

მიხეილ ნოდიას გეოფიზიკის ინსტიტუტი

**შრომათა კრებული**

ИНСТИТУТ ГЕОФИЗИКИ ИМ. М. НОДИА

**СБОРНИК ТРУДОВ**

MIKHEIL NODIA INSTITUTE OF GEOPHISICS

**PROCEEDINGS**

LXXVII



**2024**

ISSN 1512-1135

ივანე ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი  
მიხეილ ნოდია სახელობის გეოფიზიკის ინსტიტუტი

IVANE JAVAKHISHVILI TBILISI STATE UNIVERSITY  
Mikheil Nodia Institute of Geophysics

ТБИЛИССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
им. ИВ. ДЖАВАХИШВИЛИ  
Институт геофизики им. М. З. Нодиа

შრომების კრებული

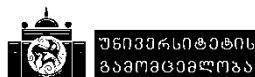
ტ. LXXVII

TRANSACTIONS

vol. LXXVII

СБОРНИК ТРУДОВ

т. LXXVII



**მთავარი რედაქტორი: ამირანაშვილი ა.**

**Editor-in-Chief: Amiranashvili A.**

**Главный редактор: Амиранашвили А.Г.**

**სარედაქციო-საგამომცემლო საბჭო:**

ადამია შ., აჯიევი ა. (ყაბარდო-ბალკარეთის რესპუბლიკა, რუსეთი), ბენდერევი ა. (ბულგარეთი), ბერძენიშვილი ნ., ბოლაშვილი ნ., გამყრელიძე ე., გვენცაძე თ., გოგიჩაიშვილი ა. (მექსიკა), დარახველიძე ლ. (მთავარი რედაქტორის მოადგილე), დემეტრაშვილი დ., დვალი ნ., ელიზბარაშვილი ე., ვარამაშვილი ნ., ზაალიშვილი ვ. (რესპუბლიკა ჩრდილოეთ ოსეთი-ალანია, რუსეთი), თავართქილაძე კ., კერესელიძე ზ., მამაძლი ტ. (აზერბაიჯანი), მელიქაძე გ., მეტრეველი გ., ნიკოლაიშვილი მ. (მდივანი), პეტროსიანი ჰრ. (სომხეთი), პოვოლოცკაია ნ. (რუსეთი), ჟოვინსკი ე. (უკრაინა), სენიკი ი. (რუსეთი), ტატიშვილი მ., ქირია თ., ქირია ჯ., ლლონტი ნ., ჩაგელიშვილი გ., ჭელიძე თ., ხარშილაძე ო., ხვედელიძე ზ.

#### **THE EDITORIAL AND PUBLISHING BOARD:**

Adamia Sh., Adjiev A. (Kabardino-Balkar Republic, Russia), Benderev A. (Bulgaria), Berdzenishvili N., Bolashvili N., Chagelishvili G., Chelidze T., Darakhvelidze L. (Associate Editor), Demetrashvili D., Dvali N., Elizbarashvili E., Gamkrelidze I., Ghlonti N., Gogichashvili A. (Mexico), Gventsadze T., Kereselidze Z., Kharshiladze O., Khvedelidze Z., Kiria J., Kiria T., Mammadli T. (Azerbaijan), Melikadze, G., Metreveli G., Nikolaishvili M. (secretary), Petrosyan Hr. (Armenia), Povolotskaia N. (Russia), Senik I. (Russia), Tatiashvili M., Tavartkiladze K., Varamashvili N., Zaalishvili V. (Republic of North Ossetia-Alania, Russia), Zhovinsky E. (Ukraine).

#### **РЕДАКЦИОННО-ИЗДАТЕЛЬСКИЙ СОВЕТ:**

Адамия Ш.А., Аджиев А.Х. (Кабардино-Балкарская Республика, Россия), Бендерев А.Д. (Болгария), Бердзенишвили Н.М., Болашвили Н.Р., Варамашвили Н.Д., Гамкрелидзе И.П., Гвенцадзе Т.Г., Глонти Н.Я., Гогичаишвили А.Т. (Мексика), Дарахвелидзе Л.К. (заместитель главного редактора), Двали Н.С., Деметрашвили Д.И., Жовинский Э.Я. (Украина), Заалишвили В.Б. (Республика Северная Осетия-Алания, Россия), Кереселидзе З.А., Кириа Дж.К., Кириа Т.В., Маммадли Т. (Азербайджан), Меликадзе Г.И., Метревели Г.С., Николайшвили М.М. (секретарь), Петросян Г.М. (Армения), Поволоцкая Н.П. (Россия), Сеник И.А. (Россия), Таварткиладзе К.А., Татишвили М.Р., Харшиладзе О.А., Хведелидзе З.В., Чагелишвили Г.Д., Челидзе Т.Л., Элизбарашвили Э.Ш.

კრებული გამოდის 1936 წლიდან და მოიცავს გეოფიზიკის ყველა მიმართულებას. კრებულში იბეჭდება სამეცნიერო სტატიები, მონოგრაფიები, მიმოხილვები, მოკლე ინფორმაციები, დისკუსიები, წიგნების მიმოხილვები, განცხადებები სამ – ქართულ, ინგლისურ და რუსულ ენაზე. პუბლიკაციები უფასოა. კრებული არის საერთაშორისო რეფერირებადი, რეცენზირებადი და ციტირებადი გამოცემა; ჩართულია საერთაშორისო ელექტრონულ საბიბლიოთეკო მონაცემთა ბაზა *DSpace*-ში. მისი ინდექსირება ხდება *Google Scholar* და *Publish or Perish*-ში. გამოდის, როგორც წესი, წელიწადში ერთხელ, სტატიების დაგროვების მიხედვით. საჭიროების შემთხვევაში შესაძლებელია წელიწადში რამდენიმე კრებულის გამოცემა.

The Transactions include all branches of the Geophysics. It is published since 1936. Types of contributions are: research papers, monographs, reviews, short communications, discussions, book reviews, and announcements on any of three languages – Georgian, English, Russian. Publications are free of charge. Transactions are international referred, peer-reviewed and cited edition; they are included in the international electronic library data base *DSpace*, indexed in *Google Scholar* and *Publish or Perish*. The Transactions published in proportion to the accumulation of articles, usually once per annum. If necessary, several publications per annum are possible.

Сборник охватывает все направления геофизики. Издается с 1936 года. В сборнике публикуются научные статьи, монографии, обзоры, краткие информации, дискуссии, обзоры книг, объявления на любом из трех языков – грузинский, английский, русский. Публикации бесплатные. Сборник является международным реферируемым, рецензируемым и цитируемым изданием; включен в международную электронную библиотечную базу данных *DSpace*. Индексируется в *Google Scholar* и *Publish or Perish*. Издается по мере накопления статей, обычно раз в год. При необходимости возможно несколько изданий в год.

**სარედაქციო-საგამომცემლო საბჭოს მისამართი:**

საქართველო, 0160, თბილისი, ალექსიძის ქ. 1, მ. ნოდის სახ. გეოფიზიკის ინსტიტუტი  
Tel.: 233-28-67; Fax: (99532) 2332867; e-mail: avtandilamiranashvili@gmail.com;  
geophysics.transactions@tsu.ge

**Address of The Editorial and Publishing Board:**

M. Nodia Institute of Geophysics, 1 Alexidze Str., 0160 Tbilisi, Georgia  
Tel.: 233-28-67; Fax: (99532) 2332867; e-mail: avtandilamiranashvili@gmail.com;  
geophysics.transactions@tsu.ge

**Адрес редакционно-издательского совета:**

Грузия, 0160, Тбилиси, ул. Алексидзе, 1. Институт геофизики им. М. З. Нодиа  
Тел: 233-28-67; Fax: (99532) 2332867; e-mail: avtandilamiranashvili@gmail.com;  
geophysics.transactions@tsu.ge

**ელექტრონული ვერსიის მისამართი**

The address of electronic version

Адрес электронной версии

<https://scholar.google.com/citations?user=EdMkYoYAAAAJ&hl=en>

<http://dspace.gela.org.ge/handle/123456789/254>

დაიბეჭდა თსუ გამომცემლობის სტამბაში

Published by TSU Press

Напечатано в типографии ТГУ

0179 Tbilisi, ილია ჭავჭავაძის გამზირი 1

1 Pira Chavchavadze Avenue, Tbilisi 0179

0179 Тбилиси, просп. И.Чавчавадзе, 1

Tel 995 (32) 225 14 32

დამკაზადონებელი ლალი კურდღელაშვილი

გარეკანის დიზაინერი მარიამ ებრალიძე

Typesetter Lali Kurdghelashvili

Cover Designer Mariam Ebralidze

© ივ. ჯავახიშვილის სახ. თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის გამომცემლობა, 2024

Publish House of Iv. Javakhishvili Tbilisi State University, 2024

Издательство Тбилисского государственного университета им. И. Джавахишвили, 2024

ISSN 1512-1135

## თხელი ფენის გავლენა ტალღურ სურათზე გარდატეხილი ტალღების მეთოდის გამოყენებისას

კიტოვანი დ.

*ივანე ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის  
მიხეილ ნოდიას სახელობის გეოფიზიკის ინსტიტუტი*

კრისტალური ფუნდამენტის კვლევა სეისმოძიების ერთ-ერთ მთავარ ამოცანას წარმოადგენს, ვინაიდან მასთან არის დაკავშირებული სასარგებლო წიაღისეულის და აგრეთვე გაზის და ნავთობის საბადოების არსებობა. კრისტალური ფუნდამენტის შესწავლა გულისხმობს მისი ჩაწოლის სიღრმის და გეომეტრიის დადგენას, ტექტონიკური რღვევების გამოვლენას, მისი ლითოლოგიური შემადგენლობის განსაზღვრას.

გარდატეხილი ტალღების მეთოდს შეუძლია ამ ამოცანების წარმატებით გადაჭრა. განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია ის, რომ ამ მეთოდის საშუალებით შეიძლება განვსაზღვროთ ქვედა ფენაში (ანუ კრისტალურ ფუნდამენტში) მოცულობითი ტალღების გავრცელების სიჩქარეები, რაც წარმოდგენას გვაძლევს მის ნივთიერ შემადგენლობაზე. ამიტომ, გარდატეხილი ტალღების მეთოდმა მოიპოვა ფართო გავრცელება. თუმცა, ამ მეთოდის გამოყენებისას ზოგჯერ ვერ ხერხდება ზემოთ თქმული ამოცანების გადაჭრა სათანადო სიზუსტით. ამის ერთ-ერთი მთავარი მიზეზია მეთოდის ფიზიკური საფუძვლების არასაკმარისი დამუშავება, განსაკუთრებით რთულად აგებული გარემოებებისთვის (საქართველოს წიაღი სწორედ ასეთ გარემოს წარმოადგენს).

ამ სტატიის ამოცანაა თეორიული მოდელების საშუალებით მეთოდის როგორც ძლიერი, ისე სუსტი მხარეების ჩვენება.

### მოდელი 1. (ვერტიკალური საფეხური)

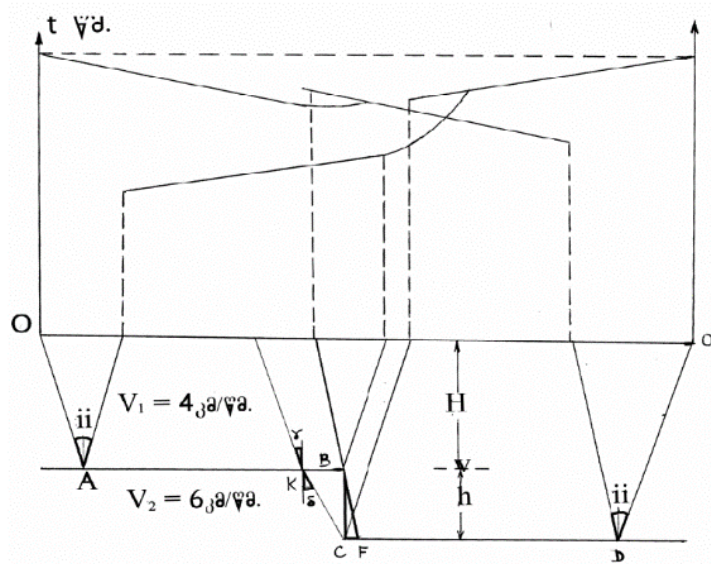
ვთქვათ გვაქვს ორფენიანი გარემო და მათში სეისმური ტალღების გავრცელების სიჩქარეები მუდმივია. ჩავთვალოთ, რომ ფენები სქელია, ანუ სრულდება გეომეტრიული სეისმიკის კანონები და  $V_2 > V_1$  სადაც  $V_1$  და  $V_2$  შესაბამის გარემოში ტალღების გავრცელების სიჩქარეებია ( $V_1 = 4,0$  კმ/წმ  $V_2 = 6,0$  კმ/წმ). დავუშვათ ასევე, რომ ამ ფენების გამყოფი ზედაპირი ბრტყელი და ჰორიზონტულია, მაშინ იმ ტალღების ჰოდოგრაფის განტოლებებს, რომლებიც დაიკვირვებიან პირველ შემოსვლებში, შემდეგი სახე ექნებათ:

$$\begin{aligned} t(OABx) &= 2H/V_1 \cos i + x_1/V_2 & 2Htgi \leq x_j \leq x_{BC} + Htgi \\ t(OA_1CDx) &= x_j - x_{BC} / V_2 + H/V_1 \cos \alpha + h/V_2 \cos \beta + (H+h) \cos i / V_1 \\ x_j &\geq x_{BC} + (H+h)tgi \\ t_{dif} (OABX_j) &= x_{BC} / V_2 + H \cos i / V_1 + \sqrt{H^2 + (x_j - x_{BC})^2} \\ t(O_1DFx_j) &= x_j / V_2 + 2(H+h) \cos i / V_1 & 2(H+h) tgi \leq x_j \leq x_{BC} + Htgi \end{aligned}$$

$$t(O_1DCKX_j) = x_{BC}/V_2 + (H+h) \cos i / V_1 + h/V_2 \cos \delta + h/V_1 \cos \gamma$$

$$x_j = x_{BC} + h \tan \delta + H \tan \gamma \quad \sin \gamma = n \sin \delta$$

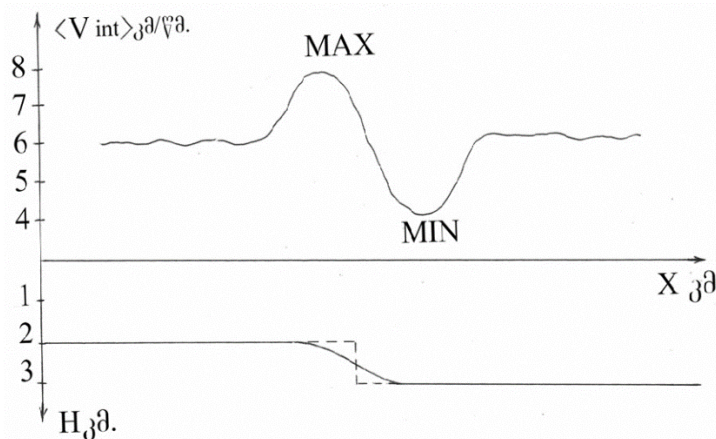
სადაც  $h$  არის ტექტონიკური საფეხურის ამპლიტუდა (ჩვენს შემთხვევაში  $h = 1$  კმ)  $H$  – ქვედა ფენის ჩაწოლის სიღრმე ამოწეული ფრთის თავზე ( $H=2$ )  $X_j$  – მიმდინარე კოორდინატა,  $n$  – გარდატეხის მაჩვენებელი (დანარჩენი აღნიშვნები იხ. ნახაზი.1).



ნახ. 1.

ამ განტოლებების საშუალებით აგებულ ჰოდოგრაფებს ექნებათ შემდეგი სახე (ნახ. 1).

დროთა ველის მეთოდის გამოყენებით თუ ავაგებთ ინტერვალური საზღვრითი სიჩქარეების გრაფიკს, მივიღებთ შემდეგ სურათს (ნახ. 2.), რომლის ინტერპრეტაცია სირთულეს არ წარმოადგენს. ამ გრაფიკიდან ვხედავთ, რომ ვერტიკალური საფეხურის თავზე გვაქვს მაქსიმუმი (MAX), ხოლო დაწეული ფრთის თავზე კი მინიმუმი (MIN) ინტერვალური სიჩქარეების მნიშვნელობებში.



ნახ. 2.

პირდაპირი ჰოდოგრაფი შედგება სამი მონაკვეთისგან: პირველი მონაკვეთი, ისევე, როგორც მესამე, შეესაბამება მეწინავე ტალღას ( $V_2 = 6.0$  კმ/წმ); მეორე მონაკვეთი შეესაბამე-

ბა დიფრაგირებულ ტალღას. იგი მდებარეობს ვერტიკალური საფეხურის დაწეული ფრთის თავზე ( $V_{\text{დიფრ}} V_2$ ), ამიტომ დაწეული ფრთის თავზე გვაქვს მინიმუმი ინტერვალური სიჩქარეების მნიშვნელობებში.

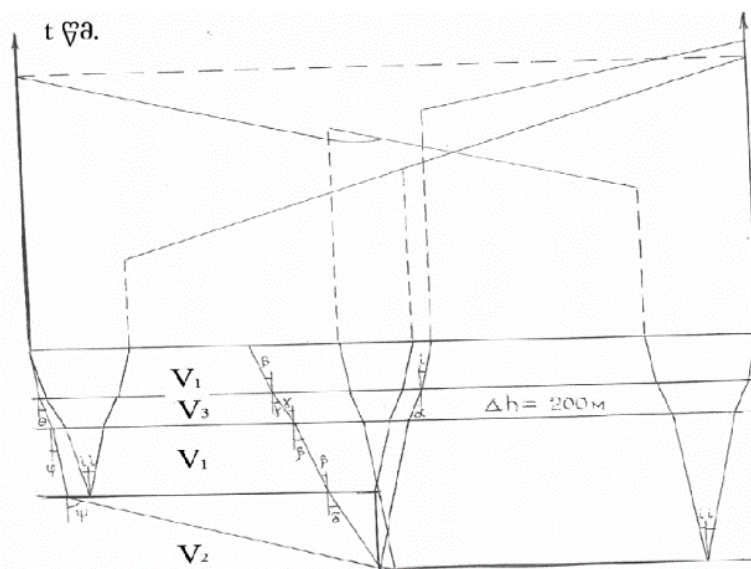
რაც შეეხება შებრუნებულ ჰოდოგრაფს, იგი შედგება ორი მონაკვეთისაგან: პირველი მონაკვეთი შეესაბამება მეწინავე ტალღას სიჩქარით  $V_2 = 6.0 \text{კმ/წმ}$ , ხოლო მეორე მონაკვეთი არის დიფრაგირებული გამავალი ტალღის ჰოდოგრაფი, რომელიც ხასიათდება ცვალებადი სიჩქარით: უშუალოდ საფეხურის თავზე მოჩვენებითი სიჩქარე უსასრულოა (ტალღის ფრონტი დღიური ზედაპირის პარალელურია), ხოლო შემდეგ მისი მნიშვნელობა სწრაფად ეცემა და ხდება  $V_2 = 6.0 \text{კმ/წმ}$ .

ყოველივე ზემოთქმულიდან შეიძლება დავასკვნათ:

1. გარდატეხილ ტალღათა მეთოდი იძლევა საშუალებას საკმაოდ მაღალი სიზუსტით განვსაღვროთ საკვლევი ჰორიზონტის, ჩაწოლის სიღრმე, ასევე მასში გავრცელებული ტალღის საზღვრითი სიჩქარე.
2. ამ მეთოდის საშუალებით შესაძლებელია აგრეთვე ტექტონიკური რღვევების გამოვლენა ანუ საზღვრის (გამყოფი ზედაპირის) გეომეტრიის დადგენა.

### მოდელი 2 (თხელი ფენა მომატებული სიჩქარით)

დავუშვათ გვაქვს ისეთივე ორფენიანი გარემო იგივე პარამეტრებით, რაც პირველ მოდელში, ოღონდ იმ განსხვავებით, რომ პირველ გარემოში არსებობს თხელი ფენა, რომელშიც ტალღის გავრცელების სიჩქარე მომატებულია პირველ გარემოსთან შედარებით ( $V_3 = 5.5 \text{კმ/წმ}$ ). განსაზღვრება „თხელი ფენა“ ნიშნავს, რომ ფენის სისქე  $\Delta h < \Lambda/2$ , სადაც  $\Lambda$  იმ ტალღის სიგრძეა, რომელიც რეგისტრირდება საველე სამუშაოების დროს. ჩვენს შემთხვევაში ჩავთვალოთ, რომ  $\Delta h = 200 \text{მ}$ . იმ შემთხვევაში, გარემოების გამყოფი საზღვარი თუ ჰორიზონტულია და ზედა გარემოში გვაქვს მომატებულ სიჩქარიანი თხელი ფენა, ამ დროს მის ქვემოთ მდებარე ფენების ეკრანირება არ ხდება, რადგან ტალღა თითქოს ვერ ხედავს არსებულ წინაღობას და თავისუფლად „გადაახტება“ მას.



ნახ. 3.



სიტუაცია ძირეულად იცვლება, როცა გარდამტეხი საზღვარი შეიცავს ტექტონიკურ საფეხურს.

პირველ შემოსვლებში დაკვირვებულ ტალღათა ჰოდოგრაფების განტოლებებს ექნებათ შემდეგი სახე (ნახ. 3)

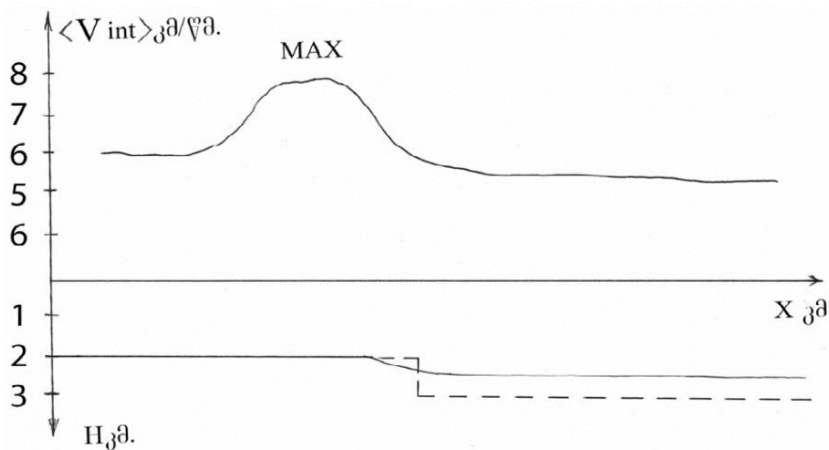
$$t_{1(\text{პირდაპირი})} = H - \Delta h / V_1 \cos i + \Delta h / V_3 \cos \alpha + \{ x_{BC} - [(H - \Delta h) \operatorname{tgi} + \Delta h \operatorname{tg} \alpha] \} / V_2$$

$$t_{2(\text{პირდაპირი})} = H - \Delta h / V_1 \cos \phi + \Delta h / V_3 \cos \theta + h / v_2 \cos \psi + H = h - \Delta h / V_1 \cos i + \Delta h / V_1 \cos \alpha + \{ 2x_{BC} - [(H - \Delta h) \operatorname{tg} \phi + \Delta h \operatorname{tg} \theta + (H + h - \Delta h) \operatorname{tgi} + \Delta h \operatorname{tg} \alpha] \} / V_2$$

$$t_{1(\text{შებრუნებული})} = 2(H + h - \Delta h) / V_1 \cos i + 2 \Delta h / V_3 \cos \alpha + \{ x_{BC} - [(H + 2h - \Delta h) \operatorname{tgi} + \Delta h \operatorname{tg} \alpha] \} / V_2$$

$$t_{2(\text{შებრუნებული})} = (H + h - \Delta h) / V_1 \cos i + \Delta h / V_2 \cos \alpha + \{ x_{BC} - [(H + h - \Delta h) \operatorname{tgi} - \Delta h \operatorname{tg} \alpha] \} / V_2 + h / v_2 \cos \delta + (H - \Delta h) / V_1 \cos \beta + \Delta h / V_3 \cos \gamma$$

$t_1$  (პირდაპირი),  $t_2$  (პირდაპირი) და  $t_1$  (შებრუნებული) წარმოადგენენ მეწინავე ტალღების განტოლებებს. ეს ტალღები ხასიათდებიან მუდმივი მოჩვენებითი სიჩქარით და რადგან ფენათა გამყოფი საზღვარი ჰორიზონტულია ამიტომ,  $V(\text{მოჩვენებითი}) = V(\text{საზღვრითი}) = \text{const}$ . ჩვენს შემთხვევაში (6.0 კმ/წმ)  $t_2$  (შებრუნებული) დიფრაგირებული გამავალი ტალღის ჰოდოგრაფია. იგი ხასიათდება ცვალებადი სიჩქარით. საფეხურის თავზე სიჩქარე უსასრულოა (ტალღის ფრონტი დღიური ზედაპირის პარალელურია), ხოლო შემდეგ მცირდება და პროფილის ბოლოს  $V(\text{მოჩვენებითი}) = V_2$ . ჰოდოგრაფის ეს მრუდწრიული მონაკვეთი პასუხს აგებს მაქსიმუმზე ინტერვალური საზღვრითი სიჩქარის გრაფიკში ვერტიკალური საფეხურის თავზე (ანუ გვაქვს პირველი მოდელის ანალოგიური სიტუაცია) (ნახ. 4)



ნახ. 4.

ვერტიკალური საფეხურის ზემო წერტილში წარმოიშობა დიფრაგირებული ტალღა (ასეთივე ტალღა წარმოიშობა საფეხურის ქვედა წერტილში, მაგრამ იგი არ დაიშვრება პირველ შემოსვლებში ამიტომ, მას არ განვიხილავთ), რომლის მოჩვენებითი სიჩქარე ნაკლებია მეწინავე ტალღის სიჩქარეზე. ამიტომ, ჩვეულებრივ შემთხვევაში, საფეხურის დაწეული ფრთის თავზე ყალიბდება მინიმუმი ინტერვალურ სიჩქარეთა გრაფიკში.

