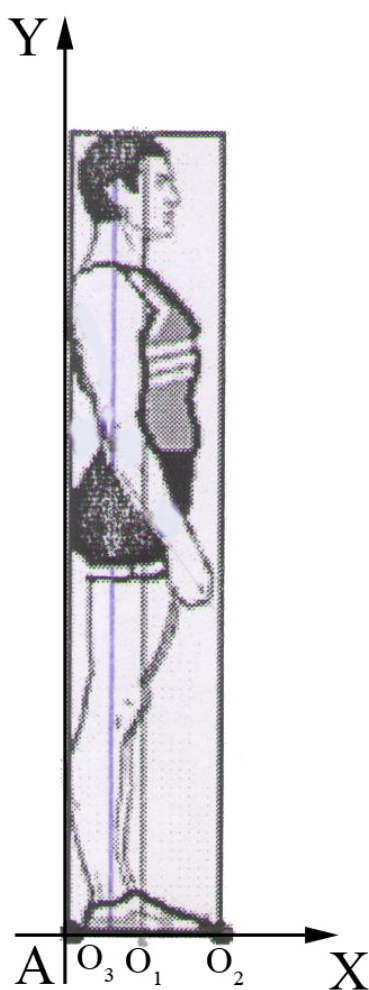


ნახ. 2. ცილინდრის ფორმის სხეულის კრიტიკული სიდიდის კუთხის დამოკიდებულება მის გეომეტრიაზე  $\alpha_{cr} = f\left(\frac{H}{d}\right)$

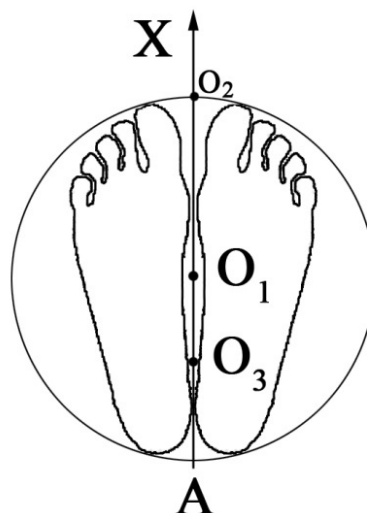
წარმოდგენილი გრაფიკის მიხედვით,  $\left(\frac{H}{d}\right)$  სიდიდის ზრდასთან ერთად მცირდება ცილინდრის წონასწორობის მდგრადობა, ანუ ფუძის მოცემული დიამეტრის ( $d$ ) შემთხვევაში, ცილინდრის სიმაღლის ( $H$ ) ზრდასთან ერთად კლებულობს მისი მდგრადობა.

### ძირითადი ნაწილი:

ვერტიკალურად მდგომი ადამიანი მოვათავსოთ წარმოსახვით (ვირტუალურ) ცილინდრში (ნახ. 3 ა). ამ შემთხვევაში ცილინდრის შიგნით მასები არათანაბრად არის გადანაწილებული და ცილინდრის გეომეტრიული ცენტრი არ ემთხვევა ადამიანის საერთო სიმძიმის ცენტრს (სსც), რაც კარგად ჩანს. მე-4 ა ნახ-ზე; ცილინდრის გეომეტრიული ცენტრი ( $O$ ) საგრძნობლად არის წანაცვლებული ადამიანის სსც-ის ( $O'$ ) მიმართ, რაც განპირობებულია ადამიანის ანატომიის სპეციფიკით.



ა



ბ

ნახ. 3. ცილინდრის შიგნით მასების არათანაბარი განაწილება. ა – წარმოსახვით ცილინდრში მოთავსებული ვერტიკალურად მდგომი ადამიანი, ბ – საყრდენ ფართობზე ტერფების განლაგება



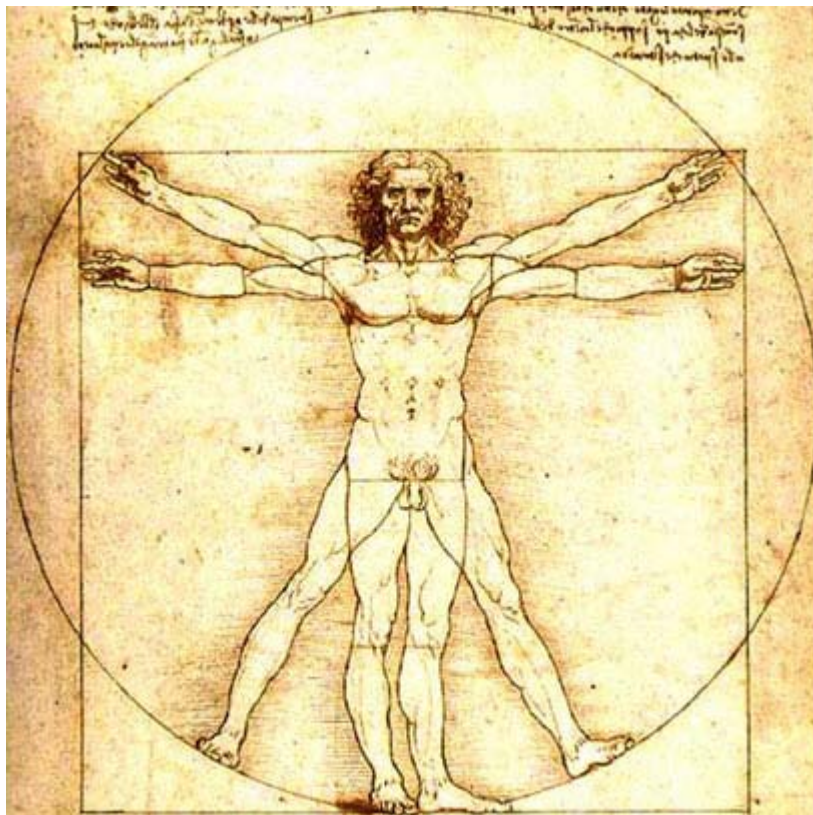
$$\alpha''_{cr} = \arcsin\left(\frac{d}{4h}\right), \quad (3')$$

სადაც  $d = |AO_2|$  არის საყრდენი ფართობის დიამეტრი (ტერფის სიგრძე), ხოლო  $h$  – ადამიანის სსც-ის მდებარეობის სიმაღლე ამავე საყრდენიდან.

ვერტიკალურად მდგომი ადამიანის სსც-ის სიმაღლის ( $h = |O_3O'|$ ) განსაზღვრისათვის, როდესაც ცნობილია ადამიანის სიმაღლე ( $H$ ), გამოვიყენეთ ფიდიუსის რიცხვი (იგივე – „ფიბონაჩის რიცხვი“, იგივე – „ოქროს კვეთა“). ფიდიუსის რიცხვი ( $\varphi = 1,6118$ ), ერთ-ერთი განმარტების მიხედვით, განსაზღვრავს ვერტიკალურად მდგომი ადამიანის სიმაღლისა ( $H$ ) და მისი ჭიპის მდებარეობის სიმაღლის ( $h'$ ) თანაფარდლობას:

$$\varphi = \frac{H}{h'}. \quad (4)$$

ცნობილია, რომ ამ პროპორციით, რომელსაც ბუნებაში არსებულ ყველაზე პარმონიულ პროპორციად მიიჩნევენ, სარგებლობდნენ ძველი ეგვიპტელები, ანტიკური და აღორძინების ხანის სკულპტორები, ფერმწერები, ხუროთმოძღვრები და ა.შ. მათ შორის ლეონარდო და ვინჩი, რომელმაც „ადამიანის სხეულის პროპორციები“ (ნახ. 5) ამ თანაფარდლობის გათვალისწინებით შექმნა.



ნახ. 5. ლეონარდო და ვინჩი – „ადამიანის სხეულის პროპორციები“

ცნობილია [3, 4] აგრეთვე, რომ ვერტიკალურად მდგომი მამაკაცის სსც მდებარეობს მისი ჭიპიდან  $0,05 \cdot H$ -ით ქვემოთ, ხოლო ქალისა –  $0,1 \cdot H$ -ით. მამაკაცის შემთხვევაში ფორმულა (4)-ის გათვალისწინებით მივიღებთ:

$$\begin{aligned} h &= H \cdot \left(\frac{1}{\varphi} - 0,05\right), \\ h &= 0,5680 \cdot H; \end{aligned} \quad (5)$$

ხოლო ქალებისათვის:

$$\begin{aligned} h &= H \cdot \left(\frac{1}{\varphi} - 0,1\right), \\ h &= 0,5180 \cdot H. \end{aligned} \quad (5')$$

თუ მე-5 ფორმულას გავითვალისწინებთ, (1'), (2') და (3') ფორმულები მიიღებს შემდეგ სახეს:

$$\alpha_0 = \arcsin\left(\frac{1}{4\left(\frac{1}{\varphi}-0,05\right)} \cdot \frac{d}{H}\right), \quad (6)$$

$$\alpha'_{cr} = \arcsin\left(\frac{3}{4\left(\frac{1}{\varphi}-0,05\right)} \cdot \frac{d}{H}\right), \quad (7)$$

$$\alpha''_{cr} = \arcsin\left(\frac{1}{4\left(\frac{1}{\varphi}-0,05\right)} \cdot \frac{d}{H}\right). \quad (8)$$

თუ მხედველობაში მივიღებთ, რომ  $\varphi = 1,618$ , გვექნება:

$$\alpha_0 = \arcsin\left(0,44 \cdot \frac{d}{H}\right), \quad (6')$$

$$\alpha'_{cr} = \arcsin\left(1,32 \cdot \frac{d}{H}\right), \quad (7')$$

$$\alpha''_{cr} = \arcsin\left(0,44 \cdot \frac{d}{H}\right), \quad (8')$$

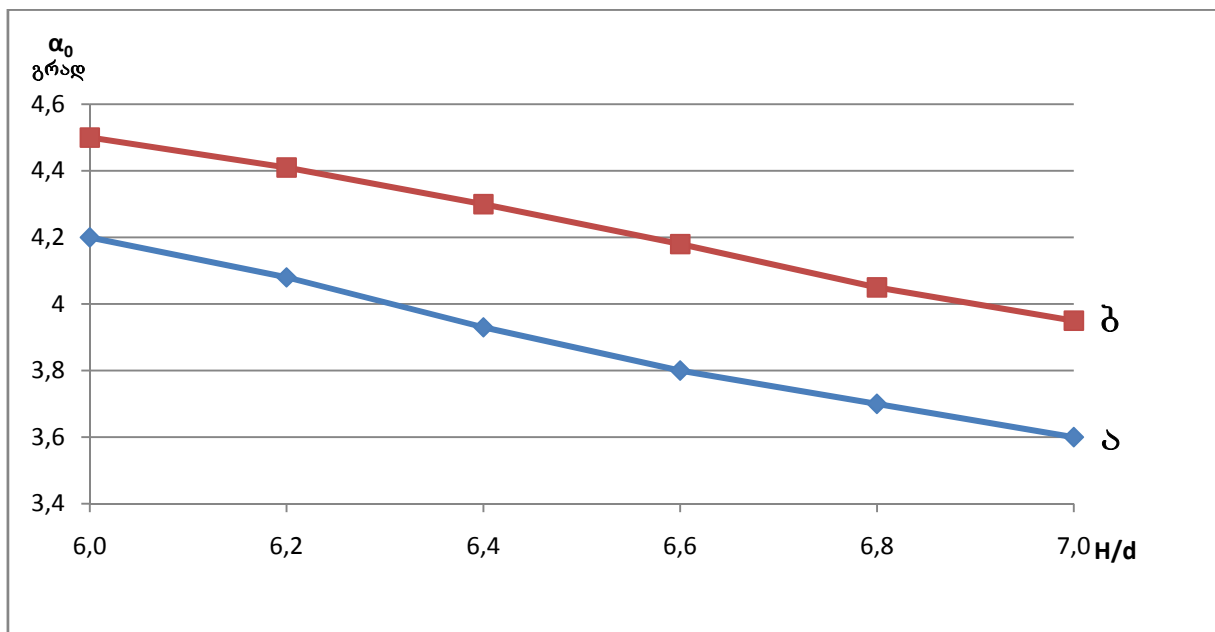
ხოლო ქალების შემთხვევაში:

$$\alpha_0 = \arcsin\left(0,48 \cdot \frac{d}{H}\right), \quad (6'')$$

$$\alpha'_{cr} = \arcsin\left(1,44 \cdot \frac{d}{H}\right), \quad (7'')$$

$$\alpha''_{cr} = \arcsin\left(0,48 \cdot \frac{d}{H}\right). \quad (8'')$$

ლეონარდო და ვინჩის „მამაკაცის სხეულის პროპორციების“ (ნახ. 5) კუთხეებს ექნება შემდეგი მნიშვნელობები:  $\alpha_0 = 3,7^\circ$ ,  $\alpha'_{cr} = 11,15^\circ$ ,  $\alpha''_{cr} = 3,7^\circ$ .



ნახ. 6. ოპტიმალური სიდიდის კუთხის ( $\alpha_0$ ) დამოკიდებულება ადამიანის პროპორციებზე ( $\frac{H}{d}$ ). ა – მამაკაცებისათვის; ბ – ქალებისათვის (პროპორციული ადამიანისათვის  $\frac{H}{d}$  სიდიდე იცვლება  $6 \div 7$  ფარგლებში)

მე-6 ნახ-ზე გამოსახულია ვერტიკალურად მდგომი ადამიანის წინ გადახრის ოპტიმალური კუთხის ( $\alpha_0$ ) მნიშვნელობის დამოკიდებულება ადამიანის სხეულის პროპორციებზე ( $\frac{H}{d}$ ) მამაკაცებისათვის (ა) და ქალებისათვის (ბ).

## დასკვნა

მოცემული გრაფიკების შედარება საფუძველს იძლევა დავასკვნათ, რომ ვერტიკალურად მდგომი ქალის წონასწორობის მდგრადობის ხარისხი მეტია, იგივე პროპორციის მქონე მამაკაცისაზე, რაც განპირობებულია მისი (ქალის) სსც-ის მდებარეობის დაბალი პოზიციით.

ანალოგიური მეთოდით შეიძლება დადგინდეს წინ გადახრის ოპტიმალური კუთხე ( $\alpha_0$ ) მოთხილამურისათვის:

$$\alpha_0 = \arcsin \left[ \frac{1}{H} \left( 1,32 \cdot d + \frac{n \cdot l}{0,568} \right) \right],$$

სადაც  $d$  ტერფის სიგრძეა,  $l$  – თხილამურის სიგრძე,  $H$  – მოთხილამურის სიმაღლე, ხოლო  $n$  – კოეფიციენტი, რომელიც განსაზღვრავს, თუ თხილამურის სიგრძის რა ნაწილს შეადგენს მანძილი ტერფის წვერიდან თხილამურის საყრდენის ფართობის გეომეტრიულ ცენტრამდე.

## ლიტერატურა—REFERENCES—ЛИТЕРАТУРА

1. კ. მოისწრაფიშვილი, ა. ეგოიანი. ვერტიკალურად მდგომი ადამიანის წონასწორობის ბიომექანიკური პრინციპები // მეცნიერება და ტექნოლოგიები №1 (714), თბ.: ტექნიკური უნივერსიტეტი, 2013.
2. V. M. Zatsiorskyi. Fundamentals of Sports Metrology // PH & S, M., 1979.
3. Донской Д. Д., Зациорский В. М. Биомеханика // Физкультура и спорт. М., 1979.
4. Ивалицкий М. С. Анатомия человека // Физкультура и спорт. М., 1985.

### ONCE AGAIN ABOUT THE EQUILIBRIUM STABILITY OF A MAN

**K. Moistrapishvili**

(Georgian State University of Physical Culture and Sport)

**Resume:** There are considered conditions of the equilibrium stability of a cylinder – shaped homogeneous body. Thus, conditions of the equilibrium stability of different proportion upright standing men were studied. A new method allowing determination of a man's common centre of gravity was developed. An optimal angle of forward bending, at which the degree of the equilibrium stability of an upright standing man reaches its maximum value was determined. Hence, the appropriate conclusions were drawn.

**Key words:** equilibrium stability; common center of gravity; optimal bending; critical angles.

## БИОМЕХАНИКА

### ЕЩЕ РАЗ ОБ УСТОЙЧИВОСТИ РАВНОВЕСИЯ ЧЕЛОВЕКА

**Моисцрапишвили К. М.**

(Грузинский государственный университет физической культуры и спорта)

**Резюме:** Рассмотрены условия устойчивости равновесия однородного тела цилиндрической формы и на этом примере изучены условия устойчивости равновесия вертикально стоящего человека разных пропорций. Установлен новый метод определения положения общего центра тяжести человека. Определен оптимальный угол отклонения вперед, при котором степень устойчивости равновесия вертикально стоящего человека достигает своего максимального значения. Сделаны соответствующие выводы.

**Ключевые слова:** устойчивость равновесия; общий центр тяжести; оптимальное отклонение; критические углы.

### მასალათმცოდნეობა – კაცობრიობის განვითარების თანამედროვე მეცნიერება ომარ შურაძე

(ფერდინანდ თავაძის მეტალურგიისა და მასალათმცოდნეობის ინსტიტუტი)

**რეზიუმე:** სტატიაში თანამედროვე საძიებო სისტემების მონაცემთა ბაზაზე\* დაყრდნობით სისტემატიზებული და გაანალიზებულია მასალათმცოდნეობის როლი კაცობრიობის ისტორიული განვითარების სხვადასხვა ეტაპზე და თანამედროვე პირობებში. ნაჩვენებია ახალი მასალების შექმნის აუცილებლობის გამომწვევი პირობები და მათი როლი ტექნიკის განვითარებასა და სამეცნიერო-ტექნიკურ პროგრესში. განხილულია სამგანზომილებიანი ობიექტების დამზადების უახლესი SLM (Selective laser melting) ტექნოლოგია. აღწერილია მასალების სტრუქტურისა და თვისებების კვლევის მეთოდების შექმნის ისტორია. წარმოდგენილია 2011 – 2012 წლებში გამოქვეყნებული სტატიების მიხედვით შექმნილი მსოფლიო მეცნიერების რუკა. მოცემულია მეცნიერების, კერძოდ მასალათმცოდნეობის, განვითარების მოსალოდნელი პრიორიტეტული მიმართულებები.

**საკვანძო სიტყვები:** მასალათმცოდნეობა; ლითონმცოდნეობა; კერამიკა; ლითონური მასალები; პოლიმერული მასალები; SLM ტექნოლოგია; 3D ტექნოლოგია; 3D პრინტერი; 3D აღბეჭდვა; სამგანზომილებიანი ობიექტის ანაბეჭდი; კომპიუტერული მოდელირება; ნანონაწილაკები; ნანომეტრული ტექნოლოგია; ნანომასალები; ციტირების ინდექსი; მეცნიერებათმზომელობა; ბიბლიომეტრია; მსოფლიო მეცნიერების რუკა.

#### შესავალი

ადამიანის მიერ მასალების ათვისება მისი არსებობის ისტორიის ნაწილია. უძველესი ადამიანის უპირველესი მოთხოვნები საკვებ პროდუქტებსა და თავშესაფარზე ორგანულად უკავშირდება სხვადასხვა მასალის გამოყენების აუცილებლობას. თავშესაფრის მოსაწყობად, შრომისა და საბრძოლო იარაღების დასამზადებლად თავდაპირველად იყენებდნენ მზა ბუნებრივ მასალებს (ქვა, ძვლი, ტყავი). საზოგადოების განვითარებასთან ერთად გაიზარდა მოთხოვნები უფრო მტკიცე, გამძლე და ხარისხიან მასალებზე, რომელთა მოპოვება-გამოყენებას, თავის მხრივ, ადამიანი განვითარების ახალ საფეხურზე აყვავდა. საუკუნეების განმავლობაში მან თანდათანობით ისწავლა ლითონის მიღება-დამუშავება-გამოყენება. მასალების როლი კაცობრიობის განვითარების ამა თუ იმ პერიოდისათვის ასახულია საზოგადოების განვითარების საფეხურების დასახელებებში: ქვის ხანა, სპილენძის ხანა, ბრინჯაოს ხანა, რკინის ხანა.

#### ძირითადი ნაწილი

ჩვენი მიზანია (ინტერნეტ რესურსების მასალების სისტემატიზაციითა და ანალიზით) წარმოვადგინოთ მასალათმცოდნეობის განვითარების ძირითადი ისტორიული ეტაპები, მასალათა თვისებების კავშირი მათი სტრუქტურის თავისებურებებთან და მიღების ტექნოლოგიასთან, თანამედროვე

---

\* [www Google. ge](http://www.Google.ge)

მასალათმცოდნეობის განვითარების ზოგადი მდგომარეობა; აღვწერთ ის ძირითადი ტექნიკური ძვრები, რომლებიც გამოწვეულია ახალი სპეციალური დანიშნულების მასალების შექმნის აუცილებლობით და მასალათმცოდნეობის განვითარების ამჟამინდელი დონით. ვაჩვენოთ სხვადასხვა დანიშნულების ახალი მასალების დამუშავების, მათი სტრუქტურის ფორმირებისა და თვისებების შესწავლის, აგრეთვე წარმოების სხვადასხვა დარგში ექსპლუატაციისას მათი ქცევის პროგნოზირების რეალური გზები.

ზოგადად, თანამედროვე მასალები დაყოფილია სამ პირობით ჯგუფად: ლითონურ, არალითონურ და კომპოზიციურ მასალებად. ძირითადი საბაზო კომპონენტის მიხედვით, ლითონური მასალები, თავის მხრივ, იყოფა შავი და ფერადი მეტალურგიის მასალებად. თანამედროვე მრეწველობის მიერ მოთხოვნილი და სხვადასხვა დარგში გამოყენებული ლითონური მასალების 90 %-ზე მეტი შავი მეტალურგიის ნაწარმზე მოდის.

ისტორიულად ლითონური და არალითონური მასალების უამრავი სახეობაა შექმნილი. მსოფლიოს ყველა ქვეყანას თავისი წვლილი აქვს შეტანილი ახალი, განსაზღვრული ჯგუფის მასალების დამზადება-დამუშავების ტექნოლოგიის შემუშავებისა და კვლევის საქმეში. ამ პროცესებს თან ახლდა გარკვეული ცოდნის დაგროვება და გავრცელება. ამდენად, მასალათმცოდნეობა ჩანასახიდანვე ინტერნაციონალურ მეცნიერებადაა მიჩნეული და მის მეცნიერულ საწყისებს საზოგადოების ისტორიული განვითარების სიღრმეებში აქვს ფესვები.

პირობითად შეიძლება გამოიყოს სამი ძირითადი ეტაპი. მასალათმცოდნეობის, როგორც მეცნიერების, წარმოშობისა და მისი განვითარების თითოეული ეტაპი განპირობებული იყო მატერიალური წარმოებით. თავის მხრივ, წარმოების განვითარება წარმოადგენდა მასალებზე საზოგადოების მზარდი მოთხოვნების შედეგს. მაგალითად, არქეოლოგიური კერამიკული მასალები იმის საფუძველს იძლევა, რომ თიხის გახურებით და გამოწვით ნაკეთობის სტრუქტურის შეგნებული ცვლილება შესაძლებელია ჩაითვალოს მასალათმცოდნეობის, როგორც მეცნიერების, დასაწყისად, ე.ი. პირველ ეტაპად.

განვითარების მეორე ეტაპზე ადამიანი იყენებს ჯერ თვითნაბად და შემდეგ მადნეულ ლითონებს. თვითნაბადი ცივნაჭედი სპილენძი გამოაძევა მადნებიდან მიღებულმა სპილენძმა, ხოლო შემდეგ სპილენძზე სხვა ელემენტების დამატებით მიიღეს ბრინჯაო. ამავე პერიოდში იწყება კეთილშობილი ლითონების დამუშავებაც.

ლითონების გამოყენების მასშტაბის განუხრელად ზრდამ ადამიანი მიიყვანა რკინის ხანამდე (მესამე ეტაპი). ხის ნახშირით გახურებულ ქურაზე გუნდა რკინის ჭედვისას მან შეძლო რკინა-ნახშირბადის შენადნობის მიღება. რკინის თვისებების გაუმჯობესების გზების ძიებით კი იგი აღმოჩნდა თერმული დამუშავების საწყისებთან. ადამიანის თეორიული წარმოდგენები თანდათან ივსებოდა ახალი ფაქტებით. დაკვირვებებსა და ინტუიციასე დაყრდნობით თანდათანობით იხვეწებოდა ლითონების დამუშავების თეორია. ისტორიულად თაობიდან თაობას გადაეცემოდა როგორც თეორია, ისე ამა თუ იმ ნაკეთობის დამზადების პროცესების თავისებურებები.

თეორიული და ცდისეული ცოდნის გაერთიანებით შესაძლებელი გახდა დადგენილიყო ბუნებრივი მასალების დამუშავების ეფექტური მეთოდები. მათი სისტემატიზაციისა და ანალიზისათვის კი საჭირო იყო მეცნიერების დარგის – მასალათმცოდნეობის ჩამოყალიბება, რომელიც შეისწავლიდა ცივილიზაციის არსებობის მანძილზე ადამიანის მიერ შექმნილი ყოველგვარი მასალის აგებულებასა და თვისებებს.

თანამედროვე მასალათმცოდნეობა პირობითად დაყოფილია თეორიულ მასალათმცოდნეობად და გამოყენებით მასალათმცოდნეობად.

თეორიული მასალათმცოდნეობა განიხილავს მასალის აგებულებას და გარე ზემოქმედებისას მასში მიმდინარე პროცესების ზოგად კანონზომიერებებს; ეყრდნობა სხვადასხვა მეცნიერების (ფიზიკა, ქიმია, მექანიკა და სხვ.) მიღწევებს. ასე რომ, ტექნიკაში გამოყენებული მასალების ნაკეთობად გადამუშავების ეფექტურობა მეცნიერების მრავალი დარგის საერთო მიღწევაა.

გამოყენებითი მასალათმცოდნეობის ამოცანაა კონსტრუქციების, მანქანათა ნაწილების, მოწყობილობებისა და სხვა ტექნიკური ნაკეთობების დამზადებისას გამოყენებული მასალების ოპტიმალური სტრუქტურისა და ნაკეთობად მათი გადამუშავების ტექნოლოგიის განსაზღვრა.

მასალების თვისებების მეცნიერული კვლევის რეალური ნაბიჯები გადაიდგა XIX საუკუნის დასაწყისში. მისი სწრაფი განვითარება უკავშირდება იმ დროს არსებულ მძლავრ სამეცნიერო-ტექნიკურ პროგრესს. საზოგადოებას სჭირდებოდა მაღალი ხარისხის, მტკიცე და მდგრადი ნაგებობები და კონსტრუქციები. მასალათმცოდნეობა თავისი განვითარების გზაზე ახალ-ახალ დავალებებს იღებდა მეცნიერ-კონსტრუქტორებისაგან. ამ დროიდან მასალების წარმოება და მათი თვისებების გაუმჯობესება საზოგადოებრივი განვითარების გაზრდილი მოთხოვნების შესაბამისად წარიმართა. პარალელურად სწრაფი ტემპით განვითარებადი მანქანათმშენებლობა გახდა მასალების მზარდი მომხმარებელი. შეიქმნა ახალი ლითონური და პოლიმერული მასალები, მაგრამ ტექნიკის მრავალ დარგში გამოყენების მხრივ უპირატესობა ლითონურ მასალებს მიენიჭა. აქედან გამომდინარე, მასალათმცოდნეობაში ჩამოყალიბდა კვლევის ახალი, მძლავრი მეცნიერული მიმართულება – ლითონთმცოდნეობა, რომელიც ძირითადად იკვლევს სხვადასხვა დანიშნულების ახალი ლითონური მასალების დამუშავების, მათი სტრუქტურის ფორმირებისა და თვისებების შესწავლის პროცესებს. ამასთან, წარმოების სხვადასხვა დარგში ექსპლუატაციისას ახდენს მათი ქცევის პროგნოზირებას.

ლითონთმცოდნეობმა დაამუშავეს მასალების კვლევის განსაკუთრებული მეთოდები. მათი უპირველესი მოთხოვნა იყო საკვლევი მასალების ქიმიური შედგენილობის ზუსტად განსაზღვრა. პირველი მიკროსკოპის შექმნით დაიწყო მეტალოგრაფიული კვლევები. დადგინდა ფოლადის აღნაგობასა და თვისებებს შორის მჭიდრო კავშირის არსებობა. გამოკვლეულ იქნა ნახშირბადისა და სხვა ელემენტების გავლენა ფოლადის თვისებებზე. ამასთან, აღმოჩენილ იქნა ფაზური გარდაქმნები ფოლადებში და დადგინდა ამ გარდაქმნების კრიტიკული წერტილები – ტემპერატურები.

1876 წელს ჯოზეფი უილარდ გიბზის მიერ გამოქვეყნებული ნაშრომით „ჰეტეროგენული სისტემების წონასწორობის შესახებ“ საფუძველი ჩაეყარა ლითონთმცოდნის მთავარ სამუშაო ინსტრუმენტს – თანამედროვე თერმოდინამიკასა და ფიზიკურ ქიმიას. მალე, 1898 წელს უილიამ რობერტ-ოსტენმა ააგო რკინა-ნახშირბადის სისტემის ფაზური გარდაქმნების დიაგრამა, რითაც დაიწყო ანალოგიური დიაგრამების აგების პროცესები სხვა სისტემებისთვისაც. სპეციალისტებმა ეს პროცესები დამწერლობის შემოღების ტოლფასად აღიქვეს, ვინაიდან ფაზური დიაგრამები ლითონთმცოდნისათვის იგივეა, რაც ანბანი.

ლითონების კვლევისას ფართოდ გამოიყენებოდა ფიზიკურ-ქიმიური ანალიზის მეთოდები. დადგინდა მასალის თვისებების ცვლილების დამოკიდებულება შედგენილობაზე. შესწავლილ იქნა ტემპერატურის გავლენა ფოლადის სტრუქტურის ცვლილებების თანმიმდევრობებზე. ნათელი მოეფინა მასალების მიერ თვისებათა გამოვლენის მრავალსახეობას. შესაძლებელი გახდა სტრუქტურის მართვა (გარკვეულ დონემდე) და სხვადასხვა პირობის დროს ამა თუ იმ მასალის ქცევის პროგნოზირება. დაიწყო მეცნიერ-მასალათმცოდნეთა მიღწევების წარმოებაში გამოყენება. მათი დანერგვით მოიხსნა მრავალი საწარმოო პრობლემა, შემცირდა წუნდებული პროდუქციის რაოდენობა და გაფართოვდა პროდუქციის ასორტიმენტი, ამალღდა საწარმოო უსაფრთხოების დონე და შემცირდა პროდუქციის თვითღირებულება.

მასალათმცოდნეობის განვითარების ისტორია უწყვეტადაა დაკავშირებული მასალების თვისებებისა და შინაგანი აგებულების კვლევის მეთოდების განვითარების ისტორიასთან. ლითონების კვლევის საქმეში დიდ წარმატებად უნდა იქნეს მიჩნეული მაქს ფონ ლაუეს მიერ აღმოჩენილი რენტგენის სხივების კრისტალზე დიფრაქციის ფაქტი (1912 წ.). ერთი წლის შემდეგ ერთმანეთისაგან დამოუკიდებლად გიორგი ვულფმა და მამა-შვილმა უილიამ ჰენრიმ და უილიამ ლორენს ბრეგებმა გამოიყვანეს რენტგენოსტრუქტურული ანალიზის ძირითადი ფორმულა, ე. წ. ვულფ-ბრეგების წესი. ამით დაიწყო კრისტალური მასალების რენტგენოსტრუქტურული კვლევების ერა.

ლითონის ფიზიკურ-ქიმიური და ფიზიკურ-მექანიკური თვისებების კვლევების დიდ მიღწევად უნდა ჩაითვალოს მყარი ტანის მექანიკის საფუძვლების შექმნა. ერთმანეთისაგან დამოუკიდებლად ეგონ ოროვანმა, მიქაელ პოლანიმ და ჯეფრი ინგრამ ტეილორმა ლითონური მასალების პლასტიკურობა ახსნეს დისლოკაციების ჩასახვით და მოძრაობით (1934 წ.). პიტერ ჰირშმა კოლეგებთან ერთად ელექტრონული მიკროსკოპით დააფიქსირა დისლოკაციების არსებობა ლითონებში (1956 წ.). ამ ფაქტით დადასტურდა არა მარტო დისლოკაციების თეორიის რეალობა, არამედ მოხდა ელექტრონული მიკროსკოპების შესაძლებლობების დემონსტრირებაც.

ლითონმცოდნეებმა მნიშვნელოვანი წვლილი შეიტანეს ნებისმიერი ტექნიკური სიახლის შექმნასა და საჭირო თვისებების ლითონური და კომპოზიციური მასალების მოძიებაში. საავიაციო, კოსმოსური, ატომური ენერგეტიკის და სამხედრო ტექნიკის დაჩქარებული ტემპებით განვითარებამ განსაკუთრებული აქტუალურობა შესძინა ლითონმცოდნეობის წინსვლა-განვითარებას. ამ სფეროებმა დღის წესრიგში დააყენა ახალი, სპეციალური და განსაკუთრებული თვისებების მქონე შენადნობების შემუშავების აუცილებლობა. ავიაკოსმოსური დარგის მეცნიერ-კონსტრუქტორთა წინაშე მუდმივად დგას ორი ძირითადი პრობლემა: კონკრეტული აპარატის ჰაერში ასაწევად საჭირო ძალური დანადგარის შექმნა და კუთრი დატვირთვის გასაზრდელად აპარატის მასის შემცირება. არსებობს ფაქტები იმის შესახებ, რომ მრავალი გენიალური ინჟინრული პროექტი არ განხორციელებულა (ალბათ დღესაც არ რეალიზდება) იმ მიზეზით, რომ დაპროექტების მომენტისათვის არ არსებობდა ისეთი მასალა, რომელიც ინჟინერს იდეის კონსტრუქციაში გადატანის საშუალებას მისცემდა. მაგალითად, დიდმა ლეონარდო და ვინჩიმ ვერ შეძლო აეგო მის მიერ კონსტრუირებული შეუუღმფრენი იმის გამო, რომ იმ დროისათვის ჯერ კიდევ არ იყო შემუშავებული მაღალი კუთრი სიმტკიცის მასალა.