მაგრამ თუ პირველ გარემოში გვაქვს მომატებულ სიჩქარიანი თხელი ფენა, სურათი ძირეულად იცვლება.

დიფრაგირებული ტალღის განტოლებას, რომელიც წარმოიშობა საფეხურის ზედა წერტილში და რომელიც განმსჭვალავს პირველ გარემოს (მათ შორის თხელ ფენასაც) შემდეგი სახე ექნება:

$$t_{difr} = H - \Delta h / V_1 \cos i + 2 \Delta h / V_3 \cos \alpha + (H - \Delta h) / V_1 \cos \mu + \Delta h / V_3 \cos \nu + \{ x_{BC} - [(H - \Delta h) \operatorname{tg} i + \Delta h \operatorname{tg} \alpha / V_2]$$

თუ ზემოთმოყვანილი განტოლებების საშუალებით ავაგებთ ჰოდოგრაფებს, ვნახავთ, რომ  $t$  დიფრ. პროფილის მთელ სიგრძეზე დაიკვირვება პირველ შემოსვლებში და ახდენს მეწინავე ტალღის ეკრანირებას. ამის გამო ინტერვალურ სიჩქარეთა გრაფიკში არ გვექნება მინიმუმი. გარდა ამისა ტექტონიკური საფეხურის დაწეული ფრთის ჩაწოლის სიღრმის განსაზღვრისას გვექნება მნიშვნელოვანი ცდომილება (ნახ.4).

ყოველივე ზემოთქმულს აქვს დიდი პრაქტიკული მნიშვნელობა, რადგან თუ გვაქვს სიტუაცია, რომელიც აღწერილია მეორე მოდელში, ადგილი ექნება ეკრანირების ეფექტს, რაც იწვევს კრისტალური ფუნდამენტის ჩაწოლის სიღრმის დადგენის საკმაო უზუსტობას.

## ლიტერატურა – References – Литература

1. Гамбурцев Г.А., Епинатьева А.М. и др. Корреляционный метод преломленных волн. М., Академиздат, 1952.
2. Епинатьева А.М., Невский М.В. Граничная скорость. Географический сборник АН УССР, Вып. 5. Киев, Наукова Думка, с.3-14.

### თხელი ფენის გავლენა ტალღურ სურათზე გარდატეხილი ტალღების მეთოდის გამოყენებისას

კიტოვანი დ.

რეზიუმე

სტატიაში ნაჩვენებია, რომ თუ გარდამტეხი საზღვრის ზემოთ, რომელიც შეიცავს ტექტონიკურ საფეხურს, არსებობს თხელი ფენა, რომელშიც დრეკადი ტალღების გავრცელების სიჩქარე მომატებულია, ადგილი აქვს ქვემოთ მდებარე ფენის ეკრანირებას, რაც იწვევს მნიშვნელოვან ცდომილებას გარდამტეხი საზღვრის ჩაწოლის სიღრმის განსაზღვრის დროს.

**საკვანძო სიტყვები:** ტექტონიკური საფეხური, კრისტალური ფუნდამენტი, გარდატეხილი ტალღების მეთოდი, ეკრანირების ეფექტი.

## SHIELDING EFFECT IN THE METHOD OF REFRACTION WAVES

Kitovani D.

Abstract

The article shows that if above the refractive border which contains tectonic step, the thin layer exists where the speed of resilient waves is increased, lower layer is screening, what causes the error during the determination of the depth of the refractive border.

**Key words:** tectonic step, crystalline basement, method of refraction waves, shielding effect.

## **ЭФФЕКТ ЭКРАНИРОВАНИЯ В МЕТОДЕ ПРЕЛОМЛЕННЫХ ВОЛН**

**Китовани Д.**

**Реферат**

В статье показано, что если в покрывающей толще присутствует тонкий слой с повышенной скоростью, то это приводит к эффекту экранирования нижележащего слоя при наличии вертикальной ступени в преломляющей границе, что приводит к существенной ошибке при определении глубины залегания кристаллического фундамента.

**Ключевые слова:** тектоническая ступень, кристаллический фундамент, метод преломленных волн, эффект экранирования.

## ლატალი ჰესის სამშენებლო უბნებზე ჩატარებული ელექტროსადიებო კვლევის შედეგები

<sup>1</sup>თარხან-მოურავი ა., <sup>2</sup>ჯახუტაშვილი მ.

<sup>1</sup>ივანე ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის  
მიხეილ ნოდია სახელობის გეოფიზიკის ინსტიტუტი

<sup>2</sup>საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

მდ. პატარა ენგურზე და მდ. მულხრაზე დაგეგმილი ლატალი ჰესის საპროექტო წყალმღები ნაგებობების, წყალმიწოდებელი გვირაბების სავარაუდო ადგილმდებარეობისა და ტურბინების განთავსების უბნებზე გრუნტის ამგები ქანების სახეებისა და მათი სიმძლავრეების დადგენის მიზნით ჩატარდა ელექტროსადიებო კვლევები (სურ. 1).

საველე სამუშაოები ჩატარებული იქნა ელექტრული მეთოდით, სადაც გამოყენებული იყო ელექტროწინალობის მეთოდის ორი მოდიფიკაცია – ელექტროპროფილირება და ვერტიკალური ელექტრული ზონდირება (ვეზ).



სურ. 1. ელექტროსადიებო კვლევების ადგილი.

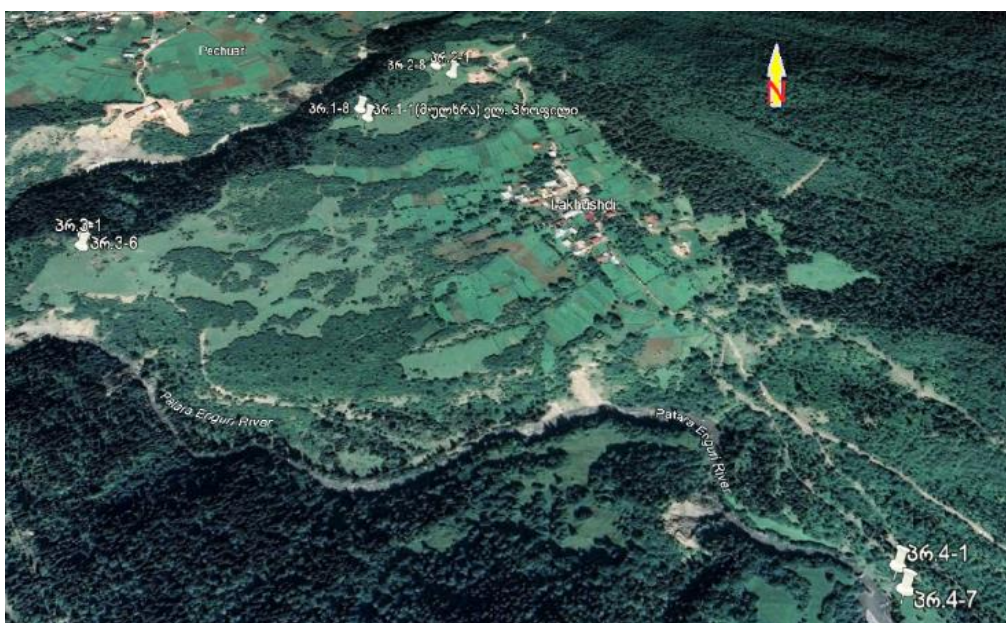
ელექტროპროფილირება გამოიყენება ქანების არაერთგვაროვნების შესწავლის მიზნით ჰორიზონტალური მიმართულებით, ხოლო ვეზის დროს შეისწავლება დედამიწის არაერთგვაროვნება ვერტიკალური მიმართულებით.

რელიეფის არაერთგვაროვნების გამო ვერტიკალური ელექტრული ზონდირება ჩატარდა როგორც სამელექტროდიანი დანადგარით (AMN  $B \rightarrow \infty$ ), ასევე შლუმბერჟეს სიმეტრიული ოთხელექტროდიანი დანადგარით, მკვებავი ელექტროდების მაქსიმალური გაშლით  $AB/2 = 220\text{მ}$ , რაც საშუალებას იძლეოდა ზონდირება განხორციელებულიყო 150 მეტრ სიღრმემდე.

დაკვირვების ელ. პროფილების და ვერტიკალური ელექტრული ზონდირების წერტილების განლაგება მოცემულია სქემაზე.



სურ. 2. დაკვირვების წერტილების (ვეზ) მდებარეობა აეროფოტოზე.



სურ. 3. დაკვირვების ელ. პროფილების განლაგება.

საველე დაკვირვებების დროს გამოყენებული იყო ისრიანი ავტომატური ელექტრო-კომპესატორი AЭ-72, რომლის სამუშაო სქემაში გამოყენებულია ტრანზისტორული გამამ-ლიერებელი. მუდმივი დენის წყაროდ გამოყენებული იყო 12 ვოლტიანი აკუმულატორი გარდამქმნელით, სადენებად კიდსაველე სატელეფონო კაბელი, რომელსაც გააჩნია დიდი მექანიკური გამძლეობა, კარგი იზოლაცია და დაბალი ელექტრული წინაღობა. მკვებავი ხაზის დამიწებისათვის გამოყენებული იყო რკინის ელექტროდები, ხოლო მიმღებ წრედში სპილენძის ელექტროდები, რომელთა წინაღობა რკინის ელექტროდებთან შედარებით ბევრად ნაკლებია.

საველე კვლევისას ხელსაწყოს საშუალებით შესაბამის წრედებში იზომებოდა პოტენ-ციალთა სხვაობა ( $\Delta U$ ) და დენის ძალა ( $I$ ). ამის შემდეგ დანადგარის კოეფიციენტის ( $K$ ) გათვალისწინებით ხდებოდა გარემოს მოჩვენებითი ხვედრითი ელექტრული წინაღობის ( $\rho_m$ ) მნიშვნელობათა გამოთვლა ფორმულით:

$$\rho_m = K \cdot \Delta U / I$$

მოჩვენებითი კუთრი ელექტრული წინაღობის ( $\rho_m$ ) რიცხვითი მნიშვნელობების ანა-ლიზის საფუძველზე თვითოეული ელექტრული ზონდირების წერტილისთვის აგებულია ამ წინაღობის ( $\rho_m$ ) სიღრმის მიხედვით ცვლილების მრუდი. მიღებული კუთრი ელექ-ტრული წინაღობის მრუდების გეოლოგიური გაშიფრვა განხორციელდა მ. პილაევის თეო-რიული პალეტებით, აგრეთვე სპეციალური კომპიუტერული პროგრამის (IPI2WIN) გამო-ყენებით. რომლის შედეგების გათვალისწინებით ყოველი საკვლევი წერტილისათვის აგე-ბული იქნა წინაღობათა განაწილებისა და მათი შესაბამისი გეოელექტრული ჭრილები.

ელექტროპროფილირება განხორციელებული იქნა მკვებავი ელექტროდების  $AB = 18$  მეტრიანი გაშლით, რაც უზრუნველყოფდა დენის განაწილებისა და გეოლოგიური ჭრილის შესწავლას 9 მეტრის სიღრმემდე, რაც დაახლოებით პირველი და მეორე ფენის საზღვარია.

ვერტიკალური ელექტრული ზონდირება (ვეზ) ჩატარდა 7 წერტილში, რომელთა მდე-ბარეობა ნაჩვენებია სურ. 2-ზე,

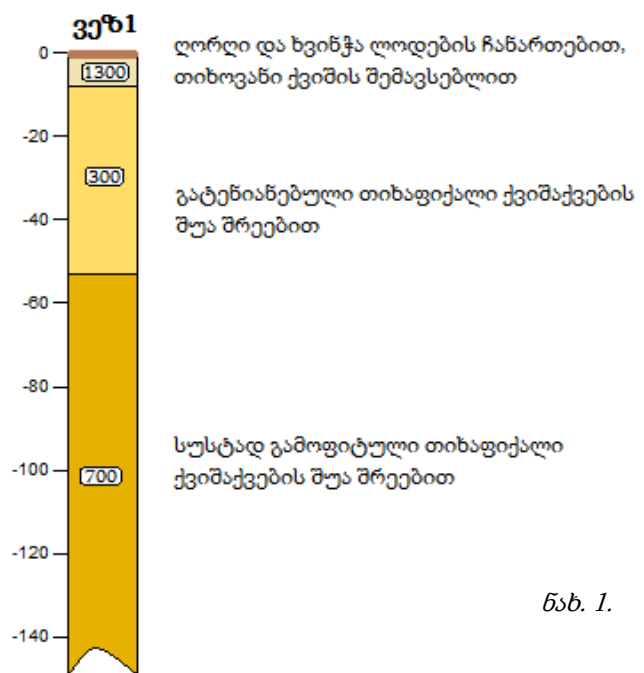
ქვემოთ განხილულია ამ კვლევის შედეგები ცალ-ცალკე.

**ვეზ 1-ის კვლევის შედეგები (ნახ. 1).**

ამ ადგილას შესწავლილ ჭრილში ზე-დაპირიდან 150 მეტრამდე სიღრმეში გამოიყო სამი განსხვავებული წინალო-ბის ჰორიზონტი (შრე).

**პირველი გეოფიზიკური შრის** მოჩვენე-ბითი კუთრი ელექტრული წინაღობა  $\rho_m$  1300 ომმ-ს შეადგენს, ხოლო მისი სიმძლავრე 8,0 მეტრამდეა. ლითოლო-გიურად იგი უნდა შეესაბამებოდეს ღორღისა და ხვინჭის ნარევის ლოდე-ბის ჩანართებით, თიხოვანი ქვიშის შე-მავსებლით.

**მეორე გეოფიზიკური შრის**  $\rho_m$  მნიშ-ვნელობა 300 ომმ-ის ტოლია, ხოლო

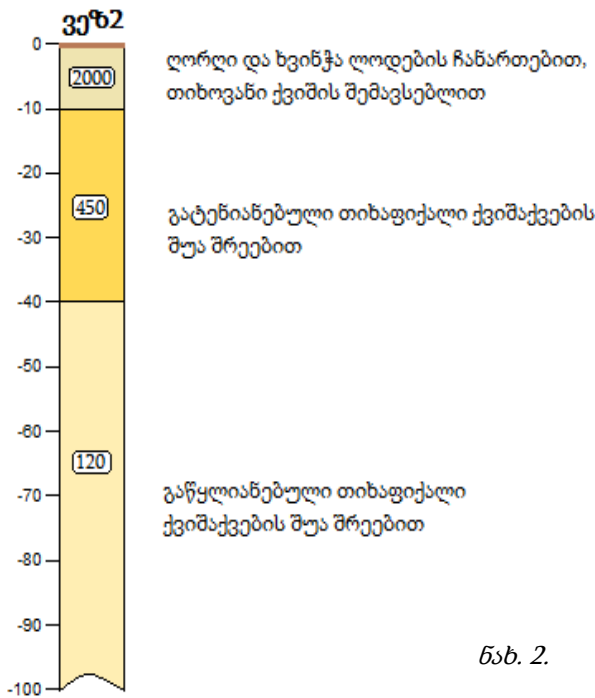


ნახ. 1.

სიმძლავრე იცვლება 8,0 მეტრიდან ქვემოთ 45,0 მეტრამდე. ეს შრე ლითოლოგიურად უნდა შეესაბამებოდეს გატენიანებულ თიხაფიქლებს ქვიშაქვების შუა შრეებით.

**მესამე გეოფიზიკური შრის**  $\rho_m$  მნიშვნელობა 700 ომმ-მდე იზრდება, იწყება 45,0 მეტრიდან და მისი საზღვარი ქვემოდან შემოსაზღვრული არ არის. ჩვენი ვარაუდით ლითოლოგიურად ეს შრე უნდა შეესაბამებოდეს სუსტად გამოფიტულ თიხაფიქლებს ქვიშაქვების შუა შრეებით.

**ვეზ 2-ის კვლევის შედეგები (ნახ. 2).**



ნახ. 2.

ამ ადგილას დღიური ზედაპირიდან ქვემოთ 100 მეტრამდე სიღრმეში გამოიყო სამი დამახასიათებელი გეოფიზიკური შრე.

**პირველი გეოფიზიკური შრის** მოჩვენებითი კუთრი ელექტრული წინააღმდეგობა 2000 ომმ-ის ფარგლებშია, ხოლო მისი სიმძლავრე 10,0 მეტრს აღწევს. ლითოლოგიურად იგი უნდა შეესაბამებოდეს ღორღისა და ხვინჭის ნარევს ლოდების ჩანართებით, თიხოვანი ქვიშის შემავსებლით.

**მეორე გეოფიზიკური შრის**  $\rho_m$  450 ომმ-დე მცირდება, ხოლო სიმძლავრეა 30,0 მ. ეს ფენა უნდა შეესაბამებოდეს გატენიანებულ თიხაფიქლებს ქვიშაქვების შუა შრეებით.

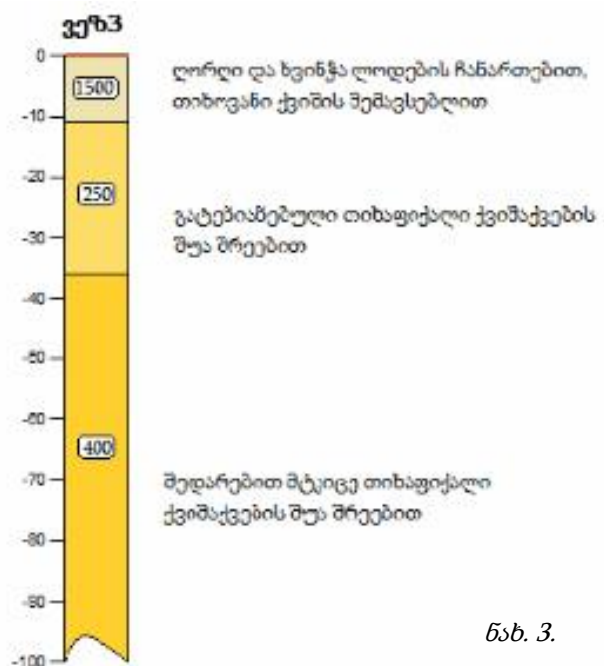
**მესამე გეოფიზიკური შრის**  $\rho_m$  მნიშვნელობა 120 ომმ-ის ფარგლებშია და ქვემოდან შემოსაზღვრული არ არის. ჩვენი ვარაუდით უნდა შეესაბამებოდეს გაწყლიანებულ თიხაფიქლებს ქვიშაქვების შუა შრეებით.

**ვეზ 3-ის კვლევის შედეგები (ნახ. 3).**

ამ ჭრილშიც  $\rho_m$  მნიშვნელობათა მიხედვით ისევ სამი სახასიათო შრე გამოიყო.

**პირველი გეოფიზიკური შრის**  $\rho_m$  მნიშვნელობა 1500 ომმ-ია, სიმძლავრე კი 11,0 მ-ია. ეს ფენი უნდა შეესაბამებოდეს ღორღისა და ხვინჭის ნარევს ლოდების ჩანართებით, თიხოვანი ქვიშის შემავსებლით.

**მეორე გეოფიზიკური შრის** მოჩვენებითი კუთრი ელექტრული წინააღმდეგობა 250 ომმ-ია. მისი სიღრმე კი 11,0 მ-დან იწყება და 25,0 მეტრის ფარგლებში მერყეობს. შეიძ-



ნახ. 3.

ლება ვივარაუდოთ, რომ აქ ეს ფენი შეესაბამება გატენიანებულ თიხაფიქლებს ქვიშაქვების შუა შრეებით.

**მესამე გეოფიზიკური შრის  $\rho_m$  400** ომმ-ის ფარგლებში იცვლება. მისი სიმძლავრე იწყება 36,0 მეტრიდან და ქვემოთ შემოსაზღვრული არ არის. ჩვენი ვარაუდით ეს უნდა შეესაბამებოდეს აქ გავრცელებული შედარებით მტკიცე თიხაფიქლებს ქვიშაქვების შუა შრეებით.

**ვეზ 4-ის კვლევის შედეგები (ნახ. 4).**

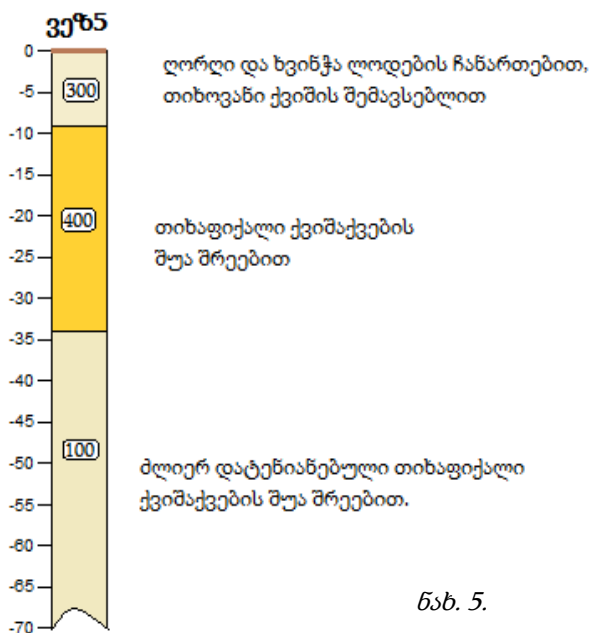
ამ ჭრილში ზემოდან ქვემოთ 150 მეტრ სიღრმეში  $\rho_m$ -ს მიხედვით სამი სახასიათო ფენა გამოიყოფა.

**პირველი გეოფიზიკური ფენის  $\rho_m$  მნიშვნელობა 1700** ომმ-ია, სიმძლავრე კი 12,0 მ-ს აღწევს. ეს ფენა უნდა შეესაბამებოდეს ღორღისა და ხვინჭის ნარევის ლოდების ჩანართებით, თიხოვანი ქვიშის შემავსებლით.

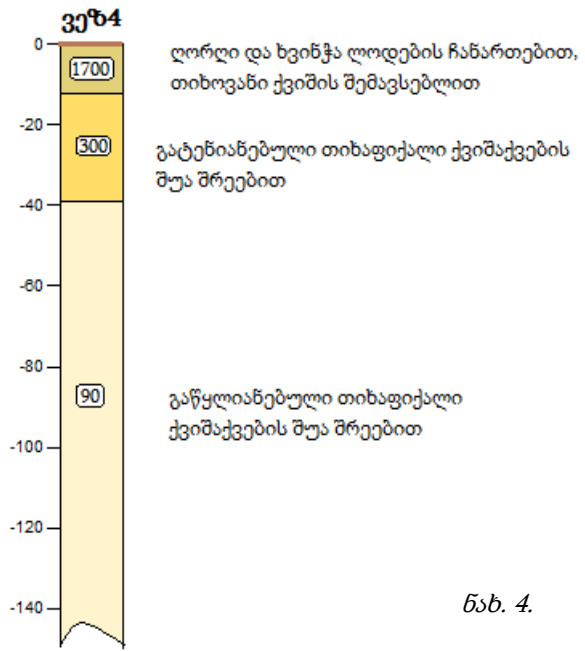
**მეორე გეოფიზიკური ფენის  $\rho_m$  მცირდება 300** ომმ-მდე, ხოლო სიმძლავრე 27,0 მ-ს აღწევს. ჩვენი ვარაუდით ის ლითოლოგიურად გატენიანებულ თიხაფიქლებს ქვიშაქვების შუა შრეებით.

**მესამე გეოფიზიკური ფენის  $\rho_m$  90** ომმ-მდე მცირდება, გამოიყოფა 39,0 მეტრის სიღრმიდან და ქვემოთ ვრცელდება ისე, რომ შესწავლილ სიღრმემდე განსხვავებული კუთრი წინალობის ფენი აღარ გამოიყოფა. ჩვენი ვარაუდით ეს უნდა შეესაბამებოდეს გაწყლიანებულ თიხაფიქლებს ქვიშაქვების შუა შრეებით.

**ვეზ 5-ის კვლევის შედეგები (ნახ. 5).**



ნახ. 5.



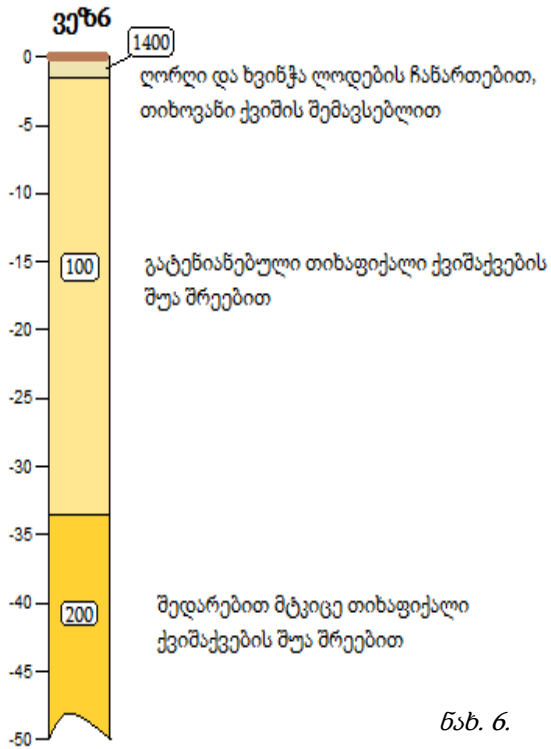
ნახ. 4.

ამ ჭრილშიც დღიური ზედაპირიდან ქვემოთ 70 მ სიღრმემდე, სამი სხვადასხვა კუთრი წინალობის და სიმძლავრის შრე გამოიყოფა.

**პირველი გეოფიზიკური შრის  $\rho_m$  300** ომმ-ის ფარგლებშია, ხოლო მისი სიმძლავრე 9.0 მ-ს აღწევს. ამ ჭრილში ის უნდა შეესაბამებოდეს ღორღისა და ხვინჭის ნარევის ლოდების ჩანართებით, თიხოვანი ქვიშის შემავსებლით.

**მეორე გეოფიზიკური შრის  $\rho_m$  მნიშვნელობა უფრო მაღალია, იზრდება 400** ომმ-მდე, ხოლო სიმძლავრე 25.0 მ-ს აღწევს. ჩვენი ვარაუდით ეს შრე უნდა შეესაბამებოდეს ლითოლოგიურად თიხაფიქლებს ქვიშაქვების შუა შრეებით.





ნახ. 6.

მესამე გეოფიზიკური შრის  $\rho_m$  მცირდება და 100 ომმ-ის ფარგლებშია. ის გამოიყოფა 34,0 მეტრის სიღრმიდან და ვრცელდება გამოკვლეულ სიღრმემდე ქვემოთ ისე, რომ განსხვავებული კუთრი წინალობის მქონე შრე აღარ გამოიყოფა. იგი შეესაბამება ძლიერ დატენიანებულ თიხაფიქლებს ქვიშაქვების შუა შრეებით.

**ვეზ 6-ის კვლევის შედეგები (ნახ. 6).**

ამ ჭრილშიც დღიური ზედაპირიდან ქვემოთ 50,0 მ სიღრმემდე, სამი სხვადასხვა კუთრი წინალობის და მცირე სიმძლავრის შრე გამოიყოფა.

**პირველი გეოფიზიკური შრის**  $\rho_m$  1400 ომმ-ის ფარგლებშია, ხოლო მისი სიმძლავრე 1.5 მ-მდეა. ის უნდა შეესაბამებოდეს ღორღისა და ხვინჭის ნარევის ლოდების ჩანართებით, თიხოვანი ქვიშის შემავსებლით.

მეორე გეოფიზიკური შრის  $\rho_m$  მცირდება 100 ომმ-მდე, ხოლო სიმძლავრე 32.0 მ-ს აღწევს. ჩვენი ვარაუდით ის ლითოლოგიურად გატენიანებული თიხაფიქლებია ქვიშაქვების შუა შრეებით.

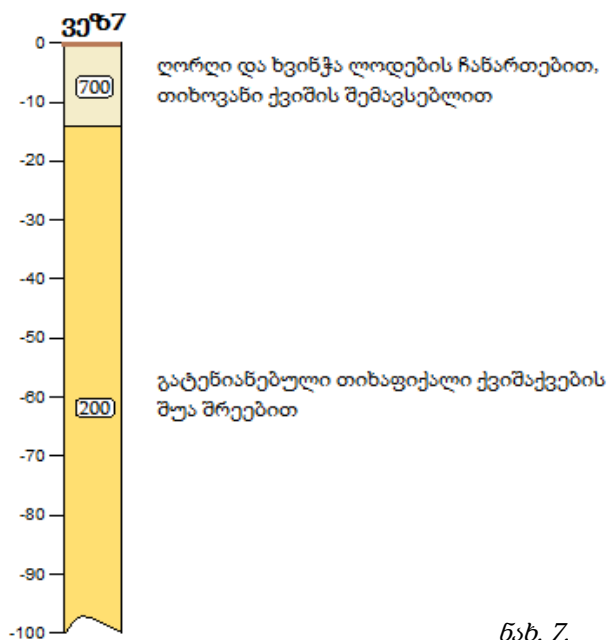
მესამე გეოფიზიკური შრის  $\rho_m$  მაღალია და 200 ომმ-ის ფარგლებშია, იწყება 33.5 მეტრის სიღრმიდან და მერე ქვემოთ ვრცელდება ისე, რომ მასში განსხვავებული კუთრი წინალობის ფენი აღარ გამოიყოფა. ჩვენი ვარაუდით შედარებით მტკიცე თიხაფიქლებია ქვიშაქვების შუა შრეებით.

**ვეზ 7-ის კვლევის შედეგები (ნახ. 7).**

ამ ჭრილში ზემოდან ქვემოთ 100 მეტრ სიღრმეში  $\rho_m$ -ის მიხედვით ორი სახასიათო შრე გამოიყოფა.

**პირველი გეოფიზიკური შრის**  $\rho_m$  მნიშვნელობა 700 ომმ-ის ტოლია და მისი სიმძლავრე 14,0მ-ია. ეს ფენა უნდა შეესაბამებოდეს ღორღისა და ხვინჭის ნარევის ლოდების ჩანართებით, თიხოვანი ქვიშის შემავსებლით.

მეორე შრის  $\rho_m$  მცირდება და 200 ომმ-ის ფარგლებშია, გამოიყოფა 14,0 მეტრის სიღრმიდან და მერე ქვემოთ ვრცელდება შესწავლილ სიღრმემდე ისე, რომ აქ განსხვავებული კუთრი წინალობის ფენი აღარ გამოიყოფა. ჩვენი ვარაუდით ეს



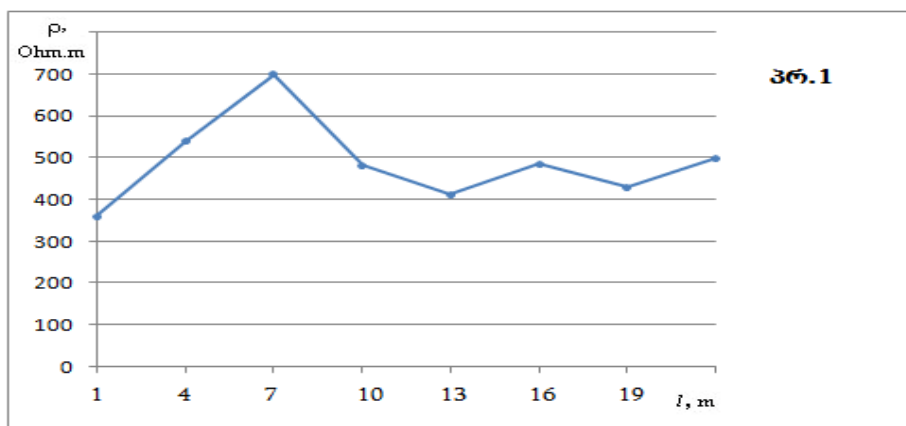
ნახ. 7.

14.0 მ-იანი ნიშნული უნდა შეესაბამებოდეს დატენიანებულ თიხაფიქლებს ქვიშაქვების შუა შრეებით.

საველე დაკვირვებათა მასალის ანალიზის, ინტერპრეტაციისა და განზოგადების საფუძველზე ყველა პროფილზე ძირითადად ერთგვაროვანი სურათი ისახება. პროფილებზე ელექტრული ველის ინტენსივობა პროფილის გასწვრივ ცვალებადია, როგორც აღვნიშნეთ, შესწავლილ სიღრმეზე გამოიყოფა პირველი და მეორე ფენის კონტაქტი. ყველა პროფილის გასწვრივ მნიშვნელობების ცვლილება ძირითადად წყნარი განაწილებით ხასიათდება, რაც იმას ნიშნავს, რომ გარემო სიღრმეში ელექტრულად და შესაბამისად გეოლოგიურად ერთგვაროვანია.

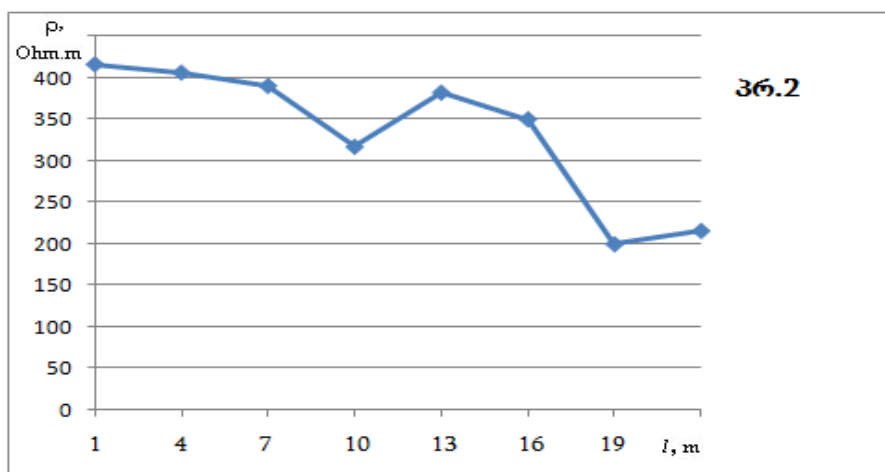
პროფილირების დროს დანადგარის ზომებია:  $AB/2=9$  მ,  $MN=3$  მ, ბიჯი 3 მეტრი.

პროფილი 1-ის (ნახ. 8) გასწვრივ დასაწყისში წინალობის მნიშვნელობები მეორე ფენისაა, ხოლო პროფილის დასაწყისიდან 6 მეტრიდან 9 მეტრამდე პირველი ფენის სიმძლავრე მცირედით მატულობს, შემდეგ ისევ მეორე ფენაა შესწავლილ სიღრმემდე.



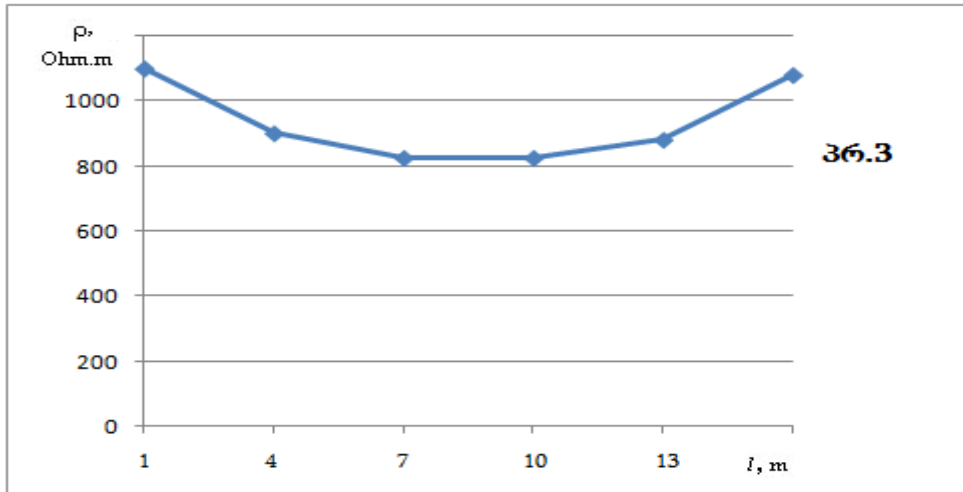
ნახ. 8.

პროფილი 2-ის (ნახ. 9) გასწვრივ მეორე ფენაა დაფიქსირებული.



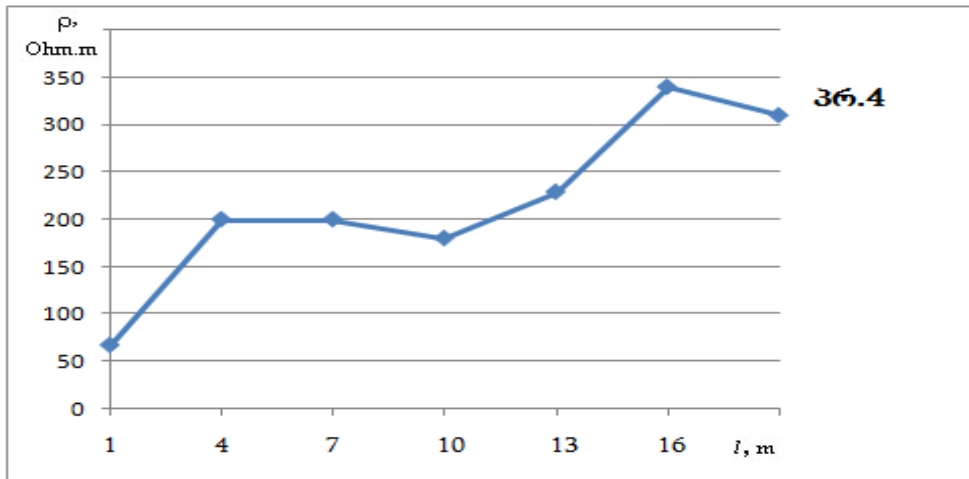
ნახ. 9.

პროფილი 3-ის (ნახ. 10) გასწვრივ შესწავლილ სიღრმემდე წინალობის მნიშვნელობების სიდიდით პირველი ფენა ფიქსირდება.



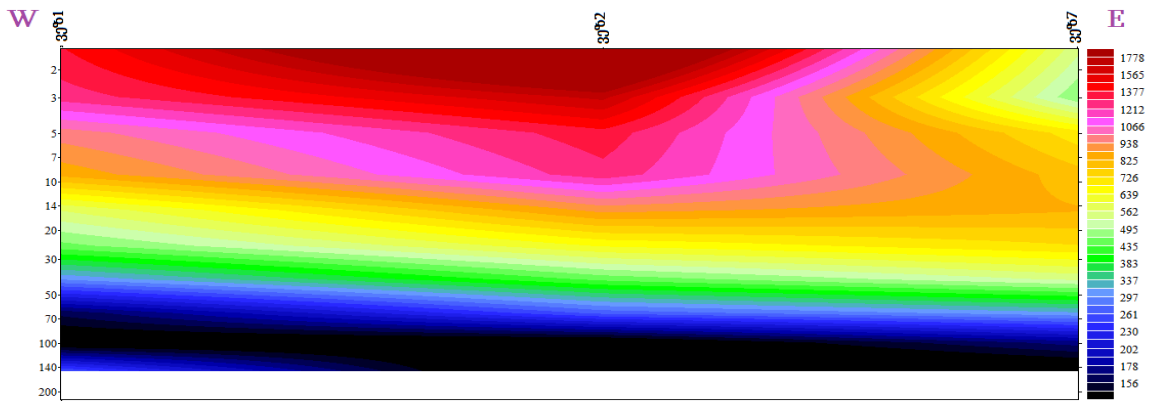
ნახ. 10.

პროფილი 4-ის (ნახ. 11) გასწვრივ მეორე ფენის არსებობა ფიქსირდება.

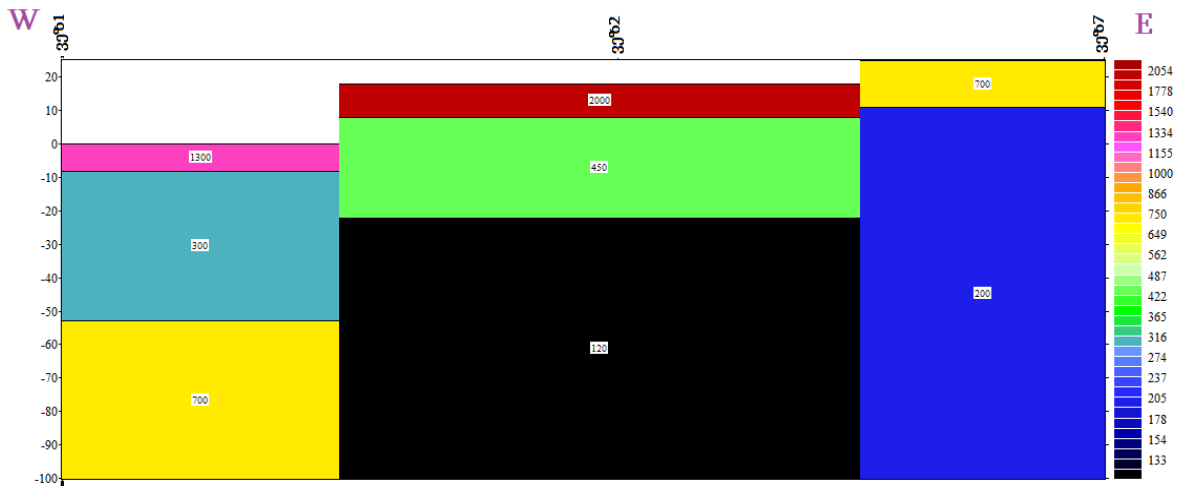


ნახ. 11.

ნახ. 12 და ნახ. 13 – ზე მოცემულია ვეზის წერტილების გასწვრივ წინააღმდეგობათა განაწილება და შესაბამისი გეოელექტრული ჭრილი.

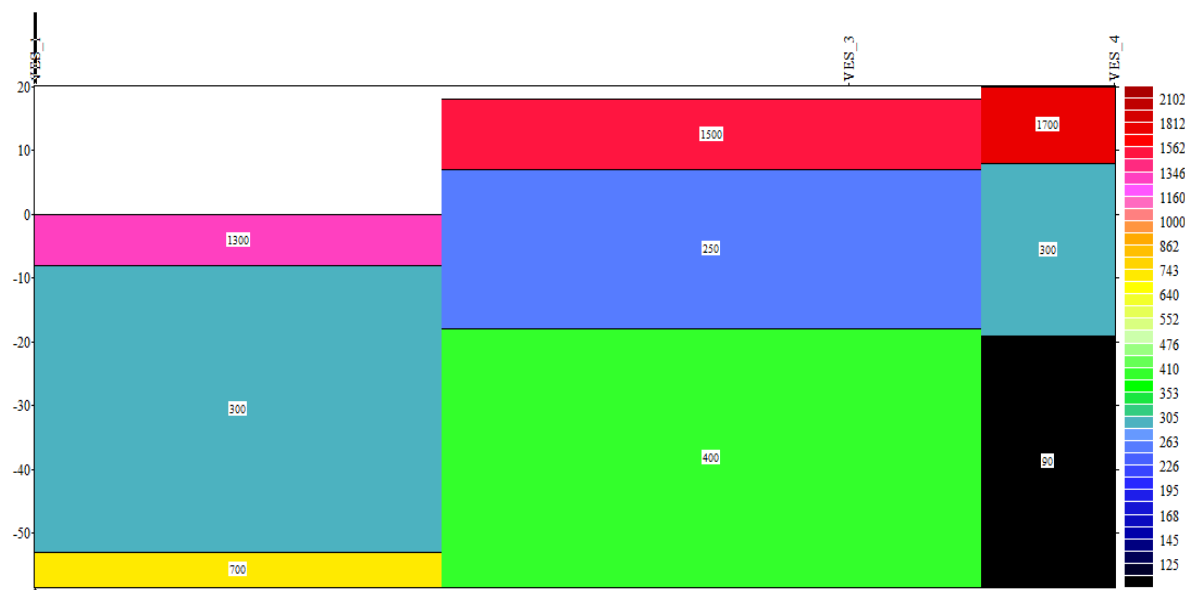
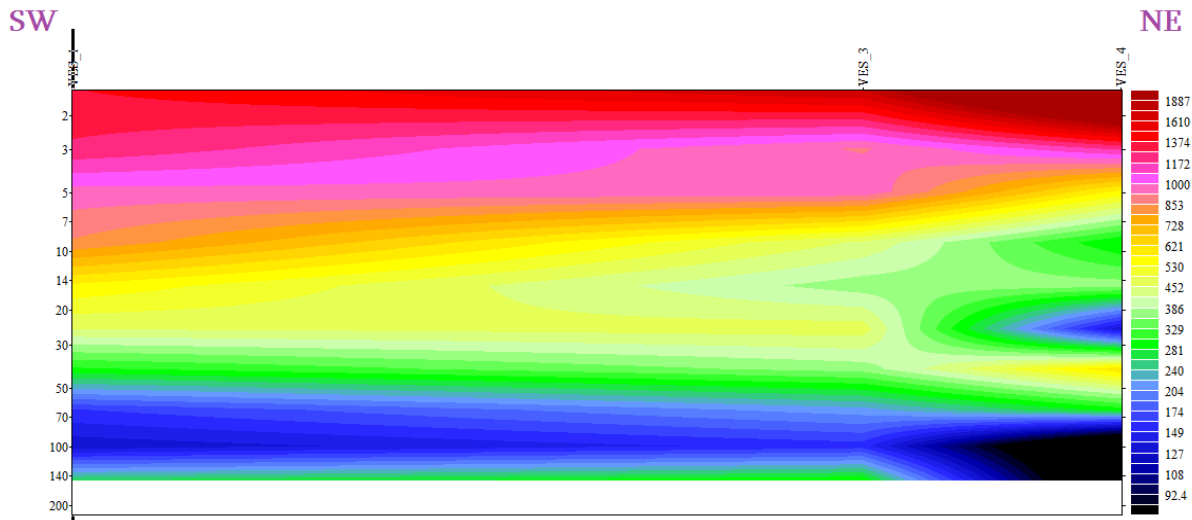


ს.



ბ.

ნახ. 12. (ა) მოჩვენებითი კუთრი ელექტრული წინაღობების განაწილება და (ბ) გეოელექტრული ჭრილი – ვეზ1-ვეზ2-ვეზ7-ის გასწვრივ.



ნახ. 13. (ა) მოჩვენებითი კუთრი ელექტრული წინაღობების განაწილება და (ბ) გეოელექტრული ჭრილი – ვეზ1-ვეზ3-ვეზ4-ის გასწვრივ.

## დასკვნა

1. საკვლევ უბანზე მოჩვენებითი კუთრი ელექტრული წინააღობების მნიშვნელობათა მიხედვით დღიური ზედაპირიდან ქვემოთ გამოიყო ორი და სამი საინჟინრო გეოლოგიური ელემენტი (შრე).
2. ელექტროძიების (ვერტიკალური ელექტრული ზონდირების) მეთოდი ეფექტურია დასმული ამოცანის გადასაწყვეტად, კერძოდ, პლეისტოცენის დანალექი ქანები კარგად გამოიყოფა იურული ასაკის გეოლოგიური ფორმაციებისგან.
3. დაკვირვების ყველა წერტილში გამოყოფილი ფენების ელექტრული მახასიათებლები მეტ-ნაკლებად განსხვავებულია ერთმანეთისაგან. ეს ერთის მხრივ აქ არსებული ფაცი-ალურ ცვლილებებზე და მეორეს მხრივ ჩატარებული კვლევების ობიექტურობაზე მიუთითებს.

## ლიტერატურა – References – Литература

1. Пылаев А. Руководство по интерпретации ВЭЗ. М., 1964.
2. Геология СССР. ч.1. М., 1968.

### ლატალი ჰესის სამშენებლო უბნებზე ჩატარებული ელექტროსაძიებო კვლევის შედეგები

თარხან-მოურავი ა., ჯახუტაშვილი მ.

#### რეზიუმე

განსაზღვრულია გრუნტის ამგები ქანების ლითოლოგია და კუთრი ელექტრული წინააღობა, აგებულია შესაბამისი გეოელექტრული ჭრილები.

საკვანძო სიტყვები: ელექტროძიება, გეოელექტრული ჭრილი.

### RESULTS OF ELECTRICAL PROSPECTING WORKS CONDUCTED ON THE LATALI HPP BUILDING AREAS

Tarkhan-Mouravi A., Djaxutashvili M.

#### Abstract

We defined the lithology and specific electric resistance of the soil rocks and constructed relevant geoelectric sections.

**Key words:** electrical prospecting, geoelectric section.

### РЕЗУЛЬТАТЫ ЭЛЕКТРОРАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ, ПРОВЕДЕННЫХ НА УЧАСТКЕ РАЗМЕЩЕНИЯ ЛАТАЛИ ГЭС

Тархан-Моурави А., Джахуташвили М.

#### Реферат

Определены литология и удельное электрическое сопротивление пород, построен геоэлектрический разрез.

**Ключевые слова:** геоэлектрический разрез, электроразведка.

## ძიმიტი-მამათი-აცანას საავტომობილო გზაზე განვითარებული მეწყერული პროცესების შესწავლა ელექტროდიების მეთოდით

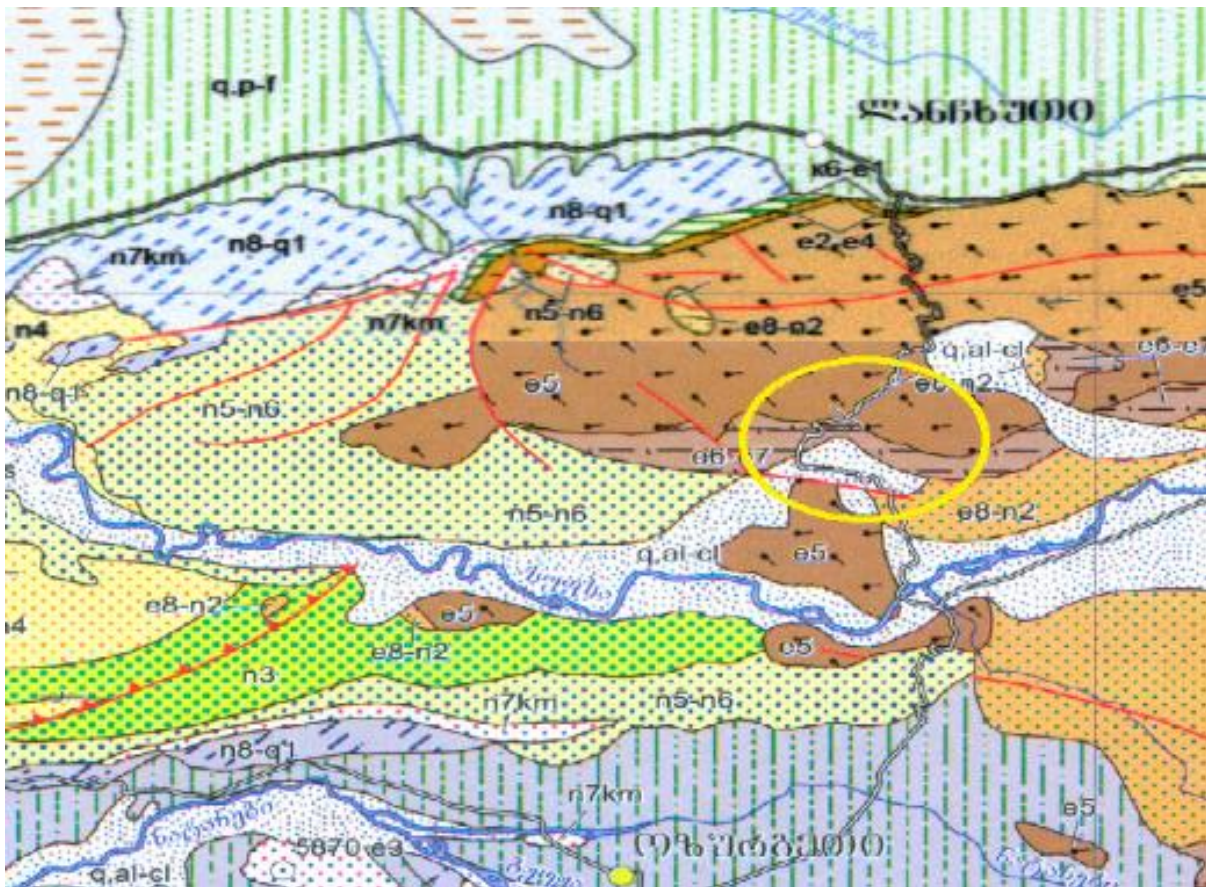
<sup>1</sup>თარხან-მოურავი ა., <sup>2</sup>ჯახუტაშვილი მ.