ტექნიკის მოთხოვნამ სწრაფი ტემპებით განვითარა ახალი მასალების მოძიების პროცესები. XX საუკუნის გარიჟრაჟზე ლეონ ჟილეტმა შეიმუშავა პირველი უჟანგავი ფოლადის შედგენილობა (1904 წ.), რითაც დაიწყო ფოლადების გამოყენება მაღალი კოროზიის პირობებში. გერმანელი მეცნიერის ალფრედ ვილმის მიერ აღუშინ-სპილენძის შენადნობის ბუნებრივი დაძველების ეფექტის აღმოჩენით შეიქმნა მაღალი სიმტკიცისა და დაბალი სიმკვრივის მასალა – დურალუმინი (1906 წ.). მის ბაზაზე არნახული ტემპებით განვითარდა ლითონისკორპუსიანი ახალი თაობის საფრენი აპარატების წარმოება. უილიამ ევიდ კულიჯმა ფხვნილოვანი მასალისაგან მიიღო ვოლფრამის დრეკადი მავთული (1909 წ.), რამაც გამოიწვია ელნათურების სწრაფი გავრცელება და ფხვნილთა მეტალურგიის შექმნა. კამერლინგ ონესმა აღმოაჩინა ზეგამტარობის მოვლენა (1911 წ.), რითაც საფუძველი ჩაუყარა დაბალ- და მაღალტემპერატურულ ზეგამტარობას და მათ საფუძველზე ნაკეთობების დამზადებას. იან ჩოხრალსკიმ დაამუშავა დიდი ზომის ლითონის მონოკრისტალის მიღების მეთოდი (1918 წ.), რამაც განაპირობა შემდგომ ნახევრად გამტარი მასალების მრეწველობის განვითარება. პაულ მერიკამ დააპატენტა პირველი ზემხურვალმტკიცე შენადნობი (1926 წ.), რომლის ბაზაზე განხორციელდა აირტურბინული და რეაქტიული ძრავების შექმნის იდეა. ამჟამად ამ ტიპის ძრავებითაა აღჭურვილი ყველა სამხედრო და სამოქალაქო თვითმფრინავი. თანამედროვე აირტურბინული ძრავები ითვლება ძირითად ძალურ მოწყობილობად არა მარტო ავიაციაში, არამედ გემთმშენებლობაში, ენერგეტიკაში და ა.შ.

ნედლეული მასალების რესურსების შეზღუდულობისა და მასალებისადმი მკაცრი ტექნიკურ-ეკონომიკური მოთხოვნების გამო მასალათმცოდნეები გზადაგზა ახდენდნენ ტრადიციული მასალების ახალ ტექნოლოგიურ დონეზე გამოყენებას. ნაკეთობის ხარისხის გასაუმჯობესებლად XX საუკუნეში დიდი წარმატებით გამოიყენებოდა მათი თერმული, ქიმიურ-თერმული და თერმომექანიკური დამუშავებები, დიფუზური მეტალიზაცია, ნაკეთობის ზედაპირის ელექტროქიმიური დეფარვა და სხვ.

პარალელურად გრძელდებოდა მექანიკური მახასიათებლების უფრო მაღალი მნიშვნელობებისა და სამუშაო გარემოს ზემოქმედებისადმი მაღალი მედეგობის ან კიდევ სხვა მოთხოვნილი სპეციალური და განსაკუთრებული თვისებების მქონე ახალი მასალების მოძიება. მეცნიერული კვლევების შედეგად ტრადიციული მასალებისა და უფრო მტკიცე გამაძლიერებელი ელემენტების ურთიერთშეხამების ბაზაზე დამუშავდა მასალების ახალი ჯგუფი – კომპოზიციური მასალები. თანამედროვე მანქანა-დანადგარებისა და მოწყობილობების ხარისხისა და საიმედოობის ასამაღლებლად წარმოებაში ფართოდ გამოიყენება სპეციალური ლითონური, კომპოზიციური და ფხვნილოვანი მასალები.

ლითონმცოდნეების ყველა დიდი მიღწევის ჩამოთვლა პრაქტიკულად შეუძლებელია, მაგრამ არ შეიძლება არ აღინიშნოს ზოგიერთი მათგანი: არნე ოლანდერმა აღმოაჩინა შენადნობის ფორმის მექსიერების ეფექტი და მისი გამოყენების შესაძლებლობა მედიცინასა და ტექნიკის მრავალ დარგში (1932 წ.); ვილჰელმ კნოლმა დაამუშავა ტიტანის მიღების ეკონომიკურად გამართლებული მეთოდი (1940 წ.), რამაც უზრუნველყო ტიტანის ბაზაზე ნაკეთობების დამზადება თვითმფრინავის ფიზიკურიდან დაწყებული კოროზიამედეგი რეაქტორების კორპუსებით დამთავრებული; ჯონ ბარდინ-

მა, უოლტერ ბრატეინმა და უილიამ შოკლიმ შექმნეს პირველი ტრანზისტორი – მიკროელექტრონიკის მთავარი ელემენტი (1948 წ.); ბილ პფანის მიერ შემუშავებული ზონური ღნობით ლითონების გაწმენდის მეთოდი (1951 წ.) ამჟამად გამოიყენება ზესუფთა მასალების (მაგალითად, ნახევრად გამტარების) მისაღებად. შვედი მეცნიერების ჯგუფმა მიიღო პირველი ხელოვნური ალმასები (1953 წ.), რითაც საფუძველი ჩაეყარა მაღალი სიზუსტის დეტალების წარმოებას. ფრანკ ვერ-შნაიდერმა მიმართული კრისტალიზაციის მეთოდით დაამზადა უზარმაზარი სვეტოვანი კრისტალებისაგან შედგენილი ტურბინის ფრთები (1958 წ.). ამოცანის ამ რევოლუციურმა გადაწყვეტამ საშუალება მისცა კონსტრუქტორებს აეწიათ რეაქტიული ძრავების სამუშაო ტემპერატურა, რითაც უზრუნველყოფილ იქნა საწვავის მნიშვნელოვანი ეკონომია. კარლ სტრნატმა კოლგებთან ერთად კობალტისა და იშვიათ მიწათა ელემენტების ბაზაზე შექმნა ზემძლავრი მუდმივი მაგნიტები (1966 წ.); რობერტ კიორკ-უმცროსმა, რიჩარდ სმოლმა და ჰაროლდ კროტომ აღმოაჩინეს ნახშირბადის ალოტროპიული მოდიფიკაცია – სფეროსებრი კრისტალური გისოსი (1985 წ.), რომელიც 60 ატომისაგან შედგებოდა. მას ფულერენი უწოდეს. იოჰან ბედნორცმა და კარლ მიულერმა იტრიუმი-ბარიუმი-სპილენძი-ჟანგბადი სისტემის ფუძეზე შექმნეს მაღალტემპერატურული ზეგამტარული კერამიკა (1986 წ.), რაც ზეგამტარული მასალების ფართომასშტაბიანი გამოყენების საფუძველი გახდა; სუმიო იიზიმამ აღმოაჩინა ნახშირბადის ნანომილაკები (1991 წ.), რომლებიც ფოლადზე 100-ჯერ უფრო მტკიცე და 6-ჯერ უფრო მსუბუქია და სხვ.

ახალ შენადნობთა შედგენილობების შემუშავების პარალელურად ხდებოდა ლითონური მასალების შინაგანი აგებულების თავისებურებების კვლევის მეთოდებისა და საკვლევი აპარატურის გაუმჯობესება. მაგალითად, ჰენრი კლიფტონ სორბი ოპტიკურ მიკროსკოპს იყენებდა ფოლადის მიკროსტრუქტურის საკვლევად (1863 წ.). ადოლფ მარტენსმა ნაწრთობი ფოლადის კვლევისას აღმოაჩინა, რომ იგი განსხვავდებოდა ნაკლებად სალი ფოლადის სტრუქტურისაგან (1890 წ.). ამ დროიდან იწყება მიკროსკოპის გამოყენება კრისტალური სტრუქტურის შესასწავლად და სტრუქტურასა და თვისებებს შორის კავშირის დასადგენად; მაქს კნოლმა და ერნსტ რუსკამ ააგეს პირველი გამჭოლი ელექტრონული მიკროსკოპი (1933 წ.); კომპანია “Cambridge Instruments“-მა დაამზადა პირველი რასტრული მიკროსკოპი, რომელიც ნიმუშის ზედაპირების კვლევის უნარით ბევრად აღემატება სინათლის მიკროსკოპის შესაძლებლობას (1965 წ.); ჰენრიხ რორერმა და გერდ ბინინგმა შექმნეს გვირაბული მასკანირებელი (გამშლელი) მიკროსკოპი და უზრუნველყვეს ზედაპირის სტრუქტურის ატომური სიზუსტით განხილვა (1981 წ.). დონ ეიგლერმა გვირაბული მიკროსკოპის საშუალებით ქსენონის ატომებით დაწერა სიტყვა IBM, რითაც დაამტკიცა ცალკეული ატომების მანიპულირებისა და ნანოსტრუქტურების შექმნის შესაძლებლობა.

მასალათმცოდნეობის, როგორც მეცნიერების მიღწევების შეფასების ერთ-ერთ წყაროდ (XXI საუკუნემდე) შეიძლება გამოყენებულ იქნეს ამერიკული ჟურნალის “Journal of Minerals, Metals and Materials Society” რედაქციის მიერ მკითხველთა დახმარებით შედგენილი სია ასი ყველაზე უფრო მნიშვნელოვანი მოვლენისა და ადამიანისა, რომლებმაც გარდამტეხი გავლენა მოახდინეს კონსტრუქციული და სპეციალური მასალების მეცნიერებაზე. სია იწყება ჩვენს ერამდე 28 ათასი წლით ადრე დათარიღებული ცხოველებისა და ადამიანების უძველესი გამომწვარი კერამიკული ფიგურებით და მთავრდება 1991 წელს ელი იაბლონოვიჩის მიერ დამზადებული ფოტონური კრისტალით, რომელსაც განსაზღვრული სიგრძის სინათლის სხივის შეჩერების უნარი აქვს. ამ აღმოჩენით საფუძველი ჩაეყარა ფოტონის ტრანზისტორების დამზადებას. ნიშანდობლივია ის ფაქტიც, რომ ჩამონათვლიდან 40 %-ზე მეტი მიძღვნილია უშუალოდ ლითონური მასალებისადმი. როგორც აღინიშნა, თანამედროვე მასალათმცოდნეობის განვითარების ტენდენციები და პერსპექტივა ფიზიკის, ქიმიის, მექანიკა-მათემატიკის, მასალათგამძლეობის, ინფორმატიკისა და სხვა მეცნიერებების ფუნდამენტურ საფუძვლებთანაა დაკავშირებული. ამ კუთხით საინტერესოა ამ ჩამონათვალში წარმოდგენილი რიჩარდ ფეიმანის გამოსვლა ამერიკელ ფიზიკოსთა საზოგადოების წინაშე ცნობილი მოსხენებით „იქ, ქვევით მრავალი თავისუფალი ადგილია“ (1959 წ.), რითაც მან ფაქტობრივად შემოიტანა ნანოტექნოლოგიის კონცეფცია. შეიქმნა მასალათმცოდნეობის ახალი მიმართულება და გაჩნდა მასალების თვისებების ნახტომისებრი ცვლილების შესაძლებლობები.

ისტორიულად დადასტურებულია, რომ ტექნიკური პროგრესი შეუძლებელია ახალი თვისებების მქონე მასალების შექმნის გარეშე. თანამედროვე მასალათმცოდნეობის მიღწევები

მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს საზოგადოების ტექნიკური, ტექნოლოგიური და სამეცნიერო განვითარების დონეზე. 2008 წლის იანვარში ჟურნალი Materials Today-ის ერთ-ერთი რედაქტორი ჯ. ეუდი აქვეყნებს იმ 10 მოვლენის სიას, რომლებმაც უკანასკნელი 50 წლის განმავლობაში განსაზღვრა დღევანდელი მასალათმცოდნეობის განვითარების მაღალი დინამიკა. ესენია:

1. „საერთაშორისო რუკა ნახევრად გამტარებისათვის“ (International Technology Roadmap for Semiconductors – ITRS), რომელიც მეცნიერული აღმოჩენა კი არ იყო, არამედ მეცნიერების, ტექნოლოგიისა და ეკონომიკის ერთიანი ბაზის ანალიზური მიმოხილვა. მასში ასახულია 1994 – 2007 წლებში მისაღწევი მიზნები და ამ მიზნებისაკენ მიმავალი საუკეთესო გზები;

2. მასკანირებელი გვირაბული მიკროსკოპია (1981 წ.). ამ გამოგონებამ ბიძგი მისცა ნანოკვლევებსა და ნანოტექნოლოგიებს;

3. მრავალშრიანი მაგნიტური და არამაგნიტური მასალების სტრუქტურაში გამოვლენილი გიგანტური მაგნიტური წინაღობის ეფექტი (1988 წ.). მის საფუძველზე შექმნილია ამომკითხავი თავები ხისტი დისკებისათვის, რომლებითაც ამჟამად აღჭურვილია ყველა პერსონალური კომპიუტერი;

4. ნახევრად გამტარი ლაზერები და შუქდიოდები GaAs-ის შენადნობზე (1962 წ.). ტელე-საკომუნიკაციო სისტემების, CD და DVD პლერებისა და ლაზერული პრინტერების ძირითადი კომპონენტები;

5. 2000 წელს საქმის ცოდნით ორგანიზებული ღონისძიება მასირებული პერსპექტიული სამეცნიერო კვლევებისა, ე.წ. „აშშ-ის ეროვნული ნანოტექნოლოგიური ინიციატივა“ – National Nanotechnology Initiative (ბილ კლინტონი და დოქტორი როკო). ნანოკვლევების მსოფლიო საერთო დაფინანსების მოცულობამ 2007 წელს 12 მლრდ აშშ დოლარს გადააჭარბა და შესაბამისი სამეცნიერო პროგრამები ამოქმედდა მსოფლიოს 60 ქვეყანაში;

6. ნახშირბადის ბოჭკოებით არმირებული პლასტმასები. მსუბუქი და მტკიცე კომპოზიციური მასალები, რომლებმაც გარდაქმნა ტექნიკის მრავალი დარგი: ავიამშენებლობა, კოსმოსური ტექნოლოგიები, ტრანსპორტი, სპორტული აღჭურვილობის წარმოება, შესაფუთი მასალები და სხვ.;

7. მასალები ელექტროტევადი ლითიუმის იონური ბატარეებისათვის (კათოდი –  $\text{LiCoO}_2$  ან  $\text{LiFeO}_4$ , ანოდი – ნახშირბადი, Sony, 1991 წ.), რამაც გამოიწვია საზოგადოებრივი „მობილური რევოლუცია“ (ნოუთბუქები, მობილური ტელეფონები, ციფრული ფოტოაპარატები, ვიდეოკამერები და ელექტრომობილები);

8. ნახშირბადის ნანომილაკები (1991 წ.). მათ აღმოჩენას წინ უძღოდა ფულერენების ( $\text{C}_{60}$ ) არანაკლებ სენსაციური აღმოჩენა (1985 წ.). ამჟამად ნახშირბადის ნანოსტრუქტურების საოცარი, უნიკალური და დიდი იმედის მომცემი თვისებები ყველაზე „ცხელი“ პუბლიკაციების ცენტრშია, მაგრამ ჯერ კიდევ გადასაწყვეტია ერთგვაროვანი თვისებების მქონე ნანომილაკების მასობრივი სინთეზის, გაწმენდის მეთოდებისა და მათი ნანოხელსაწყოებში ჩართვის ტექნოლოგიების საკითხები;

9. მასალები რბილი ბეჭდური ლითოგრაფიისათვის. დღეს ლითოგრაფიულ პროცესებს ცენტრალური ადგილი უკავია მიკროელექტრონული ხელსაწყოებისა და სკემების წარმოებაში, დამსხმებელ არეებში და სხვა ნაკეთობებში. ახლო მომავლისათვის მათი ალტერნატივა არ ჩანს. რბილი ბეჭდური ლითოგრაფია იყენებს პოლიდიმეთილოქსისილიანის დრეკად მრავალჯერად შტამპს. ამჟამად მიღწეულია 30 ნმ გარჩევის მკაფიოობა ბრტყელ, მოღუნულ და მოქნილ ქვესაფეხებზე;

10. მეტამასალები (მეცნიერების გამონაგონი, რომელსაც ბუნებაში ანალოგი არ აქვს). რეალური სტრუქტურები შეიქმნა 2000 წელს. იგი პერსპექტიული მასალაა სრულყოფილი ღინვების (რადიოსალაკაციო ტალღების სიგრძის დიაპაზონი) დასამზადებლად და ისეთი დანაფარის ფორმირებისათვის, რომელიც მთლიანად შთანთქავს გარკვეული დიაპაზონის ელექტრომაგნიტურ გამოსხივებას (უწინარი ობიექტის შექმნა). სხვა მიზნებით მისი გამოყენება მომავლის საქმეა.

ახალი, განსაკუთრებული თვისებების მქონე მასალების შექმნასთან ერთად იხვეწება მათი კვლევის მეთოდებიც. ამჟამად მასალათმცოდნეობის კვლევის მეთოდებია: ელექტრული, მაგნიტური, რენტგენოსტრუქტურული, დიფრაქციური და მეტალოგრაფიული ანალიზები, სინათლისა და ელექტრონული მიკროსკოპია, ბირთვული მაგნიტური რეზონანსი, თერმოგრაფია და სხვა ფიზიკურ-ქიმიური მეთოდები, ხოლო კვლევის ძირითადი პრიორიტეტული მიმართულებებია:

**ნანოტექნოლოგია** – რამდენიმე ნანომეტრის ზომის მასალისა და მათ ბაზაზე კონსტრუქციების შემუშავება და შესწავლა;

**კრისტალოგრაფია** – კრისტალების ფიზიკური მდგომარეობის კვლევა, რომელიც აერთიანებს:

1. კრისტალებში დეფექტებისა და უცხო მინარევების გამოვლენას და მასალის ძირითად თვისებებზე მათ გავლენას;

2. დიფრაქციულ ტექნოლოგიებს – რენტგენოსტრუქტურულ ანალიზს, რომელიც გამოიყენება ნივთიერების ფაზური მდგომარეობის შესასწავლად;

**ლითონმცოდნეობა** – ლითონური მასალების თვისებების შესწავლა;

**კერამიკა** – მოიცავს ელექტრონიკისათვის მასალების კვლევა-ძიებას, კომპოზიციურ მასალებს და სხვ.;

**ბიომასალები** – ადამიანის სხეულში იმპლანტანტებად გამოსადეგი მასალების კვლევა.

ნებისმიერი კონსტრუქციის დაპროექტებისას მკვლევრებისა და კონსტრუქტორების მიზანია: ნაკლები დანახარჯებით არსებული ანალოგის (ან ახლის) ხარისხისა და ეფექტურობის გაუმჯობესება; მუშა წნევების, სიჩქარის, ტემპერატურის თუ სხვა პარამეტრების გაზრდა ისე, რომ ერთეულ დატვირთვაზე (სიმძლავრეზე) მოხდეს მასალის მასის შემცირება.

მანქანათმშენებლობის (და მრავალი სხვა დარგის) ტენდენცია – შეამციროს ნაკეთობის ეფექტური მასა, განაპირობებს ისეთი მასალების დამუშავების აუცილებლობას, რომლებშიც მაღალი სიმტკიცე შესამებული იქნება დაბალ სიმკვრივესთან (იგულისხმება ლითონური და კომპოზიციური მასალები).

რეალურ პირობებში მოცემული კონსტრუქციისათვის სხვადასხვა მასალისაგან სასურველის შერჩევისას ითვალისწინებენ მასალების მექანიკური, კოროზიული, სითბური და სხვა თვისებების მახასიათებლების პარამეტრებს. მათი ურთიერთშედარება და კონსტრუქციის მუშაობის პირობების გათვალისწინება ამარტივებს მასალების ობიექტური შერჩევის შესაძლებლობას.

თანამედროვე სამრეწველო დარგების განვითარებამ ცხადყო, რომ ძირითადი ტექნიკური მოთხოვნების გადასატრედად საკმარისი არ არის მხოლოდ ახალი მასალების შერჩევა. აუცილებელია მათი დაცვა სამუშაო გარემო პირობების (ტემპერატურა, კოროზიული გარემო, ულტრაიისფერი გამოსხივება, კლიმატური ფაქტორები) ზემოქმედებისაგან. გარემოს აგრესიულობის ზრდა იწვევს ზედმეტ დანახარჯებს მანქანა-მოწყობილობებში ცვეთის პროდუქტების ლიკვიდაციაზე. მასალების თვისებების სტაბილიზაციისათვის შესარჩევი ღონისძიებებისა და მანქანა-მექანიზმების შრომისუნარიანობის პროგნოზირებისათვის აუცილებელია გარემოს ზეგავლენით გამოწვეული მასალების აგებულების კანონზომიერებების ცვლილების ცოდნა. დადგენილია, რომ დაცვის პროცესების ეფექტურობის ღონე კონსტრუქციის საიმედოობის განსაზღვრის ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი ფაქტორია.

აშშ-ში წარმოებს კოროზიით გამოწვეული ლითონის დანაკარგების აღრიცხვა. მაგალითად, 2012 წელს კოროზიით გამოწვეულმა დანაკარგებმა ქვეყნის მასშტაბით 468 მლრდ აშშ დოლარი შეადგინა. მსოფლიო მასშტაბით რთულ ტექნიკურ სისტემებზე კლიმატის გავლენით კოროზიული და ბიოდაზიანებებით გამოწვეულმა ზარალმა 2,2 ტრილიონ აშშ დოლარს მიაღწია. აღნიშნული მონაცემები ადასტურებს, რომ მასალების თვისებების კვლევის მრავალრიცხოვან მეთოდებს აუცილებელია დაემატოს კვლევის კიდევ ერთი მიმართულება – კლიმატური გამოცდები. ასეთი კოლოსალური დანაკარგების თავიდან ასაცილებლად აუცილებელია დაიგეგმოს ახალი მასალის არა მარტო მუშაობის სფერო, არამედ მისი მთლიანი სასიცოცხლო გზა: მასალის შემუშავება → კონსტრუქციებში მისი გამოყენება → გარემო და კლიმატური პირობებისაგან დაცვა და რესურსის გახანგრძლივება → დიაგნოსტიკა → უტილიზაცია. ამ სქემით მუშაობისას მკაფიოდ ვლინდება მასალის თავისებურებები და მარტივდება მათი ანალიზი.

XX საუკუნეში ტექნიკის განვითარებას მნიშვნელოვანი ბიძგი მისცა და უდიდესი წვლილი შეიტანა ორგანული მასალათმცოდნეობის მიმართულებამაც. 1909 წელს ლეო ბეიკლანდის მიერ სინთეზირებულ იქნა მყარი თერმოპლასტიკური პოლიმერი – ბაკელიტი. აქედან დაიწყო პლასტიკატების ერა და გაჩნდა პლასტმასების მრეწველობა. 1920 წელს, მას შემდეგ, რაც ჰერმან სტაუდინგერმა ჩამოაყალიბა მოსაზრება, რომ პოლიმერები ერთმანეთთან კოვალენტურად დაკავშირებული გრძელი ჯაჭვის ერთი სახის რგოლებია, შეიქმნა პოლიმერების ქიმია... 1935 წელს უოლეს ჰიუმ კოროტესმა (კოლეგებთან ერთად) დააპატენტა ნეილონი, რამაც მნიშვნელოვნად შეამცირა მოთხოვნა აბრეშუმზე და უზრუნველყო პოლიმერების მრეწველობის დაჩქარებული განვითარება. 1964 წელს სტეფანია კვოლექმა შეიმუშავა მაღალი სიმტკიცის, მსუბუქი პლასტიკი კევლა-

რი. კველარის ბოჭკო აუცილებელი კომპონენტია თანამედროვე კომპოზიტებისათვის, რომელთაგანაც მზადდება უამრავი საგანი – საბურავებიდან დაწყებული ჯავშანქილევტებით დამთავრებული. 1970 წელს შეიქმნა ოპტიკური ბოჭკო (ბოზ მაუერი და სხვ.), რომელიც უმცირესი დანაკარგით ატარებს სინათლის სხივს (რეგულაცია ტელეკომუნიკაციაში); 1977 წელს კი – ელექტროგამტარი პოლიმერები (ხიდაკი სირაკავა და სხვ.).

თანამედროვე მასალათმცოდნეობა, როგორც უკვე აღვნიშნეთ, სულ უფრო მზარდ მნიშვნელობას იძენს ადამიანების ყოფაში. მას მუდამ გვერდში უდგას „პარტნიორი“ მეცნიერებები, რომელთა მიღწევების გათვალისწინებით ეს დარგი ფეხს უწყობს კაცობრიობას სიახლეთა ძიებაში. ტექნიკის სტრატეგია უწყვეტია: მასალა → ტექნოლოგია → კონსტრუქცია. ზოგადად, ქვეყნის ტექნიკური განვითარების სტრატეგიის შემუშავებისას აუცილებელია მკაფიო, მასალათმცოდნეობის მიღწევებზე დაყრდნობით შედგენილი და აწონილ-დაწონილი მეცნიერულ-ტექნოლოგიური პროგნოზის გაკეთება.

XX საუკუნეში ახალი მასალების შექმნას მნიშვნელოვანი ბიძგი მისცა სამხედრო და სარაკეტო-კოსმოსური ტექნიკის მოთხოვნებმა. პრაქტიკამ დაადასტურა, რომ ამ დარგებისათვის შემუშავებული მასალები თანდათან გადადის სამოქალაქო სექტორში. ასეთი გამოცდილებიდან გამომდინარე, გრძელვადიანი პერსპექტივით სარეალიზაციო ყველა დიდი პროექტი დასახული გეგმის განსახორციელებლად უნდა ითვალისწინებდეს ახალი მასალების შესაქმნელად კვლევების ჩატარების მატერიალურ-ტექნიკურ და ფინანსურ უზრუნველყოფას.

მეცნიერების განვითარების დონე და ყოველი ახალი საინჟინრო-ტექნიკური გადაწყვეტა საწყის ნედლეულ მასალებს განსხვავებულ ტექნიკურ-ეკონომიკურ მოთხოვნებს უყენებს, რის შედეგადაც იცვლება ტრადიციული მასალები და ნაკეთობების დამზადების მეთოდები. ასპარეზზე გამოდის ახალი, უფრო პროგრესული ტექნოლოგიები და შესაბამისი სპეციალური, ხშირად პრეციზიული თვისებების მქონე საწყისი მასალები. ინფორმაციის, მონაცემთა დამუშავებისა და ხელოვნური ინტელექტის მიმართულებებით მეცნიერების განვითარების მაღალმა დონემ XX საუკუნის ბოლოს მასალათმცოდნეებს საშუალება მისცა დაემზადებინათ რეალური სამგანზომილებიანი ობიექტები კომპიუტერული მოდელის მონაცემების აღწარმოებით.

ამჟამად მთელ მსოფლიოში დაჩქარებული ტემპებით მიმდინარეობს საწარმოებში SLM (Selective laser melting) ტექნოლოგიების დამუშავება-დანერგვა. გამორჩეულობის მიზნით კომპანიები ტერმინებით მანიპულირებდნენ. ხდებოდა მსგავსი ტექნოლოგიების სრულყოფა და დაპატენტება სხვადასხვა დასახელებებით (Laser CUSING, DMLS, SLS და სხვ.). ბაზარზე კომპანიების გამორჩევის სურვილმა საქმე იქამდე მიიყვანა, რომ, პრაქტიკულად, წარმოების ერთი და იგივე ხერხი სხვადასხვა დასახელებას ატარებს. ამ გაურკვევლობის თავიდან ასაცილებლად 2012 წელს „მასალების გამოცდის ამერიკულმა საზოგადოებამ“ ყველა ტექნოლოგია გააერთიანა ერთ კატეგორიად.

SLM ტექნოლოგია არის დეტალის კომპიუტერული მოდელის 3D ფორმატში აღწარმოების ერთ-ერთი ხერხი. იგი საშუალებას იძლევა შეიქმნას რთული გეომეტრიული ფორმის, ხშირად თხელკედლიანი და ღრუტანიანი ლითონის ნაკეთობები. ამჟამად მზა ნაწარმის ხარისხი იმდენად მაღალია, რომ მათი მექანიკური დამუშავება საჭირო აღარ არის. ნაკეთობის აღბეჭდვის პროცესი ინერტული აირებით შევსებულ სამუშაო კამერაში მიმდინარეობს, რითაც გამოირიცხება სახარჯო მასალების ჟანგვა. ამდენად, SLM ტექნოლოგია პრაქტიკულად უნარჩუნო წარმოებაა. პოპულარული მასალები SLM ტექნოლოგიებისათვის არის ფხვნილოვანი ლითონები და შენადნობები, მათ შორის: უკანგავი, საიარაღო და სხვა მაღალღებრივებული ფოლადები, ტიტანი და მისი შენადნობები, ალუმინი და მისი შენადნობები და სხვ.

აღსანიშნავია, რომ ზოგიერთ სფეროში SLM ტექნოლოგიის გამოყენებისათვის ზემოაღნიშნული სიმკვრივის ნაწილაკებია საჭირო. მათი ფორიანობა 1 %-ზე ნაკლები უნდა იყოს. ნებისმიერი ფორი და სიცარიელე ნაკეთობის დეფორმაციის წყარო და, შესაბამისად, მისი სუსტი რგოლია. ამდენად, ახალი ტექნოლოგია ახალ მაღალ მოთხოვნებს უყენებს ლითონის ფხვნილებსაც. აქედან გამომდინარე, დღის წესრიგში დადგა ფხვნილთა მეტალურგიის ახალი ტექნოლოგიის შესაბამის დონეზე განვითარების საკითხიც.

შერჩევითი ლაზერული დნობა ადიტიური წარმოების პროცესია. სამგანზომილებიანი მოდელის შესაქმნელად მძლავრი ლაზერის (200 – 1000 ვტ) სხივის გამოყენებით ლითონის ფხვნილის

ნაწილაკები ერთმანეთს „მიედნობა“ და თანდათან ხდება სასურველი დეტალის მიღება. მკვლევრებმა საკვანძო პარამეტრების – ლაზერის სიმძლავრის, ლაზერის სიჩქარის, ლაზერული სკანირების ხაზებს შორის მანძილების ცვლილებით, სკანირების ხერხის (ნაწილებად დაყოფის) და ფხვნილოვანი შრის სისქის ცვლილებით შეძლეს უმეტესი ლითონური მასალისაგან ბევრი დეტალის დამზადება.

3D აღბეჭდვა ცნობილია აგრეთვე, როგორც კომპიუტერული მოდელირება ან ალტერნატიული კონსტრუირება. ამ პროცესს ზოგჯერ სწრაფი მანქანების პროცესსაც უწოდებენ. 3D აღბეჭდვის პროცესის დასაწყისად ითვლება სამგანზომილებიანი ციფრული მოდელის დაყოფა 20 – 100 მკმ სისქის შრეებად. 3D პრინტერზე მიერთებულ კომპიუტერში იტვირთება სამგანზომილებიანი ფიზიკური მოდელის ასაგები შრეების „ნახაზები“ (მზა ფაილი) სტანდარტულ STL (სტერეო ლითოგრაფიულ) ფორმატში. 3D აღბეჭდვის საწარმოო ციკლის დასაწყისში 3D პრინტერის სპეციალურ პლატფორმაზე იყრება სასურველი სისქის საწყისი ლითონური ფხვნილი. ფხვნილის გასწორებისა და კომპიუტერიდან გადამცემული კოორდინატების შესაბამისად ლაზერით პირველი შრის გადნობის შემდეგ მიიღება დასამზადებელი გეომეტრიული ობიექტის „პირველი სართული“. შემდეგ კომპიუტერიდან ნაკარნახები ყოველი შემდეგი შრის ნახაზის შესაბამისად 3D პრინტერი ადნობს ფხვნილის შემდეგ შრეს ჰომოგენურ მასამდე და წინა შრეზე შედნობით თანდათან იმეორებს ციფრული მოდელის შრეების კონტურს. საბოლოოდ კი ყალიბდება რეალური სამგანზომილებიანი ობიექტი (ნახ. 1). განუსაზღვრელია 3D აღბეჭდვის შესაძლებლობები. მას სპეციალისტები მოკლედ ასე განსაზღვრავენ: „რასაც დახატავთ, იმას შექმნით“.



ნახ. 1. 3D აღბეჭდვით მიღებული სამგანზომილებიანი ნაკეთობა

მრავალგვარია 3D აღბეჭდვის პრაქტიკული გამოყენების სფერო. მათ შორის ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი მედიცინაა. SLM ტექნოლოგიის საშუალებით ერთ ობიექტში ჰომოგენური და ფორიანი სტრუქტურების კომბინირების შესაძლებლობა მნიშვნელოვანი გამოდგა იმპლანტანტების შექმნისას. დადგენილია, რომ ორთოპედიული იმპლანტანტის ფორიანი ზედაპირი ხელს უწყობს მის შეზრდას ძვლის ქსოვილთან. 3D აღბეჭდვის გამოყენებით ქირურგებმა შეძლეს ადამიანის სხეულის ნაწილების მანქანის კონსტრუირება. რეგენერაციულ მედიცინაში სპეციალიზებულმა კომპანია Organovo, Inc-მა 2010 წელს განაცხადი გააკეთა სისხლძარღვების ბიოაღბეჭდვის შესახებ... აღსანიშნავია, რომ 3D აღბეჭდვის გამოყენების სფერო ძალზე ფართოა. მას იყენებენ როგორც ფერადი ბეჭდვისათვის (2005 წ.), ისე შოკოლადისა (2011 წ.) და სხვ. დასამზადებლად.

ამჟამად მრეწველობის თითქმის ყველა დარგი (ავიაკოსმოსიდან დაწყებული ბავშვების სათამაშოების დამზადებით დამთავრებული) იყენებს 3D პრინტერს. ყოველდღიურად მატულობს ლითონური მასალების 3D აღბეჭდვის სამრეწველო პროდუქცია.

ლაბორატორიულ პირობებში 3D აღბეჭდვის გამოყენებით ლითონისაგან პირველი დეტალი აღბეჭდა 1989 წელს. საწარმოებში SLM ტექნოლოგიის ფართოდ დანერგვისა და მასშტაბების საილუსტრაციოდ განვიხილოთ რამდენიმე მაგალითი: 1. კომპანია Alcoa, პირველადი ალუმინის და მზა ალუმინის ნაკეთობების წამყვანი საერთაშორისო მწარმოებელი, 2014 წლის ნოემბერში აცხადებს, რომ გეგმავს სამგანზომილებიანი აღბეჭდვის დანერგვასა და გამოყენებას რეაქტიული ძრავების საკომპლექტებელი და სხვა პროდუქტების წარმოებაში; 2. მსოფლიოში რეაქტიული ძრავების ყველაზე მსხვილი მიმწოდებელი კომპანია General Electric (GE) იყენებს ლაზერულ აღბეჭდვას ისეთი საკომპლექტებელი დეტალების დასამზადებლად, რომელთა შექმნაც შეუძლებელი იყო სტანდარტული ტექნოლოგიებით. კომპანიამ გაიღო 50-მილიონიანი ინვესტიცია ახალი საწარმოო ფართობის შესაქმნელად. ქარხანა, რომლის გახსნაც მიმდინარე წელს იგეგმება, გამოუშვებს საწვავის ფრქვევანებს ახალი თაობის ტურბოვენტილატორული რეაქტიული ძრავებისათვის (LEAP) და სამგზავრო Boeing 777X თვითმფრინავებისათვის განკუთვნილი ყველაზე მძლავრი რეაქტიული ძრავების GE9X საკომპლექტებელ ნაწილებს.