<sup>1</sup>ივანე ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის  
მიხეილ ნოდია სახელობის გეოფიზიკის ინსტიტუტი

<sup>2</sup>საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ძიმიტი-მამათი-აცანას საავტომობილო გზის დამეწყერილ უბნებზე ჩატარებული იქნა გეოფიზიკური (ელექტროდიება) კვლევები.

ჩატარებული გამოკვლევების მიზანი იყო შერჩეულ ადგილებზე დღიური ზედაპირიდან ქვემოთ, 20-30 მ სიღრმემდე გრუნტის ამგები ნალექების გეოელექტრული ჭრილების შესწავლა, გრუნტის ამგებ ქანებში გატენიანებული ფენის გამოვლენა, მისი სავარაუდო ჩაწოლის სიღრმისა და სიმძლავრის დადგენა.

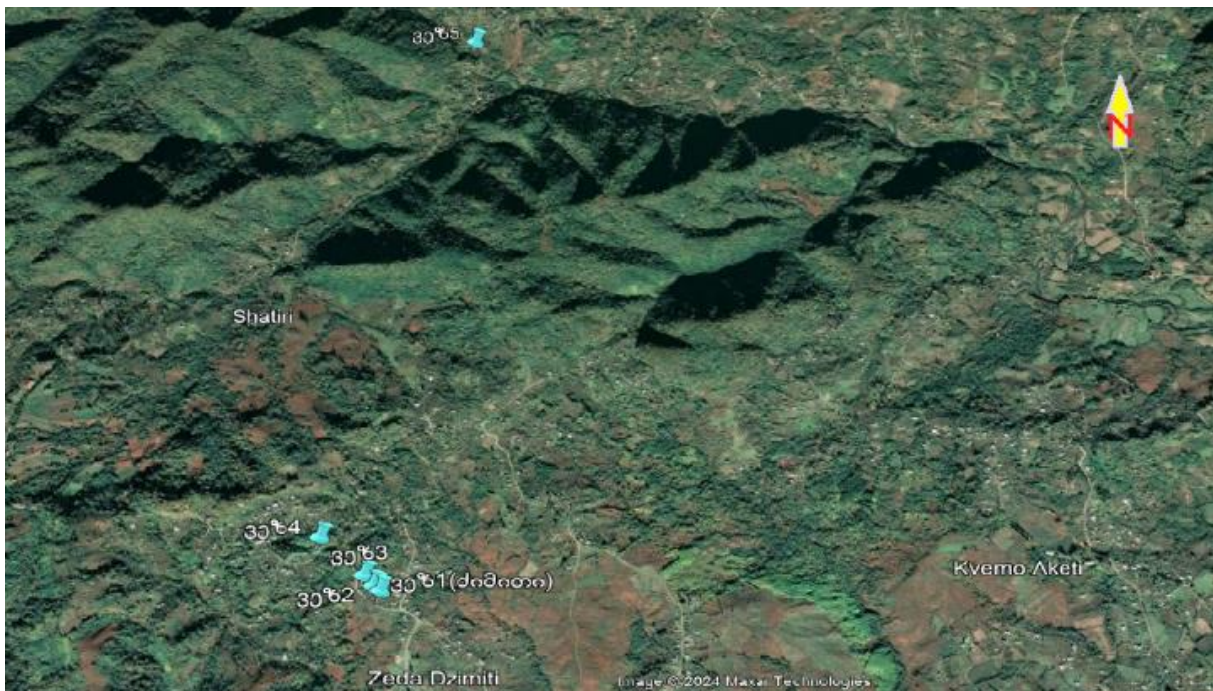


ტერიტორიის გეოლოგიური რუკა.

საკვლევი ტერიტორიის ჩრდილო (ვეზ 5) და ცენტრალური ნაწილები აგებულია შუა ეოცენური (ლუტეციური) ბახმარო-გურიის წყებების ქანებით, რომლებიც განვითარებულია აჭარა-თრიალეთის ნაოჭა-შეცოცებითი სარტყლის მხოლოდ ჩრდილო-დასავლეთ ნაწილში (გურია და აჭარა). **ბახმაროს წყება** წარმოდგენილია ოლივიანი ბაზალტების და ლიმბურგიტების ვულკანური ბრექჩიების შუაშრეების შემცველი თხელშრეებრივი ფერადი ზოლებრივი ტუფებით. შუა ეოცენის ჭრილის ზედა ნაწილში გამოყოფენ **გურიის წყებას**, რომელიც აგებულია ოლივიანი ბაზალტებით, ლიმბურგიტებით, ტრაქიბაზალტებით და მათი პიროკლასტოლითებით. ტერიტორიის სამხრეთ ნაწილში (ვეზ 1,2,3,4) წარმოდგენილია ზედაეოცენური ნალექები, რომლებიც ცნობილია „ლიროლეპისიანი მერგელების“ სახელით. ჩრდილო-აღმოსავლეთ და სამხრეთ-დასავლეთ ნაწილებში ძირითადი ქანები გადაფარულია მდ. სუფსის აუზის მეოთხეული პროლუვიურ-მდინარეული ნალექებით – ქვიშებით, რიყნარით, ღორღით, ალევროლიტებით, თიხებით.

ამოცანის გადასაწყვეტად ჩატარდა ელექტროსადიებო კვლევები მუდმივი დენის ელექტრული ზონდირების (ვეზ) მეთოდით. მეთოდი დაფუძნებულია დღიურ ზედაპირზე ხელოვნურად შექმნილი ელექტრომაგნიტური ველების გამოყენებაზე, რაც საშუალებას იძლევა ქანების ლითოლოგიური დიფერენციაცია განხორციელდეს კუთრი ელექტრული წინაღობის სიღრმეში ცვლილების მიხედვით. კვლევა ჩატარდა შლუმბერჯეს სიმეტრიული ოთხელექტროდიანი დანადგარით, მკვებავი ელექტროდების მაქსიმალური გამლით  $AB/2=65\text{მ}$ , რაც საშუალებას იძლეოდა ზონდირება განხორციელებულიყო 20-25 მეტრ სიღრმემდე.

შერჩეულ წერტილებში ჩატარებულ იქნა ვერტიკალური ელექტრული ზონდირება (ვეზ). (იხ. სქემა).

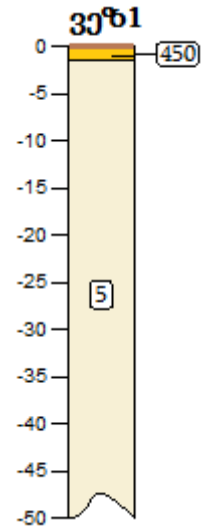


სქემა. ვეზებ-ის მდებარეობა აეროფოტოზე

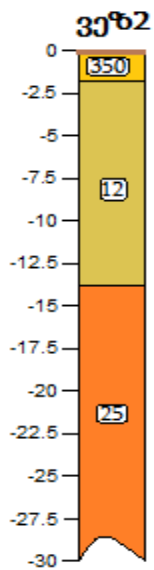
მოჩვენებითი კუთრი ელექტრული წინაღობის ( $\rho_a$ ) რიცხვითი მნიშვნელობების ანალიზის საფუძველზე თვითოეული ელექტრული ზონდირების წერტილისთვის აგებულია ამ წინაღობის ( $\rho_a$ ) სიღრმის მიხედვით ცვლილების მრუდი. მიღებული კუთრი ელექტრული წინაღობის მრუდების გეოლოგიური გაშიფრვა განხორციელდა ა. პილაევის თეორიული პალეტებით, აგრეთვე სპეციალური კომპიუტერული პროგრამის (IPI2WIN) გამოყენებით, რომლის შედეგების მიხედვით საკვლევი წერტილებისათვის აგებული იქნა წინაღობათა განაწილების და მათი შესაბამისი გეოელექტრული ჭრილები.

**ვეზ 1-ის კვლევის შედეგები.**

ამ ჭრილში გამოიყო 2 განსხვავებული წინაღობის ფენი (შრე): პირველი შრე ტექნოგენური ნაყარი – მისი კუთრი ელექტრული წინაღობა 450 ომმ-ია. ხოლო სიმძლავრე დღიური ზედაპირიდან ქვემოთ 1,5 მეტრამდეა. მეორე შრის, დატენიანებული თიხა-თიხნარი მოჩვენებითი კუთრი ელექტრული წინაღობა მცირდება 5 ომმ-მდე, ხოლო სიმძლავრე 1,5 მეტრიდან შესწავლილ (50მ) სიღრმემდეა.



ნახ. 1.



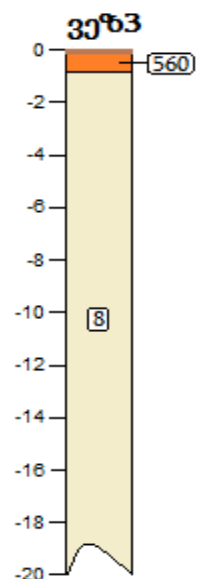
ნახ. 2.

**ვეზ 2-ის კვლევის შედეგები.**

ამ ჭრილში გამოიყო 3 განსხვავებული წინაღობის ფენი (შრე): პირველი შრე ტექნოგენური ნაყარი – მისი კუთრი ელექტრული წინაღობა 350 ომმ-ია. ხოლო მისი სიმძლავრე დღიური ზედაპირიდან ქვემოთ 1,7 მეტრამდეა. მეორე გეოფიზიკური შრის, თიხა-თიხნარის მოჩვენებითი კუთრი ელექტრული წინაღობა ( $\rho_a$ ) მცირდება 12 ომმ-ის ფარგლებში, ხოლო სიმძლავრე 1,7 მეტრიდან 13,7 მეტრამდეა. მესამე შრის თიხა-თიხნარის, ქვიშაქვების ჩანართებით, კუთრი წინაღობა ( $\rho_a$ ) მომატებულია 25 ომმ-მდე, ხოლო მისი სიმძლავრე დაახლოებით 13,7 მ-დან იწყება და ვრცელდება ქვემოთ ისე, რომ სიღრმეში 30 მეტრამდე მისი საგები არ გამოიყოფა.

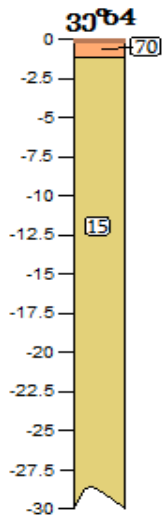
**ვეზ 3-ის კვლევის შედეგები.**

ამ ჭრილში გამოიყო 2 განსხვავებული წინაღობის ფენი (შრე). პირველი შრე ტექნოგენური ნაყარი – მისი კუთრი ელექტრული წინაღობა 560 ომმ-ია. ხოლო სიმძლავრე დღიური ზედაპირიდან ქვემოთ 0,8 მეტრამდეა. მეორე შრის, გაწყლიანებული თიხა-თიხნარის მოჩვენებითი კუთრი ელექტრული წინაღობა მცირდება 8 ომმ-მდე, ხოლო სიმძლავრე 0,8 მეტრიდან შესწავლილ (20მ) სიღრმემდეა.



ნახ. 3.





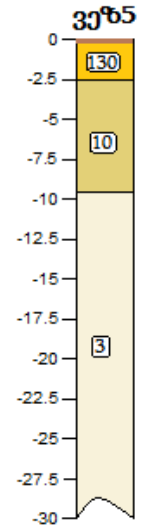
ნახ. 4.

### ვეზ 4-ის კვლევის შედეგები

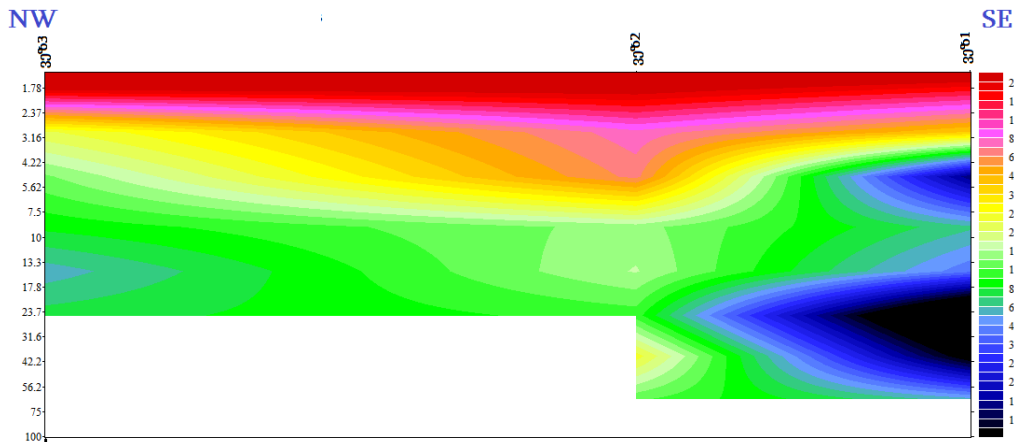
ამ ჭრილში გამოიყო ორი განსხვავებული წინაღობის ფენი (შრე). პირველი შრე ნიადაგის საფარი, ტექნოგენური ნაყარი – მისი კუთრი ელექტრული წინაღობა 70 ომმ-ია. ხოლო სიმძლავრე დღიური ზედაპირიდან ქვემოთ 1,1 მეტრამდეა. მეორე შრის, ტენომატებული თიხა-თიხნარის მოჩვენებითი კუთრი ელექტრული წინაღობა მცირდება 15 ომმ-მდე, ხოლო სიმძლავრე 1,1 მეტრიდან შესწავლილ (30მ) სიღრმემდეა.

### ვეზ 5-ის კვლევის შედეგები.

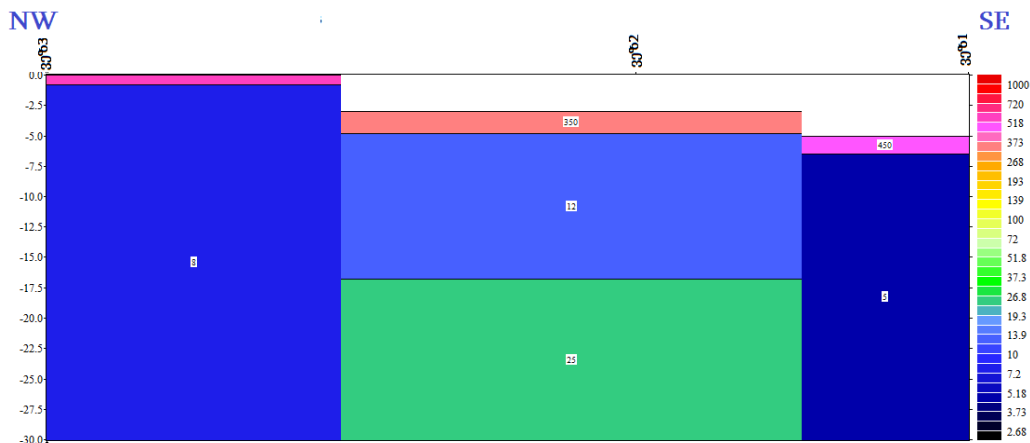
ამ ჭრილში გამოიყო სამი განსხვავებული წინაღობის ფენი (შრე): პირველი შრე ტექნოგენური ნაყარი – მისი კუთრი ელექტრული წინაღობა 130 ომმ-ია. ხოლო მისი სიმძლავრე დღიური ზედაპირიდან ქვემოთ 2,5 მეტრამდეა. მეორე გეოფიზიკური შრის, ტენომატებული თიხა-თიხნარის მოჩვენებითი კუთრი ელექტრული წინაღობა ( $\rho_a$ ) მცირდება 10 ომმ-ის ფარგლებში, ხოლო სიმძლავრე 2,5 მეტრიდან 9,5 მეტრამდეა. მესამე შრის, გაწყლიანებული თიხა-თიხნარის კუთრი წინაღობა ( $\rho_a$ ) შემცირებულია 3 ომმ-მდე, ხოლო მისი სიმძლავრე დაახლოებით 9,5 მ-დან იწყება და ვრცელდება ქვემოთ ისე, რომ სიღრმეში 30 მეტრამდე მისი საგები არ გამოიყოფა.



ნახ. 5.



ა



ბ

ნახ.6. (ა) მოჩვენებითი კუთრი ელექტრული წინაღობების განაწილება და (ბ) გეოელექტრული ჭრილი ვეზ3 – ვეზ2 – ვეზ1 გასწვრივ.

## დასკვნა

საკვლევი უბნების გეოლოგიური წარმონაქმნები ქიმიურად გამოფიტულია და ხასიათდება დაქვეითებული ფიზიკურ-მექანიკური თვისებებით. ეს გარემოება ხელსაყრელ პირობებს ქმნის მეწყერული პროცესების განვითარებაში. ამ პროცესების პროგრესირებაში ასევე დიდ როლს თამაშობს რელიეფის მორფოლოგია, განსაკუთრებით ციცაბო რელიეფის პირობებში, რომლის დახრის კუთხეც 25%-ს აღემატება. ამასთანავე ფერდობების მდგრადობისა და მეწყერული პროცესების უმთავრესი კრიტერიუმია ქანების გაწყლიანების ხარისხი, რომელიც ხდება როგორც ზედაპირული, ასევე გრუნტის წყლებით და ჩამონაჟონებით. ამ ყველაფერმა შეიძლება გამოიწვიოს ისედაც სუსტი სტატისტიკური წონასწორობის დარღვევა და გრავიტაციული პროცესების განვითარება.

1. ჩატარებული გეოფიზიკური კვლევების მოცულობა სრულად შეესაბამება დავალებით განსაზღვრულს და საშუალებას გვაძლევს ელექტროძიება, როგორც დამხმარე მეთოდი, წარმატებით გამოვიყენოთ დასმული საინჟინრო-გეოლოგიური ამოცანის გადასაწყვეტად.
2. კვლევის შედეგი ნათლად ასახავს დაკვირვების წერტილებში ზედაპირიდან ქვემოთ განსხვავებული ელექტრული წინაღობის მახასიათებლების მქონე გეოლოგიური ფენების არსებობას.
3. საკვლევ უბანზე კუთრი ელექტრული წინაღობების მნიშვნელობათა მიხედვით დღიური ზედაპირიდან ქვემოთ გამოიყო ორი და სამი საინჟინრო-გეოლოგიური ელემენტი (შრე).
4. მიღებული შედეგების ანალიზის საფუძველზე შესწავლილ ტერიტორიაზე წყალგაჯერებული შრის არსებობა კარგად გამოიხატება.

## ლიტერატურა – References – Литература

1. Пылаев А. Руководство по интерпретации ВЭЗ. М., 1964.
2. Геология СССР. ч.1. М.,1968.

**ძიმიითი-მამათი-აცანას საავტომობილო გზაზე განვითარებული მეწყერული პროცესების შესწავლა ელექტროძიების მეთოდით**

**თარხან-მოურავი ა., ჯახუტაშვილი მ.**

### რეზიუმე

გზის დამეწყერილი უბნებისათვის აგებულია გეოელექტრული ჭრილი, გამოვლენილია დატენიანებული ფენები, განსაზღვრულია სხლეტის სიბრტყე.

**საკვანძო სიტყვები:** გეოელექტრული ჭრილი, სხლეტის სიბრტყე.

**STUDY OF THE LANDSLIDE PROCESSES IN THE DZIMITI-MAMATI-ATANA  
HIGHWAY AREA BY ELECTRICAL PROSPECTING METHOD**

**Tarkhan-Mouravi A., Djaxutashvili M.**

**Abstract**

We constructed geoelectric sections for the landslide areas of the highway and revealed damp layers and determined the thrust.

**Key words:** geoelectric section, thrust.

**ИЗУЧЕНИЕ ОПОЛЗНЕВЫХ ПРОЦЕССОВ, РАЗВИТЫХ НА АВТОМОБИЛЬНОЙ  
ДОРОГЕ ДЗИМИТИ-МАМАТИ-АЦАНА МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОРАЗВЕДКИ**

**Тархан-Моурави А., Джахуташвили М.**

**Реферат**

Построен геоэлектрический разрез для оползневых участков, выявлены увлажнённые пласты, установлена плоскость скольжения.

**Ключевые слова:** геоэлектрический разрез, плоскость скольжения.

## მზის ელექტროსადგურის პანელების განთავსების ტერიტორიაზე ჩატარებული ელექტროსადიებო სამუშაოები

თარხან-მოურავი ა.

*ივანე ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის  
მიხეილ ნოდია სახელობის გეოფიზიკის ინსტიტუტი*

სამუშაოს მიზანს წარმოადგენდა მზის პანელების განთავსების უბნებზე გავრცელებული ქანებისა და ცალკეული წარმონაქმნების კუთრი ელექტრული წინაღობის განსაზღვრა 15 მ. სიღრმეზე.

მთის ქანები ელექტრული დენის გამტარებლობის მიხედვით შეიძლება განვიხილოთ როგორც აგრეგატი, რომელიც შედგება კრისტალური მესერის, სითხისა და აირისაგან. ამ აგრეგატის კუთრი ელექტრულ წინაღობაზე გავლენას ახდენენ შემდეგი ფაქტორები: კრისტალური მესერის შემადგენელი მინერალებისა და ქანების ფორების შემავსებელი სითხისა და აირის კუთრი ელ. წინაღობა, ქანების ტენიანობა, ფორიანობა და სხვა.

ქანების კუთრი ელ. წინაღობა იზომება როგორც ბუნებრივ, ასევე ლაბორატორიულ პირობებში. მეტი სიზუსტისათვის უმჯობესია ელ. წინაღობა განისაზღვროს სავსე პირობებში, რადგან ნიმუშების ტრანსპორტირებისას ირღვევა ქანების სტრუქტურა, ტექსტურა, ფორიანობა, ტენიანობა და სხვა მახასიათებლები.

ჩვენს შემთხვევაში გრუნტის კუთრი ელ. წინაღობა იზომებოდა სავსე პირობებში. კვლევები ჩატარდა მუდმივი დენის ვერტიკალური ელექტრული ზონდირების (ვეზ) მეთოდით. მეთოდი დაფუძნებულია დღიურ ზედაპირზე ხელოვნურად შექმნილი ელექტრომაგნიტური ველების გამოყენებაზე, რაც საშუალებას იძლევა ქანების ლითოლოგიური დიფერენციაცია განხორციელდეს კუთრი ელექტრული წინაღობის სიღრმეში ცვლილების მიხედვით. კუთრი ელ. წინაღობა გამოითვლება ფორმულით:

$$\rho = k\Delta U/I$$

სადაც  $U$  არის პოტენციალთა სხვაობა მიმღებ ელექტროდებს შორის, ხოლო  $I$  დენის ძალა მკვებავ ელექტროდებში.  $k$  არის დანადგარის კოეფიციენტი, რომელიც დამოკიდებულია გაშლების გეომეტრიაზე.

სამუშაოს სპეციფიკიდან გამომდინარე საწყის ეტაპზე ჩატარდა პარამეტრული გაზომვები მიკროვების მეთოდით, რაც საშუალებას იძლევა დაგვედგინა ის ოპტიმალური გაშლები, რომლებიც მოგვცემდა დამკვეთის მიერ მითითებულ სიღრმეზე – 15 მ. გაგვესაზღვრა გრუნტის კუთრი ელექტრული წინაღობა –  $\rho$  ომმ.

გარდა ამისა, მიღებული სავსე მასალის გადამოწმების მიზნით 15 მ. სიღრმის ჭაბურღილებში ჩატარდა ელექტრული კაროტაჟი. კაროტაჟისა და ვეზის მეთოდით მიღებულ პა-

რამეტრებს შორის სხვაობა არის 0.7-1 %, რაც ცდომილების ფარგლებში ძალიან კარგი შედეგია. ეს კიდევ ერთხელ ადასტურებს ვეზის მეთოდის საიმედოობასა და ეფექტურობას.

ქვემოთ მოყვანილ ცხრილში მოცემულია დამკვეთის მიერ მითითებულ წერტილებში 15 მ. სიღრმეზე გაზომილი გრუნტის კუთრი ელ. წინაღობა ρ ომ.მ.-ში.

**ცხრილი. 28 წერტილში 15 მ. სიღრმეზე გაზომილი გრუნტის კუთრი ელ. წინაღობა ρ ომ.მ.-ში**

№	LAT	LONG	ρ ომ.მ.
1	41.57062	45.04933	65
2	41.56753	45.05124	68
3	41.56467	45.04836	71
4	41.57206	45.05219	70
5	41.57631	45.04927	66
6	41.57094	45.05659	70
7	41.57278	45.06032	69
8	41.57321	45.05527	72
9	41.57548	45.05415	75
10	41.57615	45.05787	70
11	41.57832	45.05216	73
12	41.57872	45.05635	69
13	41.57941	45.05161	65
14	41.58147	45.04945	70
15	41.58308	45.05142	69
16	41.58727	45.04189	71
17	41.58839	45.04743	68
18	41.59475	45.02895	74
19	41.59597	45.03328	72
20	41.59751	45.03587	77
21	41.59972	45.03183	74
22	41.60359	45.03391	69
23	41.58159	45.04464	78
24	41.58049	45.04515	76
25	41.58022	45.04407	77
26	41.58123	45.04353	82
27	41.5791	45.03915	80
28	41.57431	45.02988	79

### დასკვნა

1. ელექტროძიების (ვერტიკალური ელექტრული ზონდირება) მეთოდი ეფექტურია დასმული ამოცანების გადასაწყვეტად. კერძოდ, მზის პანელების ლოკაციაზე გავრცელებული პლესტოცენის ასაკის ნალექები – თიხა-თიხნარი და ნიადაგის ფენა კარგად გამოიყოფა ერთმანეთისგან.
2. დაკვირვების ყველა წერტილში გამოყოფილი ფენების ელექტრული მახასიათებლები მცირედ განსხვავებულია ერთმანეთისგან. ეს ერთის მხრივ მიუთითებს ქანების ერთგვაროვნებაზე და მეორეს მხრივ, ჩატარებული კვლევების ობიექტურობაზე.

## ლიტერატურა – References – Литература

1. Электроразведка. М., 1970.
2. Пылаев А. Интерпретация кривых ВЭЗ. Л., 1968.

### მზის ელექტროსადგურის პანელების განთავსების ტერიტორიაზე ჩატარებული ელექტროსადიებო სამუშაოები

თარხან-მოურავი ა.

#### რეზიუმე

მზის პანელების განთავსების ტერიტორიაზე 15 მ. სიღრმეზე განსაზღვრულია არსებული ქანების კუთრი ელექტრული წინაღობა.

**საკვანძო სიტყვები:** მზის პანელები, კუთრი ელექტრული წინაღობა.

### THE ELECTRICAL PROSPECTING WORKS CONDUCTED ON THE SOLAR POWER PLANT TERRITORY

Tarkhan-Mouravi A.

#### Abstract

We determined the electric resistance of the rocks at 15 m depth in the territory of the solar panels of the power plant.

**Key words:** solar panels, specific electric resistance.

### ЭЛЕКТРОРАЗВЕДОЧНЫЕ РАБОТЫ, ПРОВЕДЕННЫЕ НА ТЕРРИТОРИИ РАЗМЕЩЕНИЯ ПАНЕЛЕЙ СОЛНЕЧНОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ

Тархан-Моурави А.

#### Реферат

На участке размещения солнечных панелей на глубине 15 м. определено удельное электрическое сопротивление существующих пород.

**Ключевые слова:** солнечные панели, удельное электрическое сопротивление.

## გეომაგნიტური აქტივობის მრავალმოდელური ანალიზი

ქირია თ., ნიკოლაიშვილი მ., ჩხაიძე თ., მეზალიშვილი ნ.

ივანე ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის  
მიხეილ ნოდია სახელობის გეოფიზიკის ინსტიტუტი

### შესავალი

გეომაგნიტური აქტივობა მნიშვნელოვან როლს ასრულებს დედამიწის ტექნოლოგიური ინფრასტრუქტურის მდგრადობის უზრუნველყოფაში. მზის ქარის პარამეტრების ცვლილება ხშირად იწვევს გეომაგნიტურ ქარიშხლებს, რომლებიც შეიძლება ზიანის მომტანი იყოს ენერგეტიკული სისტემებისთვის, სატელიტური კავშირგაბმულობისთვის და კოსმოსური მისიის უსაფრთხოებისთვის [1]. ამ კვლევის მიზანია გეომაგნიტური აქტივობის პროგნოზირება Dst ინდექსის საფუძველზე, რომელიც არის მზის ქარისა და დედამიწის მაგნიტოსფეროს ურთიერთქმედების ძირითადი ინდიკატორი [2].

მრავალმოდელური მიდგომის გამოყენებით, გამოვიკვლიეთ სხვადასხვა მოდელის შესრულება Dst-ის პროგნოზირებაში, მათ შორის:

1. **LSTM** (ნეირონული ქსელი დროითი სერიებისთვის) [9],
2. **TCN** (დროითი კონვოლუციური ქსელი) [6],
3. **Transformer** (დრო-შკალაზე დაკვირვების მექანიზმით) [7],
4. **GRU, Seq2Seq, და XGBoost** [10],
5. ასევე სტატისტიკური მეთოდები, როგორცაა **ARIMA/SARIMAX** [4].

### მეთოდოლოგია

მონაცემთა წყაროები:

**NASA-ს OMNI HRO მონაცემთა ბაზა** გამოვიყენეთ Dst-ის პროგნოზირებისათვის. მონაცემები მოიცავდა შემდეგ პარამეტრებს:

- მაგნიტური ველის კომპონენტები ( $B_x, B_y, B_z$ ) [5],
- სიჩქარე ( $v_x, v_y, v_z$ ) და პროტონის სიმჭიდროვე ( $N_p$ ) [3]
- გეომაგნიტური ინდექსები: **Dst, AE, K<sub>p</sub>** [8]

### მოდელების არქიტექტურა

1. **LSTM:**
  - ორი ფენა, თითოეულში 128 ნეირონი [9].
  - Dropout (0.20.20.2) რეგულარიზაციისთვის.
  - MSE დანაკარგის ფუნქცია:

$$\mathcal{L} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (y_i - \hat{y}_i)^2$$

## 2. TCN:

- გაფართოებული კონვოლუციები და მიზეზობრივი დაცილება [6].
- გაფართოების ფაქტორი (d) მნიშვნელოვნად ზრდის ტრენინგის სიჩქარეს.
- დანაკარგი:

$$\mathcal{L}_{TCN} = \sum_t (y_t - f(x_{t-d}))^2$$

## მეთოდი Transformer:

- მრავალშრიანი დაკვირვების მექანიზმი:

$$\text{Attention}(\theta, K, V) = \text{softmax}\left(\frac{\theta K^T}{\sqrt{d_k}}\right) V$$

კარგად ერგება გრძელვადიან დამოკიდებულებებს [7].

## 3. GRU, Seq2Seq, და XGBoost:

ნაკლებად კომპლექსური, მაგრამ ეფექტიანი, განსაკუთრებით მოკლე მონაცემებზე [10].

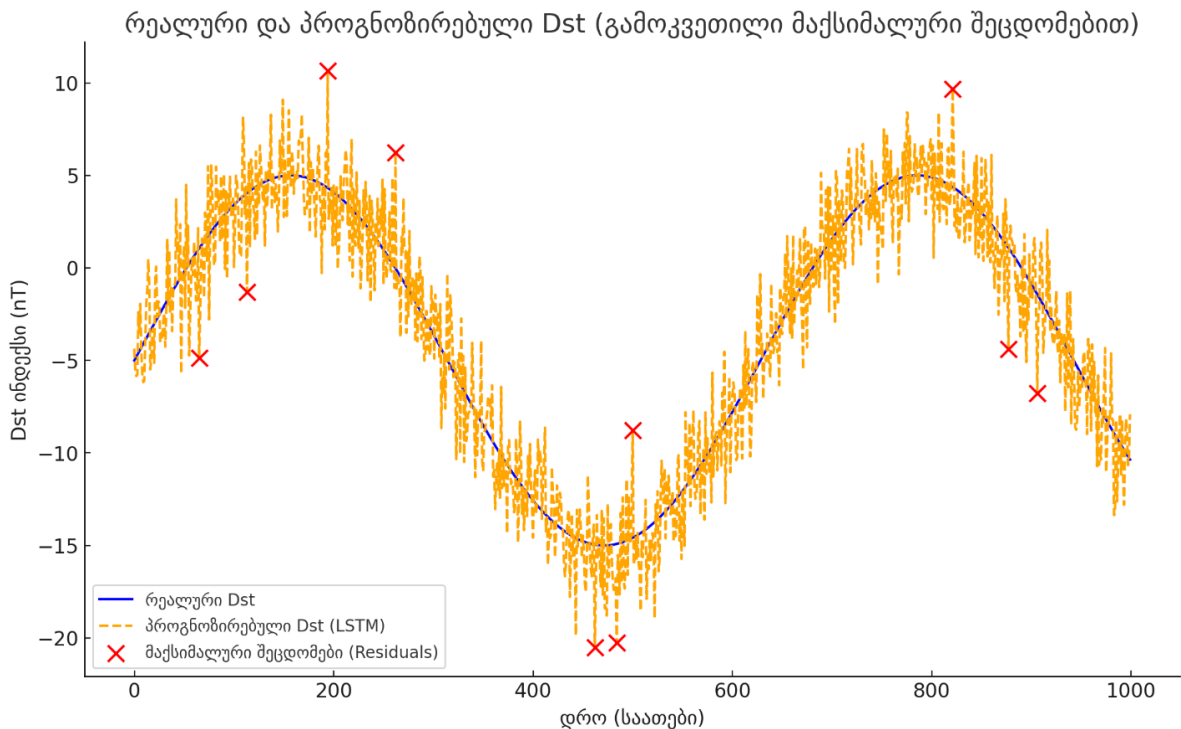
## 4. ARIMA/SARIMAX:

- სტანდარტული სტატისტიკური მეთოდები დროითი სერიებისთვის [4].

## ჰიპერპარამეტრების ოპტიმიზაცია

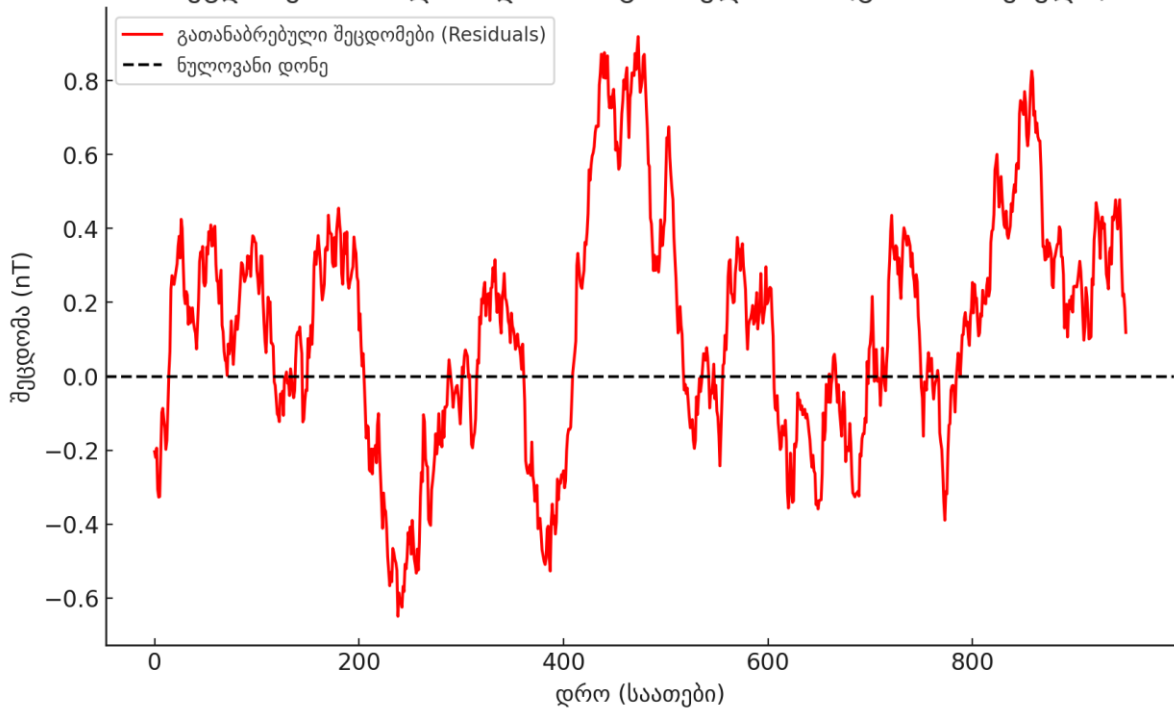
- Optimizer: Adam ( $\eta=0.001$ )
- Batch Size: 64

## მოდელის ეფექტურობის შედარებითი ანალიზი





შეცდომების ანალიზი დროთა განმავლობაში (გათანაბრებული)



ზემოთ მოცემულ გრაფიკზე ნაჩვენებია რეალური და პროგნოზირებული Dst ინდექსი (LSTM მოდელი [1]), სადაც წითელი წერტილები აღნიშნავენ პროგნოზირებული მნიშვნელობების ყველაზე დიდ შეცდომებს (Residuals). ეს ვიზუალიზაცია საშუალებას გაძლევთ მარტივად იპოვოთ ის წერტილები, სადაც მოდელი ყველაზე მეტად აცდა.

მოდელი	RMSE (nT)	MAE (nT)	R2	გამოყენების სირთულე	გამოსაყენებელი სცენარები
<b>LSTM</b>	8.41	6.77	0.94	საშუალო	გრძელვადიანი დამოკიდებულებების აღქმა
<b>TCN</b>	7.98	6.45	0.95	დაბალი	მონაცემების სწრაფი ანალიზი
<b>Transformer</b>	8.22	6.60	0.94	მაღალი	მრავალგანზომილებიანი პროგნოზი
<b>GRU</b>	8.90	7.10	0.92	დაბალი	მცირე და საშუალო მასშტაბის მონაცემები
<b>Seq2Seq</b>	9.12	7.32	0.91	საშუალო	მრავალსაფეხურიანი პროგნოზირება
<b>XGBoost</b>	10.31	8.50	0.89	დაბალი	სწრაფი ანალიზი მცირე მონაცემებზე
<b>SARIMAX</b>	11.52	9.78	0.85	დაბალი	სტატისტიკური საფუძვლიანი ანალიზი

### რეკომენდაცია:

- სიზუსტე და შესრულება: TCN არის საუკეთესო მოდელი, რომელიც აერთიანებს სიზუსტესა და სისწრაფეს. გამოიყენება მონაცემთა მაღალი სიხშირისთვის.
- მოქნილობა: Transformer მოდელი შესაფერისია რთული და მრავალგანზომილებიანი მონაცემების ანალიზისთვის.
- ბაზისური მოდელი: SARIMAX ან XGBoost შეიძლება გამოყენებულ იქნას, როგორც მარტივი სარეზერვო მოდელები მონაცემების ძირითადი ტენდენციების შესასწავლად.

### მიღწევები:

TCN აღმოჩნდა ყველაზე წარმატებული მოდელი, განსაკუთრებით გრძელვადიან დამოკიდებულებებზე.

Transformer-მა აჩვენა მაღალი ეფექტურობა მრავალგანზომილებიანი მონაცემების დამუშავებაში.

LSTM იყო ყველაზე სტაბილური საშუალო შეცდომის მხრივ.

### შეზღუდვები:

მოდელებს უჭირთ სწრაფი ცვლილებების წინასწარ განჭვრეტა.

მონაცემთა დანაკარგი მნიშვნელოვან როლს თამაშობს შეცდომებში.

### გაუმჯობესების შესაძლებლობები:

მეტი მონაცემების ინტეგრაცია. ჰიბრიდული მოდელების გამოყენება (მაგ., TCN + Transformer).

### დასკვნა

ეს კვლევა მიზნად ისახავდა Dst-ის ინდექსის პროგნოზირების პროცესის გაანალიზებას სხვადასხვა მანქანური სწავლების მეთოდის გამოყენებით. მიღებულმა შედეგებმა წარმოაჩინა როგორც წარმატებები, ისე გამოწვევები, რაც მნიშვნელოვანია მსგავსი პროგნოზირების სისტემების განვითარებისთვის. სხვადასხვა მანქანური სწავლების მოდელი განსხვავებულად ასრულებს Dst-ის პროგნოზირების ამოცანას. TCN და Transformer მოდელები გამოირჩევიან მაღალი სიზუსტით და მონაცემთა სტრუქტურასთან ადაპტაციის უნარით. დამატებითი მონაცემებისა და პარამეტრების ინტეგრაციით შესაძლებელია პროგნოზირების სისტემის კიდევ უფრო გაუმჯობესება.

### ლიტერატურა – References – Литература

1. Camporeale E. The challenge of machine learning in space weather: Nowcasting and forecasting. *Space Weather*, 17(8), 2019, pp. 1166–1207. DOI: 10.1029/2018SW002061
2. Lundstedt H., Gleisner H., Wintoft P. Operational forecasts of the geomagnetic Dst index. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*, 27(6–8), 2002, pp. 1037–1040. DOI: 10.1016/S1474-7065(02)00140-6
3. Liu S., Zhao J. A deep learning-based approach for Dst index prediction. *Space Weather*, 17(12), 2019, pp. 1545–1558. DOI: 10.1029/2019SW002197
4. Ji E., Zhang Z., Li H. A hybrid model for predicting Dst index during geomagnetic storms. *Journal of Geophysical Research: Space Physics*, 120(12), 2015, 10856–10872. DOI: 10.1002/2015JA02173
5. Camporeale E., Wing S., Johnson J. R. Machine learning techniques for space weather: A review. *Journal of Geophysical Research: Space Physics*, 125(8), 2020. DOI: 10.1029/2020JA028157

6. Bai S., Kolter J. Z., Koltun V. An Empirical Evaluation of Generic Convolutional and Recurrent Networks for Sequence Modeling. arXiv preprint arXiv:1803.01271, 2018.
7. Vaswani A., et al. Attention Is All You Need. Advances in Neural Information Processing Systems. arXiv:1706.03762, 2017
8. Huttunen K. E., Pulkkinen T. I. Using SHAP for explaining the predictions of machine learning models for geomagnetic storms. Space Weather, 18(10), 2020. DOI: 10.1029/2020SW002552
9. Hochreiter S., Schmidhuber J. Long Short-Term Memory. Neural Computation, 9(8), 1997, 1735–1780. DOI: 10.1162/neco.1997.9.8.1735
10. Chen T., Guestrin C. XGBoost: A Scalable Tree Boosting System. Proceedings of the 22nd ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining, 2016. DOI: 10.1145/2939672.2939785

## გეომაგნიტური აქტივობის მრავალმოდელური ანალიზი

ქირია თ., ნიკოლაიშვილი მ., ჩხაიძე თ., მებაღიშვილი ნ.

### რეზიუმე

კვლევაში განხილულია Dst-ის ინდექსის პროგნოზირების პროცესი სხვადასხვა მანქანური სწავლების მეთოდის გამოყენებით, რომელიც განსხვავებულად ასრულებს Dst-ის პროგნოზირების ამოცანას. TCN და Transformer მოდელები გამოირჩევიან მაღალი სიზუსტით და მონაცემთა სტრუქტურასთან ადაპტაციის უნარით. დამატებითი მონაცემებისა და პარამეტრების ინტეგრაციით შესაძლებელია პროგნოზირების სისტემის კიდევ უფრო გაუმჯობესება.

**საკვანძო სიტყვები:** Dst-ის ინდექსი, პროგნოზირება, ადაპტაცია.

## MULTI-MODEL ANALYSIS OF GEOMAGNETIC ACTIVITY

Kiria T., Nikolaishvili M., Chkhaidze T., Mebaghisvili N.

### Abstract

The study analyzes the Dst index prediction process using different machine learning methods that perform the Dst prediction task differently. TCN and Transformer models are characterized by high accuracy and ability to adapt to the data structure. By integrating additional data and parameters, the forecasting system can be further improved.

**Key words:** Dst index, prediction, adaptation.

## МУЛЬТИМОДЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ГЕОМАГНИТНОЙ АКТИВНОСТИ

Кириа Т., Николайшвили М., Чхаидзе Т., Мебагишвили Н.

### Реферат

В исследовании анализируется процесс прогнозирования индекса Dst с использованием различных методов машинного обучения, которые по-разному выполняют задачу прогнозирования Dst.

Модели TCN и Transformer характеризуются высокой точностью и способностью адаптироваться к структуре данных. Интегрируя дополнительные данные и параметры, систему прогнозирования можно улучшить.

**Ключевые слова:** Индекс Dst, прогнозирование, адаптация.

## ПРЕДПОСЫЛКИ ФОРМИРОВАНИЯ РОССЫПЕЙ НЕКОТОРЫХ ПОЛЕЗНЫХ МИНЕРАЛОВ НА АРМЯНСКОМ НАГОРЬЕ

**Бойнагрян В.Р.**

*Ереванский государственный университет, Ереван, Армения  
vboynagryan@ysu.am*

### Введение

Россыпи, или россыпные месторождения представляют собой скопления рыхлого или сцементированного обломочного материала, которые содержат зерна полезных минералов, устойчивых в экзогенных условиях [1]. Обычно полезными компонентами россыпей являются те минералы, которые в природе встречаются в относительно небольшом количестве и обладают повышенной устойчивостью к разрушению, истиранию, растворению и т.п. в зоне гипергенеза, а также имеют высокий удельный вес, способствующий их сепарации. Добыча полезных минералов из россыпей обходится дешевле, поэтому им уделяется большое внимание со стороны поисковиков и ученых.

Автор имеет опыт работы с золотоносными россыпями [2], а также с комплексными титаноциркониевыми россыпями [3-5]. Поэтому возникла идея рассмотреть возможности образования россыпей ряда полезных минералов (золота, рутила, хромита, платины, шеелита, агата, касситерита) в условиях Армянского нагорья, тем более, что на данной территории имеются многочисленные их коренные источники. Основой для подготовки данной статьи послужили имеющиеся в распоряжении автора материалы личных полевых исследований, а также ряд литературных источников по территории нагорья.

### Условия, необходимые для формирования россыпей

Для формирования россыпи необходимо:

- наличие на соответствующей территории пород, содержащих устойчивые минералы;
- интенсивное физическое выветривание коренных источников и высвобождение россыпеобразующих минералов из них;
- глубина расчленения местности.

**Коренные источники** россыпеобразующих минералов могут быть магматические, метаморфические и осадочные породы более древнего возраста. При этом большое значение имеет их устойчивость (прочность) к процессам выветривания, а также стойкость относительно стирания и размыва. Для высвобождения россыпеобразующих минералов из материнских пород необходимо, чтобы последние в зоне гипергенеза легко разрушались (выветривались). К таковым относятся, прежде всего, крупнозернистые и грубозернистые, а также сланцеватые и слоистые породы. Они легче разрушаются как при механическом воздействии, так и при резких изменениях температуры.

**Золото** на Армянском нагорье было известно с древнейших времен. Еще Страбон [6] в своей знаменитой “Географии” писал, что в горах Армении (подразумевалась древняя Армения) есть

золотые рудники, и многие реки выносят золото из гор. В I-II вв. н.э. золото добывали из месторождения “железной шляпы” Эрганимаден в верховьях р. Тигр в горах Армянского Главного (Восточного) Тавра. С глубокой древности разрабатывались Зангезур – Мегринские месторождения, в которых содержится и золото.

Из коренных источников золота на нагорье распространены:

- в пределах Турции – золоторудные месторождения в районе Ерзнка (Эрзинджан), Сперское месторождение в СЗ части вилайета Карин (Эрзурум), а также приуроченное к тектоническому блоку, сложенному метаосадочными породами, месторождение Кёплер, где золото локализовано в окисленных (39,6 т) и первичных (75,4 т) рудах; золотоносными являются слюдястые сланцы палеозоя, медно-колчеданные, порфириновые и полиметаллические руды [7-8];
- в Аджаро-Триалетии (Грузия) выделяется Болнисский район, где имеются тридцать месторождений и проявлений золота; наиболее богатым является Маднеульское, относящееся к осадочному полиметаллическому месторождению, которое сформировалось в андезито-туфогенных породах [9-10];
- в Армении – золотоносны все интрузивные циклы: Pz, J, C<sub>T1</sub>, Pg, N; это – колчеданные и полиметаллические руды, пиритизированные зоны, шеелитовые и золото-сульфидные руды, а также руды, связанные с умеренно-кислыми гранитоидами [11]. В 1951 г. отряд треста “Кавзолоторазведка” в начале следы древних разработок, а затем и коренное месторождение золота на водоразделе рр. Масрик и Тартар (Тертер), в 700- 1000 м к СЗ от Сотского (Зодского) перевала. Это месторождение после 1955 г. разведывалось под руководством С.М.Матевосяна силами экспедиции Управления геологии Армении. В 1951 г. А.Г. Мидяном были открыты месторождения Меградзор и Маргаовит, а также золотоносные зоны и вторичные кварциты на Тандзутском серно-колчеданном месторождении [12]. Золоторудные месторождения и проявления есть также в Алаверди-Капанской зоне. В 30-х годах XX в. золото было обнаружено и в рудах Агараскского, Каджаранского, Аткизского и других месторождений. В 60-х годах XX в. Были выявлены коренные месторождения золота Личквас, Тей, Тертерасар, Марджан, Аткиз, Пхрут и др.

**Рутил** обычно содержится в метаморфических породах: гнейсах, сланцах, амфиболитах и других, бедных окисью кальция (СаО) разновидностях; в габбро-анортозитовых массивах и в их жильных эффузивных аналогах; в качестве акцессорного минерала – в гранитоидах [13]. В Армении промышленные содержания рутила связаны с актинолит (амфиболит) – метаморфическими сланцами эопалеозоя (докембрия) Арзакана, в которых данный минерал представлен игольчатыми кристаллами вишнево-красного до оранжевого цветов и размером до 3мм и более. Эти сланцы прослеживаются в СЗ направлении по отрогам Цахкуняцкого хребта на расстоянии более 2 км при ширине до 40м и средней мощности более 10м. Среднее выдержанное содержание рутила составляет 1,93% (устное сообщение профессора Р.Г.Геворкяна).

**Хромит** на нагорье содержится в ультраосновных и основных породах габбро-перидотитовых формаций:

- в горах Турции – вилайеты Харберд и Эрзурум [14];
- в Республике Армения месторождения хромита относятся к собственно магматическому типу и расположены среди массивов дунита и перидотита верхнеэоценового возраста в Севано-Амасийской структурно-металлогенетической зоне [15]. В условиях Армянского нагорья хромит скорее всего может формировать небогатые россыпи ближнего сноса (элювиальные, склоновые, ложковые, аллювиальные).