აღსანიშნავია ის ფაქტიც, რომ GE ტურბინების მსუბუქი ფრთებისათვის გეგმავს 3D აღბეჭდვის რევოლუციური პროცესის – იტალიური აეროკოსმოსური კომპანია Avio-სა და შვედური კომპანია Arcam-ის ერთობლივად დამუშავებული მეთოდის – დნობა ელექტრონული სხივით (EBM – electron beam melting) გამოყენებას. ამ პროცესში ლითონის ფხვნილის გასადნობად ლაზერის ნაცვლად გამოიყენება ელექტრონების კონა.

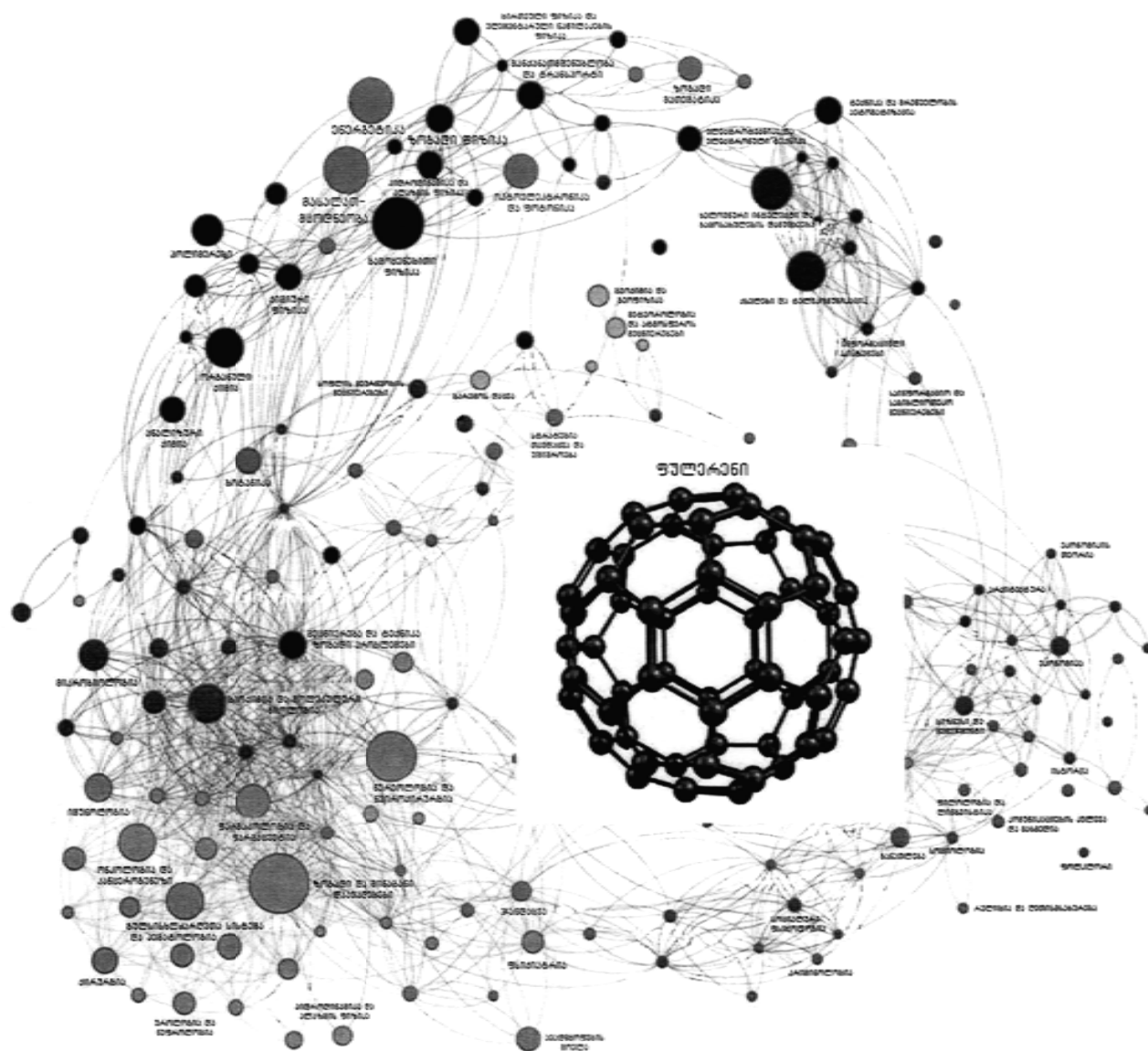
რა გზით განვითარდება მასალათმცოდნეობა მომავალში?

მიუხედავად იმისა, რომ არც ერთ მეცნიერს არ შეუძლია იწინასწარმეტყველოს, თუ რისი აღმოჩენა მოხდება უახლოეს მომავალში, სამეცნიერო პროგნოზირებას მაინც აქვს არსებობის უფლება. მას შეუძლია შეგვახედოს მომავალში, რაც აქამდე მხატვრული ფანტასტიკის პერეოგატივა იყო. უნდა ვივარაუდოთ, რომ კომპიუტერული მოდელირებით და დახვეწილი ექსპერიმენტებით შესაძლებელია ეფექტურად განისაზღვროს ლითონური ნაკეთობების ტექნოლოგიური პარამეტრები და ფართოდ დაინერგოს მრეწველობაში ნანომეტრული ფხვნილებისაგან დეტალების დამზადების SLM მეთოდი. არ უნდა დავივიწყოთ, რომ ნანომეტრული მასალები მრავალ უნიკალურ თვისებასთან ერთად ერთ ისეთ თვისებასაც ავლენს, რომელიც მასალათმცოდნეობას განვითარების ფართო პერსპექტივას უსახავს. დადგენილია, რომ ნანომეტრული მასალების თვისებები დამოკიდებულია ნანომეტრული ნაწილაკების გეომეტრიულ ზომაზე. თანამედროვე მეცნიერთა ერთობლივი აღიარებით, უახლოეს მომავალში ნანომეტრული ტექნოლოგიები ადამიანის საქმიანობის თითქმის ყველა სფეროში (მედიცინა, ბიოლოგია, გენეტიკა, ენერგეტიკა და მრავალი სხვა) შეაღწევს და რადიკალურ გავლენას მოახდენს სამეცნიერო-ტექნიკურ პროგრესზე.

ამჟამად ამა თუ იმ დარგის განვითარების პერსპექტივის შესწავლა და ცოდნის სფეროში სხვადასხვა ქვეყნის მეცნიერების განვითარების დონის შედარება ხდება ინფორმირებით. იგი მოიცავს კიბერმეტრიას, ვებმეტრიასა და მეცნიერებათმშომელობას. მეცნიერებათმშომელობის მიზანია: მეცნიერული მიმართულების განვითარების ობიექტური სურათის წარმოდგენა; მისი აქტუალურობის, პოტენციური შესაძლებლობების შეფასება, ინფორმაციული ნაკადების ფორმირება, კანონებისა და სამეცნიერო იდეების გავრცელება. მეცნიერებათმშომელოური კვლევების და მათი შედეგების შედარების საბაზო ობიექტი ციტირების ინდექსია (სამწუხაროდ, ახალი მასალებისადმი მიძღვნილი სამეცნიერო პუბლიკაციების მნიშვნელოვანი ნაწილი არ ხვდება ფართო სამეცნიერო საზოგადოების მხედველობის არეში. მაგალითად, აშშ-ში მეცნიერებასა და ტექნოლოგიებზე გაწეული ყველა ხარჯის 50%-მდე მოდის სამხედრო სფეროზე)...

მეცნიერებათმშომელოური კვლევებით დადგინდა, რომ სამრეწველო თვალსაზრისით, განვითარებულ ქვეყნებში ახალი მასალების შემუშავება და, შესაბამისად, მასალათმცოდნეობა, როგორც მეცნიერება, მუდმივად იმყოფება მეცნიერების განვითარების პრიორიტეტულ ველში. მსოფლიო სარეიტინგო სისტემის 2010 წლის მონაცემებით, განვითარებულ ქვეყნებში ცოდნის ეს სფერო საინფორმაციო (კომპიუტერულ) ტექნოლოგიებთან და ბიოტექნოლოგიებთან ერთად ითვლება პრიორი-

ტეტულ მიმართულებად. დღეს ჩინეთში მასალათმცოდნეობა ფუნდამენტურ მეცნიერებათა სამეცნიერო პუბლიკაციების მიხედვით (რომლებიც პირდაპირ გადის ეკონომიკაზე) პირველ ადგილზეა. Scopus-ის მონაცემთა ბაზის (რომელიც სამეცნიერო თანამეგობრობის მიერ აღიარებული 18 ათასზე მეტი ჟურნალის ინდექსაციას ახდენს) საფუძველზე, კომპანია Science-Metrix-ის 2011 – 2012 წლების მეცნიერებათმზომელური კვლევების (გამოქვეყნებული სამეცნიერო სტატიების, ციტირების ინდექსების და ა.შ. სტატისტიკური დამუშავებით) შედეგად შედგენილი მსოფლიო მეცნიერების რუკა (ნახ. 2) ნათლად ასახავს პლანეტის მეცნიერებების განვითარებას თანამედროვე ეტაპზე. რუკა წარმოდგენილია გამარტივებული სახით და მასზე დამატებულია ფულებრენის გამოსახულება.



ნახ. 2. მსოფლიო მეცნიერებების რუკა

Science-Metrix-ის მონაცემებით, მსოფლიო მეცნიერებების რუკაზე ნათლად არის გამოკვეთილი ოთხი დიდი კლასტერი:

- ყველზე დიდი კვლევები მედიცინასა და ბიოლოგიაში განთავსებულია ქვევით, მარცხნივ;
- ფიზიკა, ქიმია და მეცნიერება მასალების შესახებ – ზევით, მარცხნივ;

- სწრაფად მზარდი მეცნიერებები ინფორმაციის, მონაცემთა დამუშავებისა და ხელოვნური ინტელექტის შესახებ – ზევით, მარჯვნივ;
- სოციალური და ჰუმანიტარული მეცნიერებები, რომელთა გამაერთიანებელი ცენტრია კვლევები განათლების სფეროში – ქვევით, მარჯვნივ.

## დასკვნა

სპეციალისტები, ალბათ, ვერასოდეს გაავლენ ზღვარს თანამედროვე მეცნიერებისა და ტექნიკის განვითარების დონეებს შორის. ის, რაც გუშინ ოცნებისა და ფანტაზიის სფეროდ გვეჩვენებოდა, დღეს ხელშესახები რეალობაა. მკვლევრებმა წარმოების სხვადასხვა მეთოდით მიიღეს უნიკალური თვისებების მქონე მასალები. დამუშავებულია მზის ელემენტები თვითგაცვივების ეფექტით. მიღებულია აგრეთვე ფულერენები (1985 წ.) და გრაფენი – ნახშირბადის ორგანო-მიღებიანი ალოტროპიული მოდიფიკაცია (2004 წ.), რომელსაც ახასიათებს დიდი მექანიკური სიხისტე, რეკორდულად მაღალი თბოგამტარობა და ცნობილ მასალებს შორის ელექტრონების მაქსიმალური ძვრადობა. იგი მიიწნევა მომაველი ნანოელექტრონიკის საფუძველად. 3D აღბეჭდვის საშუალებით მიღებულია ისეთი ზეხისტი მასალები, რომლებსაც საკუთარ მასაზე 160000-ჯერ მეტი ტვირთის ატანა შეუძლია. 3D აღბეჭდვისას გამყარების პროცესის მიკროსკოპულ დონეზე რეგულირებით მიღწეულია მიკროსტრუქტურის (კრისტალოგრაფიული აღნაგობის) მართვის შესაძლებლობა (Oak Ridge National Laboratory, 2014 წ.). თანამედროვე გამომთვლელი სისტემების შექმნა ეყრდნობა ახალი თაობის ნახევრად გამტარ და სხვა მასალებს... მეცნიერების მიღწევების წარმოებაში ფართოდ დანერგვის პრაქტიკამ მიგვიყვანა თანამედროვე კომპიუტერულ სისტემამდე, ინტერნეტამდე და ძნელია იმის პროგნოზირება, თუ რა იქნება ხვალ... როგორი იქნება სამეცნიერო-ტექნიკური პროგრესის შემდეგი საფეხური. მაგრამ ერთ საკითხში ყველა მეცნიერი და პრაქტიკოსი თანხმდება – ნებისმიერ ტექნიკურ გადაწყვეტას შესაბამისი მასალა ესაჭიროება და, სასურველია, ტექნიკის განვითარების იდეასთან ერთად საჭირო თვისებების მქონე მასალების შექმნამაც არ დააყოვნოს.

## ლიტერატურა—REFERENCES—ЛИТЕРАТУРА

1. [material.osngrad.info/node/24](http://material.osngrad.info/node/24)
2. [www.modificator.ru/terms/material.html](http://www.modificator.ru/terms/material.html)
3. [automaterial.ru/?page\\_id=4](http://automaterial.ru/?page_id=4)
4. <http://inauka.ru/scaince/article70366>
5. [www.chemistry.ssu.samara.ru/chem1/fullerene.htm](http://www.chemistry.ssu.samara.ru/chem1/fullerene.htm)
6. [3dtoday.ru/wiki/SLM\\_print/](http://3dtoday.ru/wiki/SLM_print/)
7. <https://ru.wikipedia.org/wiki/Графен>
8. [kubstu.ru/s-507](http://kubstu.ru/s-507)
9. [www.moluch.ru/information/index/](http://www.moluch.ru/information/index/)
10. [www.rusrep.ru/article/2013/10/29/map/](http://www.rusrep.ru/article/2013/10/29/map/)

### MATERIALS SCIENCE – THE ACCOMPANYING SCIENCE OF MANKIND DEVELOPMENT

**O. Shuradze**

(F. Tavadze Institute of Metallurgy and Materials Science)

**Resume:** The paper describes connected to the systemization and analysis the role of materials science during the different stages of historical developments of mankind and now, with the help of modern search databases. The analysis includes the main condition and reasons for creating new materials and their influence on development of technique and scientific-technical progress. The paper also includes the analysis of new SLM technology for creating 3D objects. Besides, there is described the history of creating the research methods of structure and properties of materials. Based on the analysis of papers published during 2011-2012, the world science map is presented. The priority directions for the development of science and possible development directions in materials science are also described in the presented paper.

**Key words:** materials science; metals science; ceramics; metal materials; polymer materials; SLM technology; 3D technology; 3D printer; 3D printing; imprint of three-dimensional object; computer modelling; nanoparticles; nanometric; technology; nanomaterials; citing index; scientometrics; bibliometrics; map of world science.

## МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

### МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ – НАУКА, СОПУТСТВУЮЩАЯ РАЗВИТИЮ ЧЕЛОВЕЧЕСТВА

**Шурадзе О. В.**

(Институт металлургии и материаловедения им. Ф. Тавадзе)

**Резюме:** В работе, на основе данных современных поисковых систем, систематизирована и проанализирована роль материаловедения в развитии человечества на различных исторических этапах и в современных условиях. Приведены причины, вызывающие необходимость создания новых материалов и их роль в развитии техники и научно-технического прогресса. Проанализированы новейшие SLM технологии изготовления трёхмерных объектов. Описана история создания методов исследований по структуре и свойствам материалов. Представлена и проанализирована карта мировой науки, созданная по трудам, опубликованным в 2011 – 2012 годы. Дан прогноз приоритетных направлений развития науки, и, в частности, материаловедения.

**Ключевые слова:** материаловедение; металловедение; керамика; металлические материалы; полимерные материалы; SLM технология; 3D технология; 3D принтер; 3D печать; отпечаток трёхмерного объекта; компьютерное моделирование; наночастицы; нанометрическая технология; наноматериалы; индекс цитирования; наукометрия; библиометрия; карта мировой науки.

## მაგნიუმის ქლორიდის რკინის ფხვნილით აღდგენის პროცესის შესწავლა

იუზა ფულარიანი, ნოდარ კეკელიძე, მერაბ კერესელიძე, როლანდ რაზმაძე,  
ნუნუ ხუციშვილი

(ფერდინანდ თავაძის მეტალურგიისა და მასალათმცოდნეობის ინსტიტუტი)

**რეზიუმე:** დადგენილია ქლორწყალბადის არეში ნამწვის დამუშავების შედეგად წარმოქმნილი ქლორიდების აორთქლების ოპტიმალური პირობები. ქლორწყალბადის არეში სრული გაუწყლოება ხდება  $400^{\circ}\text{C}$  ტემპერატურაზე. შესწავლილია უწყლო მაგნიუმის ქლორიდის რკინის ფხვნილით აღდგენის პროცესი. დადგენილია აგრეთვე მოქმედ ფაქტორთა ოპტიმალური მნიშვნელობები. მაგნიუმის ქლორიდის აღდგენის მაქსიმალური ხარისხი ( $\approx 100\%$ ) მიიღწევა  $740^{\circ}\text{C}$  ტემპერატურაზე.

**საკვანძო სიტყვები:** მაგნიუმის ქლორიდი; აღდგენა; კვარციტი.

### შესავალი

ორგანული საწვავი, როგორც ცნობილია, მსოფლიო ენერგეტიკის მოთხოვნებს მხოლოდ ნაწილობრივ აკმაყოფილებს. დანარჩენი ნაწილი შეიძლება შეივსოს განახლებადი წყაროების ხარჯზე. ორგანული საწვავის მარაგების ამოწურვასთან დაკავშირებული ეკოლოგიური პრობლემების გადაწყვეტის გზებს შორის ყველაზე მნიშვნელოვანია მიმართულება, რომელიც ითვალისწინებს მზის ბატარეების საშუალებით მზის ენერგიის პირდაპირ ელექტროენერგიად გარდაქმნას. ეკოლოგიური პრობლემის გადაჭრის ასეთი გზა საკმაოდ მიმზიდველია იმის გამო, რომ იგი ენერგიის პრაქტიკულად ამოუწურავი წყაროა, გამოირჩევა სისუფთავით და არ საჭიროებს გახურების ხანგრძლივ ციკლებსა და მბრუნავ მექანიზმებს.

### ძირითადი ნაწილი

XX საუკუნის 60-იანი წლების დასაწყისში გალიუმის არსენიდის ბაზაზე შეიქმნა p-n გადასვლის მქონე მზის პირველი ფოტოელემენტები, ხოლო შემდგომ მზიური სისუფთავის პოლიკრისტალური სილიციუმის ბაზაზე – ფოტოგარდამქმნელები და დაიწყო მათი სამრეწველო მასშტაბით წარმოება, რომელიც დღეისათვის გიგანტური ნაბიჯებით მიდის წინ.

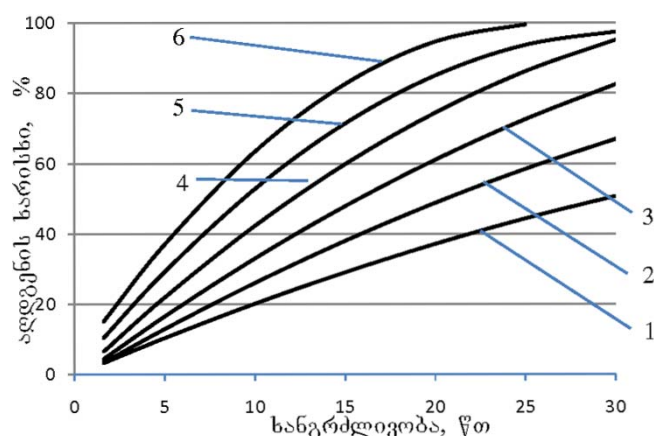
ფოტოელექტრული გარდამქმნელების (ფეგ) დასამზადებლად Si-ის არჩევა განპირობებულია მთელი რიგი ფაქტორებით:

1. ჟანგბადის შემდეგ Si წარმოადგენს დედამიწაზე ყველაზე გავრცელებულ ელემენტს. კარგად არის ათვისებული მისი სამრეწველო წარმოება კვარციტული ნედლეულის დამუშავებისას [2, 3];
2. თეორიულ გაანგარიშებათა თანახმად, მზის სპექტრისათვის ყველაზე მაღალი გამოსავალი ელექტრული სიმძლავრე ფეგ-ს აქვს, რომელიც დამზადებულია იმ ნახევარგამტარისაგან, რომლის აკრძალული ზონის სიგანე 1–1,5 ევ-ის ფარგლებშია;
3. თავისი სპექტრული მგრძნობელობით Si-ის ბაზაზე დამზადებული ფეგ მისაღებია მზის გამოსხივებისათვის;
4. გერმანიუმით დამზადებულ ხელსაწყოებთან შედარებით სილიციუმით დამზადებული ხელსაწყოები ნაკლებად მგრძნობიარეა ტემპერატურული რხევების მიმართ;

5. სილიციუმი საშუალებას იძლევა მიღწეულ იქნეს მინიმალური დანაკარგები არეკვლისას. დღეისათვის სილიციუმის ფეგ-ის მქკ საშუალოდ 30–34 %-ია.

ჩვენ მიერ შემოთავაზებული მეთოდით დაბალხარისხოვანი კვარციტის მაგნიუმთერმული აღდგენით სილიციუმის მიღების პროცესში, ბუნებრივია, იხარჯება ძვირად ღირებული ლითონური მაგნიუმი, რაც საგრძნობლად აუარესებს პროცესის ტექნიკურ-ეკონომიკურ მაჩვენებლებს. ამიტომ შესწავლილ იქნა ლითონური მაგნიუმის ტექნოლოგიურ ციკლში დაბრუნების შესაძლებლობა. დასმული ამოცანიდან გამომდინარე, კვარციტის მაგნიუმთერმული აღდგენისას მაგნიუმის მიღება ხდებოდა ოქსიდის ან სილიციდის სახით. პირველ შემთხვევაში ქლორიდების ( $\text{NaCl}$ -ისა და  $\text{KCl}$ -ის ეკვიმოლური ნარევი) დღობილში კვარციტის მაგნიუმთერმული აღდგენით მიღებული მასა წყლით დამუშავების შემდეგ (ქლორიდების მოცილების მიზნით) გამომწვარი იყო უწყლო ქლორწყალბადის არეში  $200\text{ }^{\circ}\text{C}$ -ზე. ქლორწყალბადის არეში მაგნიუმის ოქსიდისა და სხვა მინარევების ქლორირების სისრულე მოწმდებოდა ნიმუშის მარილმჟავათი დამუშავების შედეგად მისი მუდმივ მასამდე დაყვანით. დადგენილ იქნა ქლორწყალბადის არეში ნამწვის დამუშავებისას წარმოქმნილი ქლორიდების აორთქლების ოპტიმალური პირობები. შესწავლილი იყო პროცესზე მოქმედი ორი ფაქტორის – ტემპერატურისა და ხანგრძლივობის გავლენა. გარდა ზემოაღნიშნულისა, გაირკვა, რომ ქლორწყალბადის არეში გაუწყლოების უმაღლესი ხარისხი მიიღწევა  $400\text{ }^{\circ}\text{C}$  ტემპერატურაზე. შემდეგ მაგნიუმის ქლორიდი აორთქლებულ იქნა  $1150\text{ }^{\circ}\text{C}$ -ზე. ამ დროს წარმოიქმნება უწყლო მაგნიუმის ქლორიდი, რომელიც აღდგენისათვის არ საჭიროებს დამატებით გაუწყლოებას.

უწყლო მაგნიუმის ქლორიდის რკინის ფხვნილით აღდგენის გზით ლითონური მაგნიუმის მიღების პროცესის მიმდინარეობის ოპტიმალური პირობების დადგენის მიზნით ჩატარდა ექსპერიმენტები, რომელთა შედეგები წარმოდგენილია ნახაზზე.



მაგნიუმის ქლორიდის რკინის ფხვნილით აღდგენის ხარისხის ცვლილება დროში სხვადასხვა ტემპერატურაზე: 1 – 600, 2 – 680, 3 – 700, 4 – 720, 5 – 740, 6 – 760  $^{\circ}\text{C}$

## დასკვნა

ნახაზის მიხედვით კარგად ჩანს, რომ მაგნიუმის ქლორიდის აღდგენის მაქსიმალური ხარისხი მიიღწევა  $740\text{ }^{\circ}\text{C}$ -ზე პროცესის 30-წთ-იანი ხანგრძლივობისას.

## ლიტერატურა—REFERENCES—ЛИТЕРАТУРА

1. Попов С. И. Металлургия кремния в трёхфазных руднотермических печах. Иркутск, 2004, 237 с.
2. Справочник металлурга. Производство кремния // А. Е. Черных, Б. И. Зельберг, А. Р. Школьников, А. И. Гринберг, Д. З. Баймашев, М. Р. Школьников, Е. Ю. Пологов, С. Б. Громов. С.-Пб.: Изд. МАНЭБ, 2004, 555 с.
3. БИКИ №52 (8998), 13 мая 2006, с. 12-13.

### STUDY OF RESTORATION PROCESS OF MAGNESIUM CHLORIDE BY IPON POWDER

**I. Pulariani, N. kekelidze, M. Kereselidze, R. Razmadze, N. khutsishvili**

(F. Tavadze Institute of Metallurgy and Materials Science)

**Resume:** There are established the optimal conditions of chlorides obtained at processing of scoria by hydrogen chloride area. The complete dehydration occurs at 400 °C.

The process of restoration of waterless magnesium chloride by iron powder is investigated. The optimal values of the factors are established. The maximum degree (100%) of restoration is achieved at 740 °C.

**Key wopds:** magnesium chloride; restoration; quartz.

## МЕТАЛЛУРГИЯ

### ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ВОССТАНОВЛЕНИЯ ХЛОРИДА МАГНИЯ ЖЕЛЕЗНЫМ ПОРОШКОМ

**Пулариани И. И., Кекелидзе Н. П., Кереселидзе М. В., Размадзе Р. С.,  
Хуцишвили Н. Т.**

(Институт металлургии и материаловедения им. Ф. Тавадзе)

**Резюме:** Установлены оптимальные условия испарения хлоридов, полученных при обработке огарка хлороводородом. Полное обезвоживание имеет место при 400 °C.

Исследован процесс восстановления безводного хлорида магния железным порошком. Установлены оптимальные значения факторов, влияющих на процесс. Максимальная степень ( $\approx 100\%$ ) восстановления достигается при 740 °C.

**Ключевые слова:** хлорид магния; восстановление; кварцит.

## ადამიანის ორგანიზმის რეაქცია ვიბრაციულ ზემოქმედებაზე და მისი გამოვლინების ასპექტები

### მაია წულაია, ჰამლეტ წულაია

(რაფიელ დვალის მანქანათა მექანიკის ინსტიტუტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი)

**რეზიუმე:** ადამიანის ორგანიზმზე მუდმივმოქმედ ბუნებრივ რხევით-ტალღურ პროცესებთან ერთად (გრავიტაცია, ელექტრომაგნიტური გამოსხივება, იონიზაცია და სხვ.) ყველაზე ფართო გავრცელება პოვა ვიბრაციამ და ხმაურმა.

ადამიანის ვიბროდაცვის პრობლემების გადასაწყვეტად შემუშავდა ეფექტური და საიმედო საშუალებების შექმნის ახალი მეთოდი, რომელიც ეფუძნება ორი რხევითი პროცესის – მექანიკურისა (ვიბრაცია) და კუნთების ბიოელექტრული აქტიურობის – ურთიერთქმედებას.

ადამიანის ორგანიზმზე ვიბრაციის ზემოქმედების ექსპერიმენტული გამოკვლევების შედეგებმა ცხადყო, რომ აღნიშნულ ორ რხევით პროცესს შორის არსებობს სინქრონიზაციისა და რეზონანსის ეფექტი, რითაც აიხსნება ვიბრაციის ზემოქმედების დადებითი და უარყოფითი ასპექტები.

შესწავლილია ვიბრაციის პარამეტრების, კუნთების ფიზიოლოგიური მდგომარეობის, ფიზიკური დადლილობისა და ვიბროექსპოზიციის გავლენა სინქრონიზაციისა და რეზონანსის რეჟიმების ეფექტზე.

ადამიანის ორგანიზმზე ვიბრაციის ზეგავლენის ექსპერიმენტული გამოკვლევებით მიღებული შედეგები შეიძლება გამოყენებულ იქნეს პრაქტიკაში ვიბრაციის როგორც დადებითი, ისე უარყოფითი ზემოქმედების დროს.

**საკვანძო სიტყვები:** ვიბროდაცვა, ვიბროსტიმულაცია, სინქრონიზაცია.

### შესავალი

დრეკადი რხევების წარმოქმნისა და შესწავლის საკითხები ტექნიკის ნებისმიერი დარგისათვის ძალზე აქტუალურია. მრეწველობის მრავალ დარგში (მანქანათმშენებლობა, საჰაერო, საზღვაო თუ სახმელეთო ტრანსპორტი, მეტალურგია და სამთო საქმე, სოფლის მეურნეობა, მშენებლობა და სხვ.) გამოიყენება ისეთი მანქანა-დანადგარები, რომლებიც, მუშაობის ციკლური ხასიათიდან გამომდინარე, ქმნის ვიბრაციულ გარემოს, ვიბრაცია კი უარყოფითად მოქმედებს როგორც თვით მანქანების კონსტრუქციებზე, ისე ამ გარემოში მომუშავე ადამიან-ოპერატორზე; თუმცა რხევითი პროცესები ბევრ შემთხვევაში საკმაოდ დიდი სარგებლობის მომტანიცაა და ეფექტურიც. მაგალითად, არსებობს ტექნიკის დარგი – ვიბრაციული ტექნიკა, სადაც მექანიკური რხევები გამოიყენება სხვადასხვა ტექნოლოგიური პროცესის შესასრულებლად. იგივე შეიძლება ითქვას რხევების იმ დადებით ეფექტზე, რომელიც მიიღება მათი ადამიანის სამკურნალო პრაქტიკაში გამოყენებით. ამის მაგალითია ადამიანის კუნთოვანი სისტემის ვიბრომასაჟი, ვიბროტექნოლოგია სტომატოლოგიაში და სხვ. აქვე შევნიშნავთ, რომ ადამიანის სხეულზე გადაცემული ვიბრაციები ზოგჯერ მისი ფიზიოლოგიური სისტემების ფუნქციურ მდგომარეობაზე უარყოფით გავლენას ახდენს.

როგორც საერთო, ასევე ლოკალური ვიბრაციების ზემოქმედების შერჩევითი ხასიათის გამო ადამიანის ორგანიზმის ფიზიოლოგიურ ძვრებში მნიშვნელოვან როლს ასრულებს სხეულის დინამიკური მახასიათებლები.

ვიბრაციულ ველში მოქმედი ადამიანი-ოპერატორის ვიბროდაცვის ამჟამად მოქმედ სანიტარიულ ნორმებში, ცხადია, გათვალისწინებულია მისი სხეულის როგორც დინამიკური მახასიათებლები, ისე ფიზიოლოგიურ-პიგიენური და კლინიკური მონაცემები.

მიუხედავად ზემოაღნიშნულისა, ისინი მაინც ვერ იძლევიან ვიბროსაშიშო პროფესიის ადამიანების ვიბროდაცვისაგან დაცვის მყარ გარანტიას. ამის მიზეზი, ჩვენი აზრით, ისაა, რომ აღნიშნულ სანიტარიულ ნორმებში არასაკმარისად არის გათვალისწინებული ადამიანის ფიზიოლოგიური მახასიათებლები.

პირველ რიგში ეს ეხება ცოცხალი ორგანიზმების ცენტრალურ ნერვულ სისტემას, რადგან მრავალრიცხოვანი რეცეპტორების მეშვეობით, რომლებიც განლაგებულია როგორც ორგანიზმის შიგნით, ასევე მის გარე ზედაპირზე, გადაეცემა მოქმედი ვიბრაცია და ამ არხებით მჟღავნდება მთლიანად ორგანიზმის რეაქცია ამ გამღიზიანებელზე.

თუ ვიმსჯელებთ ვიბრაციული ზემოქმედების დროს ადამიანის ორგანიზმის ფიზიოლოგიურ რეაქციაზე, იგი შეიძლება შევავასოთ კუნთოვანი სისტემის ბიოელექტრული აქტიურობის ცვლილებით. ეს უკანასკნელი ადამიანის ბიომექანიკური მახასიათებლების რეაქციასთან ერთად ორგანიზმზე ვიბრაციული ზემოქმედების შედეგების ინტეგრალურად შეფასების საფუძველს იძლევა.

### ძირითადი ნაწილი

ჩატარებული კვლევების შედეგად დადგინდა, რომ კუნთოვანი სისტემების ბიოელექტრული აქტიურობა, რომელსაც ვიბრაციული ზემოქმედების შედეგად არასტაციონარული შემთხვევითი რხევების ხასიათი აქვს, სინქრონიზაციაში მოდის მოქმედი ვიბრაციის სიხშირესთან, ანუ, სხვაგვარად რომ ვთქვათ, ნერვული სისტემის ბუნებრივი იმპულსური აქტიურობის ვიბრაციის სიხშირესთან მიახლოებულ პირობებში ვიბრაცია ერთვება კუნთების ბიოელექტრული აქტიურობის ორგანიზებაში და იწვევს მისი მამოძრავებელი აქტიურობის ცვლილებას.

კვლევებმა ასევე ცხადყო, რომ ორგანიზმზე გადაცემული რხევების სიხშირის გარკვეულ დიაპაზონში კუნთების ბიოელექტრული აქტიურობის რხევათა ამპლიტუდების რელიეფური მაქსიმუმები შეიძლება ემთხვეოდეს სხეულის ნაწილების მექანიკური რხევების ამპლიტუდების მაქსიმუმებს ან საკუთარი დამოუკიდებელი მაქსიმუმებიც ჰქონდეს. აღნიშნული მაქსიმუმები წარმოადგენს რხევათა ბიომექანიკურ და ბიოელექტრულ რეზონანსულ რეჟიმებს.

მნიშვნელოვანია ის გარემოებაც, რომ ცოცხალ ორგანიზმზე შეუძლია ათვისოს გადაცემული რიტმი მასზე ვიბრაციის ხანგრძლივი ზემოქმედების დროს. იმის გამო, რომ კუნთების ბიოელექტრული აქტიურობა წარმოადგენს რხევით სიგნალს და ასახავს სენსომოტორული სისტემის სხვადასხვა დონის მდგომარეობას, ბუნებრივი იმპულსის გადაწყობის რეჟიმები ცენტრალური ნერვული სისტემის შესაბამისი წარმონაქმნების უკუკავშირების საშუალებით ახდენს ათვისებული რიტმების გენერირებას და ცვლის კუნთების ფუნქციურ მდგომარეობას.

კვლევების შედეგებიდან გამომდინარე, დადგენილია, რომ სინქრონიზაციის დროს კუნთების ბიოაქტიურობის კონტროლირებადი სიგნალი რთული სპექტრული შედგენილობისაა. იგი წარმოადგენს ჰარმონიკების ჯამს, რომელშიც შედის როგორც კუნთის საკუთარი ბიოიმპულსის ჰარმონიკები, ასევე ვიბრაციის ზემოქმედების შედეგად წარმოქმნილი სინქრონული ჰარმონიკები. მიღებული შედეგების მიხედვით, ვიბრაციული ზემოქმედების სიხშირის მოღუდავების დროს სინქრონიზაცია შეინიშნება საკმაოდ ფართო დიაპაზონში.