**Платина** обычно связана с магматическими сегрегациями основных и ультраосновных пород (дуниты, перидотиты, пироксениты), тяготеющих к крупным разломам земной коры. Рудо-

проявления платины отмечаются также в ликвационных гидротермальных сульфидных медно-никелевых рудах. В Армении проявления платины есть по СВ побережью озера Севан в районах хромитовых месторождений Шоржа, Даранак и др., относящихся к стеромагматическому типу месторождений, а также в районах Шамлуг, Алаверди, Ахтала, Капан, Каджаран, относящихся к гидротермальному типу [16]. В Армении платина в россыпи может встречаться вместе с золотом.

**Шеелит** связан с гранитными пегматитами, грейзенами и метаморфическими породами. В Армении он является наиболее распространенным минералом всех вольфрамовых проявлений. Он также генетически связан со скарнами, окварцованными роговиками, сиенито-гранитами, кварцевыми жилами и др., а также в шлихах почти во всех районах [17]. В Турции (в пределах Армянского нагорья) шеелит встречается вместе с вольфрамитом в скарново-рудных месторождениях [14]. На Армянском нагорье возможно формирование, скорее всего, элювиально-склоновых россыпей шеелита или нахождение данного минерала в качестве примеси в россыпях золота.

Месторождения **агата** связаны с вулканогенными комплексами: в большей степени с базальтами и в меньшей – с андезитами [18-19]. Агаты образуются также в туфах, туфобрекчиях, риолитовых покровах; реже – в осадочных породах.

Значительные содержания агатов имеются:

- в Армении: Иджеванское, Шахназарское, Таширское, в Капанском районе, в ущелье р. Воротан, Шамшадине и др. [20];
- в Джавахетии (Грузия) – в андезито-базальтах Шурдойского и Памаджского месторождений Ахалцихской группы [21];

Агат довольно устойчив в экзогенных условиях, выдерживает транспортировку и переотложение, поэтому может накапливаться в элювиальных и аллювиальных отложениях и формировать одноименные россыпи. Россыпи агата в Армении и Грузии представляют определенный интерес как источник полудрагоценных камней для ювелиров.

**Касситерит** (основная руда олова) по происхождению связан с пегматитами и гранитами. В Армении касситерит встречается в породах юго-западного склона Севанского хребта и щелочного комплекса Памбакского хребта.

**Высвобождение россыпеобразующих минералов из коренных источников происходит в результате выветривания последних.** На Армянском нагорье в условиях резко выраженной континентальности и сухости климата отмечается довольно большая амплитуда суточных температур воздуха, что способствует интенсивному физическому выветриванию горных пород, особенно на обнаженных склонах гор. Полевые наблюдения показывают, что на таких участках горные породы (особенно граниты и другие глубинные породы) за короткое время теряют свою прочность, и их поверхностные горизонты разрушаются до состояния дресвы и песка, высвобождая отдельные минеральные разности. Далее в работу включаются характерные для этого климата ливневые дожди (нередко с градом) и интенсивное весеннее снеготаяние с бурными тальми водами, которые могут за считанные минуты смыть с обнаженных склонов рыхлообломочный материал вплоть до средней и крупной щебенки и способствовать естественной сепарации минералов. Свидетелем этого автор становился неоднократно во время полевых работ [22-23]. На обнаженных склонах и ниже на поверхности травяного покрова при этом формируются линейно вытянутые потоки минералов с четким разделением последних по их **гидравлической крупности** (под этим термином понимается совокупность удельного веса минерала, диаметра зерна, формы, гидрофобности и гидрофильности их поверхности и др. [24-25] – гидравлически крупные минералы в верхней по склону части потока (обычно это черный шлик) и менее крупные (серый шлик) – в нижней по склону части потока или в виде светлого

налета на травяном покрове (многочисленные полевые наблюдения автора на склонах гор в разных районах Армении).

**С глубиной расчленения местности (относительная высота рельефа)** связаны глубина речных долин и крутизна склонов, уклон русла, скорость течения реки. Нагорье представляет собой средневысотную горную страну, которая возвышается над соседними территориями на 500-800м. В его создании принимали участие складкообразовательные движения земной коры в разные геологические периоды, новейший вулканизм и разломная тектоника. В тектоническом отношении нагорье представляет собой систему неравномерно перемещенных блоков. Склоны гор и отдельных тектонических блоков отличаются значительной крутизной и нередко выпуклым профилем, а склоны южной экспозиции – также отсутствием на больших участках почвенно-растительного покрова и интенсивным выветриванием обнаженных горных пород.

Нагорье дренируется рядом крупных рек с их многочисленными притоками. Реки нагорья в основном горные, с большим падением, бурным течением; их русла выделяются невыработанностью продольного профиля, в них встречаются многочисленные водопады, пороги, быстрины. Они способны перемещать значительные объемы твердого стока (в млн т/год): рр. Евфрат–20, Тигр–32-36, Чорох–13, Кура–21 [26]. Такие объемы твердого стока рек свидетельствуют о довольно интенсивной денудации горных сооружений нагорья и наличии условий для сноса россыпеобразующих минералов со склонов гор от выходов их коренных источников, а также о возможности водных потоков сепарировать минералы по их гидравлической крупности.

#### **Известные россыпи полезных минералов на нагорье:**

- **Россыпи золота**

В первой половине XIX века значительные геологические поисковые работы на золото были проведены на российской части Армянского нагорья силами русских геологов. Были выявлены богатые золотые прииски в окрестностях Ахталы, по р. Агстев, у Елисаветполя (современный Ганзак, или Гянджа) и по р. Кошкар. Наличие золота было отмечено и в аллювии рек, дренирующих ЮЗ склоны Севанского хребта, а также в аллювии рек Дебед, Храми и всей Куринской долины, в том числе и верховий р. Куры.

В качестве перспективных на золото еще в XIX веке В.М.Севергин, Э.Эйхвальд, Иваницкий и Н.И.Лебедев выделяли аллювиальные отложения рек Агстев, Арпа, Аракс. В 30-х годах XX в. россыпное золото разрабатывалось на участке между гор. Дилижан и р. Блдан, в долине р. Оваджур (Головинка) и по ее притокам Армянская балка и Свинухов ключ. Здесь изредка находили даже самородки весом до 146 г. В 1851-52 гг. Иваницкий нашел золото в русловом аллювии рр. Ванадзор и Памбак [12].

В первой половине XX в. силами сотрудников шлихового отряда Геологического управления АрмССР под руководством А.Г. Мидяна была проведена шлиховая съемка по всем рекам республики, которая выявила наличие золота в аллювии бассейнов рек Дебед, Агстев, Мармарик, Арпа, Воротан, Гехи, Цав и др. В 1951 г. отряд треста “Кавзолоторазведка” (геолог Т.М. Степанян) открыл золотоносные россыпи по р. Сотк. В начале 2000 годов ИГН НАН РА были проведены разведочные работы по выявлению строения Сотской россыпи и оценке содержания в ней золота.

Автор этих строк в 70-80 годах XX в. с первой же промывки шлиха находил золото в аллювии рр. Мармарик (прямо у учебной базы ЕГУ), Вохчи, Гехи, Каджаран, Агстев, а также в руслах временных водотоков, дренирующих северный склон массива Арагац. Например, золото, обнаруженное в шлихе, намытом из руслового аллювия р. Вохчи, представлено удлиненным с неровными и слегка округленными концами зерном золотисто-желтого цвета с красным оттенком. Зерно имеет вид выпуклой пластинки с неровной бородавчатой поверхностью. Углубления на поверхности пластинки выполнены полупрозрачным кварцем. В тяжелой фракции этого

шлиха наряду с золотом имелись также ильменит, эпидот, незначительное количество циркона и монацита.

Все вышеуказанные находки золота в аллювии рек Армении свидетельствуют о том, что мы имеем дело с современной русловой россыпью, которая будет восстанавливаться примерно на тех же участках, где ранее находили этот благородный металл. Определенный поисковый интерес может представлять аллювий надпойменных террас, в частности, четвертой надпойменной террасы р. Вохчи, в шлихе которой автор также встретил зерна золота [27].

Сведения о наличии золотоносных россыпей в других районах нагорья отсутствуют.

- **Россыпи рутила**

В Армении, в окрестностях села Меликгюх, известна Апаранская россыпь рутила. Рутил здесь содержится в чередующихся слоях пестроцветных глин, песчано-глинистых отложений и песков, представляющих собой материал физического выветривания и переотложения рутилоносных сланцев Арзакана. Протяженность россыпи составляет 6-7 км при ширине 3,5 км и мощности рутилосодержащих отложений от 31 до 90 м. Среднее содержание рутила в обогащенной части россыпи равно  $461 \text{ г/м}^3$  (устное сообщение профессора Р.Г.Геворкяна).

- **Россыпи касситерита**

Касситерит, имеющий удельный вес в пределах  $6,3-7,2 \text{ г/см}^3$ , твердость 6-7, отличается высокой химической стойкостью и абразивной прочностью, поэтому сохраняется в зоне гипергенеза и накапливается в россыпях. Коэффициент его гипергенной устойчивости равен 1,66, что меньше лишь соответствующего коэффициента золота, минералов платиновой группы, алмаза и танталита [24]. В Армении касситерит встречается в шлихах рек бассейна озера Севан: Дзкнагет, Гомадзор, Казахчиджур, Давендзор, Драхтик, Кахакн, Арпунк, Кутакан, Авазан, Инаг, Масрик, Сотк и может формировать современные русловые россыпи, которые будут восстанавливаться в случае разработки имеющихся его накоплений в аллювии вышеуказанных рек.

### **Минералы, содержащие в своей кристаллической решетке радиоактивные элементы, в аллювии рек Армении**

Определенный интерес, кроме чисто урановых, представляют и минералы, содержащие в своей кристаллической решетке радиоактивные элементы (уран, торий, гафний и др.): торит, монацит, циркон, апатит, сфен. Они были встречены нами в шлихах, намытых из аллювия рек бассейна р. Вохчи. Здесь нами было намыто 37 шлихов при помощи деревянного лотка объемом  $0,01 \text{ м}^3$ . Тяжелая фракция была выделена из шлихов в бромформе ( $\text{CHBr}_3$  – удельный вес 2,89), которая затем была проанализирована автором с использованием бинокуляра и микроскопа МИН-8. В тяжелой фракции шлихов было выделено более 40 разных минералов, часть из которых была объединена в отдельные группы как не представляющие для нас особого интереса: группа всех разновидностей амфиболов и пироксенов, группа эпидота (эпидот, цоизит, клиноцоизит), группа сильно выветрелых минералов (загрязненные, частично хлоритизированные и серпентинизированные эпидот, амфиболы и пироксены; в иммерсии они непрозрачны).

Магнитная подфракция представлена в основном магнетитом (мелкие и крупные зерна темно-серого до черного цвета с серебристо-серым оттенком) в виде пластинок, округлых зёрен и зёрен неправильной формы, обломков и хорошо ограненных кристаллов.

В немагнитной подфракции значительная доля нередко приходится на ильменит (до 38%), представленный черными и буро-черными мелкими зернами неправильной формы, таблитчатыми кристаллами, округлыми зернами со следами граней кристаллов или обломков. В основном все зерна ильменита лейкоксенизированы, на их поверхности имеются буровато-желтые или белесоватые плотные примазки и скопления лейкоксена.



Из минералов, содержащих в своей кристаллической решетке радиоактивные элементы, в изученных нами шлихах в наибольшем количестве встречается **сфен** (от 0,2-0,3 до 15,5%), он иногда бывает радиоактивным. Он представлен крупными коричнево-желтыми, угловато-округлыми, таблитчатыми зернами с гладкой блестящей поверхностью, а также хорошо окатанными округлыми мелкими зернами серого и темно-серого цвета.

Вторым по встречаемости в изученных шлихах следует **апатит** (от 0,1-0,4 до 12,3%), представленный в виде призматических кристаллов, а также в виде обломков кристаллов среднего и крупного размера. Иногда радиоактивен.

**Циркон** встречается в количестве от 0,1-0,2 до 6,2% и представлен в основном мелкими и среднего размера бесцветными удлинёнными и крупными бледно-розовыми обломками кристаллов, а также удлинёнными и хорошо огранёнными кристаллами.

**Монацит** представлен округлыми, угловатыми, таблитчатыми и призматическими зернами среднего размера светло-желтого, красно-бурого и зеленовато-желтого цвета. Много бесцветных зерен. Бесцветные и зелено-желтые зерна покрыты по поверхности красно-бурыми пятнами окисных соединений церия. Зерна имеют блеск от жирного до стеклянного. Содержание монацита в шлихе составляет 0,4-1,6%.

**Торит** (сильно радиоактивный минерал) был обнаружен лишь в одном шлихе в единственном числе в виде крупного дипирамидального кристалла оранжевого цвета (оранжит) со смолистым блеском.

## **Выводы**

Наши исследования показали, что на территории Армянского нагорья имеются коренные источники ряда полезных минералов, что могло способствовать формированию их россыпей разного генезиса в зависимости от особенностей того или иного минерала. Выявление этих россыпей и их разработка могут дать дополнительный доход соответствующей стране – собственнику этого полезного минерала. На сегодняшний день известны лишь некоторые из возможных россыпных месторождений нагорья. Специальная геоморфологическая съемка перспективных речных долин и других возможных участков скопления полезных минералов позволит найти и оценить новые источники для добычи ценных минералов. Поисковый интерес могут представлять надпойменные и погребенные речные террасы, древние долины и логи. Следует уделить внимание и древним поверхностям выравнивания, на которых могут встретиться коры выветривания с высоким содержанием в них ценных компонентов.

## **ლიტერატურა – References – Литература**

1. Билибин Ю.А. Основы геологии россыпей. М., Изд-во АН СССР, 1955, 471 с.
2. Бойнагрян В.Р. Россыпи и их минералы. Ер., Авт. изд., 2012, с. 72-75.
3. Бойнагрян В.Р. Особенности литологии поверхностных осадков подводного берегового склона юго-восточной части Балтийского моря. Океанология, № 6, 1968, с. 1036-1048.
4. Бойнагрян В.Р. Геоморфология береговой зоны и литологии прибрежно-морских отложений Юго-восточной Балтики (в связи с вопросами образования прибрежно-морских россыпей). Автореферат дисс...канд. геогр. наук. М., 1969, 24 с.
5. Бойнагрян В.Р. Концентрация тяжелых минералов в береговой зоне юго-восточной Балтики и некоторые вопросы поисков прибрежно-морских россыпей. Геоморфология и литология береговой зоны морей и других крупных водоемов. М., Наука, 1971, с. 161-165.
6. Страбон. География. В 17 книгах. Книга XI, Л., 1964, с. 498.
7. Верховзин С.С. Золотодобывающая промышленность Турции. Золотодобыча, № 216, 2016, <https://zolotodb.ru/article/11554>.

8. [www.profitrealestate.ru](http://www.profitrealestate.ru).
9. Генеральный план развития горнодобывающей промышленности Грузии. Окончательный отчет. 2003, 140 с.
10. <https://catalogmineralov.ru/deposit/gruziya>.
11. Магакьян И.Г., Амирян Ш.О. Золото. Геология Арм. ССР. Т. VI. Ер., Изд-во АН АрмССР, 1967, с. 447-477.
12. Амирян Ш.О. История открытия и изученности золоторудного оруденения на территории Республики Армения. Известия НАН РА. Науки о Земле. LX, № 1, 2007, с. 49-52.
13. Трохачев П.А., Костюнина Л.П. Некоторые закономерности размещения рутиловых россыпей в СССР. Закономерности размещения полезных ископаемых. Т. 4. Россыпи. М.: Госгортехиздат, 1960, с. 81-84.
14. [www.profitrealestate.ru](http://www.profitrealestate.ru).
15. Арутюнян А.А., Пилюян Г.А. Хромит. Геология Арм. ССР. Т. VI. Ер., Изд-во АН Арм. ССР, 1967, с. 90-103.
16. Абовян С.Б. Платина. Геология Арм. ССР. Т. VI. Ер., Изд-во АН Арм. ССР, 1967, с. 490-496.
17. Акопян Е.А. Олово. Геология Арм. ССР. Т. VI. Ер., Изд-во АН Арм. ССР, 1967, с. 199-206.
18. Киевленко Е.Я., Сенкевич В.В. Геология месторождений поделочных камней. М., Недра, 1983, 262 с.
19. Настасиенко Е.Ф. Формационные типы месторождений агата и перспективы их нахождения на территории СССР. Слюда и пьезооптическое сырье. Труды ВСЕГЕИ. Л., МГ СССР, т. 283, 1979, с. 112-132.
20. Арутюнян А.А., Мнацаканян А.Х. Агат. Геология Арм. ССР, Т. VII. Ер., Изд-во АН Арм. ССР, 1966, с. 405-415.
21. <https://catalogmineralov.ru/-deposit/gruziya>.
22. Бойнагрян В.Р. Делювиальный смыл в горах Армянского нагорья и его воздействие на развитие склонов. Известия НАН РА. Науки о Земле, № 2-3, 1995, с. 88-93.
23. Бойнагрян В.Р. Геоморфология Армянского нагорья. Ер., Авт. изд., 2016, 650 с.
24. Шило Н.А. Основы учения о россыпях. М., Наука, 1985, 400 с.
25. Словарь по геологии россыпей. М., Недра, 1985, 197 с.
26. Габриелян Г.К. Армянское нагорье (арм.). Ер., Изд-во ЕГУ, 2000, 374 с.
27. Бойнагрян В.Р. Некоторые типоморфные особенности минералов тяжелой фракции из аллювия террас р. Вохчи. Современные проблемы геологии и географии. Сборник науч. трудов конфер., Ереван, 2008, с. 138-140.

## სომხეთის ზეგანზე ზოგიერთი სასარგებლო მინერალის გაბნევის ფორმირების წინაპირობა

**ბოინაგრიანი ვ.**

**რეზიუმე**

სომხეთის ზეგანზე არსებობს ოქროს, რუტილის, ქრომიტის, პლატინის, შეელიტის, აქა-ტის, კასიტერიტის გაბნევის წინაპირობა. ეს განპირობებულია ჩამოთვლილი მინერალების ძირეული წყაროების არსებობით, უძველესი დაბლობებით, სამთო ქანების გამოქარვით, მათგან ფასეული კომპონენტების შემდგომი გამოყოფით, სეპარაციისა და მინერალების ჰიდრაულიკური ზომების მიხედვით დაგროვების საიმედოობით მათი ფერდობებზე მოძრაობისა და წყლის ნაკადების ზეგავლენით. სომხეთში გამოვლენილი განაბნევი ოქრო მდინარის კალაპოტის სახეობისაა და ექვემდებარება აღდგენას გამომუშავების შემდეგ. ჭალა და ჩამარხული მდინარის ტერასები, უძველესი ხეობები და ფართო ხევები შესაძლოა საინტერესო იყოს ოქროს

მოპოვებისთვის. საჭიროა ყურადღება მიექცეს გადასწორების უძველეს ზედაპირებს, რომლებზეც შეიძლება შეგვხვდეს გამოქარვის ქერქი ფასეული მინერალების მაღალი კონცენტრაციით.

**საკვანძო სიტყვები:** ალუვიუმი, ძირითადი ქანი, ჰიდრაულიკური ზომები, განაბნევი, სასარგებლო მინერალები.

## **ПРЕДПОСЫЛКИ ФОРМИРОВАНИЯ РОССЫПЕЙ НЕКОТОРЫХ ПОЛЕЗНЫХ МИНЕРАЛОВ НА АРМЯНСКОМ НАГОРЬЕ**

**Бойнагрян В.Р.**

### **Реферат**

На Армянском нагорье имеются предпосылки формирования россыпей золота, рутила, хромита, платины, шеелита, агата, касситерита. Это обусловлено наличием коренных источников перечисленных минералов, условиями выветривания горных пород с последующим высвобождением из них ценных компонентов и благоприятными возможностями сепарации и накопления минералов по их гидравлической крупности при перемещении под воздействием склоновых процессов и водными потоками. Выявленные в Армении россыпи золота относятся к русловым разновидностям и будут восстанавливаться после их отработки. Поисковый интерес на золото могут представлять надпойменные и погребенные речные террасы, древние долины и логи. Следует уделить внимание и древним поверхностям выравнивания, на которых могут встретиться коры выветривания с высоким содержанием в них ценных компонентов.

**Ключевые слова:** аллювий, коренная порода, гидравлическая крупность, россыпи, полезные минералы.

## **PREREQUISITES FOR THE FORMATION OF PLACERS OF SOME USEFUL MINERALS IN THE ARMENIAN HIGHLANDS**

**Boynagryan V.**

### **Abstract**

In the Armenian Highlands, there are prerequisites for the formation of placers of gold, rutile, chromite, platinum, scheelite, agate and cassiterite. This is due to the presence of bedrocks of these minerals, the conditions of weathering of rocks with the subsequent release of valuable components from them, and favorable opportunities for separation and accumulation of minerals according to their hydraulic size. The gold placers identified in Armenia belong to the channel varieties and will be recovered after they are worked out. The above flood-plain and buried river terraces, ancient valleys and balkas may be of great interest for gold. Attention should also be paid to ancient planation surfaces, where weathering crusts with a high content of valuable components may occur.

**Key words:** alluvium, bedrocks, hydraulic size, placers, useful minerals

## დასავლეთ საქართველოს მცინვარული აუზების მცინვარების და თოვლნარების მორფოლოგიისა და ექსპოზიციის შესწავლის შედეგები თანამგზავრული დისტანციური დაკვირვების საფუძველზე

<sup>1</sup>შენგელია ლ., <sup>1</sup>კორძაძია გ., <sup>2</sup>თვაური გ., <sup>3</sup>გულიაშვილი გ., <sup>3</sup>ძამამია მ.

<sup>1</sup>საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი  
<sup>2</sup>თბილისის ივ. ჯავახიშვილის სახ. უნივერსიტეტის ელ. ანდრონიკაშვილის ფიზიკის ინსტიტუტი  
<sup>3</sup>გარემოს ეროვნული სააგენტო

### 1. შესავალი

წარმოდგენილია 2010-2020 წწ. დასავლეთ საქართველოს მცინვარული აუზების მცინვარების და თოვლნარების მორფოლოგიაზე და ექსპოზიციის თანამგზავრული დისტანციური დაკვირვების შედეგები. ადრეულ კვლევებში, როცა ხდებოდა კატალოგის მონაცემების თანამგზავრული დისტანციური ზონდირების (თდზ) მხოლოდ ერთი ვადის (2015 წლის) მონაცემებთან შედარება, ამ საკითხზე ყურადღება არ გამახვილებული [1]. ამჟამად შესწავლილია დასავლეთ საქართველოს მცინვარები და მათი მახასიათებლები კატალოგის (ერთი ვადა) [2] და თდზ-ის 2010 (პირობითად, თდზ 1), 2015 (პირობითად, თდზ 2), და 2020 (პირობითად, თდზ 3) წლების (სამი ვადა) მონაცემების მიხედვით. როგორც აღმოჩნდა, მცინვარებზე ოთხივე ვადაზე დაკვირვება მნიშვნელოვანია, რადგან კლიმატის მიმდინარე ცვლილება იწვევს მცინვარების მახასიათებლების ცვლილებას, მათ დეგრადაციას, მცირე ზომის მცინვარების გამოყოფას და მათი მორფოლოგიის ცვლილებას. აუცილებელია განისაზღვროს შეცვლილი მცინვარების ექსპოზიცია, რაც განაპირობებს მათი დნობის სიჩქარეს. 0.1 კმ<sup>2</sup> მეტი ფართობის მქონე მცირე, საშუალო და დიდი მცინვარები სწრაფად დეგრადირდებიან, იკლებს მათი რაოდენობა და დაკავებული ფართობები. ამავე დროს თოვლნარების (ფართობი – 0.1 კმ<sup>2</sup>-ზე ნაკლებია) რაოდენობა და დაკავებული ფართობები თვალსაჩინოდ იზრდება, რაც უდაოდ, კლიმატის მიმდინარე ცვლილებას უკავშირდება. დადგენილია, რომ კლიმატის მიმდინარე ცვლილების გამო მიმდინარეობს მცინვარული აუზების დეგრადაცია, დიდი მცინვარების (2 კმ<sup>2</sup>-ზე მეტი ფართობის) უკანდახევა (ხშირად მცირე ზომის მცინვარების გამოყოფით), საშუალო (0.5-დან 2 კმ<sup>2</sup>-მდე ფართობის) და მცირე მცინვარების (0.1-დან 0.5 კმ<sup>2</sup>-მდე ფართობის) [3] დნობა და დანაწევრება. მცინვარების კატალოგში 0.1 კმ<sup>2</sup> ნაკლები ფართობის მცინვარები (თოვლნარები) არ განიხილება.

### 2. გამოყენებული მონაცემები, კვლევის მეთოდები

მცინვარების კატალოგით [2] დასავლეთ საქართველოში აღრიცხულია 409 მცინვარი, რომლებიც განთავსებულია ექვს მცინვარულ აუზში (ცხრილი 1). აქედან სამი (ბზიფი, კელასური, კოდორი) მდებარეობს აფხაზეთის ავტონომიურ რესპუბლიკაში.

ცხრილი 1. დასავლეთ საქართველოში მცენარეების განაწილება  
მცენარულ აუზებში კატალოგის მიხედვით

დასავლეთ საქართველო							
№	1	2	3	4	5	6	7
მცენარული აუზი	ბზიფი	კელასური	კოდორი	ენგური	ხობისწყალი	რიონი	სულ
მცენარების რაოდენობა	13	3	120	196	2	75	409

ეს მონაცემები მოყვანილია 1975 წელს გამოცემული მცენარეების კატალოგიდან, რომელიც შედგენილი იქნა საქართველოს მცენარეების საუკუნოვანი, დაწყებული 1860 წლიდან, კვლევების საფუძველზე. კატალოგთან ერთად გამოყენებულია მაღალი გარჩევადობის LANDSAT-ის თანამგზავრებით მოპოვებული სურათები (გარჩევადობა 15–30 მ) სამი ვადისთვის (2010, 2015 და 2020 წლებისათვის), ამასთან გრანტის ფარგლებში ჩვენთვის ხელმისაწვდომი აღმოჩნდა ზემოაღნიშნული გარჩევადობის (1.5 მ) SPOT 6 თანამგზავრის 2017-2022 წლების თანამგზავრული სურათები, რომელთა საშუალებით დაზუსტდა დასავლეთ საქართველოს მცენარეების მდებარეობა და დადგინდა მათი თანამედროვე მდგომარეობა. თდზ-ის მონაცემები დამუშავებულია GIS (გეოინფორმაციული სისტემები) ტექნოლოგიების გამოყენებით.