მნიშვნელოვან ცვლებად პარამეტრს, რომლის დროსაც ხდება სინქრონიზაცია, წარმოადგენს კუნთის ფუნქციონალური მდგომარეობა. მისი ოპტიმალური მნიშვნელობა ინდივიდუალურია თითოეული ადამიანისათვის, ვიბროექსპოზიციის დრო კი განისაზღვრება ამოცანის სპეციფიკით.

კუნთების ბიოელექტრული აქტიურობის კონტროლისა და ანალიზის დროს შეიმჩნევა რეჟიმები, როდესაც სრული შესაბამისობაა ბიოაქტიურობის სიხშირესა და გარე ვიბრაციის სიხშირეს შორის. ეს რეჟიმები რეზონანსული რეჟიმებია, რომლებიც სიხშირეების საკმაოდ ვიწრო დიაპაზონშია და განსაკუთრებით ეფექტურია ვიბრაციის როგორც დადებითი, ისე უარყოფითი ზემოქმედების დროს.

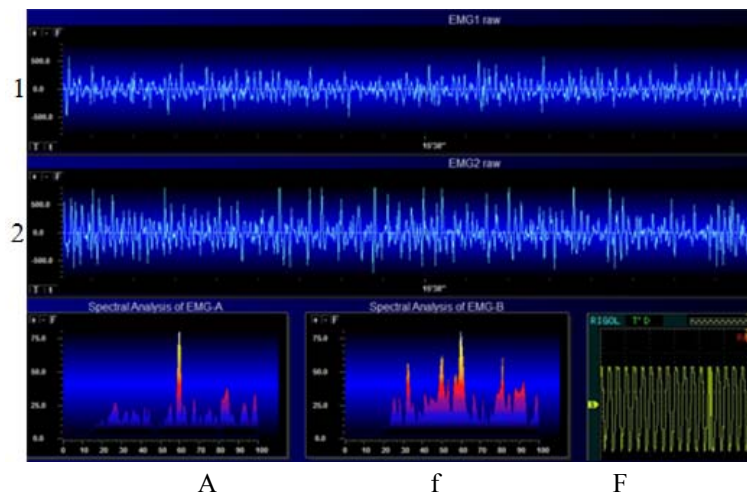
ადამიანის ორგანიზმზე ვიბრაციული ზემოქმედების გამოვლინების დადებითი და უარყოფითი ასპექტები გვაგარაუდებინებს, რომ ორივე შემთხვევაში რეაქციის ასეთ გამოვლინებას საფუძვლად უდევს მოქმედების ერთი და იგივე მექანიზმი.

ასევე აქტუალურია ადამიანის ფიზიკური დაღლილობის გამოვლინების, მისი კონტროლისა და რეაბილიტაციის პრობლემები. ამ შემთხვევაშიც ერთ-ერთ მიშენელოვან მახასიათებელ პარამეტრს წარმოადგენს კუნთოვანი სისტემის ფიზიოლოგიური მდგომარეობა. კუნთების ბიოელექტრული აქტიურობის მიხედვით შეიძლება შეფასდეს დაღლილობის დონე და ვიბრაციული მასაჟის საშუალებით განისაზღვროს კუნთოვანი სისტემის რეაბილიტაციის მექანიზმი.

არანაკლებ მნიშვნელოვანია ადამიანის საყრდენ-მამოძრავებელი აპარატის რეაბილიტაციის პრობლემები ხანგრძლივი წოლითი რეჟიმის შემდგომ პიპოკინეზიის რეაბილიტაციის დროს. ამ შემთხვევაშიც საკმაოდ ეფექტური საშუალებაა კუნთების ვიბრომასაჟი.

ადამიანის ორგანიზმზე ვიბრაციის ხანგრძლივი ზემოქმედების დროს უარყოფითი ზეგავლენის შეფასება ხდება მიღებული შედეგების ანალიზით და არა მათი წინასწარი პრევენციით. ისეთივე მდგომარეობაა ვიბრაციის ხანმოკლე ზემოქმედებისას, როდესაც მიიღება დადებითი შედეგები. არსებობს მრავალრიცხოვანი სხვადასხვა კონსტრუქციის ვიბრომასაჟორები, რომელთა გამოყენების დროს ადამიანის რეაქცია ფასდება მხოლოდ სუბიექტური შეგრძნებით მისი ფიზიოლოგიური მონაცემების ყოველგვარი კონტროლის გარეშე.

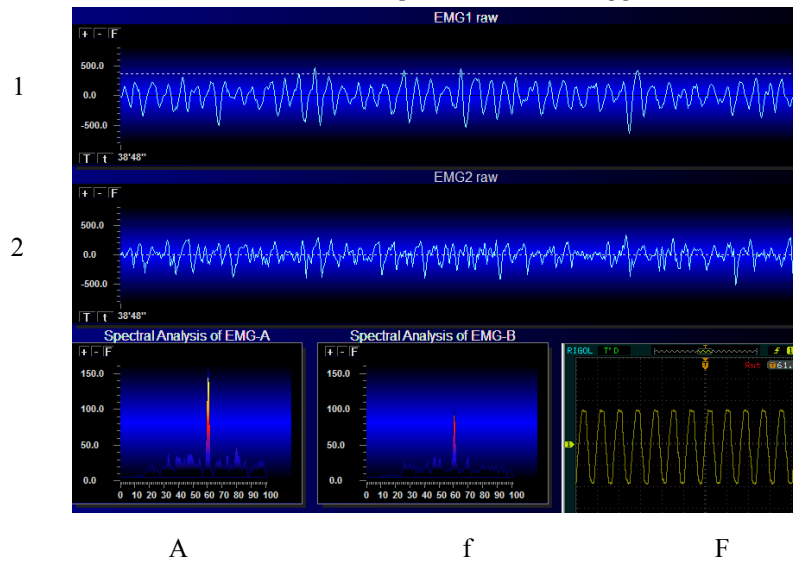
ზემოაღნიშნული საკითხები შესწავლილია რ. დვალის მანქანათა მექანიკის ინსტიტუტში, სადაც ფორმირებულ იქნა კომპლექსი, რომლის საშუალებითაც გამოკვლეულია ვიბრაციის გავლენა ადამიანის ორგანიზმზე მისი ლოკალური ზემოქმედების დროს. დამუშავდა რეგისტრაციის მეთოდი, რომელიც ეფუძნება ურთიერთმოქმედი რხევითი პროცესების, მექანიკური და ბიოელექტრული პარამეტრების კომპლექსურ გაზომვას. ამ მეთოდის გამოყენებით და მიღებული კონკრეტული შედეგების საფუძველზე დაზუსტებულ იქნა ადამიანის ნერვულ-კუნთოვან აპარატზე ლოკალური ვიბრაციის ზემოქმედების მექანიზმი, რაც ვიბრაციის პარამეტრებზე ბიორხევების დამოკიდებულების რაოდენობრივი დახასიათების საშუალებას იძლევა (ნახ. 1):  $A = 1,0$  მმ,  $f = 70$  ჰც,  $F = 25\%$  (10 კგ), სადაც  $A$  ვიბრაციის რხევის ამპლიტუდაა,  $f$  – ვიბრაციის სიხშირე,  $F$  – კუნთების დაძაბულობა.



ნახ. 1. კუნთების სინქრონიზაციის მიოგრამები. 1 – ხელის თითების მომხრევი, 2 – ხელის თითების გამშლელი

მოქმედი ვიბრაციის სიხშირეთა ამ დიაპაზონში ასევე არსებობს ვიბრაციის ისეთი სიხშირეები, რომლებსაც თითქმის ზუსტად ემთხვევა კუნთების ბიოაქტიურობის რხევის სიხშირეები (რეზონანსული რეჟიმი, ნახ. 2). ეს სიხშირეები ინდივიდუალურია თითოეული ადამიანისათვის:

$$A = 1,5 \text{ მმ}, f = 60 \text{ ჰც}, F = 12,5 \% (5 \text{ კგ}).$$



ნახ. 2. კუნთების რეზონანსის მიოგრამები. 1 – ხელის თითების მოძვრელი, 2 – ხელის თითების გამშლელი

ვიბრაციის ზემოქმედების დროს ორგანიზმის რეაქციაზე გავლენას ახდენს კუნთების ფუნქციონალური მდგომარეობაც. არსებობს კუნთების დაძაბულობის ისეთი შუალედური სიდიდეები, როდესაც ორგანიზმის რეაქცია ამ გამღიზიანებელზე უფრო მკვეთრად გამოხატული.

ვიბრაციულ გამღიზიანებელზე ადამიანის ორგანიზმის რეაქციის გამოხატვისას ასევე მნიშვნელოვანია ზემოქმედების დროის ფაქტორი. ხანგრძლივი დროის შემთხვევაში ეს უფრო თვალსაჩინო ხდება და გამოიხატება სინქრონიზაციის ჰარმონიკის ამპლიტუდის ზრდით.

### დასკვნა

ადამიანის ორგანიზმზე ვიბრაციის ლოკალური ზეგავლენის შესწავლის ახალი მეთოდებით მიღებული შედეგები შესაძლებელია გამოყენებულ იქნეს პრაქტიკაში ვიბრაციის იმ პარამეტრების გათვალისწინებით, რომელთა მიმართ განსაკუთრებით მგრძნობიარეა ადამიანის ორგანიზმი; კერძოდ:

- ვიბროდაცვის გასაუმჯობესებლად ხანგრძლივი ზემოქმედების დროს საჭიროა ამ პარამეტრების მინიმუმამდე დაყვანა;
- კუნთოვანი სისტემების სტიმულაციისათვის – მათი ხანმოკლე ზემოქმედება;
- ტესტირებისათვის – ოპერატორის შემდგომ საჭმიანობაში ვიბრაციული გარემოს გათვალისწინება.

### ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. H. Tsulaia, M. Tsulaia, M. Jamburia. New Method of Registration of Reaction of the Human Organizm on the Vibration Local Influence. Tb.: Problems of Mechanics, №2 (47), 2012.

### REACTION OF HUMAN ORGANISM ON VIBRATION EXPOSURE AND ITS EXPRESSION ASPECTS

**M. Tzulaia, H. Tzulaia**

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

**Resume:** Along with oscillating – undulatory natural processes, such as gravity, electro-magnetic radiation, ionization etc. permanently influencing human organism, vibration and noise are found to be the most widespread.

In order to solve the problem of elaboration of more efficient and reliable solutions for human vibroprotection new method has been developed based on interaction of two oscillatory processes: mechanical – vibration and oscillations of muscles' bioelectric activity.

The obtained results of experimental studies of vibration impact on the human body have shown the effect of synchronization and resonances between those two above-mentioned oscillatory processes by means of which it is possible to explain aspects of negative and positive effects of vibration.

Influence of vibration parameters, muscles' physiological state, physical fatigue and vibroexposition on the effect of synchronization and resonance regimes has been studied.

The obtained results of experimental researches of the vibration influence on the human organism can be applied in practice, as at negative, so at positive vibration exposure.

**Key words:** vibroprotection, vibrostimulation, synchronization.

## МАШИНОСТРОЕНИЕ

### РЕАКЦИЯ ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО ОРГАНИЗМА НА ВИБРАЦИОННОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ И АСПЕКТЫ ЕГО ПРОЯВЛЕНИЯ

**Цулая М. Г., Цулая Г. Г.**

(Институт механики машин им. Р. Двали, Грузинский технический университет)

**Резюме:** Наряду с постоянно действующими на человеческий организм естественными колебательно-волновыми процессами, какими являются гравитация, электромагнитное излучение, ионизация и т. д., наиболее широкое распространение получили вибрация и шум.

Для решения проблемы создания более эффективных и надежных средств виброзащиты человека был разработан новый метод, который основан на взаимодействии двух колебательных процессов: механического – вибрации и колебаний биоэлектрической активности мышц.

Полученные результаты экспериментальных исследований воздействия вибрации на человеческий организм показали эффект синхронизации и резонансов между отмеченными двумя колебательными процессами, с помощью которых можно объяснить аспекты отрицательного и положительного воздействия вибрации.

Изучено влияние параметров вибрации, физиологического состояния мышц, физической усталости и виброэкспозиции на эффект синхронизации и резонансных режимов.

Полученные результаты экспериментальных исследований влияния вибрации на организм человека можно использовать на практике, как при отрицательном, так и положительном воздействии вибрации.

**Ключевые слова:** виброзащита; вибростимуляция; синхронизация.

## ენგურის თაღოვანი კაშხლის მუშაობის მოდელირების ზოგიერთი თავისებურების შესახებ

### გურამ გაბრიჩიძე

(საქართველოს მეცნიერებათა ეროვნული აკადემია)

**რეზიუმე:** ენგურის კაშხალსა და მიმდებარე ტერიტორიაზე დამონტაჟებულია დასაკვირვებელი სისტემა, რომელიც აკონტროლებს ნაგებობის მდგომარეობას მისი აგების, ექსპლუატაციისა და სხვადასხვა ზემოქმედების პირობებში. ამ სისტემის მრავალწლიანი მონაცემების საფუძველზე უნდა მომხდარიყო საწყისი მათემატიკური მოდელის კორექტირება, მაგრამ მთელი რიგი მიზეზების გამო ამის განხორციელება ვერ მოხერხდა.

ნაშრომში ახსნილია, თუ როგორ ართულებს ეს გარემოება ენგურის თაღოვანი კაშხლის რეალური ტექნიკური მდგომარეობისა და მისი საიმედოობის შეფასებას, კერძოდ, მოსალოდნელ მიწისძვრაზე.

**საკვანძო სიტყვები:** ენგურის თაღოვანი კაშხალი; მათემატიკური მოდელი; მონიტორინგი; მონაცემების კორელაცია; სეისმური საფრთხე; საგანგებო სიტუაცია; რეაგირების გეგმა.

### შესავალი

მშენებლობის განხორციელების უმნიშვნელოვანესი ეტაპია მოდელირება (დაპროექტება), როდესაც ხდება ობიექტის ტერიტორიის დეტალური შესწავლა, ნაგებობაზე შესაძლო გარე ზემოქმედებების დაზუსტება, მათზე ნაგებობის რეაგირების განსაზღვრა, მისი ტექნიკური პარამეტრების კორექტირება და სხვ.

მნიშვნელოვანი ობიექტების მშენებლობისას აუცილებელია ნაგებობაზე მონიტორინგის (დასაკვირვებელი სისტემის) მოწყობა. მონტაჟდება სხვადასხვა დანიშნულების ხელსაწყო, რომელიც აკონტროლებს ნაგებობის მდგომარეობას მისი აგების, ექსპლუატაციისა და სხვადასხვა ფაქტორის ზემოქმედებისას. აღსანიშნავია, რომ მონიტორინგი თავისი ხასიათის მიხედვით დისკრეტულ მონაცემებს იძლევა და ამ მონაცემების საფუძველზე ნაგებობის მდგომარეობის სრული სურათის შეფასება შეუძლებელია. სრულყოფილი ინფორმაციის მიღება მხოლოდ მათემატიკური მოდელით მიიღწევა, კერძოდ, მას შეუძლია ნაგებობის რეაქციის პროგნოზირება, მაგალითად, სეისმურ ზემოქმედებაზე. ამიტომ ობიექტის მშენებლობისას ნაგებობის მათემატიკური მოდელისა და მონიტორინგის სისტემის მონაცემების კორელაცია უმნიშვნელოვანეს ამოცანად ითვლება.

### ძირითადი ნაწილი

ენგურის კაშხალი, რომლის საერთო ხედი ნაჩვენებია 1-ლ ნახ-ზე, თავისი ტექნიკური მონაცემებით დღესაც უნიკალურ ნაგებობას და საინჟინრო ხელოვნების ნიმუშს წარმოადგენს.

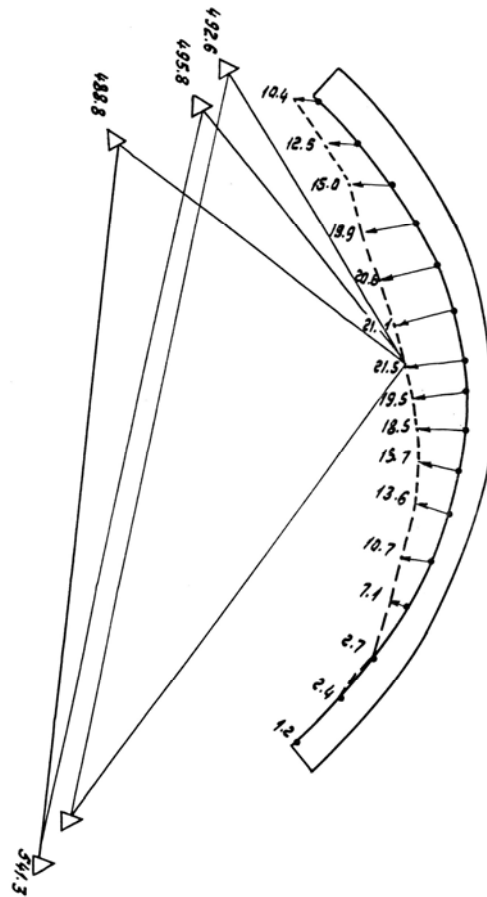


ნახ. 1. ენგურის თაღოვანი კაშხლისა და წყალსაცავის საერთო ხედი

ენგურის კაშხლის სიმაღლე 271 მ-ია. იგი ქმნის 35 კმ სიგრძის წყალსაცავს, რომელშიც აკუმულირებულია 1 მლრდ მ<sup>3</sup>-ზე მეტი მოცულობის წყალი. კაშხალი მდებარეობს მაღალი სეისმური აქტიურობის ზონაში, სადაც მოსალოდნელია 9 ბალი ( $M = 7$  მაგნიტუდა) ინტენსიურობის მიწისძვრა. ერთ-ერთი ტექტონიკური რღვევა გადის უშუალოდ კაშხლის ფუძეში. კაშხლის დაპროექტებაში მონაწილეობდა ყოფილი საბჭოთა კავშირის 20-ზე მეტი ორგანიზაცია. მათემატიკური მოდელის დამუშავებისას გამოყენებული იყო იმ დროისათვის არსებული გამოთვლითი მეთოდებისა და კომპიუტერული ტექნიკის შესაძლებლობები. კაშხალი ოფიციალურად ექსპლუატაციაში შევიდა 1978 წელს.

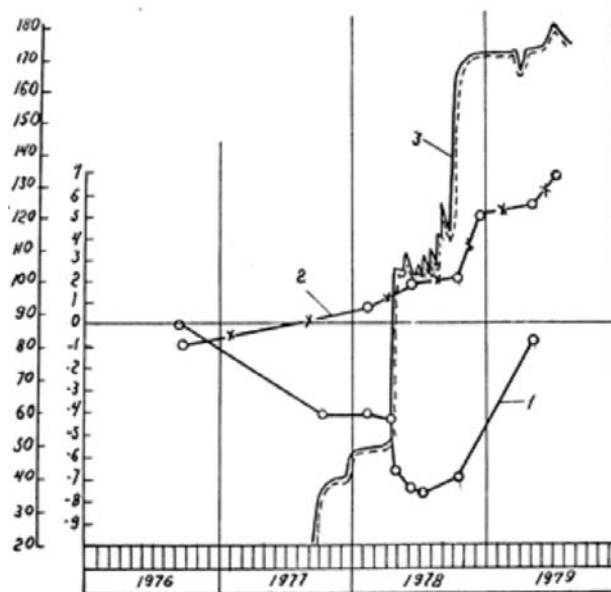
კაშხალზე დამონტაჟებულია საზომი ხელსაწყოების სისტემა, რომელმაც წყალსაცავის შევსების საწყის ეტაპზე დააფიქსირა კაშხლის რთული ქცევა, რაც განსხვავდებოდა დაპროექტებისას გამოყენებული საანგარიშო მოდელის პროგნოზისაგან. მაგალითისათვის მოვიყვანოთ ენგურის წყალსაცავის შევსების პროცესში დაფიქსირებულ ორ ასეთ მოვლენას:

მე-2 ნახ-ზე მოცემულია სქემა, რომელზეც კარგად ჩანს, რომ წყალსაცავის შევსების დროს კაშხალი შემოტრიალდა. დაპროექტებისას გამოყენებული მათემატიკური მოდელის მიხედვით, კაშხალი ასე არ უნდა “მოქცეულიყო”.



ნახ. 2. კაშხლის თხემის შემობრუნება წყალსაცავის შევსებისას

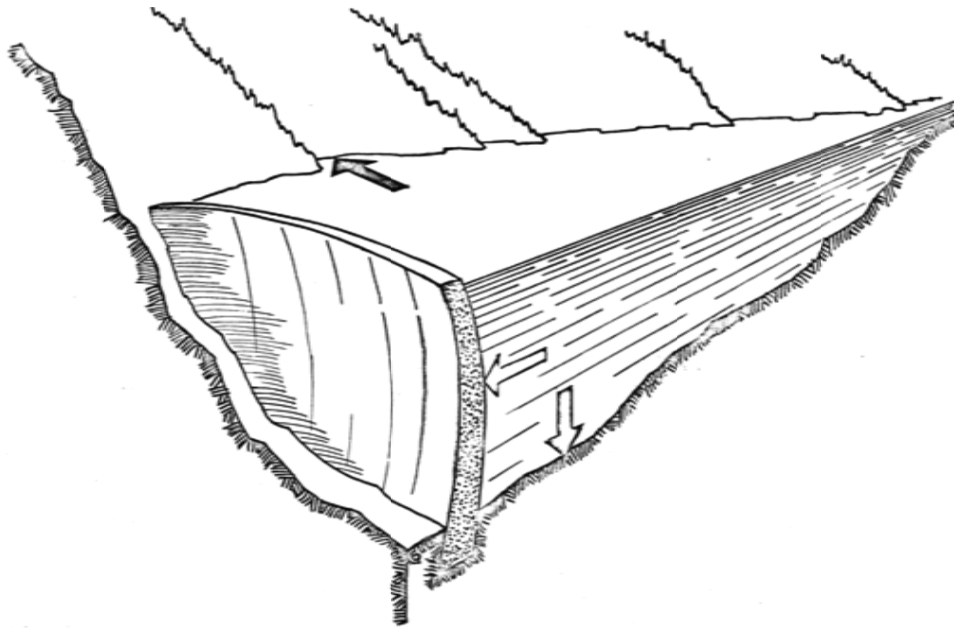
მე-3 ნახ-ზე ნაჩვენებია ენგურის წყალსაცავის აგების პროცესში დაფიქსირებული კაშხლის გადაადგილების კიდევ ერთი სრულიად უჩვეულო მოვლენა.



ნახ. 3. ენგურის თაღოვანი კაშხლის ვერტიკალური გადაადგილებების გრაფიკი. 1 – კაშხლის ფუძის ვერტიკალური გადაადგილება, 2 – დედამიწის ზედაპირის ვერტიკალური გადაადგილება კაშხლიდან მოშორებით ქვედა ბიეფში, 3 – ზედა ბიეფში წყლის დონის ცვლილება

წყალსაცავის აგების პირველ ეტაპზე მასში დაგროვილი წყლის მასის გავლენით, როგორც მოსალოდნელი იყო, კაშხალი გადაადგილდებოდა ვერტიკალურად ქვევით, მაგრამ წყლის გარკვეული დონის მიღწევის შემდეგ კაშხალმა დაიწყო “ზემოთ ამოსვლა”. ეს გარემოება დააფიქსირა საზომმა ხელსაწყოებმა, რაც საკავშირო ჟურნალ “Гидротехническое строительство”-ში შეფასდა, როგორც ანომალიური მოვლენა. ეს ყოველად გაუგებარი და ანომალიური მოვლენა ჩვენ მიერ შესწავლილ და ახსნილ იქნა [1] და მას “წყალსაცავის ეფექტი” ვუწოდეთ.

**რა არის “წყალსაცავის ეფექტი”.** წყალსაცავში აკუმულირებული წყალი აწეობს როგორც კაშხალს, ასევე ხეობის ფსკერსა და ფერდობებს, სქემატურად ეს ნაჩვენებია მე-4 ნახ-ზე.



**ნახ. 4. წყალსაცავში აკუმულირებული წყლის მოქმედების სქემა**

ცხადია, წყალსაცავში აკუმულირებული წყლის მასა იწვევს დედამიწის ზედაპირის დეფორმაციას. როცა წყალსაცავი პატარაა, დედამიწის დეფორმაცია ვერ ახდენს გავლენას კაშხლის ტექნიკურ მდგომარეობაზე. როგორც კი კაშხლის სიმაღლე დაახლოვებით 100 მ-ს გადაჭარბებს, იწყება ე.წ. “წყალსაცავის ეფექტის” გამოვლინება, რომლის დროსაც წყალსაცავში აკუმულირებული წყლის მასის ზემოქმედებით წყალსაცავის ქვეშ არსებული დედამიწის ზედაპირი ძაბრისებრად ჩაიზნიჭება და წარმოქმნილი “ძაბრი” ჩაითრევს კაშხალსაც.

“წყალსაცავის ეფექტის” გამოვლინებას თან სდევს კლდოვანი ხეობის ქანებში არსებულ ბზარებში მაღალი წნევის ქვეშ მყოფი წყლის შეღწევა და დაძაბულობის ველის შექმნა. ჩვენ მიერ დადგენილია, რომ მაღალდაწნევიანი ფილტრაციული ველი იწვევს დედამიწის ზედაპირის საგრძნობ გადაადგილებას, რომელიც უტოლდება წყლის მასით გამოწვეულ გადაადგილებას და თავისი სპეციფიკითაც ხასიათდება, რაც იმით გამოიხატება, რომ ფილტრაციული ზემოქმედებით წარმოქმნილი “ძაბრის” განაპირა უბნები, წყლის მასის მექანიკური ზემოქმედებისაგან განსხვავებით, ამოდის ზემოთ. ფილტრაციული ველის ამ სპეციფიკური გამოვლინებით ადვილად აიხსნება ენგურის წყალსაცავის შევსებისას კაშხლის ანომალიური ამოსვლა ვერტიკალურად ზემოთ, რის შესახებაც ვაცნობეთ კიდევ ჟურნალ “Гидротехническое строительство”-ს რედაქციას.

შევეცდებით სქემატურად აღვწეროთ ენგურის თაღოვანი კაშხლის, მდინარის ხეობისა და წყალსაცავის მუშაობის 25-წლიანი პერიოდი (1976–2001 წწ.).

კაშხლის ორ ეტაპად აგების პროცესში (იგულისხმება როგორც სისქე, ისე სიმაღლე) წყალსაცავის პირველადი შევსების, ტემპერატურის, ხეობის საერთო გადაადგილებისა და მაღალდაწნევიანი ფილტრაციული ველის ზემოქმედებისას კაშხალში და მიმდებარე ტერიტორიაზე ფორმირდებოდა დაძაბულობა-დეფორმირებულობის რთული საწყისი სურათი [2, 3].

1978 წლიდან წყლის ჰიდროსტატიკური დაწნევისა და ტემპერატურის ციკლური დატვირთვებისას სისტემა – კაშხალი, ხეობა, წყალსაცავი – “მოერგო” დატვირთვა-განტვირთვის პირობებს, ჩამოყალიბდა პლასტიკური უბნები, გაჩნდა მცირე ბზარები (რომლებიც შემდგომ ციკლებში შეიძლება დაიხურა კიდევ), ფილტრაციული ველი მიაღმა წყალგაუმტარ ფენებს, სარეაბილიტაციო-სარემონტო სამუშაოების შედეგად გამაგრდა შესუსტებული უბნები, შემცირდა ფილტრაციული ხარჯები და სისტემამ დაიწყო წრფივთან მიახლოებულ რეჟიმში მუშაობა. ეს არის დამყოლი, პლასტიკური თვისებების მქონე სხეულებისთვის უწყვეტ ტანთა მექანიკაში ცნობილი ეფექტი მცირეციკლური დატვირთვებისას.

მონიტორინგის 2001 წლის მონაცემების ანალიზის საფუძველზე შეიძლება ჩავთვალოთ, რომ კაშხლის ექსპლუატაციაში შეყვანიდან 23 წლის შემდეგ რეზერვუარის წყლით შევსება-დაცლისას სისტემა მუშაობს წრფივ რეჟიმში.

ამ ხანგრძლივი და რთული პროცესის პროგნოზირება დაპროექტების სტადიაზე მოითხოვს როგორც ხეობის დიდი მოცულობის სიღრმისეულ გეოლოგიურ შესწავლას, ისე გამოვლენილი ქანების ფიზიკურ-მექანიკური და ფილტრაციული თვისებების კვლევასაც და მათ ასახვას მათემატიკურ მოდელში, რაც თეორიულადაც კი შეუძლებელია. ამიტომ გადაუდებლად საჭირო იყო კაშხლის მონიტორინგისა და მათემატიკური მოდელის 23-წლიანი მონაცემების კორექცია, რაც მთელი რიგი მიზეზების გამო არ განხორციელებულა. ეს გარემოება ართულებს ნაგებობის რეალურ ტექნიკურ მდგომარეობას და მისი საიმედოობის შეფასებას.

ჯერ კიდევ 1995 წელს ცნობილმა შეეცარიულმა ფირმა “Stucky & Electrowatt Engineering Service Ltd”-მ ჩაატარა ენგურის კაშხალზე განხორციელებული მონიტორინგის მონაცემების ანალიზი და თავის ანგარიშში აღნიშნა, რომ “ენგურის თაღოვანი კაშხლის მდგომარეობა გაურკვეველია და უნდა შეფასდეს, როგორც საფრთხის შემცველი, რამდენადაც მონიტორინგი არ კონტროლდება მთლიანად და კაშხლის მდგომარეობის შეფასება არ ხდება უწყვეტ რეჟიმში”.

ამის შესახებ არა ერთ თათბირზეც ითქვა; მაგალითად, სემინარზე, რომელიც 2002 წელს ჩაატარა ენგურის კაშხლის ბაზაზე შექმნილმა ევროპულმა ცენტრმა, ენგურის კაშხლის მდგომარეობა შეფასდა, როგორც წინააღმდეგობრივი [4].

2004 წელს რეკონსტრუქციისა და განვითარების ევროპული ბანკის დაფინანსებით ფირმა “Stucky”-მ შეასრულა გარკვეული სამუშაო [5] და შეეცადა შეექმნა მათემატიკური მოდელი (სასრული ელემენტების სივრცული სქემა), რომელიც კორექციას დაამყარებდა არა კაშხლის, ხეობისა და წყალსაცავის სისტემის 25-წლიანი მონიტორინგის მონაცემებთან, არამედ მონიტორინგის ბოლო წლების, სახელდობრ, 1996, 2000 და 2001 წლების მონაცემებთან.

ამ შედეგებით მარტივ შემთხვევაშიც კი, როცა კაშხლის ქცევა წრფივ რეჟიმს უახლოვდება, მთელი რიგი ხელოვნური დაშვებები გახდა საჭირო, რომ დაემყარებინათ კორექცია მონიტორინგის მონაცემებსა და მათემატიკური მოდელის შედეგებს შორის. ფირმის მიერ დამუშავებული მათემატიკური მოდელი იმეორებდა მონიტორინგის დისკრეტულ მონაცემებს კაშხალზე ჰიდროსტატიკური და ტემპერატურული ზემოქმედების დროს.

აღნიშნული მათემატიკური მოდელის გამოყენებით ფირმა შეეცადა შეეფასებინა კაშხლის საიმედოობა ორ მთავარ ფაქტორზე – წყლის ჰიდროსტატიკურ დატვირთვასა და სეისმურ ზემოქმედებაზე. ამ დატვირთვებზე გაანგარიშებით მიიღეს კაშხლის ტანში აღძრული შესაბამისი დაძაბულობა-დეფორმირებულობის ველები, რის საფუძველზეც გაკეთდა დასკვნები კაშხლის უსაფრთხოების შესახებ წყლის ჰიდროსტატიკური დატვირთვისა და მოსალოდნელი მიწისძვრების პირობებში.

ჩვენ ვეთანხმებით ფირმის მოსაზრებას, რომ წყლის ჰიდროსტატიკური დატვირთვისა და ტემპერატურული ზემოქმედების პირობებში კაშხლის მდგრადობა უზრუნველყოფილია. ამის ძირითად საფუძველს, რასაკვირველია, იძლევა კაშხლის წრფივ რეჟიმში მუშაობა, რაც დაფიქსირებულია მონიტორინგის მონაცემებით. დამატებითი არგუმენტი კი ის არის, რომ, მთლიანად სისტემის მუშაობის ანალიზიდან გამომდინარე [6], ნაგებობის მუშაობის შეფასებისას შეიძლება დავუყვარდეთ უწყვეტ ტანთა მექანიკაში ცნობილ ექსტრემალურ პრინციპებს, კერძოდ, სტატიკურ თეორემას, რომელშიც გაცხადებულია, რომ თუ სხეულში მოიძებნება ძაბვათა ველი, რომელიც აწონასწორებს გარე დატვირთვას და არ აღემატება მასალის დენადობის ზღვარს, ეს იმას ნიშნავს, რომ ეს დატვირთვა ნაგებობას ვერ დაანგრევს.

ფირმა “Stucky & Electrowatt Engineering Service Ltd”-ს მიერ მიღებული ძაბვათა ველი სწორედ ასეთ სტატიკურად დასაშვებ ველად შეიძლება ჩაითვალოს და უნდა დავეთანხმეთ ფირმას, რომ წყლის ჰიდროსტატიკური ველი და ტემპერატურა ვერ დაემუქრება ნაგებობის სტაბილურობას. ამასთან, აღსანიშნავია ისიც, რომ ენგურის თაღოვანი კაშხლის დაპროექტებისას მისი მოხაზულობა და სისქის ცვლილება ისე შეირჩა, რომ წყლის ჰიდროსტატიკური ზემოქმედებისას ნაგებობის ტანში ყოფილიყო 100 კგ/სმ<sup>2</sup>-ზე ნაკლები მკუმშავი ძაბვები, ხოლო გამჭიმვი ძაბვები – არაუმეტეს 10 კგ/სმ<sup>2</sup>-ისა.

400 მარკის ბეტონის კაშხლისათვის დაძაბულობათა ველი სწორედ ასეთ სტატიკურად დასაშვებ ველად შეიძლება მივიჩნიოთ: იგი აწონასწორებს წყლის ჰიდროსტატიკურ ზემოქმედებას საკმაოდ მარაგით, რაც, როგორც ზემოთაც აღვნიშნეთ, იმას ნიშნავს, რომ წყლის დატვირთვა კაშხალს ვერ დაანგრევს.

წყლის ჰიდროსტატიკური დატვირთვისაგან განსხვავებით, რადგან მიწისძვრის ფენომენი ალბათური ბუნებისაა და იგი შეიძლება მოხდეს ან არ მოხდეს ნაგებობის ექსპლუატაციის პერიოდში, სეისმომედვეი მშენებლობის თანამედროვე იდეოლოგია მიწისძვრის დროს ნაგებობის დაზიანებად მუშაობის მოთხოვნას მიზანშეუწონლად მიიჩნევს. იგი ფაქტობრივად აცხადებს, რომ უნდა უზრუნველყოთ კაშხლის სხვადასხვანაირი დონის დაზიანებები სუსტი (OBE)\* და ძლიერი (MSE)\*\* ინტენსიურობის მიწისძვრისას.

ამ ნორმატიული მოთხოვნების პოზიციებიდან თუ შევაფასებთ ენგურის კაშხლის სეისმომედვეობის მიმართულებით ჩატარებულ კვლევებს, უნდა აღინიშნოს, რომ 2004 წელს ფირმა “Stucky”-ს არ შეუფასებია ენგურის კაშხლის ქცევა მოსალოდნელ ძლიერ მიწისძვრაზე. ნაშრომში მითითებულია, რომ ეს კვლევები უნდა დაზუსტდეს მომავალში. რამდენადაც ჩვენთვის ცნობილია, ასეთი კვლევები დღემდე არ ჩატარებულა.

ფირმამ გაიანგარიშა კაშხლის საიმედოობა სუსტ მიწისძვრაზე და განაცხადა: “ყველა საპროექტო დოკუმენტაციის გათვალისწინებით ჩატარებული გაანგარიშება ცხადყოფს, რომ სუსტი მიწისძვრის დროს კაშხლის თხემის მიდამოებში გაჩნდება მაღალი გამჭიმვი ძაბვები, რომლებმაც შეიძლება გახსნას სამშენებლო ნაკერები, მაგრამ, სავარაუდოდ, ვერ დააზიანებს ანტისეისმურ სარტყელს. ამ ნაშრომში არ ვამტკიცებთ, რომ ორივე სახის სუსტი მიწისძვრის შემთხვევაში დინების საწინააღმდეგო მოძრაობისას ვერტიკალური კონსოლები არ დაკარგავს მდგრადობას, მაგრამ არ არის მოსალოდნელი წყლის კატასტროფული გადინება”.

აღვილი შესამჩნევია, რომ სუსტი მიწისძვრისას კაშხლის ქცევის შესახებ ფირმის მიერ გაკეთებული პროგნოზი ვარაუდის დონეზეა და არ არის გამყარებული გაანგარიშებით მიღებული შედეგებით.

ჩვენი აზრით, აღნიშნული მათემატიკური მოდელის გამოყენებით კაშხლის სეისმურ ზემოქმედებაზე რაიმე შეფასებაც კი საეჭვოა. საქმე ის არის, რომ ერთიანი სისტემა კაშხალი-ხეობა კი “მოერგო” რეზერვუარის შევსებისა და დაცლის 23-წლიან ციკლურ რეჟიმს და დაიწყო წრფივ რეჟიმში მუშაობა, მაგრამ განსხვავებული სეისმური ბუნების ზემოქმედებისას იგი ისევ დაიწყებს არაწრფივ რეჟიმში მუშაობას: დახურული ბზარები შეიძლება ისევ გაიხსნას; ამასთან, არაწრფივ რეჟიმში მუშაობისას წარმოქმნილი ახალი დეფორმაციები დაემატება რთულ დეფორმაციულ ველს, რომელიც მასში კაშხლის აგებისა და 23-წლიან ციკლურ-ჰისტერეზისულ რეჟიმში მუშაობისას ჩამოყალიბდა. ასე რომ, კაშხლის სეისმურ ზემოქმედებაზე გაანგარიშებისათვის აუცილებლად უნდა ვიცოდეთ ნაგებობის დაზიანებებისა და ბზარების წარმოქმნის სრული და ზუსტი სურათი. ჩვენთვის კი ეს ნარჩენი დეფორმაციები უცნობია.

\* OBE – რეჟიმული მიწისძვრა–საექსპლუატაციო დონე; არ არის დასაშვები არავითარი კონსტრუქციული (გამჭიმვი ძაბვებით გამოწვეული) დაზიანება; ყველა დანადგარი აგრძელებს ფუნქციონირებას;

\*\* MSE – მაქსიმალურად შესაძლებელი მიწისძვრა; კაშხალში ზოგიერთი სახის დაზიანება დასაშვებია; თავიდან უნდა იქნეს აცილებული რეზერვუარიდან წყლის ნაკადის უკონტროლო გადინება; საჭირო დანადგარები აუცილებლად უნდა აგრძელებდეს ფუნქციონირებას.

## დასკვნა

მიუხედავად კომპიუტერული ტექნოლოგიებისა და რიცხვითი, მათ შორის არაწრფივი, მეთოდების მაღალ, თანამედროვე დონეზე განვითარებისა, სეისმომედები მშენებლობის მოთხოვნათა განხორციელების შესაძლებლობის შესახებ გაჩენილი კითხვის ნიშნები, რომლებიც ჩამოყალიბებულია ჩვენს მონოგრაფიაში [8], ჰიდროტექნიკურ ნაგებობებში წყლის დაწნევით არსებობის პირობებში კიდევ უფრო საეჭვო ხდება.

მაღალი კაშხლების აგების შემთხვევაში დამატებითი გაურკვევლობისა და შესაძლო საშიშროების შემცირებისათვის მონიტორინგის მრავალწლიანი მონაცემების საფუძველზე უნდა მოხდეს საწყისი მათემატიკური მოდელის კორექტირება.

სანამ კაცობრიობა არ გაარკვევს, როდის არის ალბათობა (“მოხდება ან არ მოხდება”) მისი მტერი და როდის მოყვარე, დღის წესრიგიდან არ მოიხსნება ძლიერი მიწისძვრის დროს ენგურის თაღოვანი კაშხლის ქცევის შეფასება.

ყველა შემთხვევაში, საერთაშორისო ნორმების მოთხოვნათა გათვალისწინებით, აუცილებელია შემუშავდეს საგანგებო სიტუაციაზე რეაგირების პროგრამა [9].

## ლიტერატურა—REFERENCES—ЛИТЕРАТУРА

1. Габричидзе Г. К. Новые задачи взаимодействия арочной плотины, ущелья реки и водохранилища. Тб.: Мецниереба, 1990. 96 с.
2. Тевзадзе М. Н., Пиралишвили С. Х. Некоторые результаты тридцатилетних геодезических исследований кафедры инженерной геодезии и маркшейдерии ГТУ в районе Ингури ГЭС. Геодинамические исследования больших плотин // Труды Международного семинара «Геодинамический риск высоких плотин». Тб., 2002.
3. Балавадзе Б. К., Абашидзе В. Г. Наклоны и деформации земной коры в районе Ингурской ГЭС. Тб.: Мецниереба, 1985.
4. Геодинамические исследования больших плотин // Труды Международного семинара «Геодинамический риск высоких плотин». Тб., 2002.
5. Enguri Dam Behaviour Correlation and Safety Analysis. European Bank for Reconstruction and Development. March, 2004.
6. Габричидзе Г. К. Применение экстремальных положений механики твердого тела при обосновании надёжности арочной плотины. Геодинамические исследования больших плотин // Труды Международного семинара «Геодинамический риск высоких плотин». Тб., 2002.
7. Энергетическое строительство и сейсмическая безопасность. Всесоюзная сессия Межведомственного совета по сейсмологии и сейсмостойкому строительству (МСССС) при Президиуме АН СССР. Тб., 5–9 сентября, 1976.
8. გ. გაბრიჩიძე. წესრიგი და უწესრიგობა. Order and Disorder. Порядок и беспорядок. Тб., 2014.
9. G. Gabrichidze. 35 Years of the Enguri Arch Dam. Bulletin of the Georgian National Academy of Sciences, vol. 7, no. 1, 2013.

### ABOUT SOME PECULARITIES OF MODELLING OF THE WORK OF ENGURI ARCH DAM

**G. Gabrichidze**

(Georgian National Academy of Sciences)

**Resume:** There was installed the observation system of Enguri Arch Dam and near-by territory, which controls the condition of the construction, in the process of its building, exploitation and influence of different outer factors on the basis of many years data the correction of primary mathematical model should have been done. However due to several reasons it was not fulfilled.

There is shown, that the above-mentioned fact makes it difficult to evaluate real state and security of the construction, in particular, during the earthquake.

**Key words:** Enguri arch dam; mathematical model; monitoring; data correlation; seismic threat; extraordinary situation; reaction plan.

## СТРОИТЕЛЬСТВО

### НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ МОДЕЛИРОВАНИЯ РАБОТЫ ИНГУРСКОЙ АРОЧНОЙ ПЛОТИНЫ

**Габричидзе Г. К.**

(Национальная академия наук Грузии)

**Резюме:** Отмечено, что на Ингурской арочной плотине и прилегающей территории была установлена система мониторинга. С помощью установленной специальной аппаратуры контролируется состояние сооружения в процессе его возведения, эксплуатации и воздействия различных факторов. На основании данных этой системы должна была произойти корректировка первоначальной математической модели. По ряду причин это не было сделано.

В статье показано, как это обстоятельство затрудняет оценку реального состояния и надёжности сооружения, в частности при возникновении землетрясения.

**Ключевые слова:** Ингурская арочная плотина; математическая модель; мониторинг; корреляция данных; сейсмическая угроза; чрезвычайная ситуация; план реагирования.

**ახალი არასპეციალიზებული სატვირთო სადგურებისათვის სალიანდაგო  
განვითარების სქემების მათემატიკური გაანგარიშება**

**ბეჟან დიდებაშვილი, გრიგოლ თელია, ავთანდილ კაკაბაძე, ტარიელ კოტრიკაძე,  
გიორგი ჩუბინიძე**

(საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი)

**რეზიუმე:** საქართველო ცნობილია, როგორც სატრანზიტო ქვეყანა, სადაც შენდება და მალე გაიხსნება მომავლის სატრანზიტო მაგისტრალი – ყარსი-ახალქალაქის სარკინიგზო ხაზი; თბილისის შემოვლითი გზა. ამას სჭირდება ახალი სარკინიგზო სადგურების დაპროექტება ან არსებული სადგურების რეკონსტრუქცია-გადაკეთება, რადგან ისინი ვეღარ აკმაყოფილებენ თანამედროვე მოთხოვნებს; სატვირთო სადგურების განვითარება, რაც აუცილებლად უნდა განხორციელდეს ღრმა ანალიზისა და უზუსტესი გაანგარიშების საფუძველზე; ამასთან, გათვალისწინებული უნდა იქნეს სამუშაოს რეალური პირობები, ადგილობრივი ტვირთნაკადებისა და ვაგონნაკადების ზომების ზრდის პერსპექტივები და უნდა განისაზღვროს საჭირო რეზერვები.

**საკვანძო სიტყვები:** არასპეციალიზებული სატვირთო სადგური; ამკრები, საუბნო, გასაგზავნი მარშრუტები; მახარისხებელი პარკი; სატრანზიტო მატარებელი; მიმღებ-გამგზავნი ლიანდაგი; მრავალჯგუფიანი მატარებელი; მახარისხებელი გორაკი; ფორმირების ჩიხი.

**შესავალი**

არასპეციალიზებული სატვირთო სადგურების არსებული სქემები ვეღარ აკმაყოფილებს თანამედროვე მოთხოვნებს და პერსპექტიული განვითარების პირობებს, რადგან მას ბევრი სერიოზული ნაკლი აქვს; კერძოდ, უმეტესი სადგურების პარკებისა და მთავარი ლიანდაგების წარუმატებელი ურთიერთგანლაგება გარკვეულ სიძნელეებს ქმნის მახარისხებელი და სამანევრო სამუშაოების შესრულების დროს, მახარისხებელი ლიანდაგების ნაკლებობა იწვევს ვაგონების მრავალჯერად დახარისხებას და მათი მოცდენის გაზრდას.

ახალი ტიპის არასპეციალიზებულ სატვირთო სადგურებზე სატვირთო და კომერციული ოპერაციების პარალელურად შეიძლება განხორციელდეს განსაზღვრული მოცულობის ტექნიკური ოპერაციებიც – ორგანიზებული მატარებლების (ამკრები, საუბნო, გასაგზავნი მარშრუტების) ფორმირება და სატრანზიტო მატარებლების გატარება (ერთჯგუფიანი და ჯგუფური ვაგონების გადაჯგუფებით). მახარისხებელი პარკის განვითარების ერთ-ერთი ვარიანტი მოცემულია 1-ლ ნახ-ზე. მაჯგუფებელი პარკები (მაჯგ. პ. 1 და მაჯგ. პ. 3) ძირითადად გამოიყენება ვაგონების ჯგუფების ასაკრებად გადმოსატვირთავ ფრონტებზე, ხოლო მაჯგ. პ. 2 ვაგონების (ჯგუფების) დაგროვებისათვის ამკრებ მატარებლებსა და საფეხურიან მარშრუტებს შორის (ვაგონების გადაჯგუფება სატრანზიტო მატარებლებში) ფორმირებისას. მახარისხებელი პარკის განვითარების მეორე ვარიანტი მოცემულია მე-2 ნახ-ზე.

## ძირითადი ნაწილი

სატვირთო სადგურების განვითარება უნდა ემყარებოდეს გაანგარიშების ღრმა ანალიზს, სამუშაოს რეალურ პირობებს; უნდა ითვალისწინებდეს ადგილობრივი ტვირთნაკადებისა და ვაგონნაკადების ზომების ზრდის პერსპექტივას და საჭირო რეზერვების განსაზღვრას.

მიმღებ-გამგზავნი ლიანდაგების რაოდენობა და სიგრძე დგინდება არსებული ტრადიციული მეთოდებით, ამიტომ ამ საკითხს აქ არ შეეხებით. არსებობს აგრეთვე მახარისხებელი პარკის ლიანდაგების რაოდენობისა და სიგრძის განსაზღვრის უკვე შემუშავებული მიდგომები და მეთოდები, მაგრამ შეიძლება წარმოიქმნას ისეთი მომენტებიც, როდესაც მოცემული საკითხი სპეციფიკურ გადაწყვეტას მოითხოვს.

ცნობილია, რომ ჩვეულებრივ პირობებში მახარისხებელ პარკებში გათვალისწინებულია ერთი და იმავე სასარგებლო სიგრძის ლიანდაგები. მაგრამ სატვირთო სადგურების ექსპლუატაციის პრაქტიკა ცხადყოფს, რომ მახარისხებელ პარკებში არ არის აუცილებელი ყველა ლიანდაგი იყოს გრძელი. რაც შეეხება ლიანდაგების რაოდენობას, სინამდვილეში მათზე გაცილებით მეტი მოთხოვნილებაა, ვიდრე ფაქტობრივად გვაქვს. მოცემული პრობლემის გადაჭრაში მნიშვნელოვან როლს ასრულებს მოკლელიანდაგიანი ჯგუფების სექციათა გამოყენების რეკომენდაციები. თუმცა მეცნიერთა მიერ შემოთავაზებული მახარისხებელი პარკის გაანგარიშების მეთოდიკა სრულად არ ითვალისწინებს აღნიშნულ პარკში ლიანდაგთა სიგრძის რეზერვის არსებობის აუცილებლობას, რომელიც საჭიროა მატარებლების შემადგენლობის ფორმირების პროცესში მახარისხებელი გორაკიდან მომდევნო შემადგენლობის ვაგონთა ჯგუფების დახარისხებისა და დაგროვებისათვის. ამიტომ აღნიშნული მომენტების გათვალისწინებით არსებულ ფორმულებში ჩვენ მიერ შეტანილია ცვლილებები, კერძოდ: მოლოდინის დრო, დამატებითი ლიანდაგების საჭირო რაოდენობა, შემადგენლობებში ვაგონთა ჯგუფების უთანაბრობის კოეფიციენტი და სხვა პარამეტრები.

მახარისხებელი პარკების დაპროექტებისას ჩვეულებრივ (არსებულ) პირობებში მახარისხებელი ლიანდაგების სიგრძეს განიხილავენ, როგორც ორი ელემენტისაგან შემდგარ სიდიდეს:

$$L_{\text{მახ.ლ.}} = l_{\text{ა-გ.ლ.}} + l'_{\text{დამ.ს.}} \quad (1)$$

ან

$$L_{\text{მახ.ლ.}} = l_{\text{ა-გ.ლ.}} + \gamma l_{\text{ა-გ.ლ.}}, \quad (2)$$

სადაც  $l_{\text{ა-გ.ლ.}}$  მიმღებ-გამგზავნი ლიანდაგების სტანდარტული სიგრძეა (850, 1050, 1250 მ);

$\gamma$  – კოეფიციენტი, რომელიც ითვალისწინებს მახარისხებელი ლიანდაგის დაგრძელებას, ე.ი. მისთვის სტანდარტულთან შედარებით დამატებითი სიგრძის მიცემას ( $\gamma = 10 - 15\%$ ).

ორგანიზებული მატარებლების ფორმირებისას დამატებითი სიგრძის უფრო ზუსტი გაანგარიშებისათვის შეიძლება გამოვიყენოთ შემდეგი გამოსახულება:

$$l'_{\text{დამ.ს.}} = B/24 \cdot l_{\text{გ.}} (t_{\text{ფ.მოლ.}} + t_{\text{ფ.}} + t_{\text{გად.}}), \quad (3)$$

სადაც  $B$  ვაგონების სადღელამისო ზომებია დანიშნულების მიხედვით;

$l_{\text{გ.}}$  – ოთხღერძიანი ვაგონის საშუალო სიგრძე, მ;

$t_{\text{ფ.მოლ.}}$  – მატარებლის ფორმირების მოლოდინის (გადაცემის) დრო, სთ;

$t_{\text{ფ.}}$  – მატარებლის ფორმირების ხანგრძლივობა, სთ;

$t_{\text{გად.}}$  – გამგზავნი ლიანდაგზე ფორმირებული შემადგენლობის გადაყენების დრო (სთ) გადაყენების მოლოდინის გათვალისწინებით ( $t_{\text{გად.მოლ.}}$ ); აუცილებელია  $t_{\text{გად.მოლ.}}$  დავიყვანოთ ნულამდე.

მახარისხებელ-გამგზავნი ლიანდაგების სიგრძე შეიძლება დავადგინოთ შემდეგი ფორმულით:

$$L_{\text{მახ.-გ.}} = l_{\text{ა-გ.ლ.}} + l'_{\text{დამ.ს.}} + l''_{\text{დამ.ს.}} \quad (4)$$

აქ  $l''_{\text{დამ.ს.}}$  მახარისხებელი ლიანდაგის დამატებითი სიგრძეა, ამ ლიანდაგის დამატებითი დაკავებით გამოწვეული მატარებლის გადამუშავებით გაგზავნის წინ და გრაფიკის ძაფის მოლოდინით:

$$l''_{\text{დამ.ს.}} = B/24 \cdot l_{\text{გ.}} (t_{\text{გად.}} + t_{\text{ა-გ.დ.}}). \quad (5)$$

ამრიგად,

$$L_{\text{მახ.-გ.}} = l_{\text{ა-გ.ლ.}} + B/24 \cdot l_{\text{გ.}} (t_{\text{ფ.მოლ.}} + t_{\text{ფ.}} + t_{\text{გად.}} + t_{\text{ა-გ.დ.}}). \quad (6)$$

მახარისხებელი პარკის რეკომენდებული კონსტრუქციების ლიანდაგების რაოდენობის დადგენა შეიძლება ფორმულით:

$$m_{\text{მ.ს.}} = m_{\text{ლ.რ.მ.ს.პ.}} + m_{\text{ლ.რ.მაჯ.პ.}},$$

სადაც  $m_{\text{ლ.რ.მ.ს.პ.}}$  მახარისხებელ პარკში ლიანდაგთა რაოდენობაა მუშაობის ჩვეულებრივ პირობებში;  $m_{\text{ლ.რ.მაჯ.პ.}}$  – დამატებითი მოკლე ლიანდაგების რაოდენობა მაჯგუფებელ პარკებში. მაგალითად, თუ ჩვეულებრივ პირობებში  $m_{\text{ლ.რ.მ.ს.პ.}}=12$ -ს, მაშინ რეკომენდებული სქემებით (ნახ. 1 და ნახ. 2)  $m_{\text{მ.ს.}} = 22$ -ს.

როგორც წესი, მაჯგუფებელი პარკების დაპროექტება ხდება მოკლე ლიანდაგებით, რომელთა სიგრძის დადგენა შეიძლება შემდეგი გამოსახულების საფუძველზე:

$$L_{\text{მაჯ.პ.}} = L_{\text{შემაღ.ს.}} / x_{\text{ჯ.რ.}} \cdot K_{\text{უთან.კ.}}, \text{ მ}, \quad (7)$$

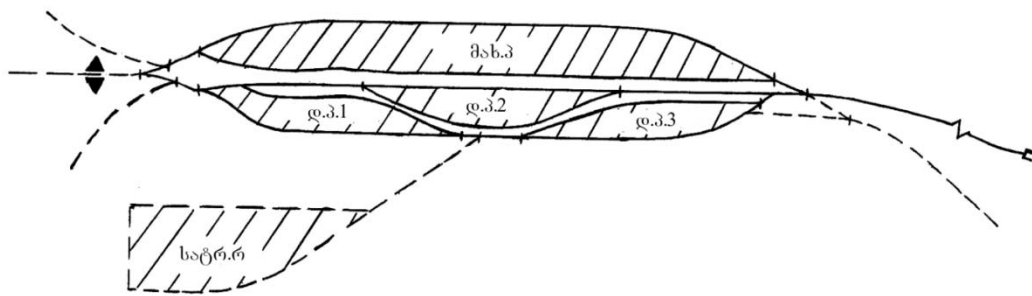
სადაც  $L_{\text{შემაღ.ს.}}$  სატვირთო მატარებლების შემაღგენლობის სიგრძეა, მ;

$x_{\text{ჯ.რ.}}$  – ვაგონთა ჯგუფების რაოდენობა მატარებლების შემაღგენლობაში;

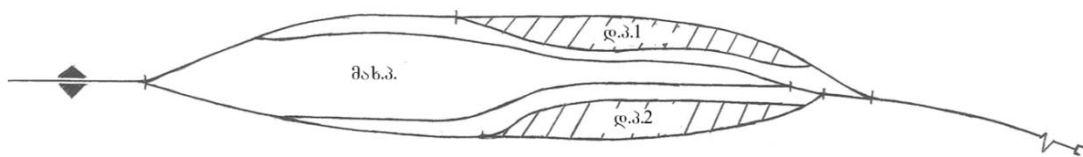
$K_{\text{უთან.კ.}}$  – შემაღგენლობაში ვაგონთა ჯგუფების უთანაბრობის კოეფიციენტი ( $K_{\text{უთან.კ.}} = 1,1-1,25$ ).

ჩვეულებრივ, მაჯგუფებელ პარკებში მოკლე ლიანდაგების სიგრძე მატარებელთა ფორმირების არსებულ პირობებში მერყეობს 100 – 150 მ ფარგლებში.

ჩვენ მიერ რეკომენდებული ფორმულების საფუძველზე ჩატარებული გაანგარიშებების მიხედვით, შედგა სპეციალური ცხრილი და აგებულ იქნა დიაგრამა მახარისხებელი ლიანდაგების სიგრძეთა ოპერატიული განსაზღვრისათვის მუშაობის სხვადასხვა პირობის დროს. ასეთ გაანგარიშებათა შედეგები მოცემულია ცხრილში, ხოლო დიაგრამა – მე-3 ნახ-ზე.



ნახ. 1. მახარისხებელი პარკისა და სატვირთო რაიონის განვითარების სქემა



ნახ. 2. მახარისხებელი პარკის განვითარება სატვირთო ფრონტების ვაგონთა ჯგუფის აკრებისა და მათი ჯგუფურ სატრანზიტო მატარებლებში გაცვლისას

საწყის მონაცემებად მიღებულია: მიმღებ-გამგზავნ ლიანდაგთა სასარგებლო სიგრძე:  $l_{\text{მ-გ.ლ.}} = 850$  და  $1050$  მ;  $l_{\text{გ.}} = 15$  მ;  $t_{\text{მ.ფ.მოლ.}} = 0,08$  სთ;  $t_{\text{მ.ფ.}} = 0,5$  სთ;  $t_{\text{გ.ად.}} = 0,08$  სთ;  $t_{\text{გ.ად.}} = 0,5$  სთ;  $t_{\text{მ-გ.დ.}} = 0,08$  სთ.

მახარისხებელ ლიანდაგთა სასარგებლო სიგრძე ვაგონნაკადის სხვადასხვა სიმძლავრის (რაოდენობის) პირობებში:

$$L_{\text{მ.ს.ლ.}} = l_{\text{მ-გ.ლ.}} + l'_{\text{დამ.ს.}} \text{ ან } L_{\text{მ.ს.ლ.}} = l_{\text{მ-გ.ლ.}} + B/24 \cdot l_{\text{გ.}} (t_{\text{მ.ფ.მოლ.}} + t_{\text{მ.ფ.}} + t_{\text{გ.ად.}}), \quad (8)$$

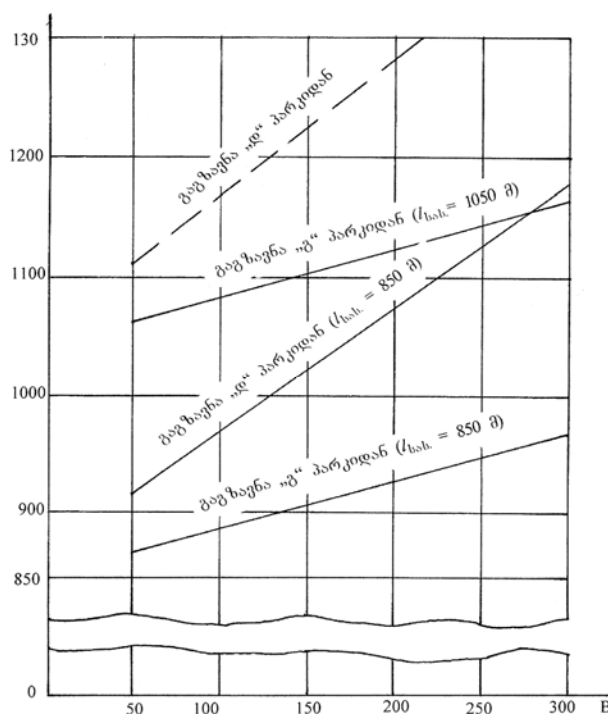
$$L_{\text{მ.ს.გ.}} = l_{\text{მ-გ.ლ.}} + l'_{\text{დამ.ს.}} + l''_{\text{დამ.ს.}}$$

ა6

$$L_{\text{მ.ს.გ.}} = l_{\text{მ-გ.ლ.}} + B/24 \cdot l_{\text{გ.}} (t_{\text{მ.ფ.მოლ.}} + t_{\text{მ.ფ.}} + t_{\text{გ.ად.}} + t_{\text{მ-გ.დ.}}). \quad (9)$$

## მახარისხებელი ლიანდაგების სიგრძეთა განსაზღვრა

| მახარისხებელი<br>ლიანდაგთა სიგრძე | ვაგონნაკადის ზომები |               |                |                |                |                |
|-----------------------------------|---------------------|---------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
|                                   | B=50                | B=100         | B=150          | B=200          | B=250          | B=300          |
| სმ-გლ.                            | 850 (1050)          |               |                |                |                |                |
| ს'დამს.                           | 20                  | 40            | 60             | 80             | 100            | 120            |
| L <sub>მახ.ლ.</sub>               | 870<br>(1070)       | 890<br>(1090) | 910<br>(1110)  | 930<br>(1130)  | 950<br>(1150)  | 970<br>(1170)  |
| ს''დამს.                          | 35                  | 70            | 105            | 140            | 175            | 210            |
| L <sub>მახ.გამგ.</sub>            | 905<br>(1105)       | 960<br>(1160) | 1015<br>(1215) | 1070<br>(1270) | 1125<br>(1325) | 1180<br>(1380) |



ნახ. 3. მახარისხებელი ლიანდაგების სასარგებლო სიგრძის განსაზღვრის დიაგრამა

## დასკვნა

ახალი ტიპის არასპეციალიზებული სატვირთო სადგურების სქემების პრაქტიკაში ფართოდ დანერგვისათვის აუცილებელია ზუსტი გაანგარიშების საფუძველზე არსებული ინსტრუქციების, წესებისა და მეთოდების გათვალისწინებით ისეთი გადაწყვეტილებების მიღება, სადაც განსაზღვრული იქნება ტექნიკურ-ეკონომიკური დასაბუთებით რეკომენდებული სიახლეების პირობები და ადგილობრივი ტვირთებისა და ვაგონების გადამუშავების ზომებისათვის მათი ზრდის პერსპექტივები.

## ლიტერატურა—REFERENCES—ЛИТЕРАТУРА

1. Савченко И. Е., Акулиничев В. М. Правдин Н. В. и др. Железнодорожные станции и узлы/ Под ред. В. М. Акулиничева. М.: Транспорт, 1992.
2. Ветрухов Е. А., Гулев Я. Ф. Грузовые станции. М.: Транспорт, 1974.
3. Правдин Н. В., Щубко В. Г. Железнодорожные станции и узлы (задачи, примеры, расчеты). М.: Маршрут, 2005.

### MATHEMATICAL CALCULATION OF RAILWAY DEVELOPMENT SCHEMES FOR NEW NON-SPECIALIZED FREIGHT STATIONS

**B. Didebashvili, G. Telia, A. Kakabadze, T. Kotrikadze, G. Chubinidze**

(Georgian Technical University)

**Resume:** As it is known Georgia represents the transit country. It is introduced Akhalkalaki-Kars line, which is being under construction of Tbilisi Bypass Railway. This requires the planning of new railway stations, or modernization-reconstruction of existing stations, because their schemes did not meet the modern requirements. The development of freight stations should define on the basis of analysis of deep calculation, with its taking into account of real conditions, with perspectives of local freight and car traffic volumes growth and determination of required reserves.

**Key words:** non-specialized freight station; collector; stage; departure routes; railway yard; transit train; reception and sender line; multy-group train; hump yard; make-up siding.

## ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫЙ ТРАНСПОРТ

### МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРЕДЛОЖЕННЫХ ОБРАБОТАННЫХ РЕЛЬСОВЫХ СХЕМ ДЛЯ НОВЫХ НЕСПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ ГРУЗОВЫХ СТАНЦИЙ

**Дидебашвили Б. Ш., Телиа Г. Ш., Какабадзе А. Д., Котрикадзе Т. И., Чубинидзе Г. И.**

(Грузинский технический университет)

**Резюме:** Грузия известна как транзитная страна, где строится и скоро откроется новая транзитная магистраль — железнодорожная линия Карси-Ахалкалаки, объездная дорога г.Тбилиси. Это требует проектирования новых железнодорожных станций или реконструкции-переделывания существующих станций, потому что их схемы уже не отвечают современным требованиям.

В развитие грузовых станций обязательно следует установить расчет и глубокий анализ в реальных условиях работ: роста местных грузов и вагонопотока в будущем, а также определение обязательных резервов.

**Ключевые слова:** неспециализированные грузовые станции; наборные, участковые, отправочные маршруты; сортировочный парк; транзитный поезд; приемо-отправочный путь; многогрупповой поезд; сортировочная горка; тупик формирования.

### ფეიხოს (*Feijoa Sellowiana* L) კულტივირების პერსპექტივები საქართველოში

#### დავით წურწუშია, თამარ კაჭარავა

(საქართველოს აგრარული უნივერსიტეტის ჩაის, სუბტროპიკული კულტურებისა და ჩაის მრეწველობის ინსტიტუტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი)

**რეზიუმე:** შესწავლილია ფეიხოს (*Feijoa Sellowiana* L) ბიოლოგიური თავისებურებები, ხარისხისა და პროდუქტიულობის მაჩვენებლები ეკოსისტემის პარამეტრების მიხედვით, მისი მდგრადი გამოყენების პერსპექტივები. ფეიხოს ნაყოფი მდიდარია C ვიტამინით, იოდით (57.41 მკ %), შეიცავს დიდი რაოდენობით საქაროზას, პექტინს, უჯრედის (ლაქტოზას), ხოლო ამ ეგზოტიკური ნაყოფის კანი – ანტიოქსიდანტებს. ძალზე აქტუალურია და დიდი მნიშვნელობა აქვს ფეიხოს სამრეწველო პლანტაციების გაშენებისას მაღალნაყოფიერი დიაგნოსტიკის სისტემის ბლოკში (ნიადაგი–გარემო–მცენარე–სასუქი–მოსავალი) აგრობიოლოგიური თავისებურებების გათვალისწინებას.

**საკვანძო სიტყვები:** სამრეწველო პლანტაცია, ნაყოფი, ბიოლოგიურად აქტიური ნივთიერებები.

#### შესავალი

საქართველოს უნიკალური ფიზიკურ-გეოგრაფიული და კლიმატურ-ნიადაგობრივი პირობები ფლორის მრავალფეროვნებას განაპირობებს და მნიშვნელოვან სახეობათა კულტივირების შესაძლებლობებს იძლევა. საკვებად, სამკურნალოდ თუ კოსმეტიკაში ფართოდ გამოიყენება მცენარეული წარმოშობის საშუალებები. მათი მოხმარების მასშტაბები ბოლო წლებში მთელ მსოფლიოში სწრაფად იზრდება და ეს არც არის გასაკვირი, რადგან ქიმიური (სინთეზური) პროდუქტების გამოყენებას თან ახლავს მრავალი თანამდევი გართულება, რისგანაც ფიტოპროდუქტები მთლიანად დაზღვეულია.

საქართველო ძვირფასი სუბტროპიკული კულტურების (ჩაი, ციტრუსები, ფეიხოა, აქტინიდა და სხვ.) მწარმოებელი ქვეყანაა. სუბტროპიკული სოფლის მეურნეობა ძირითადად კონცენტრირებულია დასავლეთ საქართველოს შავი ზღვისპირა ტენიან სუბტროპიკულ ზონაში, რომლის ფართობი დაახლოებით 400 ათას ჰა-ს შეადგენს. ზემოაღნიშნულ პროდუქციაზე გაზრდილი მოთხოვნილება და ქვეყნის შემდგომი სოციალურ-ეკონომიკური განვითარება ხელს შეუწყობს გამოუყენებელი რეზერვების გამოვლენას და ინოვაციური ტექნოლოგიების დანერგვას. ამ თვალსაზრისით დიდი მნიშვნელობა ენიჭება კოლხეთის დაბლობის დაჭაობებული მიწების შემდგომ დაშრობას და ათვისებას ისე, რომ არ დაირღვეს მისი ეკოლოგიური წონასწორობა.

#### ძირითადი ნაწილი

კოლხეთის დაბლობი და მისი შემომსაზღვრელი მთისწინა ფერდობები, სადაც გაშენებულია სუბტროპიკული კულტურები, უნიკალურია თავისი გეოგრაფიული მდებარეობით. აღნიშნული ტერიტორია მისი განედების მიხედვით ( $41^{\circ} 30'$  და  $44^{\circ} 30'$ ), მართალია, არ ეკუთვნის სუბტროპიკულ ზონას, მაგრამ აქ კლიმატის სუბტროპიკულობას განაპირობებს ორი ფაქტორი: კავკასიონის მთავარი ქედი, რომლის საშუალო სიმაღლე ზ. დ. 3000-4000 მ-ია, და შავი ზღვის აუზის თერმული როლი. სუბტროპიკული კულტურების გაშენებისას ყურადღება უნდა მიექცეს დაბალი ტემპერატურების განმეორებადობის სიხშირეს. ამ მხრივ აჭარის ზღვისპირა ზოლის შემდეგ ყველაზე მისაღები პირო-

ბებით გამოირჩევა კოლხეთის დაბლობი. მნიშვნელოვანია ის ფაქტი, რომ ფეიხოსი კულტურა არ ზიანდება მინუს 12–15 °C ყინვების დროს და ესეც განაპირობებს მისი გავრცელების პერსპექტიულობას [1].