საქართველოში მორფოლოგიური ტიპებისა და ექსპოზიციის მიხედვით მცენარეების განაწილების საკითხს ეხება ნაშრომი [4], თუმცა მხოლოდ ერთი, მდინარე მულხურას აუზისათვის, რომელიც ერთ-ერთი შემადგენელია ენგურის აუზის.

### 3. კვლევის შედეგები და განხილვა

საქართველოს მცენარეები საკმაოდ მაღალი მცენარეებია (აღწევენ 5200 მეტრს), ამიტომ ისინი მთის მცენარეებს მიეკუთვნებიან. საქართველოს მთის მცენარეების მორფოლოგიური ტიპებია: კარული, კარულ-ხეობის, ხეობის და დაკიდული მცენარეები [2, 3].

**კარული** მცენარეები შედარებით მცირე ზომის მცენარეებია, რომელიც მდებარეობს მთის ფერდობზე თოვლის და ყინულის მოქმედებით წარმოქმნილ თასისმაგვარ ფორმაში – კარში. მცენარეს შეიძლება ეკავოს მთელი კარი, ან მისი გარკვეული ნაწილი და როგორც წესი, პატარა ენით მთავრდებოდეს. კარის გამოსასვლელში იგი შემოფარგლულია ბოლო მორენული სერით. იმ შემთხვევაში, თუ კარული მცენარე მის ქვემოთ მდებარე ხეობაში ჩადის და მცენარის ენა საერთო სიგრძის ერთ ან ორ მესამედზე მეტი არ არის ასეთ მცენარეს **კარულ-ხეობის** ეწოდება. კარული მცენარის კვებაში დიდ როლს გადაქარულ თოვლი და თოვლის ზვავები ასრულებს. ამ დროს ხდება თოვლის კონცენტრაცია მცენარეზე. ამის გამო, რომ ხშირად კარული მცენარეები თოვლის ხაზის ქვემოთ მდებარეობს.

**ხეობის მცენარეები** ხეობის სათავესა და ხეობის შუა მონაკვეთში მდებარეობს. ხეობის მცენარეები მთის მცენარეებია, რომლის ენა ხეობაშია, ხოლო ფირნის აუზი – ხეობის სათავეში თასის მაგვარ ფორმაშია მოთავსებული.

ხეობის მცენარეებს მიეკუთვნება მარტივი ანუ ალპური ტიპის მცენარეები, რომლებიც ერთი ნაკადისგან შედგება, და რთული ანუ დატოტვილი მცენარეები, რომლებიც რამდე-

ნიმე დამოუკიდებელი ტოტისაგან შედგება. აფხაზეთის მცინვარებს შორის არ გვხვდება ხეობის რთული ტიპის მცინვარები. ისინი გვხვდება მხოლოდ მდ. ენგურის აუზში. იმ შემთხვევაში, როდესაც დეტალურად განიხილავენ ცალკეულ დიდ მცინვარს, მაშინ ხდება გამოყოფა მარტივი თუ რთული ხეობის ტიპისაა მცინვარი.

**დაკიდული მცინვარი** – მცირე ზომისაა, მთის ციცაბო ფერდობზე სუსტად გამოხატულ ჩაღრმავებაში მდებარეობს და მაღლა, ძირითადი ხეობის ფერდობზე მთავრდება. მისი მაღალი მდებარეობის გამო ყინულის დნობა მცირეა. უფრო ხშირად დაკიდული მცინვარის შემცირება მისი ენის ჩამონგრევით ხდება. ინტენსიური ნგრევის დროს ყინული ფერდობის ძირში გროვდება და განახლებული (აღორძინებული) მცინვარი წარმოიქმნება. დაკიდულ მცინვარებს შეიძლება მივაკუთვნოთ თხემის ახლოს კულუარებში განლაგებული მცინვარებიც.

რაც შეეხება მცინვარების ექსპოზიციას, კატალოგის მსგავსად გვაქვს შემდეგი აღნიშვნები: დასავლეთი – დ, აღმოსავლეთი – ა, სამხრეთი – ს; სამხრეთ-დასავლეთი – სდ; სამხრეთ-აღმოსავლეთი – სა, ჩრდილოეთი – ჩ; ჩრდილო-დასავლეთი – ჩდ; ჩრდილო-აღმოსავლეთი – ჩა.

თღუ ერთადერთი საშუალებაა აფხაზეთის ავტონომიურ რესპუბლიკაში მდებარე მცინვარების თანამედროვე მდგომარეობის შესასწავლად, რადგან ერთი მხრივ არ არსებობს ადგილობრივი გლაციოლოგიური სკოლა და, მეორე მხრივ, დღევანდელი პოლიტიკური მდგომარეობა არ იძლევა ექსპედიციების ჩატარების და მცინვარების სავსე პირობებში შესწავლის საშუალებას [5, 6].

აფხაზეთის ავტონომიურ რესპუბლიკაში კატალოგის მიხედვით განლაგებული იყო 136 მცინვარი. ესენია:

- **ბზიფის აუზი** – მდ. ბზიფის აუზის, მთავარი ქედის სამხრეთ ფერდობის №1–7 და ბზიფის ქედის, ჩრდილოეთ ფერდობის №8–13 მცინვარები;
- **კელასურის აუზი** – მდ. კელასურის აუზის, ბზიფის ქედის ჩრდილოეთ ფერდობის №14–16 მცინვარები;
- **კოდორის აუზი** – მდ. კოდორის აუზის მდ. ამტკელის აუზის, ჩხალთის (აფხაზეთის) ქედის ჩრდილოეთ ფერდობის №17, მდ. ჩხალთის აუზის, მთავარი ქედის სამხრეთ ფერდობის №18–60 მცინვარები და №61 მცინვარი ჩხალთის ქედის ჩრდილოეთ ფერდობზე; მდ. კოდორის აუზის, მთავარი ქედის სამხრეთ ფერდობის მცინვარები: მდ. ხეცკვარის აუზი №62–68, მდ. გენცვიშის აუზი №69, №70, მდინარე კლიჩის აუზის №71–93, მდ. გვანდრას აუზი №94–112; მდ. კოდორის აუზის, კოდორის ქედის ჩრდილო-დასავლეთ ფერდობის მცინვარები: მდ. საკენის აუზი №113–132, მდ. ალიკვასტას აუზი №133–136.

### 3.1. აფხაზეთის ავტონომიური რესპუბლიკის მცინვარების მორფოლოგიური ტიპები და ზოგადი ექსპოზიცია

აფხაზეთის მცინვარულ აუზის მცინვარების ოთხი ვადისათვის მორფოლოგიური ტიპების განაწილება რაოდენობისა და ფართობის მიხედვით წარმოდგენილია მე-2 ცხრილში.

ცხრილი 2. აფხაზეთის ავტონომიური რესპუბლიკის მცინვარების მორფოლოგიური ტიპების განაწილება კატალოგის (ა) და თდზ-ის 2010 (ბ), 2015 (გ), 2020 (დ) წლის მონაცემების მიხედვით.

ა

მცინვარული აუზი		მორფოლოგიური ტიპები							
		კატალოგის მიხედვით							
		კარული		კარულ-ხეობის		ხეობის		დაკიდული	
		რაოდენობა	ფართობი	რაოდენობა	ფართობი	რაოდენობა	ფართობი	რაოდენობა	ფართობი
1	ბზიფი	11	5,5	0	0	1	1,3	1	0,3
2	კელასური	3	1,5	0	0	0	0	0	0
3	კოდორი	97	45,0	3	4,5	14	16,8	6	2,8
სულ		111	52	3	4,5	15	18,1	7	3,1

ბ

მცინვარული აუზი		მორფოლოგიური ტიპები							
		თდზ-ის 2010 წლის მონაცემებით							
		კარული		კარულ-ხეობის		ხეობის		დაკიდული	
		რაოდენობა	ფართობი	რაოდენობა	ფართობი	რაოდენობა	ფართობი	რაოდენობა	ფართობი
1	ბზიფი	12	3,6	0	0	1	0,9	2	0,4
2	კელასური	2	0,9	0	0	0	0	0	0
3	კოდორი	99	28,0	4	5,6	15	11,4	29	4,9
სულ		113	32,5	4	5,6	16	12,3	31	5,3

გ

მცინვარული აუზი		მორფოლოგიური ტიპები							
		თდზ-ის 2015 წლის მონაცემებით							
		კარული		კარულ-ხეობის		ხეობის		დაკიდული	
		რაოდენობა	ფართობი	რაოდენობა	ფართობი	რაოდენობა	ფართობი	რაოდენობა	ფართობი
1	ბზიფი	8	2,1	0	0	1	0,8	1	0,2
2	კელასური	1	0,7	0	0	0	0	0	0
3	კოდორი	85	22,7	4	5,4	15	9,8	20	4,1
სულ		94	25,5	4	5,4	16	10,6	21	4,3

დ

მცინვარული აუზი		მორფოლოგიური ტიპები							
		თდზ-ის 2020 წლის მონაცემებით							
		კარული		კარულ-ხეობის		ხეობის		დაკიდული	
		რაოდენობა	ფართობი	რაოდენობა	ფართობი	რაოდენობა	ფართობი	რაოდენობა	ფართობი
1	ბზიფი	8	1,6	0	0	1	0,8	1	0,2
2	კელასური	1	0,6	0	0	0	0	0	0
3	კოდორი	74	18,0	4	4,9	15	7,8	17	3,4
სულ		83	20,2	4	4,9	16	8,6	18	3,6

ყველაზე დიდი რაოდენობით კატალოგის მიხედვით დასავლეთ საქართველოში გავრცელებულია კარული მცინვარები, სულ 111. თდზ-ის 2010, 2015 და 2020 წლების მონაცემებით მცინვარები დეგრადირდება, ხდება მცინვარების დანაწევრება, მცირე მცინვარე-

ბის გამოყოფა. კარული მცენარე შეიძლება დანაწევრდეს ორ ან სამ კარულ მცენარედ, ერთ ან ორ დაკიდულ და ერთ ან რამდენიმე თოვლნარად. ამის მაგალითია №117 კარული ტიპის საშუალო მცენარე, რომელიც 2010 წლისათვის დანაწევრდა 3 კარულ, 1 დაკიდულ მცირე მცენარებად და ექვს თოვლნარად. 2015 წლისათვის ამ მცენარიდან მხოლოდ ერთი კარული მცირე მცენარე და ექვსი თოვლნარი დარჩა, ხოლო 2020 წლისათვის კი – ერთი კარული მცირე მცენარე და ხუთი თოვლნარია.

ხეობის ტიპის მცენარე ძირითადად ინარჩუნებს თავის მორფოლოგიას, თუმცა შეიძლება დანაწევრდეს ხეობის და დაკიდულ მცენარედ, აგრეთვე ერთ ან რამდენიმე თოვლნარად.

კარულ-ხეობის მცენარე სამივე პერიოდში ინარჩუნებს თავის მორფოლოგიას, თუმცა თანმიმდევრულად იკლებს დაკავებული ფართობი. ასევე ინარჩუნებს თავის მორფოლოგიას, დაკიდული მცენარე და მხოლოდ დროთა განმავლობაში იკლებს მისი ფართობი (ზოგჯერ გადადის თოვლნარში ან ქრება).

უნდა ითქვას, რომ ყველა თოვლნარი კარული ან დაკიდული მორფოლოგიისაა. მე-3 ცხრილის განხილვა გვიჩვენებს, რომ კატალოგში არსებული 136 მცენარიდან 2010 წლის თანამგზავრული მონაცემებით წარმოიქმნა 60 თოვლნარი და არცერთი მცენარე არ გამქრალა. 2015 წლისათვის წარმოიქმნა 77 თოვლნარი და გაქრა 36 მცენარე, ხოლო 2020 წლისათვის წარმოიქმნა 103 თოვლნარი და გაქრა 47 მცენარე. ასე რომ, 2010 წლიდან თოვლნარების და გამქრალი მცენარების რაოდენობა ინტენსიურად იზრდება.

მცენარების კატალოგში 0.1 კმ<sup>2</sup>-ზე ნაკლები ფართობის მცენარეები (თოვლნარები) არ განიხილება. შესაბამისად არ გვაქვს კატალოგის მონაცემები თოვლნარების ცხრილებში.

ცხრილი 3. აფხაზეთის ავტონომიური რესპუბლიკის თოვლნარებისა და გამქრალი მცენარების განაწილება მცენარული აუზების მიხედვით თდზ-ის 2010 (I), 2015 (II), 2020 (III) წლის მონაცემებით

მცენარული აუზი		თოვლნარები			გამქრალი მცენარეები		
		I	II	III	I	II	III
1	ბზიფი	3	15	16	0	0	0
2	კელასური	1	2	2	0	0	0
3	კოდორი	56	60	85	0	36	47
სულ		60	77	103	0	36	47

**კარული მცენარების** რაოდენობა როგორც აღვნიშნეთ კატალოგის მიხედვით იყო 111, 2010 წლის თდზ-ის მიხედვით კი – 113-ია და მომდევნო წლებში მათი რაოდენობა შემცირდა: 2015 წელს იყო 94, 2020 წელს – 83. რაც შეეხება მათ მიერ დაკავებულ ჯამურ ფართობებს, რომელიც კატალოგით 52.0 კმ<sup>2</sup>-ია, წლების მიხედვით თანდათან მოიკლო: 2010 წელს იყო 32.5 კმ<sup>2</sup>, 2015 წელს – 25.5 კმ<sup>2</sup>, 2020 წ. – 20.2 კმ<sup>2</sup>.

**კარულ-ხეობის** მცენარე აფხაზეთში კატალოგით სულ 3 იყო. №31 მცენარე, რომელიც კატალოგით კარულ ტიპს მიეკუთვნება, 2010 წლის თდზ-ის მიხედვით გარდაიქმნა კარულ-ხეობის მცენარედ და მომდევნო პერიოდებშიც ასეთივე მორფოლოგია შეინარჩუნა. კარულ-ხეობის მცენარეების მიერ დაკავებულ ჯამური ფართობი, რომელიც კატალოგის მიხედვით 4.5 კმ<sup>2</sup>-ს შეადგენდა, 2010 წლისათვის 5.6 კმ<sup>2</sup> აღმოჩნდა, მაგრამ წლების მი-



ხედვით თანდათან მოიკლო და, თუ 2010 წელს 5.6 კმ<sup>2</sup> იყო, 2015 წელს ეს მაჩვენებელი 5.4 კმ<sup>2</sup>-მდე შემცირდა, ხოლო 2020 წელს 4.9 კმ<sup>2</sup> გახდა.

**ხეობის მცინვარების** რაოდენობა კატალოგით 15 იყო, მათი ჯამური ფართობი კი – 18.1 კმ<sup>2</sup>. ერთ-ერთი მათგანი, №122 მცინვარი, რომელიც კატალოგით საშუალო მცინვარებს მიეკუთვნებოდა 1.4 კმ<sup>2</sup> ფართობით, ხეობის ტიპისა იყო და თდზ-ის მონაცემების მიხედვით 2010 წელს ორ, ხეობის ტიპის, მცირე მცინვარად გაიყო, რომელთა ფართობები, 0.4 და 0.3 კმ<sup>2</sup>-ს შეადგენდა. 2015 წელს თითოეული მათგანის ფართობმა მოიკლო და, შესაბამისად, 0.3 და 0.2 კმ<sup>2</sup>-მდე შემცირდა. 2020 წლის თდზ-ის მიხედვით ორივე მათგანი დანაწევრდა 0.1 კმ<sup>2</sup> ფართობის მცირე მცინვარად და თოვლნარად. ასე რომ, ხეობის მცინვარების რაოდენობა 2010 წელს 1-ით გაიზარდა, ხოლო 2015 და 2020 წლებში – იგივე დარჩა. მნიშვნელოვანია, რომ წლების მიხედვით ხეობის ტიპის მცინვარების ჯამური ფართობი იკლებს: 2010 წელს იყო 12.3 კმ<sup>2</sup>, 2015 წელს – 10.6 კმ<sup>2</sup>, 2020 წელს – 8.6 კმ<sup>2</sup>.

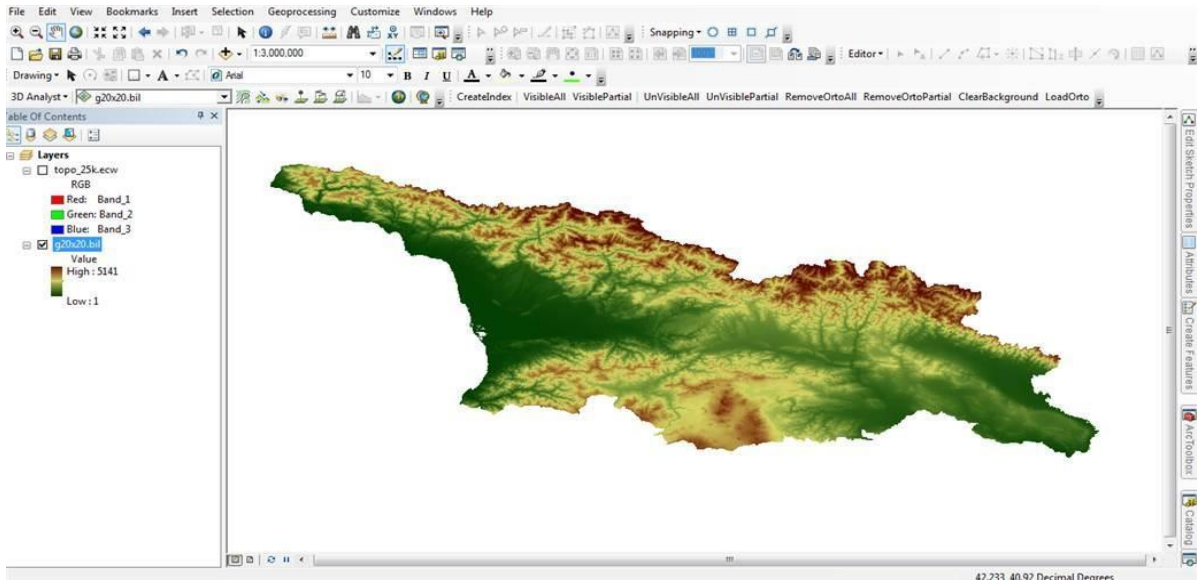
**დაკიდული მცინვარების** რაოდენობა აფხაზეთში კატალოგის მიხედვით ყველაზე მცირეა. ბზიფის აუზში სულ 1 მცინვარია, კელასურის აუზში არ არის დაკიდული მცინვარი, ხოლო კოდორის ხეობაში 6-ია. ბზიფის აუზში 2010 წლისათვის №5 კარულ მცინვარს გამოეყო დაკიდული მცინვარი და დაკიდული მცინვარების რაოდენობა გახდა 2, თუმცა მომდევნო წლებში ეს მცინვარი თოვლნარად გადაიქცა. კოდორის ხეობაში 2010 წლისათვის დაკიდული მცინვარების რაოდენობა გახდა 29. მომდევნო წლებში რაოდენობამ იკლო და 2015 წელს შეადგინა 20, ხოლო 2020 წელს – 17.

კლიმატის მიმდინარე ცვლილების გავლენით 2010 წლისათვის კარული და დაკიდული მცინვარების რაოდენობის ზრდა განპირობებული იყო მცინვარების დანაწევრებით და მცირე მცინვარების გამოყოფით. ეს პროცესი შემდგომშიც გაგრძელდა და 2010 წლიდან მათი რაოდენობა თანმიმდევრულად შემცირდა.

უნდა აღინიშნოს, რომ უცვლელი რჩება ხეობისა და კარულ-ხეობის ტიპის მცინვარების რაოდენობა, რაც განპირობებულია მათი მორფოლოგიური თავისებურებით, თუმცა ამ მცინვარების მიერ დაკავებული ფართობები 2010 წელთან შედარებით ასევე თანმიმდევრულად შემცირდა.

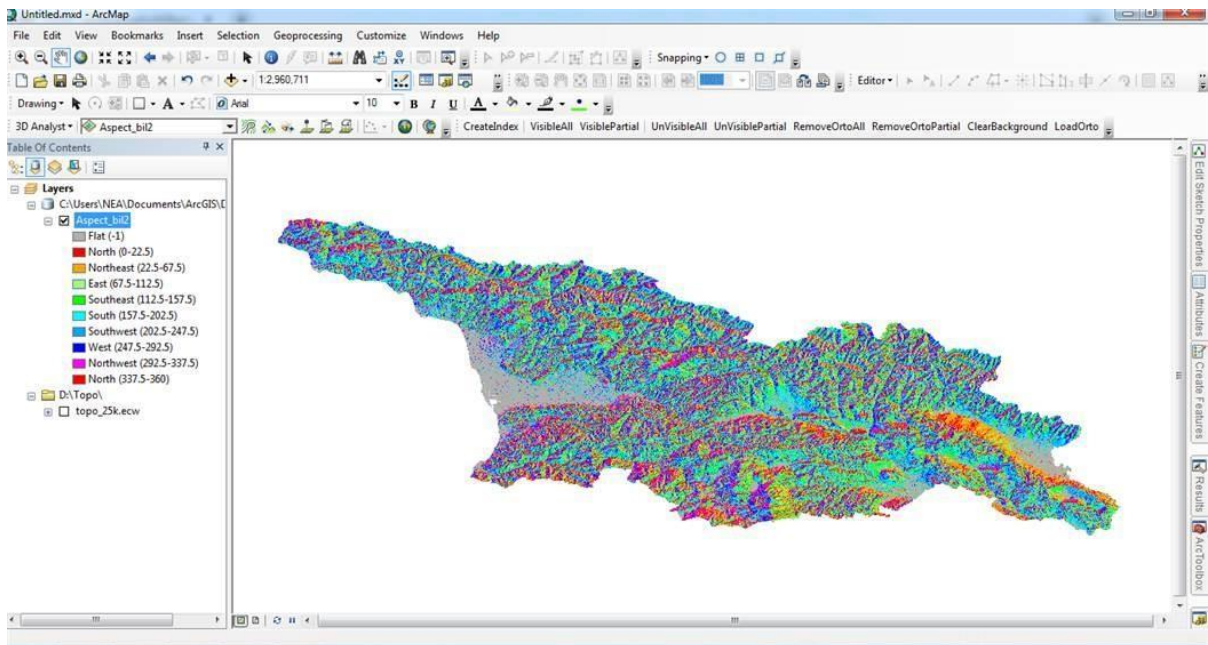
2010 წლიდან აფხაზეთის ყველა მორფოლოგიური ტიპის მცინვარის მიერ დაკავებული ფართობი მცირდება, რაც უშუალოდ კლიმატის მიმდინარე ცვლილებას უკავშირდება.

აფხაზეთის მცინვარების **ზოგადი ექსპოზიციის** საწყისი მონაცემები აღებულია კატალოგიდან, ხოლო 2010, 2015 და 2020 წლის მცინვარების ზოგადი ექსპოზიციის დადგინდა პროგრამა Google Earth-ის გამოყენებით, სადაც ნათლად ჩანს ფერდობების ხეობების მიმართულება და ექსპოზიციის რაოდენობა. პროგრამაში შემოტანილ იქნა აღნიშნული წლების მცინვარების კონტურები, და მათი საშუალებით შესაძლებელი გახდა ფერდობების ექსპოზიციის დადგენა. აღნიშნული მონაცემები გადამოწმდა Arc Map-ში (Arc Gis) სპეციალურად შექმნილი Arc Toolbox ინსტრუმენტების გამოყენებით. მეთოდი ითვალისწინებს საქართველოს რელიეფის ციფრული სასიმალო მოდელით (Digital Elevation Model) ე.წ. DEM-ით იმგვარად დამუშავებას, რომ მიგვეღოს საქართველოს ფერდობების ექსპოზიციის რუკა. დამუშავების დროს გამოყენებულ იქნა საქართველოს რელიეფის ციფრული სასიმალო მოდელი 20X20 გარჩევადობით (ნახ. 1).



ნახ. 1. საქართველოს რელიეფის ციფრული სასიმაღლო მოდელი 20X20 გარჩევადობით.