სუბტროპიკული კულტურებიდან, როგორც უკვე აღვნიშნეთ, განსაკუთრებულ ყურადღებას იმსახურებს ფეიხოა განუშეორებელი გემოთი, არომატით, კვებითი ღირებულებით და სამკურნალო-დიეტური თვისებებით. ეს უნიკალური მცენარე საინტერესოა დეკორატიული თვალსაზრისითაც – მისი ვარჯი კომპაქტურია, მოვერცხლისფრო-მწვანედ შეფოთილი, ახასიათებს ხანგრძლივი ყვავილობა, რომელიც ორ თვემდე გრძელდება; ეს ყველაფერი ძალზე თვალწარმტაცია და არაჩვეულებრივ შთაბეჭდილებას ტოვებს.

პირველი ცნობები საქართველოში ფეიხოსი შემოტანის შესახებ გვხვდება ვ. მარკოვიჩის 1909 წლის ნაშრომში. ავტორს სოხუმის სასოფლო-სამეურნეო საცდელი სადგურის ანგარიშებში მოჰყავს ზოგიერთი მასალა ამ კულტურის ისეთი ბიოლოგიური თავისებურებების შესახებ, როგორიცაა ფენოლოგია, ყვავილობა, პროდუქტიულობა და სხვ. ეს ფაქტი იმაზე მიუთითებს, რომ 1905 წლისათვის აფხაზეთში უკვე ყოფილა ფეიხოსი მსხმოიარე მცენარეები. აფხაზეთიდან ფეიხოა სწრაფად გავრცელებულა საქართველოს სხვა რეგიონებში, შემდეგ კი მის ფარგლებს გარეთაც (აზერბაიჯანი, კრასნოდარის მხარე და სხვ).

ფეიხოა (*Feijoa Sellowiana Berg*) ეკუთვნის მირტიცებრთა (*Myrtaceae*) ოჯახს, რომელიც აერთიანებს 72 გვარს და 35000-მდე სახეობას. ფეიხოსი სამშობლო სამხრეთ ამერიკაა (ბრაზილია, პარაგვაი, ურუგვაი, არგენტინა), სადაც ის ქვეტყის სახით იზრდება ტროპიკულ ტყეებში. კულტურაში ცნობილია ორი სახეობა: *Feijoa Ovata* და *Feijoa Sellowiana*. მეორე სახეობა თავდაპირველად გავრცელდა, როგორც სამკურნალო, შემდეგ კი, როგორც ფართო მოხმარების მცენარე.

ფეიხოა მარადმწვანე ბუჩქოვანი, 2–3 მ-მდე სიმაღლის სინათლის მოყვარული მცენარეა, მისი ვარჯი კომპაქტურია, უფრო იშვიათად – გაშლილი. ტოტები დაფარულია მორუხო ქერქით, ერთწლიანი ტოტები ღია მწვანე ფერისაა და შებუსუსი, ორწლიანი – მიხაკისფერია და ოდნავ შებუსუსი, უფრო ხნიერი ტოტები კი მიხაკისფერია და შებუსუსის გარეშე. ფეიხოსი კიდემთლიანი, მობლაგვო, ელიფსის ფორმის, ერთმანეთის მოპირდაპირედ მჯდომი ტყავისებრი ფოთლების ზედა მხარე მუქი მწვანე ფერისაა, ქვედა კი მორუხო-მოვერცხლისფრო ბუსუსითაა დაფარული. ფოთოლი ხელში გასრესისას სასიამოვნო სუნს გამოსცემს. ყვავილები დიდი ზომისაა, მარტოულა, წყვილად მოთავსებული ან 3–5 ყვავილით ყვავილედებად შეკრებილი. ყვავილი გამოდის ფოთლის იდლიაში მიმდინარე წლის ნახარდების (2,8–3,5 სმ სიგრძის) ქვედა მუხლებთან; ჯამი 4–7-ფოთლიანია, გარედან მწვანე ფერის და შიგნით მოწითალო-მიხაკისფერი გვირგვინის 4 ფურცლით. მტვრიანები მრავალია, თეთრდინგიანი კაშკაშა წითელი ფერის ბუტკო მტვრიანებზე გრძელია. ლამაზი ყვავილებისა და ფოთლების თავისებური შეფერვის გამო მცენარე ყვავილობის პერიოდში მეტისმეტად ლამაზია. თუმცა, როგორც მრავალწლიანი დაკვირვებებიდან ირკვევა, ყვავილთაგან მხოლოდ 85 % ია ნაყოფის მომცემი.

ფეიხოსი მრგვალი, ოვალური ან ოვალურ-წაგრძელებული ფორმის 2,1–4,2 სმ სიგრძის ნაყოფის მასა 15–40 გ-მდეა. აქვს მუქი მწვანე ფერის, მოთეთრო ნაფიფქით დაფარული და ხორკლიანი, ოდნავ მწკლარტე, ერთ მხარეს შეწითლებული თხელი კანი, კანქვეშ – მოთეთრო მარცვლოვანი მასის შრე. ამ შრის შიგნით კი ლაბისებრი, ნახევრად გამჭვირვალე, მოთეთრო ქელეს მსგავსი რბილობია. ნაყოფში 20–60-მდე წვრილი თესლია. მდნარი, გემრიელი, ხშირ შემთხვევაში მარწყვის ან ანანასისმაგვარი საუცხოო არომატის მქონე ნაყოფის რბილობი ტკბილია და მომჟავო. იგი მწიფდება ოქტომბერ-ნოემბერში, მოკრეფა შეიძლება მაშინ, როდესაც იწვებს ცვენას. ნაყოფის ტრანსპორტირება მიზანშეწონილია არამწიფე მდგომარეობაში, რადგან ამ დროს ნაკლებად ზიანდება.

ფეიხოა მიეკუთვნება ქსეროფიტულ მცენარეთა ჯგუფს, რაც ამ მცენარის გვალვაგამძლეობაზე მიუთითებს. ფოთლები ანატომიური აგებულებით ქსერომორფული ხასიათისაა, მცენარის ზრდა-განვითარებას ტენი სხვა სუბტროპიკულ კულტურებთან შედარებით ნაკლებად სჭირდება. ჩვენი დაკვირვებები ადასტურებს, რომ ფესვთა სისტემის ზედაპირულად განლაგების გამო იგი პაერის სიმშრალეს უფრო იტანს, ვიდრე ნიადაგისას. ფეიხოსი კულტურისათვის საჭირო ნალექების წლიური რაოდენობა 750–1000 მმ-ით განისაზღვრება. თუ ნალექების წლიური რაოდენობა 750 მმ-ზე ნაკლებია, ამ შემთხვევაში მცენარის ზრდა-განვითარების ნორმალური პირობების შესაქმნელად აუ-

ცილებელია მისი მორწყვა. ფეხისათვის მისაღებია ალუვიური ღრმა ნიადაგები, თუმცა ეგუება სიღნარ და თიხნარ ნიადაგებსაც.

ფეხისა მრავლდება თესლით, დაკალმებით, გადაწვევით. თესლიდან მიღებული ჩითილი 5 წლის შემდეგ იძლევა მოსავალს. ფეხისა, როგორც ყველა სხვა ხეხილი, თესლით გამრავლების დროს ამჟღავნებს ნიშან-თვისებათა ძლიერ გათიშვას. ამიტომ გვხვდება მისი უამრავი ფორმა. ფორმათა დიდი სიჭარბე შეინიშნებოდა იმ ნაკვეთებშიც, სადაც დაკვირვებები ტარდებოდა [1].

ამჟამად ფეხისის კულტურაში გვხვდება შემდეგი ფრანგული ჯიშები: ანდრე, ბესონი და ჰერე. მათ შორის უპირატესობით გამოირჩევა და უფრო მეტადაა გავრცელებული ანდრეს ჯიში. მისი ნაყოფი მოგრძო ან ოვალური ფორმისაა. ნაყოფის ფუძე მომრგვალებულია, წვერი კი – მრგვალი; კანი მოუხეშოა, ღია მწვანე ფერის, მოთეთრო ელფერით. რბილობიც მოთეთროა, წვნიანი, სურნელოვანი, სასიამოვნო არომატით. თესლები მცირე რაოდენობითაა, თანაც ძალიან წვრილია. ნაყოფი მწიფდება ნოემბერ-დეკემბერში. თვითგამანაყოფიერებელი (თვითფერტილური) ჯიშია, ხასიათდება უხვმსხმოიარობით [1, 2].

კალიფორნიული ჯიშებიდან ჩვენში გავრცელებულია ჩოისვანა, სუპერმა და კულიჯი. ჩოისვანას ნაყოფი დიდი ზომისაა, სიმეტრიული, ოვალური, საუცხოო გემოს მქონე ადრეული ჯიშია. მწიფდება ოქტომბერ-ნოემბერში. ამ ჯიშის ნაკლია ის, რომ საჭიროებს დამტვერვას და ამდენად დამამტვერიანებელ ჯიშებთან ახლოს დარგვას. სუპერმა 3,5 მ-მდე სიმაღლისაა, მსხმოიარობს მეოთხე წლიდან. მისი ნაყოფი წააგავს ჩოისვანას ნაყოფს, ისიც დიდი ზომისაა, არომატულია და ძალიან გემრიელი. ძირითადად მსხლის ფორმა აქვს, გვხვდება მომრგვალო ფორმებიც. მწიფდება უფრო გვიან, ვიდრე ჩოისვანა. კულიჯი თვითგამანაყოფიერებელი ჯიშია და არ საჭიროებს დამამტვერიანებელს. ნაყოფი გრძელია, სწორი, გლუვი, ოვალური; ზომით ზემოთ აღწერილ ჯიშებთან შედარებით უფრო პატარაა [1, 3].

ექსპერიმენტებით დადგენილია, რომ ფეხისის ნაყოფი შეიცავს ბიოლოგიურად აქტიურ ისეთ ნივთიერებებს, როგორიცაა შაქრები (7–12 %), ორგანული მჟავები, კატექინები, პექტინოვანი ნივთიერებები (25 %-მდე), უჯრედისი, მაკრო- და მიკროელემენტები: თუთია, სპილენძი, რკინა, ფოსფორი, ნატრიუმი, კალციუმი, მანგანუმი, კალიუმი; C, PP და B ჯგუფის ვიტამინები; ეთეროვანი ზეთები. ფეხისის ნაყოფის მთავარი ღირსებაა იოდის შემცველობა – დაახლოებით 30 მკ/100 გ ნაყოფზე, ზოგჯერ მეტიც, რითაც იგი მხოლოდ წყალმცენარეებს თუ უტოლდება.

აბაშისა და ჩოხატაურის რაიონებიდან 2012 წელს აღებულ ფეხისის ნაყოფების ნიმუშებში განესაზღვრეთ ბიოლოგიურად აქტიური ნივთიერებები (იხ. ცხრილი).

ცხრილი

#### ბიოლოგიურად აქტიურ ნივთიერებათა შემცველობა ფეხისის ნაყოფში

| ნიმუშების აღების ადგილი | მშრალი ნივთიერება % | შაქრების საერთო ჯამი, % | ვიტამინი C, მკ % ნედლი მასიდან | იოდის შემცველობა, მკ % |
|-------------------------|---------------------|-------------------------|--------------------------------|------------------------|
| აბაშის რ-ნი             | 14,3                | 10,5                    | 183,1                          | 50,4                   |
| ჩოხატაურის რ-ნი         | 13,8                | 11,2                    | 185,2                          | 51,2                   |

ექსპერიმენტების შედეგების გაანალიზების შედეგად დადგინდა, რომ ნაყოფის საშუალო მასა მერყეობდა 10,6-დან 63,5 გ-მდე, სიგრძე კი – 29,6-დან 76,6 მმ-მდე. ერთი მცენარის საშუალო პროდუქტიულობამ 15-დან 20 კგ-მდე შეადგინა. აღსანიშნავია ის გარემოებაც, რომ მცენარის სხვადასხვა ნაწილში იოდი არათანაბრად იყო განაწილებული. ცვალებადობის ამპლიტუდა მერყეობდა 4,4-დან 162,8 მკ %-მდე ნედლ მასაზე გადაანგარიშებით. პირველ ადგილზე იყო ფოთლები და ყლორტები, რომლებშიც იოდის შემცველობა აღწევდა, შესაბამისად, 162,74 და 122,95 მკ %-ს ნედლი მასიდან. იოდი ყველაზე მეტი რაოდენობით (57,41 მკ %) აღმოჩნდა ნაყოფის კანში, საგრძნობლად მაღალი მაჩვენებელი (53,13 მკ %) დაფიქსირდა ნაყოფის შუა ნაწილში, ხოლო პერიფერიებისაკენ (თავსა და ბოლოში) კლებულობდა (23,09 მკ %-მდე). აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ იოდის შემცველობა ნაყოფში იცვლებოდა 4,4-დან 53,5 მკ %-მდე, რაც დამოკიდებული იყო ფორმა-სახეობაზე,

მომწიფების პერიოდებზე, კრეფის ვადებზე, ნიადაგურ-კლიმატურ პირობებსა და სხვა მრავალ აგროტექნიკურ ღონისძიებაზე.

ფეიხოს ნაყოფის სასაქონლო ღირებულება საკმაოდ მრავალფეროვანია და სწორედ ამიტომ წარმოადგენს იგი მეტად მნიშვნელოვან ნედლეულს კვების მრეწველობისათვის. ნაყოფის ძლიერი, მყარი და სასიამოვნო არომატი, წვრილი თესლი, რბილობის თხელი კანი, მოხერხებული ფორმა და ზომა საშუალებას იძლევა სათანადო გადამუშავებით მივიღოთ საუკეთესო ხარისხის პროდუქტები: ქულე, ჯემი, მარმელადი, მურაბა, კომპოტი, ლიქიორი, სიროფები და სხვ. ამ მიზნით შეიძლება გამოვიყენოთ ასევე არასტანდარტული ნაყოფებიც. ფეიხოს ნაყოფში კონცენტრირებულია ანანასის, მარწყვის და ღიმონის არომატი და გემო, რასაც განაპირობებს ნაყოფში შემავალი ნივთიერება მეთილ-ბენზოატი. ამიტომ ეს თვისება შეიძლება გამოყენებულ იქნეს სხვა პროდუქტების არომატიზაციისთვისაც.

ფეიხოს ნაყოფებს აქვს სამკურნალო თვისებებიც; მაგალითად, რბილობის მიღება დადებით გავლენას ახდენს გულსისხლძარღვთა სისტემის მდგომარეობაზე, ამცირებს ქოლესტერინის შემცველობას; მასში შემავალ ეთერზეთებს ახასიათებს ანტიბაქტერიული თვისებები და კარგი საშუალებაა ვირუსული დაავადების პრევენციისათვის; გამოიყენება კოსმეტიკური მიზნითაც კანის დეფექტების დროს; იოდის შთამბეჭდავი შემცველობის გამო ნაყოფი კარგი პროფილაქტიკური საშუალებაა ფარისებრი ჯირკვლებისა და პიელონეფრიტის სამკურნალოდ. ფეიხოს კანი შეიცავს ლეიკოანთოციანებსა და კატექინებს, წარმოადგენს ძლიერ ანტიოქსიდანტებს და ხელს უშლის დაბერების პროცესს [2].

უნდა აღინიშნოს, რომ ნახშირწყლების მაღალი შემცველობის და კალორიულობის (49 კ/კალ) გამო ფეიხოს ნაყოფს უნდა მოერიდონ დიაბეტით დაავადებული ადამიანები.

## დასკვნა

ამრიგად, სასარგებლო მცენარეთა, მათ შორის ფეიხოს, წარმოების ტექნოლოგიური სექტორის ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი პრიორიტეტია უხვმოსავლიანი, ბიოლოგიურად აქტიურ ნივთიერებათა შემცველი სამრეწველო პლანტაციების გაშენება აგრობიოლოგიური თავისებურებების გათვალისწინებით. იგი პროდუქტიული დიაგნოსტიკის სისტემის ბლოკში (ნიადაგი-გარემო-მცენარე-სასუქი-მოსავალი) აქტუალური, ამასთან, საკმაოდ რთული და ძვირად ღირებული პროცესია, რადგან მუდმივ განახლება-გაუმჯობესებას საჭიროებს. ამ უნიკალური ფიტოპროდუქტების ბაზარი კი მკაცრად ლიმიტირებულ, ძვირ, სტაბილურად შემოსავლიან წყაროდ ითვლება უცხოეთში. ამიტომაც ხელი უნდა შეეწეოს ჩვენში მის დამკვიდრებას. სასურველია, შეიქმნას ეფექტური ინოვაციური ტექნოლოგიებით კლიმატის ცვლილების ფონზე მოქნილი მენეჯმენტი და მომხმარებელთა მარკეტინგის სისტემის გათვალისწინებით ეკოლოგიურად უსაფრთხო ფიტოპროდუქტების მიღების ინდუსტრია, რაც დადებითად იმოქმედებს ქვეყნის ეკონომიკის განვითარებაზე.

## ლიტერატურა—REFERENCES—ЛИТЕРАТУРА

1. ა. ხურციძე, დ. წურწუშია. ფეიხოს (Feijoa Sellowiana L) კულტივირების ინოვაციური ტექნოლოგიები კოლხეთის დაბლობზე. ISBN 978-9941-0-7358-8, ფოთი, 2014.
2. თ. კაჭარავა. სამკურნალო, არომატული, საწვლელებელი და შხამიანი მცენარეები. ISBN 978-9941-12-575-1, თბ., 2009.
3. Гвасалия В. П., Коваленко Н. В. Культура фейхоа. Тб., 1985.

### PERSPECTIVES OF CULTIVATION OF FEIJOA (*FEIJOA SELLOWIANA L*) IN GEORGIA

**D. Tzurtzumia, T. Kacharava**

(Tea, Subtropical Crops and Tea Industry Institute of Georgian Agricultural University, Georgian Technical University)

**Resume:** There is developed recommendations concerning historical and traditional priority – technology of production of ecologically sound standard raw materials and products feijoa (*Feijoa sellowiana L*), with the scale and character of scientific research having no analogue in the country. High-productive diagnosis model is created in the block: soil – environment – plant – fertilization – yield. Impact of ecosystems on productivity, quality of raw materials and products is differentiated. The biological properties of feijoa has been studied, also indicators of quality and efficiency, depending on the parameters of the ecosystem, its prospects for sustainable use. Its fruits are rich in vitamin C, iodine (57,41 mg %) contain large amounts of saccharose, pectin, fiber, peel of these exotic fruits rich in antioxidants.

**Key words:** industrial plantation; fruit; biologically active substances.

## СЕЛЬСКОЕ ХОЗЯЙСТВО

### ПЕРСПЕКТИВЫ ВЫРАЩИВАНИЯ ФЕЙХОА (*FEIJOA SELLOWIANA L*) В ГРУЗИИ

**Цурцумия Д. П., Качарава Т. О.**

(Институт чая, субтропических культур и чайной промышленности Грузинского аграрного университета, Грузинский технический университет)

**Резюме:** Создание промышленных плантаций фейхоа (*Feijoa sellowiana L*), с учетом их агробиологических особенностей в системе высокоплодородной диагностики в блоке: почва – окружающая среда – растение – удобрение – урожай весьма актуальны; масштабы и характер исследования, предложенные нами, аналогов в стране не имеют. Это уникальное растение хорошо приживается в Грузии, является не только весьма ценным и незаменимым сырьем для отечественной агропромышленности, но у него серьезная перспектива на экспорт. Изучены биологические свойства фейхоа, показатели качества и продуктивности в зависимости от параметров экосистемы, перспективы их устойчивого использования. Его плоды богаты витамином С, йодом (57,41 мг %), содержат большое количество сахарозы, пектина, клетчатки. Кожура этих экзотических плодов богата антиоксидантами.

**Ключевые слова:** размножение; плоды; биологически активные вещества.

### მთრიმლაჰი ნივთიერებების (ტანინების) ღინამიკა ღურღოჟე ტკბილის ალკოჰოლური ღუღილის პროცესში

ნუგზარ ბაღათურია, ნანა ბეგიაშვილი, მიქაელ გაბრიჭიძე

(საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის კვების მრეწველობის სამეცნიერო-კვლევითი ინსტიტუტი)

**რეზიუმე:** გამოკვლეულია მთრიმლაჰი ნივთიერებების (ტანინის) ცვლილებები ღურღოჟე ტკბილის ალკოჰოლური ღუღილის პროცესში წითელი ჯიშის ყურძნების (საფერავი, კაბერნე-სოვინიონი) გადამუშავებისას. დადგენილია ტექნოლოგიური ფაქტორების გავლენა ღვინომასალებისა და ღვინის ფიზიკურ-ქიმიურ და ორგანოლექტიურ მახვენებლებზე

**საკვანძო სიტყვები:** ყურძენი; ღურღო; ტკბილის ალკოჰოლური ღუღილი.

### შესავალი

ტანინები (მთრიმლაჰი ნივთიერებები) ძირითადად განლაგებულია ყურძნის მარცვლის კანსა და წიპწაში, ასევე ყურძნის მტევნის კლერტში. ყურძნის მარცვლის კანში ტანინი წარმოდგენილია თავისუფალი სახითაც (უჯრედის ვაკუოლებში) და ბმულ (უჯრედის მემბრანები) მდგომარეობაშიც. წიპწაში ტანინი იმყოფება როგორც გარე, ასევე შიგა შრეებში; ამასთან, მათი გამოყოფა (ექსტრაქცია) ალკოჰოლური ღუღილის პროცესში ძირითადად წიპწის გარე შრეებიდანაა შესაძლებელი.

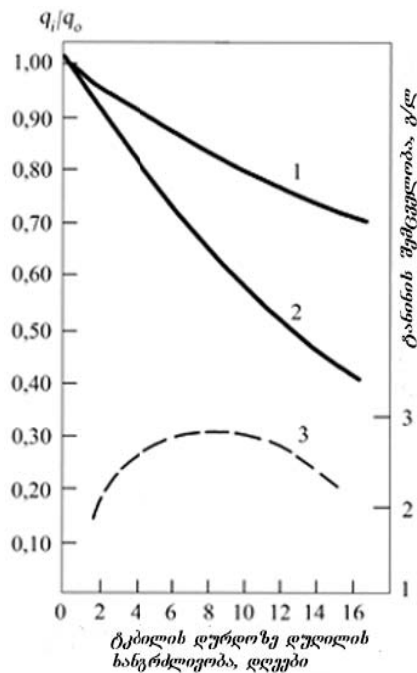
„წითელი ხერხით“ ყურძნის გადამუშავებისას ღვინომასალაში ტანინი გადადის მყარი ნაწილებიდან მისი ექსტრაქციის პროცესში. ტანინის გამოყოფის ხარისხი დამოკიდებულია როგორც ალკოჰოლური ღუღილის მიმდინარეობის პირობებზე (ტემპერატურა, მადულარი მასის მორევა), ასევე, ძირითადად, მცენარეულ ქსოვილში მისი განლაგების ადგილზე.

დიფუზიის კოეფიციენტი, რომელიც ახასიათებს მადულარ არეში ტანინის ექსტრაქციის სინქარეს, დამოკიდებულია ტანინის მოლეკულის ზომებზე, რომლებიც საგრძნობლად განსხვავდება ერთმანეთისაგან. ყურძენი შეიცავს ტანინის მონომერებს (ძირითადად, კატექინსა და ეპიკატექინს), დიმერებს, ტრიმერებს, ოლიგომერებს (3-დან 10 ერთეულამდე) და ტანინის პოლიმერებს. მათი პოლიმერიზაციის ხარისხი შეიძლება აღწევდეს მნიშვნელოვან სიდიდეებს, ხოლო მოლეკულური მასა 3500-ს. ამ ტანინებს კატექინურ, ანუ კონდენსირებულ, ტანინებს უწოდებენ. თვით კატექინები, ბუნებრივია, არ წარმოადგენს ტანინებს.

### ძირითადი ნაწილი

წიპწის ტანინი შედგება კატექინისა და ეპიკატექინისაგან. მათი პოლიმერიზაციის ხარისხი შეადგენს 10 ერთეულს. გარდა ამისა, ყურძნის მარცვლის კანის ტანინები შეიცავს პროდელფინიდინსაც, რომლის კონდენსაციის ხარისხი უფრო მაღალია და შეადგენს დაახლოებით 30 ერთეულს.

1-ლ ნახ-ზე მრუდი 3 მიუთითებს ტანინის გადასვლის ღინამიკას კანიდან და წიპწიდან ტკბილში ღურღოჟე ტკბილის ალკოჰოლური ღუღილის პროცესში. როგორც წარმოდგენილი მონაცემებიდან ჩანს, ტანინის დაგროვება წყდება ალკოჰოლური ღუღილის დაწყებიდან 7–10 დღეში. ამის შემდეგ ხდება დაგროვილი ტანინის ტკბილიდან გამოლექვა, ტკბილის ორგანული ნივთიერებებით გამდიდრებისა და ამით განპირობებული მისი გახსნის უნარის შემცირების გამო.

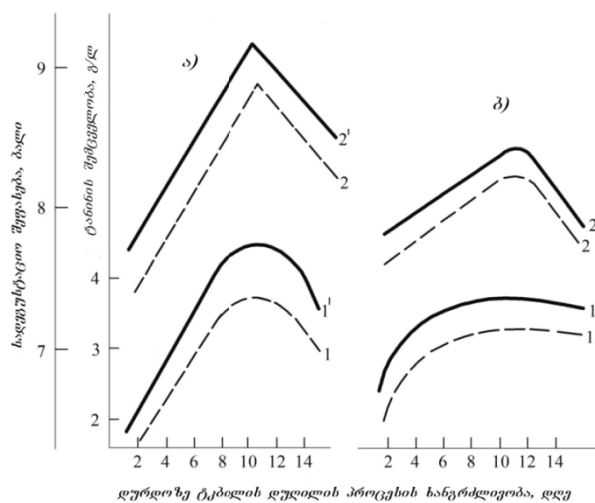


ნახ. 1. ტანინის შემცველობის ცვლილებები საფერავის ჯიშის ყურძნის მარცვლის კანში (1), წიპწასა (2) და მადულარ ტკბილში (3) დურდოზე ალკოჰოლური დუდილის მიმდინარეობის პროცესში.  $q_i$  – ტანინის ნარჩენი რაოდენობა ნედლეულში დროის  $t$  მომენტში;  $q_0$  – ტანინის საწყისი შემცველობა ნედლეულში

ტანინი კარგად იხსნება ეთილის სპირტში, ამიტომ ტკბილში ალკოჰოლის დაგროვებასთან ერთად იზრდება მასში ტანინის შემცველობაც.

მადულარ ტკბილში ტანინის ფერმენტული გარდაქმნა ხდება დუდილის პროცესის დაწყებისთანავე ფერმენტების ჯგუფის, ე.წ. პოლიფენოლოქსიდაზების მონაწილეობით. ორგანული ნივთიერებების ჟანგვითი ფერმენტული გარდაქმნა მიმდინარეობს მძაფრი დუდილის პერიოდის დადგომამდე, ანუ არა უმეტეს 3–5 დღის განმავლობაში და ამის შემდეგ გრძელდება ალკოჰოლური დუდილის დასრულების შემდეგაც, ღვინომასალის დაწდომისა და დავარების პერიოდში.

ტანინის დაჟანგვა იწვევს ღია ყვითელი ფერის ქინონების წარმოქმნას. ტანინის ფერმენტული დაჟანგვის გაგრძელებისას ჯერ ხდება არეში ქინონების დაგროვება, ხოლო შემდეგ მათი კონდენსაციის შედეგად წარმოქმნილი კომპლექსური შენაერთების – მელანინების წარმოქმნა და გამოლექვა.

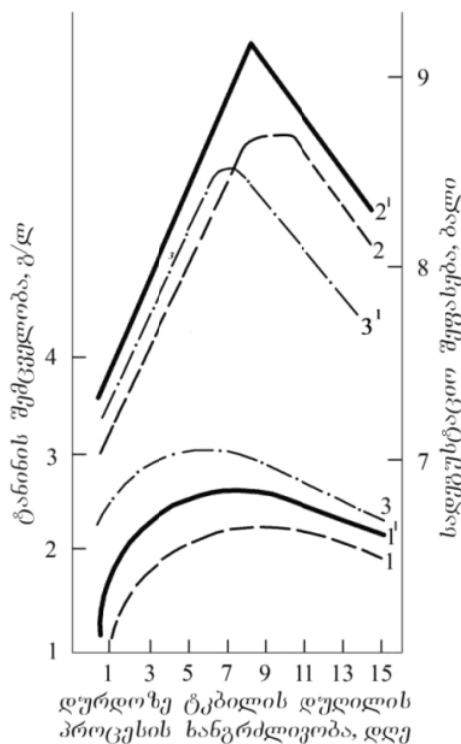


ნახ. 2. ღვინომასალებში ტანინის შემცველობისა (1, 1') და სადეგუსტაციო შეფასების (2, 2') მაჩვენებლების დინამიკა მადულარი მასის მორვეითა (—) და მორვეის გარეშე (---), მათი მიღებისას კახეთის სხვადასხვა მიკროზონაში (ა – კურდღელაური; ბ – შრომა) მიმდინარე ალკოჰოლური დუდილის პროცესებში

შაქრების დადულების შემდეგ ტანინებმა შეიძლება განიცადოს პოლიმერიზაცია. ისინი იერთებენ ცილებისა და პოლისაქარიდების მაკრომოლეკულებს. პოლიმერიზაციის შედეგად წარმოქმნილი კომპლექსური შენაერთები გადადის კოლოიდურ მდგომარეობაში და გამოილეკება.

ღვინომასალებში ტანინის დაგროვებაზე მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს მადუღარი ღურდოს მორევა (ნახ. 2). როგორც წესი, ალკოჰოლური ღუდილის პროცესში ღურდოს მორევა 10 – 15%-ით ზრდის მიღებულ ღვინომასალაში ტანინის შემცველობას. მადუღარი მასის მექანიკური მორევისას უმჯობესდება მისი აერაცია, რაც იწვევს ტკბილის ღვინომასალად გარდაქმნის პროცესის ინტენსიფიკაციას, რის შედეგადაც უმჯობესდება მიღებული ღვინომასალის ხარისხი.

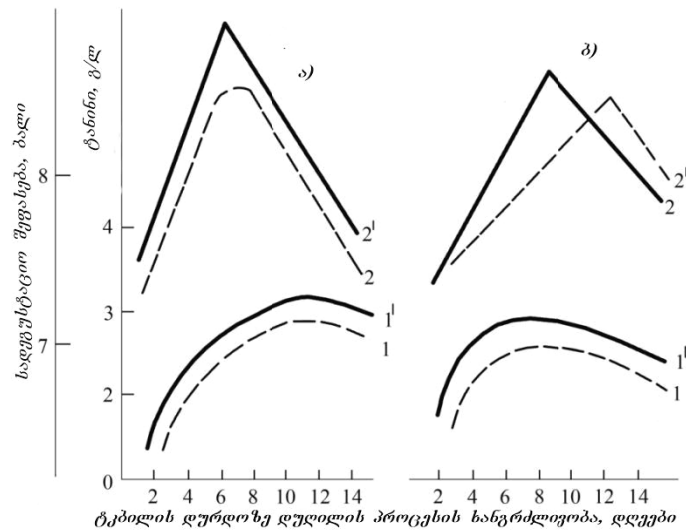
ყურძნის მარცვლის კანისა და წიპწის ტანინები სხვადასხვანაირ ზეგავლენას ახდენს ღვინის გემოზე. წიპწის ტანინები განსაზღვრავს ღვინის სტრუქტურასა და „სხეულს“, მაშინ როდესაც მარცვლის კანიდან გამოყოფილი ტანინი ღვინოს ანიჭებს სირბილესა და ხავერდოვნებას. ასეთივე დადებით გავლენას ახდენს ღვინოზე პოლისაქარიდების მიერ შებოჭილი ტანინებიც.



ნახ. 3. ღვინომასალებსა და ღვინოებში ტანინის შემცველობისა და სადეგუსტაციო შეფასების მაჩვენებლების დინამიკა მადუღარი მასის მორევითა (—) და მორევის გარეშე (- - -) მიღებისას მიმდინარე ალკოჰოლური ღუდილის პროცესებში. 1,1' – ტანინის შემცველობა ღვინოში; 2,2' – ღვინის სადეგუსტაციო შეფასება; 3 – ტანინის შემცველობა ღვინომასალაში; 3' – ღვინომასალის სადეგუსტაციო შეფასება

ტანინის რაოდენობრივი შემცველობის ზრდასთან ერთად ღურდოზე ალკოჰოლური ღუდილის პირველი 10 დღის განმავლობაში იზრდება ღვინომასალების ორგანოლეპტიკური მაჩვენებლები. მე-3 ნახ-ზე წარმოდგენილი მრუდების ანალიზი ცხადყოფს, რომ ღვინომასალების ორგანოლეპტიკური მაჩვენებლების გაუარესება იწყება მათში ტანინის შემცველობის შემცირებისთანავე.

ტანინების ქიმიური გარდაქმნის რეაქციები ძირითადად გრძელდება ღვინომასალების დაგროვებისას. ტანინები, როგორც ძლიერი ანტიოქსიდანტები, პირველ რიგში იჟაგება. ამის შემდეგ ჟანგვითი პროცესები გრძელდება და მათში ერთვება სხვა ნივთიერებებიც. ქიმიური რეაქციები ენზიმატურთან შედარებით ბევრად უფრო ნელა მიმდინარეობს.



ნახ. 4. კაბერნე-სოვინიონისა (ა) და საფურავის (ბ) ღვინომასალებში ტანინის შემცველობისა ( 1, 1') და სადეგუსტაციო შეფასების (2, 2' ) მაჩვენებლების დინამიკა, მადულარი მასის მორევიითა (-) და მორევის გარეშე (- -) მათი მიღებისას

მე-3 ნახ-ზე მოცემული 3 და 1,1' მრუდების შედარება ცხადყოფს, რომ დაგარგებულ ღვინოში ტანინი უფრო ნაკლები რაოდენობითაა, ვიდრე ღვინომასალებში, რაც იმით აიხსნება, რომ ახალ-გაზრდა ღვინოებში გრძელდება ტანინის პოლიმერიზაციისა და კონდენსაციის რეაქციები. ამასთან, ღვინის ორგანოლექტიკური მაჩვენებელი, რომელიც წარმოადგენს ღვინომასალებსა და ღვინოში მიმდინარე ორგანულ ნივთიერებათა კომპლექსის ქიმიური გარდაქმნების ჯამურ შედეგს, გაცილებით უფრო მაღალია ღვინომასალებთან შედარებით.

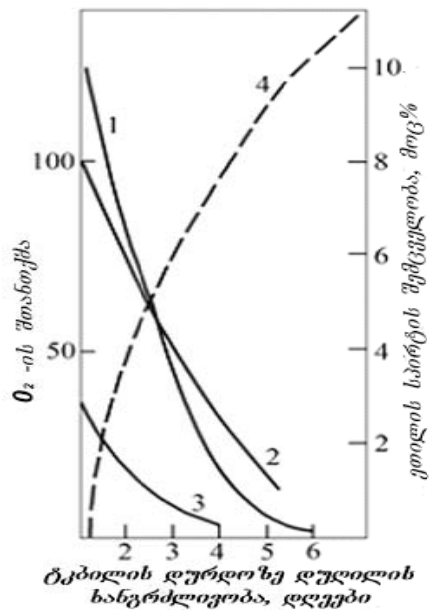
აერირებული (მორეული) დურდოსაგან მიღებულ ღვინოებს, ღვინომასალების მსგავსად, როგორც ეს 2,2' მრუდების შედარებიდან ჩანს, აქვს უფრო მაღალი სადეგუსტაციო შეფასება, მოურეველი დურდოსაგან მიღებულ ღვინოებთან შედარებით, რადგანაც აერირება და მასთან დაკავშირებული მადულარი არის ჟანგბადით მომარაგება ხელს უწყობს ექსტრაქტული ღვინის მიღებას.

ზემოთქმულის შეჯამებით შეიძლება დავასკვნათ, რომ ამ შემთხვევაში მკაფიოდ გამოხატული კანონზომიერებაა ყურძნის მყარი ნაწილებიდან ტკბილში მთრიმლავი ნივთიერებების გადასვლის პროცესის მიმდინარეობა. როგორც წესი, ის აისახება ერთგუმბათიანი მრუდით, რაც იმაზე მიუთითებს, რომ უკვე ალკოჰოლური დუდილის პროცესშივე ღვინომასალები წარმოადგენს ტანინებით გაჯერებულ ხსნარს და პროცესის შემდგომი გაგრძელება იწვევს ღვინომასალებსა და ღვინოში მთრიმლავი ნივთიერებების შემცველობისა და ღვინის სადეგუსტაციო შეფასების შემცირებას.

ალკოჰოლური დუდილის დასრულების შემდეგ მიღებული ღვინომასალების დურდოზე დაყოვნებისას (ღვინის მიღების კახური ხერხი) გრძელდება დუდილის პროცესში დაწყებული ტანინების ღვინომასალებიდან გამოლექვა.

გამოლექილი ფენოლური ნაერთები აღსორბირდება დურდოს მყარი ნაწილების ზედაპირზე. დურდოზე ღვინომასალების 1,5 წლით დაყოვნების შემდეგ დურდოში არსებული ყურძნის მარცვლის კანი შეიცავდა ტანინების იმავე რაოდენობას, რამდენსაც შეიცავდა იგი ალკოჰოლური დუდილის პროცესის დაწყებამდე (3).

ლოგიკურად შეიძლებოდა გვევარაუდა, რომ დურდოზე დაყოვნების პროცესში ღვინომასალები გამდიდრდებოდა დურდოს წიპწასა და კანში არსებული ფენოლური ნაერთებით, მაგრამ ტანინის შემცველობა როგორც წითელ, ასევე თეთრ ღვინომასალებში მცირდება.



ნახ. 5. ღურდოს დამუხანგავი ფერმენტების აქტიურობის ცვლილებები ალკოჰოლური დუდილის პროცესში. 1 – პოლიფენოლოქსიდაზა; 2 – პეროქსიდაზა; 3 – კატალაზა; 4 – მაღლარი ტკბილის სიმკვრივე

ტანინის რაოდენობრივი შემცველობის შემცირებას დადუღებული ღვინომასალის ღურდოზე დაყოვნებისას აკადემიკოსი ს. ღურმეშიძე ხსნიდა ფერმენტების მონაწილეობით მიმდინარე მთრმლავი ნივთიერებების ჟანგვითი გარდაქმნებით. მაგრამ შემდეგ მანვე დაადგინა, რომ მთრმლავი ნივთიერებების მსგავსი გარდაქმნები სპირტული დუდილის პროცესში შეიძლება მიმდინარეობდეს ფერმენტების მონაწილეობის გარეშეც [2].

ღურდოზე დაყოვნების პროცესში ღვინომასალებში მიმდინარე ქიმიური გარდაქმნები გამოკვლეულ იქნა მ. გაიშვილის [3] მიერ, რომელმაც დაადგინა, რომ რქაწითლის ღვინომასალის ღურდოზე 5 თვის განმავლობაში დავარგებისას, მასში კანონზომიერად მცირდებოდა ფენოლური ნაერთებისა და ტიტრული მჟავების შემცველობა და ასევე pH-ისაც. აღსანიშნავია, რომ ამ ცდებში პრაქტიკულად არ იცვლება საერთო ექსტრაქტის მაჩვენებელი, რომელიც 21,3–21,8 გ/ლ-ის დონეზე რჩება. ამგვარ გამოკვლევებით გაირკვა, რომ ღვინომასალების ფიზიკურ-ქიმიური გარდაქმნები ერთნაირი კანონზომიერებით მიმდინარეობს როგორც ქვევრში, ასევე თერმომადულარებში დავარგებისას. ამასთან, გაირკვა ისიც რომ ღურდოდან მოხსნილი ღვინომასალები არ შეიცავს მჟანგავ ფერმენტებს (ნახ. 5), რაც იმაზე მიუთითებს, რომ ღვინომასალის ღურდოზე დავარგებისას მასში მიმდინარე ფენოლური ნაერთების შემცველობის ცვლილებები ფიზიკურ-ქიმიური გარდაქმნების შედეგია.

ღურდოზე დაყოვნების (დავარგების) პროცესში ცვლილებებს განიცდის ღვინომასალებში არსებული მარტივი ფენოლები, ფენოლმჟავები და კატექინები. ამ და ჟურმის ორგანულ ნივთიერებათა კომპლექსში შემავალ მთელ რიგ სხვა ნივთიერებათა გარდაქმნების შედეგია კახური ტიპის ღვინოების სპეციფიკური ორგანოლექტიკური მაჩვენებლების ფორმირება.

ფენოლური ნაერთების ზემოთ აღწერილი ფიზიკურ-ქიმიური გარდაქმნები ასევე შეიძლება ავსხნათ ორგანული ნივთიერებების ავტოჟანგვითი გარდაქმნების ბახ-ენგლერის თეორიის პოზიციებიდანაც.

ქიმიური რეაგენტებით დაჟანგვისაგან განსხვავებით, ორგანული ნივთიერებების ჰაერის ჟანგბადით ჟანგვას უწოდებენ ავტოდაჟანგვას. როდესაც საუბარია ატმოსფერული ჟანგბადით დაჟანგვის პროცესზე, შემოკლებით იხმარება სიტყვა „დაჟანგვა“.

ორგანული ნივთიერებების დაჟანგვის რეაქციების მექანიზმს საფუძვლად უდევს ბახ-ენგლერის ზეჟანგური და სემიონოვის ჯაჭვური რეაქციების თეორიები. ზეჟანგური თეორიის თანახმად, დაჟანგვის პირველადი პროდუქტებია ზეჟანგები, რომლებიც ჟანგვითი პროცესების შემდგომი განვითარებისას გარდაიქმნება სტაბილურ პროდუქტებად. ზეჟანგების წარმოქმნისას ჟანგბადის მოლეკულის ორი ატომი ჯერ კიდევ რჩება ერთმანეთთან შეკავშირებულ მდგომარეობაში. შესაბა-

მისად, ქანგბადის მოლეკულაში არ ხდება ატომებს შორის არსებული კავშირების სრული გაწყვეტა, რასაც ენერგიის დიდი დანახარჯები (118 კკალ/მოლ) სჭირდება. ამიტომ ორგანული ნივთიერებების დაჟანგვა ზეჟანგის საშუალებით საკმაოდ ადვილად მიმდინარეობს.

მთელი რიგი მეცნიერების მიერ დამტკიცებულია, რომ დაჟანგვის პირველ ეტაპზე ყველა წარმოქმნილი ზეჟანგური პროდუქტი წარმოადგენს ჰიდროზეჟანგებს. ისინი შედარებით არამდგრადი ნაერთებია და ადვილად გარდაიქმნებიან, რაც იწვევს 0–0 კავშირების გაწყვეტას. ამას, თავის მხრივ, მოსდევს თავისუფალი რადიკალების წარმოქმნა. ზეჟანგებში არსებული კავშირის გაწყვეტის ენერგია გაცილებით ნაკლებია ქანგბადის მოლეკულაში არსებულთან შედარებით და 30–40 კკალ/მოლ-ს შეადგენს.

ჯაჭვური მექანიზმის არსებობისას რეაქციის მოლეკულური პროდუქტი – ჰიდროზეჟანგი – წარმოიქმნება თავისუფალი რადიკალების ქანგბადთან ან ნახშირბადთან შესაბამისი რეაქციის შედეგად. ქანგვითი გარდაქმნების ჯაჭვი ვითარდება მანამ, სანამ ჯაჭვის წამყვანი თავისუფალი რადიკალები არ გაქრება სისტემიდან მათი ურთიერთქმედების შედეგად. ამ დროს მიიღება არააქტიური შენაერთი და ჯაჭვი წყდება. რაც უფრო ადრე მოხდება ეს, ნივთიერების მით უფრო ნაკლები მოლეკულა მოასწრებს დაჟანგვას. დაჟანგვის პროცესში დაგროვილი ჰიდროზეჟანგი ნელ-ნელა იშლება ახალი თავისუფალი რადიკალების წარმოქმნით, ანუ ხდება ჯაჭვის განშტოება, რადგანაც ყოველი ახლად წარმოქმნილი თავისუფალი რადიკალი იწვევს დაჟანგვის ახალი ჯაჭვის შექმნას.

ა. ბახს მიაჩნდა, რომ ორგანული სუბსტრატის თვითოქსიდაციის უნარი არ არის დამოკიდებული ნარევეში ისეთი კატალიზატორების არსებობაზე, როგორიცაა ღვინოსა და ღურდოში არსებული რკინა და სპილენძი, არამედ დამოკიდებულია თვით სუბსტრატის შიგა ენერგეტიკულ მდგომარეობაზე. სწორედ ამ უფრო მაღალი ენერგეტიკული მდგომარეობის არსებობით შეიძლება აიხსნას ღვინომასალაში ავტოჟანგვითი პროცესების ინტენსიფიკაცია მისი ღურდოზე დაყოვნებისას.

შ. ჩოგოვაძის მიერ გამოთქმული მოსაზრების თანახმად, ასეთი ენერგეტიკული მდგომარეობა ღვინოში შეიძლება განპირობებული იყოს ფენოლური ნაერთების – სათრიმლავი და საღებავი ნივთიერებების – არსებობით. თავისი მოსაზრების დასამტკიცებლად შ. ჩოგოვაძე საცდელ ღვინოს უმატებდა წყალბადის ზეჟანგს და აკვირდებოდა პაერის ქანგბადის შთანთქმის პროცესს, რომელიც არ წყდებოდა ღვინოს საცდელი ნიმუშების გაცხელების შემთხვევაშიც კი. ღვინიდან ფენოლური ნივთიერებების მოცილებისას წყალბადის ზეჟანგის დამატება უკვე არ იწვევდა ქანგბადის შთანთქმას.

მაშასადამე, ფენოლური ნაერთების ქანგვითი გარდაქმნებით შესაძლებელია მათი შემდგომი გამოლექვა ფერმენტების მონაწილეობის გარეშე. მაგალითად, ცნობილია, რომ წითელ ღვინოში ალდეჰიდების დამატებისას შეიძლება დაჩქარდეს ფენოლური ნაერთების – ტანინისა და ანთოციანების – ქანგვითი გარდაქმნები უხსნადი პოლიმერების წარმოქმნით. აცეტალდეჰიდის დამატებიდან უკვე 24 საათის შემდეგ გამოილექება ღვინოში არსებული მთრიმლავი ნივთიერებების 50–60 %. ანთოციანები, გ. ვალუიკოს მონაცემების თანახმად, რეაქციაში უფრო გვიან შედის და შენახვიდან 6 თვის თავზე ღვინო მთლიანად უფერულდება. ღვინოს ასეთივე გაუფერულების მოწმე გახდა ს. ღურმიშიძეც [2] ღვინომასალის ღურდოზე ხანგრძლივი დავარგების პროცესის შესწავლისას. ყველაფერი ეს კი უფლებას გვაძლევს ვივარაუდოთ, რომ ღურდოზე დავარგების პროცესში ღვინომასალაში ფენოლური ნაერთების რაოდენობრივი შემცირება განპირობებულია ღურდოდან ღვინოში ალდეჰიდებისა და მსგავსი ნივთიერებების გადასვლით და დაგროვებით. ბუნებრივია, რომ ეს ნივთიერებები დიდი რაოდენობით მოიპოვება ღურდოს მყარ ნაწილებში, ამიტომ ტკბილის ღურდოზე ალკოჰოლური დუდილის პროცესში და ღვინომასალის ღურდოზე შემდგომი დაყოვნებისას ფენოლური ნაერთების ქანგვითი გარდაქმნები უფრო ინტენსიურად მიმდინარეობს, ვიდრე ღურდოსთან კონტაქტის გარეშე ღვინომასალის დაძველების პროცესის დროს.

ალდეჰიდები ღვინოში წარმოიქმნება ამინმჟავების (ალანინი) არაფერმენტული ქანგვითი დეზამინირების პროცესის შედეგად. ეს ალდეჰიდები ხასიათდება სასიამოვნო არომატით და მონაწილეობს დავარგებული ღვინოს სპეციფიკური არომატის ჩამოყალიბებაში.

ღურდოზე ღვინოს დავარგებისას ეს უკანასკნელი მდიდრდება ყურძნის მყარი ნაწილების აზოტოვანი ნივთიერებებით, რომელთაგან ამ ჯგუფის ორგანული ნივთიერებებით განსაკუთრებით

მდიდარია წიპწა. კახური ტიპის ღვინოებში აზოტის წყაროა საფუერები, რომელთა ავტოლიზის შედეგად თავისუფლდება აზოტოვან ნივთიერებათა გარკვეული რაოდენობა.

ა. აგაბალიანცმა დაადგინა, რომ აცეტალდეჰიდი ღვინის დაჟანგულობის მაჩვენებელია. პისარნიცკის გამოკვლევებით ასევე იყო ნაჩვენები, რომ პროპიონის, იზოვროს, იზოვალერიანის, ენანტის და კაპრილის ალდეჰიდები შეიძლება აღმოჩენილ იქნეს მხოლოდ ღვინოებში, რომელთაც განიცადეს დავარგება და, რომელთაც აქვთ გარკვეული “დაჟანგულობის” ტონები არომატსა და გემოში. შამპანურს, რომელმაც გაიარა ბოთლური დავარგება, რეზერვუარულთან შედარებით ასევე აღმოაჩნდა ამ ალდეჰიდების დიდი რაოდენობა. შემდგომში დადასტურდა, რომ რაც უფრო მეტ შეხებას ითვალისწინებს ტექნოლოგია ჰაერის ჟანგბადთან, მით მეტი რაოდენობის ალიფატური ალდეჰიდები გროვდება ყველა ტიპის სასმელში, წვენების ჩათვლით. შამპანურისათვის, რომლის დაჟანგულობის პრობლემა განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია, დადგინდა, რომ „დაჟანგულობის“ ტონი და ამით გამოწვეული დაბალი სადევუსტაციო შეფასება კორელაციურ დამოკიდებულებაშია დიაცეტილის შემცველობის გადიდებასთან.

დიაცეტილის მაღალი შემცველობის მქონე დაჟანგულ ღვინოებში ყოველთვის არის ალიფატური ალდეჰიდების მნიშვნელოვანი რაოდენობა. მაშასადამე, უნდა ვაღიაროთ, რომ მაღალმოლეკულური ალდეჰიდები, აცეტალდეჰიდთან და დიაცეტალთან ერთად განსაზღვრავს „დაჟანგულობის“ საერთო ტონს და, ამასთან, მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს ღვინოში ფენოლური ნაერთების შემცველობაზე.

ღვინომასალების შემდგომი დაძველებისას ტანინი ურთიერთქმედებს ანთოციანებთან, რომლის შედეგად წარმოიქმნება გარემოს ცვალებადი პირობებისადმი შედარებით მდგრადი ნივთიერებები. ტანინები იერთებს დაძველებულ ღვინოებში არსებულ ცილებს. ამის შედეგად წარმოქმნილი ტანინ-ცილის კომპლექსები ღვინოს იცავს ცილოვანი სიმღვრივისაგან.

## დასკვნა

ამრიგად, საფერავის ჯიშის ყურძნის ღვინომასალებსა და ღვინოებში ტანინის დაგროვების ზემოთ აღწერილი ცვალებადობის ამსახველი კანონზომიერებები შენარჩუნებულია ყურძნის გადამუშავებისას მეღვინეობის სხვადასხვა მიკროზონაში (ნახ. 2), ე.ი. იგი არ არის დამოკიდებული გეოგრაფიულ ფაქტორზე. ეს კანონზომიერებები ასევე სამართლიანია საქართველოში მოყვანილი კაბერნე-სოვინიონის ჯიშის ყურძნისთვისაც.

## ლიტერატურა – REFERENCES– ЛИТЕРАТУРА

1. Багатурия Н. Ш. Грузинское виноделие. Тб., 2010.- 210 с.
2. Дурмишидзе С. В. Дубильные вещества и антоцианы виноградной лозы и вина. АН СССР, 1995.
3. Гишвили Д. С. и др. Результаты экспериментов по установлению выхода сусла, выжимок, виноматериалов и гущи в первичном виноделии//Труды ГрузНИИПП, М., 1971, с.113-121.

## TECHNOLOGY OF WINE

### DYNAMICS OF TANNING MATTERS (TANNINS) IN THE PROCESS OF ALCOHOLIC FERMENTATION OF MUST ON PULP

**N. Baghaturia, N. Begiashvili, M. Gabrichidze**

(Institute of Food Industry of Georgian Technical University)

**Resume:** There were studied changes in the content of tannins in the process of alcoholic fermentation of must on pulp during the processing of red grapes (Saperavi, Cabernet Sauvignon). There is established the influence of technological factors on the physico-chemical characteristics of wine materials and wine.

**Key words:** grape; pulp; alcoholic fermentation of must.

## ТЕХНОЛОГИЯ ВИНА

### ДИНАМИКА ДУБИЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ (ТАНИНОВ) В ПРОЦЕССЕ БРОЖЕНИЯ СУСЛА НА МЕЗГЕ

**Багатурия Н. Ш., Бегиашвили Н. А., Габричидзе М. А.**

(Научно-исследовательский институт пищевой промышленности Грузинского технического университета)

**Резюме:** Изучено изменение содержания фенольных соединений винограда в процессе алкогольного брожения сусла на мезге красных сортов винограда (Саперави, Каберне-Совиньон). Установлено влияние технологических факторов на физико-химические показатели виноматериалов и вин.

**Ключевые слова:** виноград; мезга; алкогольное брожение сусла.

## სექსუალობა, როგორც მედიცინის დარგი: გამოწვევები და პერსპექტივები XXI საუკუნის საქართველოსათვის

**ზურაბ მარშანია**

(ილიას სახელმწიფო უნივერსიტეტი)

**რეზიუმე:** სექსუალურ დისფუნქციებს, ანუ სქესობრივ დარღვევებს, ქალისა და მამაკაცის სქესობრივი ფუნქციის პათოლოგიურ ცვლილებებს უწოდებენ. სექსუალური დისფუნქციებით საქართველოში, ისევე როგორც მთელ მსოფლიოში, უამრავი ადამიანი იტანჯება. რეპროდუქციული ასაკის მრავალ ადამიანს სქესობრივი დარღვევა არ აძლევს ჰარმონიული სექსუალური ცხოვრებისა და ოჯახის შექმნის შესაძლებლობას. ქალისა და მამაკაცის სექსუალური დისფუნქციების მკურნალობა რთული პროცესია და მისი ჯეროვანი უზრუნველყოფისათვის მოწოდებულია ინტერდისციპლინური დარგი – სამედიცინო სექსოლოგია (Sexual Medicine). ეს უკანასკნელი მჭიდრო კავშირშია ისეთ მომიჯნავე დისციპლინებთან, როგორიცაა ფსიქიატრია, უროლოგია, გინეკოლოგია, ენდოკრინოლოგია, ანგიოლოგია და ნევროლოგია. ქალისა და მამაკაცის სქესობრივი დარღვევების ყოველმხრივი, ჯეროვანი შესწავლა და მკურნალობა არც ერთ ცალკე ადებულ კლინიკურ დისციპლინას არ შეუძლია. სამედიცინო სექსოლოგიის, როგორც მედიცინის დარგის, არსებობისა და განვითარების აუცილებლობასთან დაკავშირებით კონსენსუსი არსებობს, ოღონდ წინააღმდეგობრივია პასუხი კონკრეტულ კითხვაზე: ვინ უნდა მკურნალობდეს ქალისა და მამაკაცის სექსუალურ დისფუნქციებს? ამ კონტექსტში მონო-, მულტი- და ინტერდისციპლინური მიდგომები განიხილება. ყველაზე უფრო რელევანტური – ინტერდისციპლინური პოზიციის ფარგლებში კი სექსუალური დისფუნქციებით დაავადებული პაციენტების დიაგნოსტიკისა და კომპლექსური მკურნალობის ადეკვატურად ჩატარება მხოლოდ სპეციალურად მომზადებულ ექიმ სექსოლოგს შეუძლია, რომელსაც ქალისა და მამაკაცის სქესობრივი დარღვევების მკურნალობის უზრუნველყოფისათვის შესაფერისი თეორიული ცოდნა და პრაქტიკული უნარ-ჩვევები აქვს. ამიტომაც, საქართველოსათვის ყველაზე უფრო მისაღებია დიდი ბრიტანეთისა და სკანდინავიის ქვეყნების გამოცდილება, სადაც სამედიცინო სექსოლოგიის, როგორც დამოუკიდებელი ინტერდისციპლინური დარგის მიღწევები აშკარაა და საყოველთაოდ აღიარებული მსოფლიოში. ზემოაღნიშნულიდან გამომდინარე, აუცილებელია სექსოლოგიის, როგორც სერტიფიცირებადი მედიცინის დარგის, არსებობა საქართველოში, თავდაპირველად თუნდაც ფსიქიატრიის სუბსპეციალობის განხრით.

**საკვანძო სიტყვები:** სამედიცინო სექსოლოგია; დისფუნქცია; ინტერდისციპლინური; სერტიფიცირებადი დარგი.

### შესავალი

მკურნალის ძალისხმევას უხსოვარი დროიდან ახლავს თან განსაკუთრებული, ყველა სხვა სახის საქმიანობისაგან განსხვავებული და იდუმალებით მოსილი შარავანდედი. ექიმობა ხომ სრულიად სამართლიანად ითვლებოდა ყოველთვის და რჩება დღესაც დიდ ხელოვნებასთან გათანაბრებულ პროფესიად.

ყოველივე ზემოაღნიშნული განსაკუთრებით აქტუალურია იმ ექიმებთან მიმართებაში, რომლებიც ქალისა და მამაკაცის სექსუალურ დისფუნქციებს, ანუ სქესობრივ დარღვევებს, მკურნალობენ.

სექსუალური დისფუნქციები გულისხმობს სქესობრივი ფუნქციის პათოლოგიურ ცვლილებებს, რომლებიც თავს იჩენს როგორც სხვადასხვა სომატური თუ ფსიქიკური დაავადებების დროს, ისე მათი არარსებობის შემთხვევაშიც და ვლინდება:

- სქესობრივი ღტოლვისა და სექსუალური აგზნებადობის დარღვევებით (ლიბიდოსა და ორგაზმის პათოლოგია);
- ისეთი პათოლოგიური გამოვლინებებით, როგორიცაა მამაკაცებში ერექციისა და ეაკულაციის, ქალებში კი ლუბრიკაციის დარღვევები;
- სქესობრივი აქტის შეუძლებლობითა თუ გაძნელებით ქალებში (ვაგინიზმი და დისპარეუნია);
- სექსუალური პარტნიორების ურთიერთდაპყრობის პროცესში წარმოქმნილი დარღვევებით (პარტნიორული სექსუალური დისჰარმონია) [1].

აშშ-ის ფსიქიატრთა ასოციაციის მიერ შემუშავებული უახლესი კლასიფიკაციის DSM-5-ის მიხედვით, მამაკაცის სექსუალურ დისფუნქციებს მიეკუთვნება:

- ეაკულაციის გაძნელება;
- ერექციის დარღვევა;
- სექსუალური ღტოლვის დაქვეითება;
- ნაადრევი ეაკულაცია.

ქალის სექსუალურ დისფუნქციებს მიეკუთვნება:

- ორგაზმის დარღვევა;
- სექსუალური ღტოლვის დარღვევები;
- გენიტალურ ტკივილთან/პენეტრაციასთან დაკავშირებული დარღვევები.

ცალკეა გამოყოფილი მამაკაცისა და ქალის ისეთი სექსუალური დისფუნქციები, როგორიცაა:

- მედიკამენტების მიღებით გამოწვეული სექსუალური დისფუნქციები;
- სხვა სპეციფიკური სექსუალური დისფუნქციები;
- არასპეციფიკური სექსუალური დისფუნქციები [2].

აღსანიშნავია, რომ იმ ადამიანებს შორის, რომელთაც საკმაოდ სერიოზული სექსუალური ხასიათის დარღვევები აქვთ, ქალების კუთრი წილი 60 %-ს აღწევს, მამაკაცებისა – მხოლოდ 40 %-ია [3].

მიუხედავად იმისა, რომ სექსუალური დისფუნქციებით მთელ მსოფლიოში უამრავი ადამიანი იტანჯება, დაავადებიანობის რეალური სიხშირის დადგენა არც თუ ისე ადვილია.

მსოფლიოს 29 ქვეყანაში მცხოვრები 40-დან 80 წლამდე ასაკის 27 500 ქალისა და მამაკაცის გამოკითხვით აღმოჩნდა, რომ ქალების ერთ მეოთხედს ლიბიდო ჰქონდა დაქვეითებული, გაცილებით ნაკლები იყო ქალებს შორის ორგაზმის დარღვევებისა და ტკივილთან დაკავშირებული სექსუალური დისფუნქციების კუთრი წილი. იმავე კვლევაში გამოკითხულ მამაკაცთა 12 %-ს ერექცია ჰქონდა დარღვეული, 12 %-ს ლიბიდოს დაქვეითება დაუდგინდა, 20,6 %-ს კი – ნაადრევი ეაკულაცია [4].

ზოგიერთი ეპიდემიოლოგიური კვლევის მიხედვით, 40-დან 70 წლამდე მამაკაცების ნახევარზე მეტს ცხოვრებაში ერთხელ მაინც ჰქონდა ერექციის პრობლემა [5], მაშინ როდესაც მეორე კვლევის მიხედვით, 60–70 წლის ამერიკელი მამაკაცების 40–50 %-ს უკვე სერიოზულად ჰქონდა დარღვეული ერექცია [6].

საყურადღებოა, რომ სექსუალური დისფუნქციები აღენიშნებათ შაქრიანი დიაბეტით დაავადებული ორივე სქესის პაციენტების 60 %-ს და ზოგიერთი ენდოკრინული დარღვევების მქონე ქალებისა და მამაკაცების 80 %-ს. სქესობრივი დარღვევები დამახასიათებელია ნევროლოგიური პათოლოგიით შეპყრობილი პაციენტების 70, ქრონიკული ალკოჰოლიკების 55 და ქრონიკული ნარკომანების 85 %-ისათვის [7].

როგორც წესი, სექსუალური დისფუნქცია უადრესად ნეგატიურად აისახება ადამიანის ყოველდღიურ ცხოვრებაზე. ხშირია მძიმე დეპრესია, შრომისუნარის მკვეთრი დაქვეითება, სერიოზული

კონფლიქტები სექსუალურ პარტნიორებს შორის, რისი ლოგიკური დაბოლოებაც ზოგჯერ ოჯახის დანგრევაა [1].

ხშირად რეპროდუქციული ასაკის მრავალ ადამიანს სწორედ სქესობრივი დარღვევა არ აძლევს პარმონიული სექსუალური ცხოვრებისა და ოჯახის შექმნის შესაძლებლობას.

სექსუალური დისფუნქციების რელევანტური მართვა უადრესად რთული პროცესია და მისი ჯეროვანი უზრუნველყოფა ინტერდისციპლინური დარგის – სამედიცინო სექსოლოგიის (Sexual Medicine) პრეროგატივაა [8, 9, 10], თუმცა ზოგიერთი ავტორი ამ დისციპლინას სექსოპათოლოგიის ან კლინიკური სექსოლოგიის სახელითაც მოიხსენიებს [1, 11].

სახელგანთქმული სექსოლოგის გიორგი ვასილენკოს აზრით, თავისი ინტერდისციპლინური ბუნებიდან გამომდინარე, სექსოლოგია მჭიდროდაა დაკავშირებული ისეთ დისციპლინებთან როგორიცაა: ფსიქიატრია, უროლოგია, გინეკოლოგია, ენდოკრინოლოგია და ნევროლოგია. ამასთან, ქალისა და მამაკაცის სქესობრივი დარღვევების ყოველმხრივი, ჯეროვანი შესწავლა და მკურნალობა არც ერთ ცალკე აღებულ მომიჯნავე კლინიკურ დისციპლინას არ შეუძლია [1].

სწორედ ზემოაღნიშნულმა გარემოებამ განაპირობა კლინიკური მედიცინის ახალი, ინტერდისციპლინური დარგის – სამედიცინო სექსოლოგიის – დაბადება.

### **ძირითადი ნაწილი**

მიუხედავად იმისა, რომ სამედიცინო სექსოლოგიის, როგორც მედიცინის დარგის, არსებობისა და განვითარების აუცილებლობასთან დაკავშირებით სრული კონსენსუსია, საქართველოში და საზღვარგარეთის ზოგიერთ ქვეყანაში დღემდე არ არსებობს ცალსახა პასუხი კითხვაზე, თუ რომელი ექიმი უნდა მკურნალობდეს ქალისა და მამაკაცის სექსუალურ დისფუნქციებს.

იმის გათვალისწინებით, რომ სექსუალური დისფუნქციების მკურნალობასთან მიმართებაში დღეისათვის სამი მიდგომა (მონოდისციპლინური, მულტიდისციპლინური და ინტერდისციპლინური) განიხილება, აქტუალურად გვეჩვენება სამივე პოზიციის გაანალიზება.

**მონოდისციპლინური პოზიცია** ითვალისწინებს ამა თუ იმ სექსუალური დისფუნქციის დიაგნოსტიკისა და მკურნალობის მთელი პროცესის მედიცინის მხოლოდ ერთი სფეროს ფარგლებში მოქცევას. იმ სფეროსი, რომელსაც განეკუთვნება მოცემული დისფუნქციის კლინიკური გამოვლინება. ამ მიდგომის მომხრეთა აზრით, სქესობრივ დარღვევას რომელიმე ერთი პროფილის სპეციალისტი უნდა მკურნალობდეს (უროლოგი, ენდოკრინოლოგი, ფსიქიატრი, ანგიოლოგი ან სხვა).

**მულტიდისციპლინური მიდგომა** (სქესობრივი დარღვევებისათვის დამახასიათებელი პოლისინდრომულობის გათვალისწინებით) გულისხმობს სექსუალური დისფუნქციებით შეპყრობილი პაციენტების დიაგნოსტიკასა და მკურნალობას მრავალპროფილიან სამკურნალო დაწესებულებებში, სადაც მას ერთობლივად გამოიკვლევენ და უმკურნალებენ სხვადასხვა პროფილის ექიმები (უროლოგები, ენდოკრინოლოგები, ნევროლოგები, ფსიქიატრები, ანგიოლოგები, გინეკოლოგები და ა.შ.) [1].

როგორც მონოდისციპლინური, ისე მულტიდისციპლინური პოზიცია გამორიცხავს ექიმი სექსოლოგის პროფესიის ცალკე გამოყოფას.

შევეცადოთ იმის გარკვევას, თუ რამდენად საფუძვლიანია ექიმი სექსოლოგის როლის ესოდენ კატეგორიული იგნორირება სექსუალური დისფუნქციით შეპყრობილი პაციენტების მკურნალობის პროცესში.

მულტიდისციპლინური პოზიციის მომხრეთა რაოდენობა დღევანდელ მსოფლიოში ერთობ მოკრძალებულია (რაც პაციენტების მკურნალობის დიდ ხარჯებთან უნდა იყოს დაკავშირებული). ამავე დროს დასავლეთ ევროპის ზოგიერთ ქვეყანაში (მაგალითად, გერმანიაში) და განსაკუთრებით საქართველოში, მონოდისციპლინური მიდგომის მომხრეთა რაოდენობა მნიშვნელოვანია. ამის მიზეზი კი ძალიან მარტივია: უროლოგები ვერ ელევან ერთეული დისფუნქციის მკურნალობის ექსკლუზიურ უფლებებს, გინეკოლოგები – ქალის სექსუალური დისფუნქციებისას და სხვ. ეს ყველაფერი კი პაციენტის მკურნალობის ხარისხის გაუარესებას იწვევს, ვინაიდან სექსუალური დისფუნქციების პოლისინდრომულობა და მულტიკაუზალობა მათი დიაგნოსტიკისა და მკურნალობის

სპეციფიკური მეთოდების არსებობის აუცილებლობას განაპირობებს, რისი ჯეროვანი უზრუნველყოფაც მონოდისციპლინური მიდგომის ფარგლებში პრაქტიკულად შეუძლებელია. მართლაც, განა შეიძლება წარმოვიდგინოთ რომელიმე სექსუალური დისფუნქციის არსებობა ფსიქიკური მდგენელის დაუზიანებლად? რა თქმა უნდა, არა.

გამოდის, რომ უროლოგები, გინეკოლოგები, ანგიოლოგები თუ ენდოკრინოლოგები იმავე დროულად ფსიქიატრებიც უნდა იყვნენ, რაც პრაქტიკულად შეუძლებელია.

მაშასადამე, სექსუალური დისფუნქციებით დაავადებული პაციენტების დიაგნოსტიკისა და კომპლექსური მკურნალობის ადეკვატურად ჩატარება მხოლოდ მესამე – **ინტერდისციპლინური პოზიციის** ფარგლებშია შესაძლებელი. ამ შემთხვევაში ექიმი სექსოლოგის როლი ძალზე მნიშვნელოვანია [1, 9, 10, 12–16]. მხოლოდ სპეციალურად მომზადებულ ექიმ სექსოლოგს შეიძლება ჰქონდეს განსხვავებული, სამედიცინო სექსოლოგიის მომიჯნავე სპეციალობების ინტეგრირებული ცოდნა და შესაბამისი პრაქტიკული უნარ-ჩვევები. შეუძლებელია ექიმი სექსოლოგის ზემოთ ჩამოთვლილი უნარ-ჩვევები მოეთხოვებოდეს რომელიმე ერთი, თუნდაც ზემოთ დასახელებული მომიჯნავე სპეციალობის ექიმებს.

2013 წელს სამედიცინო სექსოლოგიის საერთაშორისო კონსულტაციის (ICSM) მიერ მოწოდებულია სექსუალური დისფუნქციების ხუთსაფეხურიანი სადიაგნოსტიკო-სამკურნალო ალგორითმი ICSM-5, რომელიც ექიმი სექსოლოგის ძირითად ფუნქციად მიიჩნევს:

I საფეხურზე – ფიზიკალურ და ლაბორატორიულ-ინსტრუმენტულ გამოკვლევასთან ერთად სამედიცინო სექსოლოგიური და ფსიქოსექსოლოგიური ანამნეზის შეგროვებას;

II საფეხურზე – მიღებული მონაცემების ინტერპრეტაციას;

III საფეხურზე – ექიმის მუშაობას პაციენტთან სქესობრივი განათლების ამადლების მიზნით;

IV საფეხურზე – კომპლექსური მკურნალობის გეგმის შემუშავებას, განხორციელებასა და მოდიფიცირებას (მომიჯნავე სპეციალობების ექიმებთან მჭიდრო თანამშრომლობით);

V საფეხურზე – მკურნალობის ადრეული და შორეული შედეგების შეფასებას [13].

ბრიტანელი ექიმი სექსოლოგი, სექსოლოგიის ევროპული ფედერაციის პრეზიდენტი, პროფესორი ქევან ვაილი ხაზს უსვამს მონოდისციპლინური მიდგომის მანკიერებას და სამართლიანად მიიჩნევს, რომ: „სამედიცინო სექსოლოგია არის მედიცინის ის დარგი, რომელიც მოიცავს ფსიქიატრიასა და ფსიქოთერაპიასთან ერთად ისეთ მომიჯნავე სპეციალობებს როგორიცაა: ენდოკრინოლოგია, უროლოგია, გინეკოლოგია და გენიტო-ურინარული მედიცინა“.

განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია ქევან ვაილის მეორე მოსაზრება იმის თაობაზე, რომ: „ექიმი სექსოლოგი არის კლინიცისტი, რომელიც ერთსა და იმავე დროს მუშაობს როგორც სამედიცინო სექსოლოგიისა და სქესობრივი გზით გადადები ინფექციების, ასევე სექს-თერაპიის, სქესობრივი კონსულტირებისა და სქესობრივი განათლების სფეროებში... ექიმ სექსოლოგს უნდა მოეთხოვებოდეს სექსუალური დისფუნქციით შეპყრობილი პაციენტისადმი ემპათიის გამოვლენის... ინტერდისციპლინური მიდგომის ზედმიწევნით გამოყენების, მომიჯნავე დარგის ექიმებთან მჭიდრო თანამშრომლობის, პარტნიორულ წყვილსა და მათ სქესობრივ ცხოვრებაზე პოზიტიური ზემოქმედების განსაკუთრებული უნარი“ [12].

ყოველივე ზემოაღნიშნულიდან გამომდინარე, უადრესად მნიშვნელოვანია დიდ ბრიტანეთსა და სკანდინავიის ქვეყნებში არსებული ექიმი სექსოლოგების პროფესიული მომზადების საკმაოდ საინტერესო გამოცდილების შესწავლა.

სექსოლოგების მომზადება დიდ ბრიტანეთში გულისხმობს ექიმების მიერ დიპლომის შემდგომი განათლების სრული კურსის გავლას ცენტრალურ ლანკაშირში, ქ. შეფილდის ჰელამის უნივერსიტეტის ბაზაზე. ექიმ სექსოლოგთა მომზადებას ასევე ახორციელებენ ბრიტანეთის ფსიქოსექსუალური მედიცინის ინსტიტუტი და ბრიტანეთის სექსუალურ პრობლემათა და ურთიერთობათა ასოციაცია. სექსოლოგიაში ტრენინგების ორგანიზებას ახორციელებენ ევროპის სამედიცინო სექსოლოგიის ასოციაცია და ევროპის სექსოლოგიის ფედერაციაც [12].

საკმაოდ დიდი ხნის განმავლობაში შვედეთშიც კი არ არსებობდა კონსენსუსი იმის თაობაზე, თუ როდის აქვს ექიმს უფლება იწოდებოდეს სექსოლოგად [13]. ევოლუციის პროცესი ზემოთ აღ-

ნიშნული მიმართულებით გასული საუკუნის 70-იან წლებში დაიწყო. ექიმი სექსოლოგების მოსამზადებელი კურსები კი პირველად შვედეთში 1974 წელს გაიხსნა [14].

დღეისათვის სკანდინავიაში ექიმი სექსოლოგების მოსამზადებელი დიპლომის შემდგომი ტრენინგის მწყობრი სისტემა არსებობს სამაგისტრო პროგრამის სახით რამდენიმე უნივერსიტეტის სამედიცინო ფაკულტეტების ბაზაზე. ამ პროგრამის გავლის მსურველი განსაკუთრებით ბევრია შვედეთის მაღმოსო უნივერსიტეტში [15].

ექიმი სექსოლოგების მომზადების პროცესში აქტიურ როლს ასრულებს შვედეთის სექსოლოგიის ასოციაცია, რომელმაც სკანდინავიის სხვა ქვეყნებთან ერთად 2002 წელს დააარსა ჩრდილოეთ ევროპის ქვეყნების კლინიკური სექსოლოგიის ასოციაცია, რომლის ფარგლებში შექმნილია და წარმატებით ფუნქციონირებს სკანდინავიის ქვეყნებში მომუშავე ექიმი სექსოლოგების სერტიფიცირების სახელმწიფოთაშორისი სისტემა. მაგალითად, დღეისათვის შვედეთში უკვე 20 სერტიფიცირებული ექიმი სექსოლოგი და 33 სერტიფიცირებული სექსოლოგიური კონსულტანტია [16].

მიუხედავად იმისა, რომ ჯერჯერობით მთელ მსოფლიოში, და კერძოდ ევროპაში, მიდგომები სექსუალური დისფუნქციების მკურნალობის მიმართ არაერთგვაროვანია, საქართველომ დიდი ბრიტანეთისა და სკანდინავიის სახელმწიფოების მაგალითით უნდა იხელმძღვანელოს, სადაც სამედიცინო სექსოლოგიის, როგორც დამოუკიდებელი ინტერდისციპლინური დარგის, მიღწევები აშკარაა და საყოველთაოდ აღიარებული.

აუცილებელია საქართველოში სექსოლოგიის, როგორც მედიცინის სერტიფიცირებადი დარგის, არსებობა. პირველი საფეხურის სახით ისე, როგორც სულ ახლო წარსულში იყო ჩვენთან – ფსიქიატრიის სუბსპეციალობის სახით.

ყველაფერთან ერთად, ყოველივე ზემოაღნიშნული დიდად დაეხმარება სექსოლოგად მუშაობის მოსურნე მომიჯნავე სპეციალობის ექიმებს (უროლოგებს, გინეკოლოგებს, ენდოკრინოლოგებს, ანგიოლოგებსა და სხვ.) სამედიცინო სექსოლოგიის სპეციფიკური უნარ-ჩვევების გამომუშავებასთან ერთად პაციენტის ფსიქიკაზე ზემოქმედების მეთოდების რელევანტურ ათვისებასა და ფსიქოთერაპიული მკურნალობის ჩვევების დაუფლებაში, რის გარეშეც ქალისა თუ მამაკაცის ნებისმიერი სექსუალური დისფუნქციის წარმატებული მკურნალობა შეუძლებელია.

## დასკვნა

ქალისა და მამაკაცის სქესობრივი დარღვევების მკურნალობის სრულ ციკლზე (ზემოთ მოყვანილი ICSM-5 ალგორითმის ხუთივე საფეხურის ჩათვლით) მხოლოდ კომპეტენტური და გამოცდილი ექიმი სექსოლოგი უნდა იყოს პასუხისმგებელი. მომიჯნავე სპეციალობათა წარმომადგენლები კი (ფსიქიატრები, უროლოგები, გინეკოლოგები, ანგიოლოგები, ენდოკრინოლოგები და ნეფროლოგები) უპირატესად სქესობრივი დარღვევების გამოვლენის მიმართულებით უნდა მუშაობდნენ და სექსოლოგიური პროფილის პაციენტების მკურნალობის პროცესში მხოლოდ ექიმ სექსოლოგთან მჭიდრო თანამშრომლობის შემთხვევაში უნდა მონაწილეობდნენ, რადგანაც სექსუალური დისფუნქცია ენდოკრინოლოგიური, ფსიქონევროლოგიური, უროლოგიური, ანგიოლოგიური, გინეკოლოგიური თუ სხვა სახის პათოლოგიითაა გამოწვეული, სექსოლოგიისა და მომიჯნავე სპეციალობების ექიმების მჭიდრო, ერთობლივ, კოორდინირებულ ძალისხმევას ალტერნატივა ნამდვილად არ გააჩნია.

## ლიტერატურა—REFERENCES—ЛИТЕРАТУРА

1. Васильченко Г. С. Сексопатология. Справочник. М.: Медицина, 1990.
2. Diagnostic and statistical manual of mental disorders. Fifth edition, DSM-5TM, 2013, p. 423-450 .
3. A. Ihsan. Gender and psychopathology // Academic Press, New-York, 1982.

4. E. Laumann. et al. Prevalence of sexual problems among men and women aged 40 to 80 years: results of an international survey. Poster presentation at 2nd International Consultation on Erectile and Sexual Dysfunction. Paris, France June 28 – July 1, 2003.
5. H. Feldman. Impotence and its psychological correlates results of Massachusetts Male ageing study // J. Urol (Baltimore), No.151, 1994, p.54-61.
6. Старович З. Судебная сексология (пер. с польского). Юридическая литература. М., 1991.
7. TM. Moore et al. Erectile dysfunction in early, middle and late adulthood: symptom patterns and psychological correlates // J. Sex Marital Ther, 2003, p. 29:381-399.
8. R. Balon & R. Taylor Segraves. Handbook of Sexual Dysfunction. Taylor & Francis Group, 2005.
9. The ESSM Syllabus of Sexual Medicine, by H. Porst & Y. Reisman, Second Edition, MEDIX, Amsterdam, 2012.
10. ზ. მარშანი. სამედიცინო „სექსოლოგიის ნარკვევები: რაზედაც ხმამაღლა არ ლაპარაკობენ“, თბ.: მერიდიანი, 2014, 275 გვ.
11. მ. ჭავჭავაძე. კლინიკური სექსოლოგიის პროპედევტიკა, თბ., 2014. 311 გვ.
12. KR.Wylie. Becoming a sexologist in the United Kingdom. BMJ Careers // 15 January, 2005, p. 23-24.
13. D. Hatzichristou, PS.Kirana, R. Rosen. Principals in the management of sexual dysfunctions, In: The EFS and ESSM Syllabus of Sexual Medicine, First Edition, MEDIX Amsterdam, 2013.
14. L. Lofgren-Martenson, K.Fugl-Meyer. Education and professionalization of sexologists, In. : P.O. Lundberg, L. Lofgren-Martenson (Eds) Sexology, Stockholm, Sweden: Liber Forlag. 3rd edition, 2010.
15. LG. Dahlof. 30 years of Sexual Health Education and Training for the Clinician – Any Change for the Better? A Swedish Perspective, 2008.
16. L. Lofgren-Martenson. Between Professional Ambivalence and Multidisciplinary Harmony – A Swedish Qualitative Study on Sexologist as a Profession. 2015. [www.sexarchive.info/BIB/sexoswed.htm](http://www.sexarchive.info/BIB/sexoswed.htm).

### SEXOLOGY, AS A SPHERE OF MEDICINE: CHALLENGES AND PROSPECTS FOR GEORGIA IN THE XXI CENTURY

**Z. Marshania**

(Ilia State University)

**Resume:** Sexual dysfunctions seriously affect a lot of people around the world. It deprives many men and women of reproductive age the ability to create a family and have children. The process of treatment of sexual dysfunctions is extremely difficult and multifaceted. Sexual Medicine, as a specific inter-disciplinary branch of clinical medicine engages the solution of above-mentioned problems and closely co-operates with allied clinical disciplines (psychiatry, urology, gynecology, endocrinology, oncology, neurology). However, none of the above-mentioned allied disciplines are not able to adequately solve the problem of effective treatment of male and female sexual dysfunctions. There is a consensus regarding to the need for existence Sexual Medicine. However, there is not still clear answer to a specific question: who should treat sexual dysfunctions? In this context, three approaches: monodisciplinary, multidisciplinary and interdisciplinary are discussed. It is clear, that effective treatment of male and female sexual disorders is possible only within the interdisciplinary approach. Therefore only a well trained physician - sexologist can have suitable theoretic knowledge and practical skills for the successful treatment of male and female sexual dysfunctions, provided co-operation with physicians from related specialties (psychiatry, urology, endocrinology, angiology, gynecology and neurology). Such a practice for decades, there is in the UK and in the Nordic countries. Georgia should also learn from the experience of these countries, whose success in the Sexual Medicine is universally recognized. Thus, the existence of sexology, as a certified medical profession in Georgia today, at least in the form of a sub-specialty of psychiatry, it is one of the most important and urgent task of national health care.

**Key words:** medical sexology; dysfunction; interdisciplinary; certified profession.

## МЕДИЦИНА

### СЕКСОЛОГИЯ КАК ОТРАСЛЬ МЕДИЦИНЫ: ВЫЗОВЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ГРУЗИИ XXI ВЕКА

**Маршания З. С .**

(Государственный университет Ильи)

**Резюме:** Сексуальными дисфункциями называют расстройства половых функций у мужчин и женщин, как при наличии у них различных соматических и психических заболеваний, так и при их отсутствии. Сексуальными расстройствами страдают множество людей во всем мире. Именно нарушение сексуальной функции лишает многих мужчин и женщин репродуктивного возраста, возможности создавать семью и иметь детей. Процесс лечения сексуальных дисфункций чрезвычайно сложен и многогранен. Решением этой задачи занимается такая интердисциплинарная отрасль клинической медицины как медицинская сексология (Sexual Medicine), которая тесно взаимодействует с другими – смежными клиническими дисциплинами (психиатрия,

урология, гинекология, эндокринология, ангиология, неврология). Однако ни одна из смежных с медицинской сексологией дисциплин не способна адекватно решать задачу эффективного лечения мужских и женских сексуальных расстройств, что и обусловило необходимость создания медицинской сексологии. Если относительно необходимости её существования существует консенсус, до сих пор неоднозначен ответ на конкретный вопрос: кто должен заниматься лечением сексуальных дисфункций? В этом контексте рассматриваются три подхода: моно-, мульти- и интердисциплинарный. Тем не менее, эффективное лечение мужских и женских сексуальных расстройств возможно в рамках только интердисциплинарного подхода. Следовательно, лишь специально подготовленный врач-сексолог может иметь подходящие теоретические знания и практические навыки для лечения мужских и женских сексуальных расстройств, при условии тесного сотрудничества с врачами смежных специальностей. Такая практика уже не одно десятилетие существует в Великобритании и в скандинавских странах. Грузии же следует перенимать опыт именно этих государств, успехи которых в медицинской сексологии всеобщее признание. Таким образом, существование сексологии, как сертифицируемой врачебной специальности в Грузии, хотя бы в виде субспециальности психиатрии, представляется одной из важных и неотложных задач отечественного здравоохранения.

**Ключевые слова:** медицинская сексология; дисфункция; интердисциплинарный; сертифицируемая специальность.

### სამკურნალო და არომატულ მცენარეთა ბენეფიკური რესურსის რაციონალური გამოყენების ასპექტები სამცხე-ჯავახეთში

#### თამარ კაჭარავა, რევაზ ზედგინიძე

(საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, სამცხე-ჯავახეთის სახელმწიფო უნივერსიტეტი)

**რეზიუმე:** საქართველოს მდიდარი და უნიკალური ფიტოგენოფონდი ბუნებრივ-ისტორიული სიმდიდრეა, რომელიც მუდმივ დაცვა-აღდგენას საჭიროებს, რადგან ნადგურდება ან იცვლება სხვადასხვა სტიქიური თუ ანთროპოლოგიური ზემოქმედებით. აქ გავრცელებულია სამკურნალო და არომატულ მცენარეთა ის უნიკალური სახეობები, რომლებიც სხვაგან არ გვხვდება. ბევრი მათგანი დღევანდელი მდგომარეობით გადაშენების პირას არის მისული, მიმდინარეობს გენეტიკური რესურსის ეროზიული პროცესები. აუცილებელია ბიომრავალფეროვნების შენარჩუნების *ex-situ* და *in-situ/on farmer's* უზრუნველყოფა, კლიმატის ცვლილების გათვალისწინება, თესლის ბანკის შექმნა, სამკურნალო და არომატულ მცენარეთა სამრეწველო პლანტაციების გაშენება.

**საკვანძო სიტყვები:** ფიტოგენოფონდი; სამკურნალო და არომატული მცენარეები; გენეტიკური რესურსი.

#### შესავალი

მსოფლიოს ბევრ ქვეყანაში ანტიბიოტიკების აკრძალვის შემდეგ საქართველოს გაუჩნდა შანსი გახდეს ერთ-ერთი ძირითადი მწარმოებელი ბიოლოგიურად აქტიური ნატურალური ფიტოდანამატებისა და საღებავებისა, რომლებიც წარმატებით გამოიყენება ადამიანისა და ცხოველის საკვებად; ამასთან, დაიკავოს მნიშვნელოვანი ადგილი მსოფლიო ბაზარზე სტაბილური შემოსავლებით, რადგან უნიკალური, ეკოლოგიურად სუფთა ენდემურ-აბორიგენული ფიტოგენეტიკური რესურსი აქვს.

სამცხე-ჯავახეთის რეგიონის სამკურნალო და არომატულ მცენარეთა გენეტიკური რესურსის შესწავლა-გამოკვლევისას აღმოჩნდა, რომ ქვეყნის ეს უნიკალური და მრავალფეროვანი სიმდიდრე არასაკმარისად არის კატალოგიზებული და გამოყენებული. უფრო მეტიც, მოვლა-მოყვანის ტექნოლოგიები იმ მცენარეთათვისაც კი, რომლებიც ფართო მოხმარების საგანს წარმოადგენს, დამუშავებული არ არის და ძირითადად მეზობელი ქვეყნებიდან შემოაქვთ, მაშინ როცა ჩვენი ქვეყნის ნიადაგურ-კლიმატური პირობები ხელსაყრელია მათი კულტივირებისათვის. ლიტერატურა მათ შესახებ საკმაოდ ბევრია, მაგრამ იგი უფრო ფარმაცოტანიკური ხასიათისაა. ამიტომაც მიზნად დავისახეთ ამ მეტად ღირებულ მცენარეთა ბიოლოგიური თავისებურებების შესწავლა, რომელთა გათვალისწინებით შეიქმნება პროდუქტიულობის მაღალნაყოფიერი მოდელი. სამრეწველო პლანტაციების შექმნა ხელს შეუწყობს ქვეყნის ფიტოგენოფონდის შენარჩუნებას. მათი სწორად ჩართვა თესლბრუნვაში და მექანიზაციის პროფესიული გამოყენება შეამცირებს ეროზიულ პროცესებს. ეს უნიკალური მცენარეები მეტად ძვირფასი და შეუცვლელი ნედლეულია არა მარტო სამამულო ფიტომრეწველობისათვის, არამედ მათ საექსპორტო პოტენციალის სერიოზული პერსპექტივაც აქვთ. მათი აგრობიოლოგიური თავისებურებების გათვალისწინებით ფერმერულ მეურნეობებში მეცნიერულად დასაბუთებული რეკომენდაციების საფუძველზე უნდა განვითარდეს ქვეყნისათვის მეტად საჭირო, ტრადიციული, ამჟამად მივიწყებული პრიორიტეტი – სამკურნალო,

არმატული და ზოგიერთი მეტად მოთხოვნადი შხამიანი მცენარეების (მაგალითად, ქრისტესისხლა, ლემა, ლენცოფა და სხვ.) ეკოლოგიურად სუფთა, სტანდარტული ნედლეულისა და პროდუქციის მოყვანა-გადამუშავების ტექნოლოგიური პროცესი დიაგნოსტიკის მაღალნაყოფიერ მოდელში: ნიადაგი-გარემო-კლიმატი-მცენარე-სასუქი-მოსავალი. კულტივირების წესებისა და თესვის ვადების დიფერენცირებით ფარმაკოლოგიურად აქტიურ ნივთიერებათა მაღალი შემცველობის გათვალისწინებით (რადგან მცენარეთა სასაქონლო ფასს მათი ხარისხობრივი მაჩვენებლები განსაზღვრავს) მნიშვნელოვანია შეიქმნას სტანდარტული თესლის ბანკი და ისეთი სქემა, სადაც მოცემული იქნება შენახვის ვადები და პირობები, რათა მაქსიმალურად შენარჩუნდეს აღმოცენების ხარისხი; დაავადებების მთელი სპექტრი და მათ წინააღმდეგ ბრძოლის ბიოლოგიური ღონისძიებები; მიღებული ნედლეულის შენახვის პირობები და ხარისხობრივი მაჩვენებლები; ბაზრის კონიუნქტურული ანალიზისა და ეკონომიკური მარკეტინგის კვლევის სისტემა ეკონომიკური ეფექტის გასაუმჯობესებლად [1, 2, 3].

### ძირითადი ნაწილი

აღნიშნული პრობლემა დაედო საფუძვლად ჩვენს პროექტს, რომლის ერთ მოდელში გაერთიანებულია, ერთი მხრივ, პრიორიტეტულ მცენარეთა გენეტიკური რესურსის მარაგის კვლევა მათი შემდგომი დაცვა-კონსერვაციისა და გაუმჯობესების პარამეტრების დაკონკრეტებით, მეორე მხრივ, მათი სახალხო-სამეურნეო მნიშვნელობა და ეკონომიკური რეაბილიტაციის აუცილებლობა თითოეული რეგიონის ნიადაგურ-კლიმატურ პირობებში განთავსება-განვითარებისათვის, ანუ სამრეწველო პლანტაციებისა და თესლის ბანკის შექმნა ბიომრავალფეროვნების ბალანსირებისათვის და დაცვა რაციონალური გამოყენებისათვის, რაც პირდაპირ პასუხობს გაეროს სლოგანს „ბიომრავალფეროვნების დაცვა მდგრადი განვითარების საფუძველია“ [3].

ბოლო წლებში არსებითად შეიცვალა სამკურნალო და არმატული მცენარეების არეალი და პოპულაციათა რაოდენობა. ამას ძირითადად განაპირობებს: ველურად მოზარდი ფორმების უკონტროლო, არარაციონალური მოპოვება; ეროზიული პროცესები; სამეურნეო მიზნით გარკვეული არეალის ათვისება; საძოვრების გადაჭარბებული ექსპლუატაცია, რაც იწვევს ბალახოვანი საფრის შედგენილობის ცვლილებებს, ზოგ შემთხვევაში მათ განადგურებას, რის ნაწილობრივ აღდგენასაც გარკვეული დანახარჯები და დრო სჭირდება [3]. აღსანიშნავია, რომ წლების განმავლობაში ფაქტობრივად არ მომხდარა ველური მცენარეების არეალისა და პოპულაციების მდგომარეობის მონიტორინგი, მათი მარაგების განსაზღვრა, რაც იწვევს გენეტიკური რესურსის არამდგრად გამოყენებას. აუცილებელია ამ კატეგორიის მცენარეთა (პირველ რიგში ენდემური, იშვიათი სახეობების) სტატუსის განსაზღვრა (IUCN-ის კატეგორიების მიხედვით) და სახეობათა იდენტიფიცირება წითელ ნუსხაში შესატანად, მათი დაცვა-კონსერვაციის მექანიზმების მოწესრიგება. მით უმეტეს, რომ სამკურნალო და არმატული მცენარეები არა მარტო ფარმაკოლოგიურად აქტიურ ნივთიერებათა ბაზაა, არამედ მნიშვნელოვანი და სტაბილური შემოსავლის წყაროცაა, ამიტომ ბაზრის გაფართოება და მოთხოვნათა გაზრდა იწვევს ამ ნივთიერებათა ბუნებრივი გენეტიკური რესურსის მარაგებისა და არეალის შემცირებას.

სამცხე-ჯავახეთის რეგიონში მდებარე ბორჯომ-ხარაგაულის პარკი მდიდარია რელიქტური და ენდემური ფლორის მოწვევადი სახეობებით. მათ შორისაა კავკასიის ენდემური სახეობები: აღმოსავლური ნაძვი (*Picea Orientalis* Link), კავკასიური სოჭი (*Abies nordmanniana* L), კავკასიური ფიჭვი (*Pinus sosnowskyi* L). რელიქტური სახეობებიდან კი აღსანიშნავია: იმერული ხეჭრელი (*Rhamnus Imeretina* L), უთხოვარი (*Taxus Baccata* L), წყავი (*Prunus laurocerasus* L), კოლხური სურო (*Hedera colchica* L), კავკასიური დეკა (*Rhododendron caucasicum* L). გვხვდება აგრეთვე საქართველოს „წითელ ნუსხაში“ შეტანილი უხრაგი (*Ostrya* L), კოლხური ჯონჯოლი (*Staphylea colchica* L), აღმოსავლური მუხა (*Quercus Macranthera* L), შიშველი თელაღუმა (*Ulmus glabra* Huds ) [4].

სამკურნალო და არმატულ მცენარეთა წარმოების ტექნოლოგიური პროცესის ერთ-ერთი ყველაზე მნიშვნელოვანი პრიორიტეტია სტანდარტული, უხეშოსავლიანი, გარემო პირობებთან ადაპტირებული თესლის ბანკის შექმნა. ამიტომაც ხელი უნდა შეეწყოს ჩვენში მის დამკვიდრებას. ამი-

სათვის კი მათი სელექცია სასურველია წარმართოს ისე, რომ მოხდეს ქვეყნის ბაზრის გაჯერება უხემოსავლიანი, კონდიციური, ადგილობრივი, შედარებით იაფი თესლით, მით უმეტეს, თესლი მცენარის ბიოლოგიური და სამეურნეო თვისებების მქონე ორგანიზმია, მასზე დამოკიდებულია პროდუქტიულობა, ხარისხი და სასარგებლო მცენარეთა ნედლეულის სასაქონლო ფასი.

## დასკვნა

ამრიგად, სამცხე-ჯავახეთის რეგიონში სამკურნალო და არომატულ მცენარეებზე, როგორც ეკოლოგიურად უსაფრთხო ნედლეულზე, პროდუქციასა და სტანდარტულ თესლზე დიდი მოთხოვნაა. მათი წარმოება უზრუნველყოფს სტაბილურ და გარანტირებულ შემოსავალს. მოქნილი მარკეტინგული მოდელის შემუშავებით შეიქმნება ადგილობრივი წარმოების იაფი სამკურნალო-საშუალებები, განვითარდება პრიორიტეტული ფერმერული მეურნეობები და ფულად-საკრედიტო ურთიერთობები. ამასთან, ამ პრიორიტეტს ექსპორტის უდიდესი პოტენციალი ექნება. მოხდება საწარმოო-ტექნოლოგიური, მენეჯმენტის და სამეცნიერო-კვლევითი მიზნებისათვის ფარმაცევტული მრეწველობის, კულინარიულ-კოსმეტიკური სანედლეულო ბაზის, ორგანული წარმოშობის სამკურნალო, არომატულ საშუალებათა და ეკოლოგიურად სუფთა, მაღალი ხარისხის ნედლეულის მიღება; საქართველოს ფლორის ველურად მზარდი და კულტივირებული მცენარეების აღწერა-კატალოგიზება; უნიკალური გენეტიკური რესურსის დაცვა; სამკურნალო და არომატულ მცენარეთა მოყვანა-დამზადების, გაშრობის, გადამუშავების, შენახვის პირობების შემუშავება მათი რაციონალური მოხმარების მიზნით; ჩამოყალიბდება უხეპროდუქტიული მოდელი: ნიადაგი-გარემო-მცენარე-სასუქი-მოსავალი კლიმატური პარამეტრების ცვლილებათა ფონზე ეკოლოგიურად სუფთა ნედლეულისა და კონდიციური თესლის მისაღებად. ყოველივე ეს განაპირობებს პროექტის ცხოველუნარიანობას და ეკონომიკურ მდგრადობას.

## ლიტერატურა—REFERENCES—ЛИТЕРАТУРА

1. Вавилов Н. И. Центры происхождения культурных растений. Л.: Наука, 1987.- 148 с.
2. თ. კაჭარავა. სამკურნალო, არომატული, სანელებელი და შხამიანი მცენარეები. ISBN 978-9941-12-575-1, თბ.: უნივერსალი, 2009.
3. A. Korakhashvili, T. Kacharava. Catalog of Medicine Aromatic, Spicy & Poisonous Plants of Georgia – Georgia Academy of Sciences. ISBN 978-9941-0-1001-9, Tb., 2008.
4. საქართველოს დაცული ტერიტორიები. რედ. ა. ქიქოძე, რ. გოხელაშვილი, ISBN 978-99928-70-71-6, 2007, გვ. 36-46.

### ASPECTS OF THE RATIONAL USE OF GENETIC RESOURCES OF MEDICINAL AND AROMATIC PLANTS IN SAMTSKHE-JAVAKHETI

**T. Kacharava, R. Zedginidze**

(Georgian Technical University, Samtskhe-Javakheti State University)

**Resume:** The rich and unique phylogenetic fund of Georgia represents natural-historical treasure and requires permanent conservation-rehabilitation, as it progressively exterminates or changes under the influence of various natural disasters. There are spread the unique medical and aromatic plants, which cannot be found anywhere in the world. Due to their current state, most of these plants are on the verge of extinction. Our recommendations include the protection of genetic resources of medicinal and aromatic plants, including rare and endangered species, conservation of ex-situ and in-situ / on farmer's, climate change, creating a seed bank, the development of innovative technologies for their sustainable use of plant resources and cultivations in the region of Samtskhe-Javakheti.

**Key words:** phylogenetic fund; medicinal and aromatic plants; genetic resource.

## ЛЕКАРСТВЕННЫЕ РАСТЕНИЕ

### АСПЕКТЫ РАЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГЕНЕТИЧЕСКОГО РЕСУРСА ЛЕКАРСТВЕННЫХ И АРОМАТИЧЕСКИХ РАСТЕНИЙ В САМЦХЕ-ДЖАВАХЕТИИ

**Качарава Т. О., Зедгинидзе Р. Ш.**

(Грузинский технический университет, Государственный университет Самцхе-Джавахеи)

**Резюме:** Уникальное природное богатство Грузии требует постоянного внимания и отслеживания текущих проблем, связанных с изменением состояния окружающей среды в результате естественных процессов и антропогенного воздействия. Наши рекомендации включают в себя вопросы защиты генетических ресурсов лекарственных и ароматических растений, в том числе редких и находящихся на грани исчезновения, консервации ex-situ и in-situ/on farmer's, изменения климата, создания банка семян, разработки инновационных технологий рационального использования растительных ресурсов и выращивания в регионе Самцхе-Джавахеи.

**Ключевые слова:** фитогенофонд; лекарственные и ароматические растения; генетический ресурс.

## ავტორთა საყურადღებოდ

ქართულენოვანი მრავალდარგოვანი სამეცნიერო-რეფერირებადი ჟურნალი “მეცნიერება და ტექნოლოგიები” პერიოდული გამოცემაა; გამოდის კვარტალურად (წელიწადში ოთხჯერ).

1. ავტორის/ავტორების (რაოდენობა არ უნდა აღემატებოდეს 5-ს) მიერ სტატია წარმოდგენილი უნდა იყოს მთავარი რედაქტორის სახელზე ქართულ ენაზე და თან უნდა ახლდეს:

- აკადემიის წევრის, წევრ-კორესპონდენტის ან კოლეგიის წევრის წარდგინება ან დარგის სპეციალისტების რეცენზიები (ორი მაინც);
- რეზიუმე ქართულ, ინგლისურ და რუსულ ენებზე;
- ცნობები ავტორის/ავტორების შესახებ (რომელთა მიხედვით ივსება ავტორის ბარათი):

ავტორის/ავტორების გვარი, სახელი, მამის სახელი, დაბადების წელი, საცხოვრებელი ბინის და სამსახურის მისამართები, ელ. ფოსტა, საკონტაქტო ტელეფონები (ბინის, სამსახურის, მობილური).

2. სტატია ამობეჭდილი უნდა იყოს A4 ფორმატის თეთრ ქაღალდზე 1,5 ინტერვალთ, მინდვრების ზომა – 2-2 სმ; სტატიის მოცულობა ფორმულების, ცხრილებისა და ნახაზების (ფოტოსურათების) ჩათვლით 10-12 ნაბეჭდი გვერდი, ქართული ტექსტისათვის გამოყენებული უნდა იყოს Acadnuxx შრიფტი, ინგლისური და რუსული ტექსტისათვის – Times New Roman, ზომა – 12;

3. სტატია გაფორმებული უნდა იყოს შემდეგნაირად:

- რუბრიკა (მეცნიერების დარგი);
- სტატიის სათაური;
- ავტორის/ავტორების სახელი და გვარი (სრულად);
- სად დამუშავდა სტატია;
- ქართული რეზიუმე და საკვანძო სიტყვები უნდა იყოს სტატიის დასაწყისში, ინგლისური და რუსული რეზიუმეები საკვანძო სიტყვებიანად – სტატიის ბოლოში;
- დამოწმებული ლიტერატურის სია, რომელიც უნდა დალაგდეს ტექსტში ციტირების თანმიმდევრობის მიხედვით, სტატიას უნდა დაერთოს ბოლოში (ლიტერატურა ტექსტში აღნიშნული უნდა იყოს ციფრებით კვადრატულ ფრჩხილებში);
- ნახაზები (ფოტოსურათები) და ცხრილები თავის წარწერებიანად უნდა განთავსდეს ტექსტში. მათი კომპიუტერული ვარიანტი უნდა შესრულდეს Tif ფორმატში (გარჩევადობა – 150 dpi);
- რედაქტირებული და კორექტირებული მასალის გამოქვეყნებაზე თანხმობა ავტორმა უნდა დაადასტუროს ხელმოწერით (რედაქტირებული ვერსია ან სარედაქციო კოლეგიის მიერ დაწუნებული სტატია ავტორს არ უბრუნდება);

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

რედაქტორები: ლ. გიორგობიანი, ე. იოსებიძე, დ. ქურიძე, მ. პრეობრაჟენსკაია  
კომპიუტერული უზრუნველყოფა ქ. ფხაკაძე

გადაეცა წარმოებას 17.06.2015. ხელმოწერილია დასაბეჭდად 04.11.2015 ქალაქის ზომა  
60X84 1/8. პირობითი ნაბეჭდი თაბახი 6,5. ტირაჟი 92 ეგზ.

საგამომცემლო სახლი „ტექნიკური უნივერსიტეტი“, თბილისი, კოსტავას 77



Verba volant,  
scripta manent