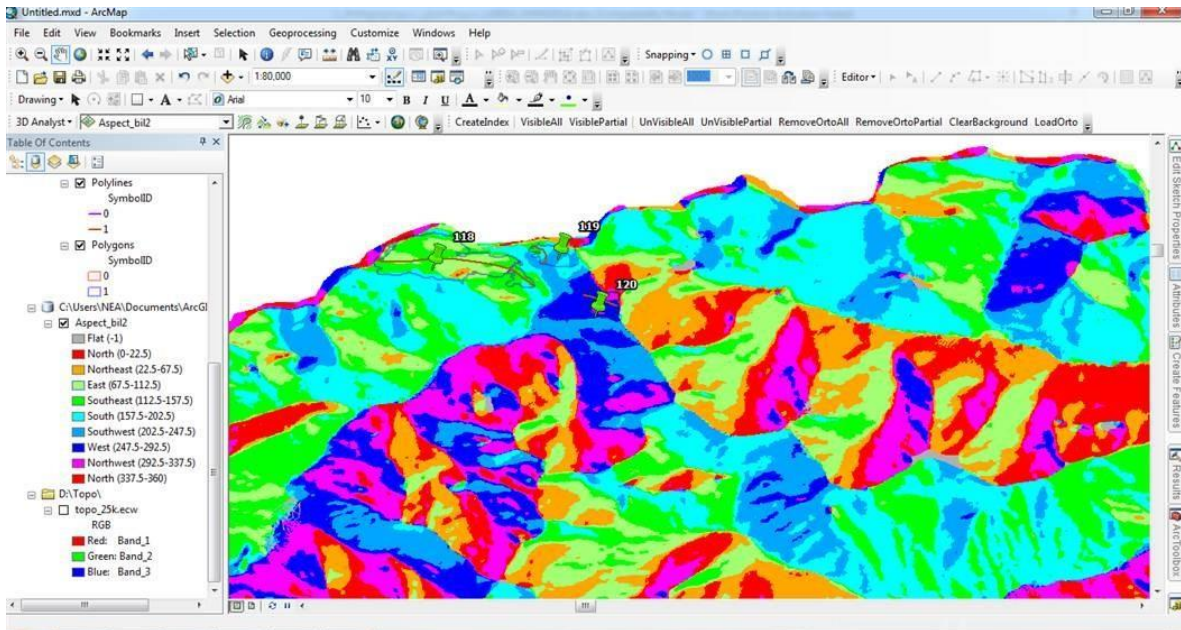
მე-2 ნახ-ზე მოცემულია საქართველოს ფერდობების ექსპოზიციის რუკა. ფერდობების ექსპოზიციის გამოსახულებას აქვს ლეგენდა, სადაც ფერების მიხედვით დეტალურადაა გამოყოფილი ფერდობების ექსპოზიცია: ჩრდილოეთი – წითლით, ჩრდილო-აღმოსავლეთი – ნარინჯისფრით, აღმოსავლეთი – ღია მწვანით, სამხრეთ-აღმოსავლეთი – მწვანით, სამხრეთი – ცისფრით, სამხრეთ დასავლეთი – ღია ლურჯით, დასავლეთი – ლურჯით, ჩრდილ-დასავლეთი – იისფრით.



ნახ. 2. საქართველოს ფერდობების ექსპოზიციის რუკა.

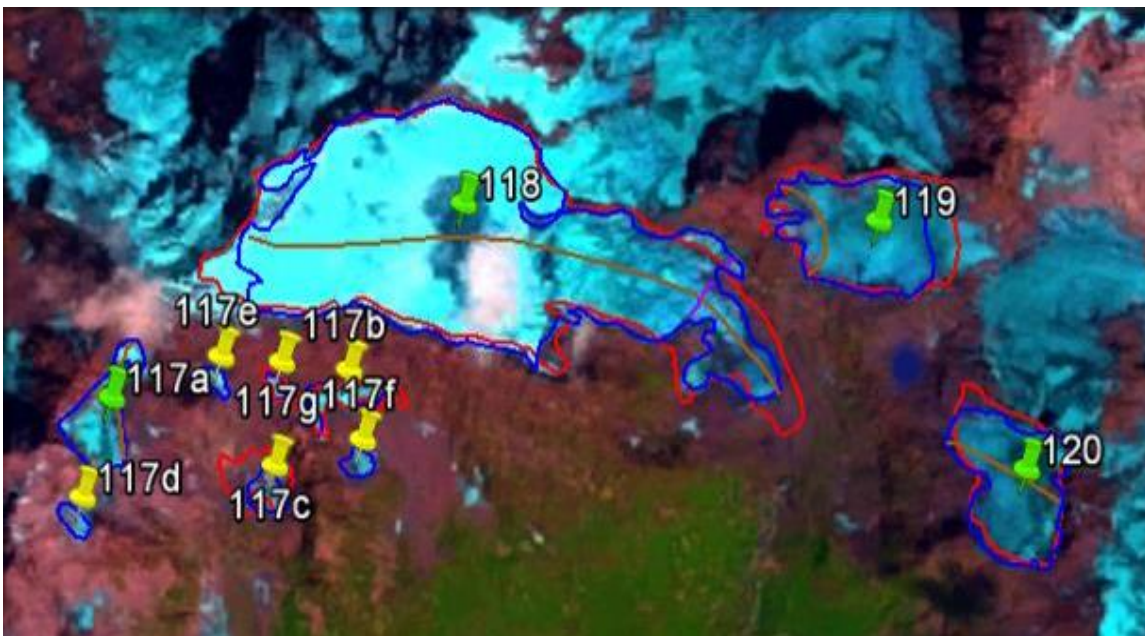
გამოსახულებაში შეტანილია საკვლევი მყინვარების კონტური (წლების მიხედვით) და დადგენილია მათი ექსპოზიცია. მაგალითისათვის მოგვყავს ფერდობების ექსპოზიციის რუკაზე (ნახ. 3) წარმოდგენილია 2015 წლის №118, №119 და №120 მყინვარის კონტურების გამოსახულება. №118 მყინვარის კონტური მოქცეულია მწვანის, №119 – ცისფრისა და

№120 – ლურჯი ფერის არეში, მამასადაძმე №118 მცინვარის ექსპოზიცია არის სამხრეთ-აღმოსავლეთის, №119-ის – სამხრეთის და №120-ისა – დასავლეთის.



ნახ. 3. საქართველოს ფერდობების ექსპოზიციის რუკაზე დატანილი 2015 წლის №118, №119 და №120 მცინვარის კონტურები.

აქვე წარმოგიდგენთ №118, №119 და №120 მცინვარის კონტურებს (ნახ. 4).



ნახ. 4. №118, №119 და №120 მცინვარის კონტურები Landsat 7 ETM+ სენსორის 2015 წლის 6 სექტემბრის სურათის მიხედვით.

აღნიშნული მეთოდი აპრობირებული და მიღებულია მსოფლიოში, ეს მეთოდი პრაქტიკულად გამოიყენება შეცდომებს მცინვარების ექსპოზიციის შესწავლის დროს.

მცინვარების ექსპოზიციის შესწავლას დიდი მნიშვნელობა აქვს მცინვარების დნობის საკითხთან მიმართებაში. კვლევისათვის აფხაზეთის მცინვარული აუზების მიხედვით,

მცინვარების ოთხი ვადისათვის შედგენილ იქნა მცინვარების ზოგადი ექსპოზიციის განაწილების ცხრილი (ცხრილი 4).

ცხრილი 4. აფხაზეთის ავტონომიური რესპუბლიკის მცინვარების განაწილება ზოგადი ექსპოზიციის მიხედვით კატალოგის (ა) და თღზ-ის 2010 (ბ), 2015 (გ), 2020 (დ) წლის მონაცემებით.

ა

მცინვარული აუზი		ზოგადი ექსპოზიცია															
		კატალოგის მიხედვით															
		ჩ		ს		დ		ა		ჩდ		ჩა		სდ		სა	
		რაოდენ.	ფართობი	რაოდენ.	ფართობი	რაოდენ.	ფართობი	რაოდენ.	ფართობი	რაოდენ.	ფართობი	რაოდენ.	ფართობი	რაოდენ.	ფართობი	რაოდენ.	ფართობი
1	ბზიფი	6	2,7	0	0	3	2,6	0	0	0	0	0	0	4	1,8	0	0
2	კელასური	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	1,5	0	0	0	0
3	კოდორი	11	4,5	20	13,8	23	9,9	14	8,6	25	14,2	9	8,0	7	3,1	11	8,8
სულ		17	7,2	20	13,8	26	12,5	14	8,6	25	14,2	11	9,5	11	4,9	11	8,8

ბ

მცინვარული აუზი		ზოგადი ექსპოზიცია															
		თღზ-ის 2010 წლის მონაცემებით															
		ჩ		ს		დ		ა		ჩდ		ჩა		სდ		სა	
		რაოდენ.	ფართობი	რაოდენ.	ფართობი	რაოდენ.	ფართობი	რაოდენ.	ფართობი	რაოდენ.	ფართობი	რაოდენ.	ფართობი	რაოდენ.	ფართობი	რაოდენ.	ფართობი
1	ბზიფი	6	1,6	0	0	4	1,7	0	0	1	0,1	0	0	4	1,5	0	0
2	კელასური	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0,9	0	0	0	0
3	კოდორი	12	2,7	17	8,8	25	6,2	13	6,3	28	10,1	17	5,4	12	2,9	23	8,0
სულ		18	4,3	17	8,8	29	7,9	13	6,3	29	10,2	19	6,3	16	4,4	23	8,0

გ

მცინვარული აუზი		ზოგადი ექსპოზიცია															
		თღზ-ის 2015 წლის მონაცემებით															
		ჩ		ს		დ		ა		ჩდ		ჩა		სდ		სა	
		რაოდენ.	ფართობი	რაოდენ.	ფართობი	რაოდენ.	ფართობი	რაოდენ.	ფართობი	რაოდენ.	ფართობი	რაოდენ.	ფართობი	რაოდენ.	ფართობი	რაოდენ.	ფართობი
1	ბზიფი	2	0,9	0	0	1	0,2	0	0	0	0	1	0,1	4	1,1	0	0
2	კელასური	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0,7	0	0	0	0
3	კოდორი	12	1,9	15	7,8	19	5,2	12	5,4	25	8,6	16	4,5	10	2,5	15	6,1
სულ		14	2,8	15	7,8	20	5,4	12	5,4	25	8,6	18	5,3	14	3,6	15	6,1

დ

მცინვარული აუზი		ზოგადი ექსპოზიცია															
		თღზ-ის 2020 წლის მონაცემებით															
		ჩ		ს		დ		ა		ჩდ		ჩა		სდ		სა	
		რაოდენ.	ფართობი	რაოდენ.	ფართობი	რაოდენ.	ფართობი	რაოდენ.	ფართობი	რაოდენ.	ფართობი	რაოდენ.	ფართობი	რაოდენ.	ფართობი	რაოდენ.	ფართობი
1	ბზიფი	1	0,8	0	0	4	1,0	0	0	0	0	1	0,1	4	0,6	0	0
2	კელასური	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0,6	0	0	0	0
3	კოდორი	10	1,1	13	6,6	16	4,0	11	4,5	27	7,4	12	3,5	10	2,1	11	4,9
სულ		11	1,9	13	6,6	20	5,0	11	4,5	27	7,4	14	4,2	14	2,7	11	4,9

როგორც ამ ცხრილიდან ჩანს აფხაზეთის მცინვარების ზოგადი ექსპოზიციის უპირატესი მიმართულება, როგორც კატალოგიით, ისე თღზ-ის მიხედვით სამივე ვადისათვის ჩრდილო-დასავლეთისა და დასავლეთისაა. ბუნებრივია, რომ ეს მიმართულებები ემთხვევა აფხაზეთის მხრიდან საქართველოში ჰაერის მასების შემოჭრის მიმართულებას, რაც განაპირობებს აფხაზეთის მთიან რეგიონებში სინოპტიკური პროცესების განვითარებას, რომლებიც დაკავშირებულია უხვი ნალექების მოსვლასთან.

აფხაზეთის 136 მცინვარიდან 120 კოდორის აუზშია (ცხრილი 1). კოდორის აუზი კავკასიონის სამხრეთ ფერდობზე მდებარეობს და მცინვარებიც ძირითადად **სამხრეთული ექსპოზიციის (ს, სდ, სა)** უნდა იყვნენ, თუმცა როგორც მე-4 ცხრილიდან ჩანს ოთხივე ვადაზე **ჩრდილოური ექსპოზიციის (ჩ, ჩდ, ჩა)** მცინვარების რაოდენობა სჭარბობს. კატალოგის მიხედვით, ჩრდილოური ექსპოზიციის მცინვარების მიერ დაკავებული ფართობებიც მეტია, თუმცა 2010 წლიდან უკვე, სამხრეთული ექსპოზიციის მცინვარებით დაკავებული ფართობებია მეტი. ჩრდილოური ექსპოზიციის მცინვარების უპირატესი გავრცელება აიხსნება მათი მდებარეობით კავკასიონის შტო ქედებზე, რომელთა მიმართულება განედური ან სუბგანედურია [3] და ეს მცინვარები 2010 წლიდან უფრო მცირე ფართობებით ხასიათდებიან, ვიდრე სამხრეთული ექსპოზიციის მცინვარები.

მნიშვნელოვანია იმის აღნიშვნა, რომ კლიმატის ცვლილებით განპირობებული მცინვარების დეგრადაციის შედეგად წარმოქმნილი თოვლნარებიდან 2020 წლისათვის ყველაზე მეტად მოიმატა ჩრდილოეთის ექსპოზიციის თოვლნარების რაოდენობამ, 2010 წელს იყო 8 და 2020 წელს გახდა 23, ანუ 65%-ით გაიზარდა. ასევე დასავლეთის ექსპოზიციის თოვლნარები გაიზარდა 61%-ით, სამხრეთ – აღმოსავლეთის ექსპოზიციის, კი – 54%-ით (ცხრილი 5).

ცხრილი 5. აფხაზეთის თოვლნარების განაწილება ზოგადი ექსპოზიციის მიხედვით თღზ-ის 2010 (I), 2015 (II), 2020 (III) წლის მონაცემებით.

მცინვარული აუზი		თოვლნარების ზოგადი ექსპოზიცია																							
		ჩ			ს			დ			ა			ჩდ			ჩა			სდ			სა		
		I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
1	ბზიფი	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	3	3	-	-	-	-	-	-	
2	კელასური	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	2	2	-	-	-	-	-	-	
3	კოდორი	8	15	23	3	5	4	7	11	18	5	5	8	10	10	8	8	10	2	3	5	13	15	20	
სულ		8	15	23	3	5	4	7	11	18	5	5	8	10	10	12	13	15	2	3	5	13	15	20	

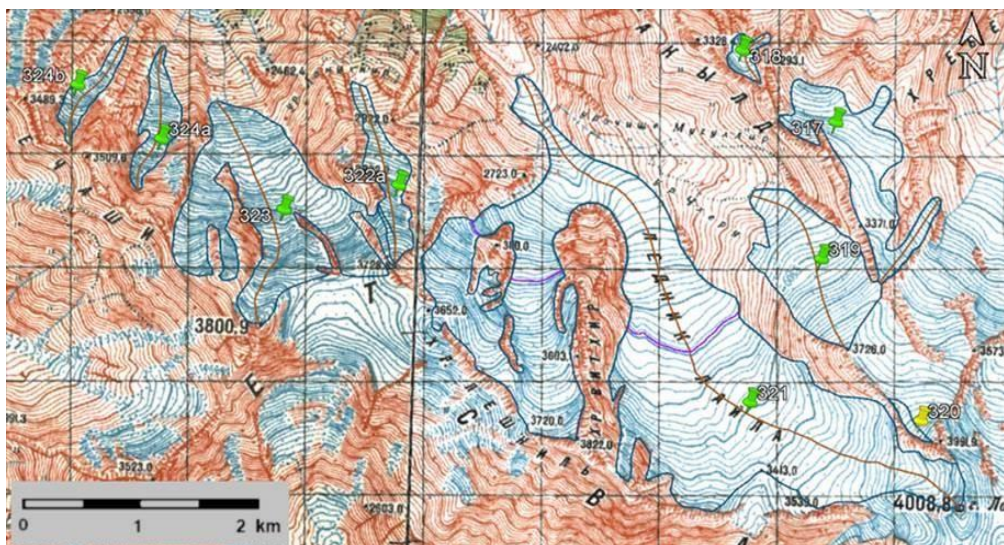
### 3.2. მდ. ენგურის აუზის მცინვარების და თოვლნარების მორფოლოგიური ტიპები და ზოგადი ექსპოზიცია

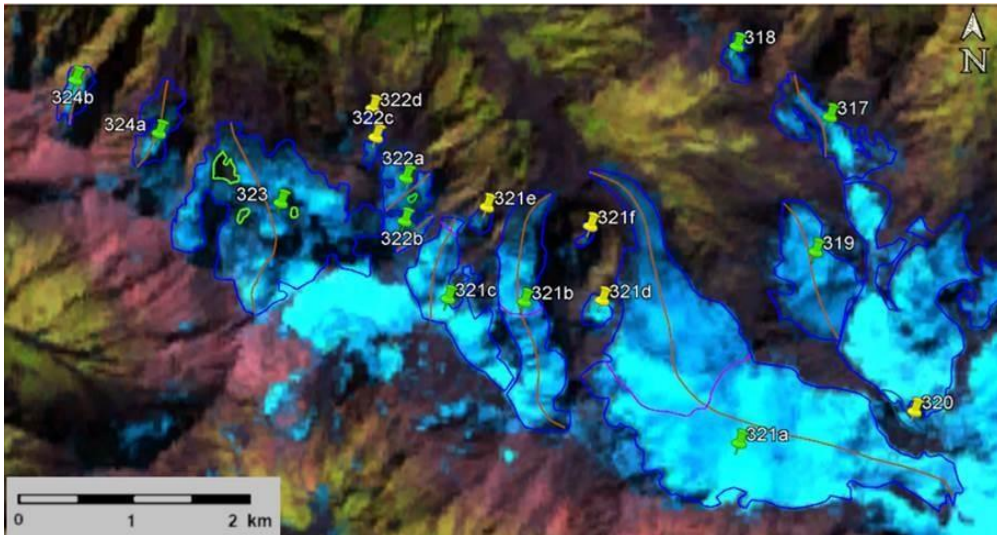
მე-6 ცხრილში წარმოდგენილია მდ. ენგურის აუზის მცინვარების მორფოლოგიური ტიპების განაწილება შესწავლის ოთხი ვადისათვის, რაოდენობისა და ფართობის მიხედვით [7].

ცხრილი 6. მდ. ენგურის აუზის მცინვარების მორფოლოგიური ტიპების განაწილება კატალოგის, თდზ 1-ის (2010 წ.), თდზ 2-ის (2015 წ.), თდზ 3-ის (2020 წ.) მონაცემებით, რაოდენობისა და ფართობის მოხედვით.

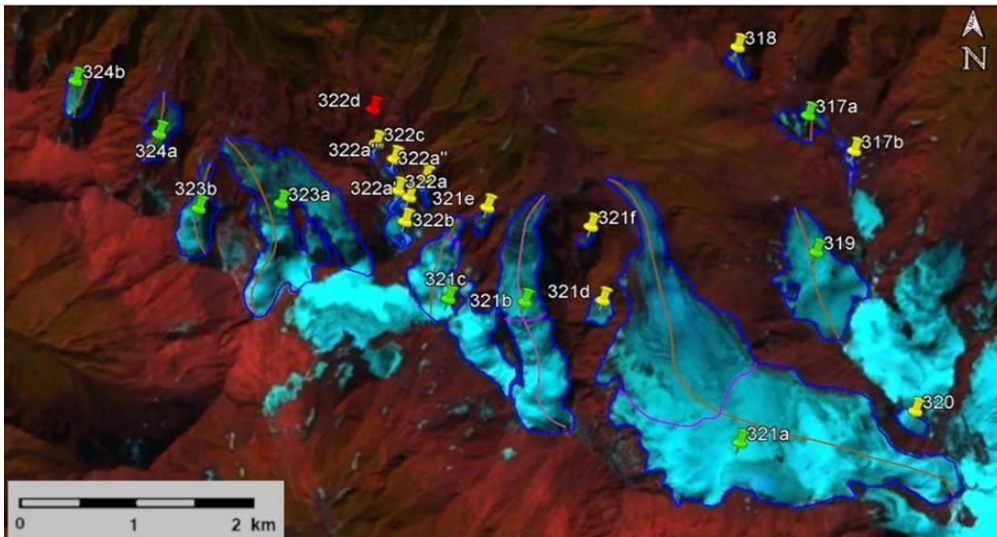
მონაცემები	მორფოლოგიური ტიპები							
	ხეობის		კარულ-ხეობის		კარული		დაკიდული	
	რაოდ.	ფართ.	რაოდ.	ფართ.	რაოდ.	ფართ.	რაოდ.	ფართ.
კატალოგით	79	275,1	58	25,2	43	12,8	16	5,6
თდზ 1	86	233,7	40	14,3	61	10,7	58	11,2
თდზ 2	85	199,1	33	7,8	46	6,5	56	8,4
თდზ 3	83	181,8	26	4,9	34	4,3	41	6,1

ცხრილიდან ჩანს, რომ მდ. ენგურის აუზში კატალოგის მიხედვით ყველაზე დიდი რაოდენობითაა წარმოდგენილი ხეობის ტიპის მცინვარები, შემდეგ მოდის კარულ-ხეობის და კიდევ უფრო ნაკლები – კარული. ყველაზე ნაკლები რაოდენობითაა დაკიდული მცინვარები. 2010 წელს ხეობის ტიპის მცინვარების რაოდენობამ მოიმატა მცინვარების დანაწევრების გამო. მაგალითად, მცინვარი ლაილა (№321), რომელიც კატალოგით და ტოპოგრაფიით (ნახ. 5, ა) ხეობის ტიპის მცინვარია, 2010 წელს (ნახ. 5, ბ) დანაწევრდა სამ ხეობის ტიპის მცინვარად და სამ თოვლნარად. 2015 წელს სამივე მცინვარმა შეინარჩუნა მორფოლოგია, თუმცა ფართობები შემცირდა (ნახ. 5, გ), ხოლო 2020 წელს 321c მცინვარი დანაწევრდა ორ მცინვარად და ერთ თოვლნარად (ნახ. 5, დ). 2010 წელს განვიხილავთ 2011 წლის, 2015 წელს – 2017 და 2020 წელს 2022 წლის ხელმისაწვდომი უახლოესი თდზ მონაცემით.

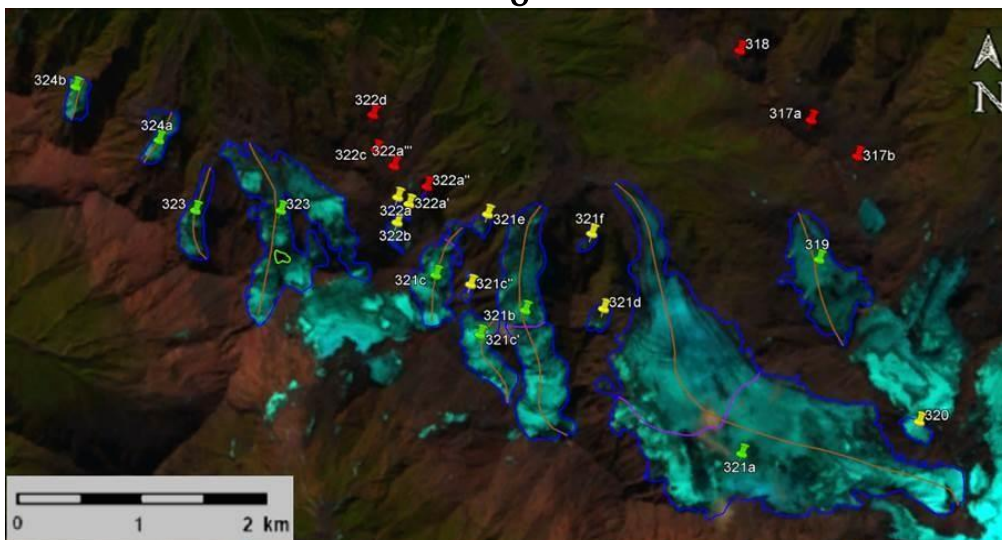




ბ



გ



დ

ნახ. 5. №317-324 მცინვარის კონტურები: ა) ტოპოგრაფიული რუკის მიხედვით, ბ) LANDSAT 5 TM სენსორის 2011 წლის 19 სექტემბრის სურათის მიხედვით, გ) LANDSAT 8 OLI TIRS სენსორის 2017 წლის 12 სექტემბრის სურათის მიხედვით, დ) LANDSAT 8 OLI TIRS სენსორის 2022 წლის 11 სექტემბრის სურათის მიხედვით.

მე-5 ნახ.-ზე მწვანე ქინძისთავეებით აღნიშნულია მცინვარები, ყვითლით – თოვლნარები, ხოლო წითლით – გამქრალი მცინვარები.

ხეობის ტიპის მცინვარი ძირითადად ინარჩუნებს თავის მორფოლოგიას, თუმცა შეიძლება დანაწევრდეს ხეობის, კარულ და დაკიდულ მცინვარად, აგრეთვე ერთ ან რამდენიმე თოვლნარად.

თდზ-ის 2010, 2015 და 2020 წლების მონაცემებით კარული ტიპის მცინვარები დეგრადირდა, ხდება მათი დანაწევრება კარულ და დაკიდულ მცირე მცინვარებად, ზოგჯერ თოვლნარების გამოყოფით ან გაქრობით.

კარულ-ხეობის ტიპის მცინვარები ძირითადად ინარჩუნებს თავის მორფოლოგიას, ზოგჯერ ხდება მათი დანაწევრება კარულ და დაკიდულ მცირე მცინვარებად. თუმცა წლების მიხედვით თანმიმდევრულად იკლებს მათ მიერ დაკავებული ფართობი და რამდენიმე შემთხვევაში გადადის თოვლნარში ან ქრება. დასაკორექტირებელია №317 მცინვარის კატალოგში აღნიშნული მორფოლოგიური ტიპის მნიშვნელობა, რადგან მას კატალოგის მიხედვით კარულ-ხეობის ტიპის მორფოლოგია აქვს, ხოლო ტოპოგრაფიული რუკის მიხედვით – ხეობისა (ნახ. 5, ა). ხეობის ტიპის მორფოლოგიას №317 მცინვარი ინარჩუნებს 2010 წელსაც (ნახ. 5, ბ). 2015 წელს იგი იყოფა ნაკლები ფართობის ხეობის ტიპის მცინვარად და თოვლნარად (ნახ. 5, გ), ხოლო შემდეგ ვადაზე ორივე (№317a და №317b) ქრება (ნახ. 5, დ). მაშასადამე №317 მცინვარის კატალოგით მორფოლოგიის მნიშვნელობა უნდა დაკორექტირდეს.

აღსანიშნავია, რომ ასევე ინარჩუნებს თავის მორფოლოგიას დაკიდული მცინვარიც, თუმცა დროთა განმავლობაში იკლებს მისი ფართობი, ზოგჯერ გადადის თოვლნარში ან ქრება.

2010 წლისათვის მცინვარების დეგრადაციის გამო ყველა მორფოლოგიური ტიპის მცინვარის რაოდენობა მატულობს, მაგრამ შემდეგ პერიოდებში ხდება მცინვარებით დაკავებული ჯამური ფართობების კლება.

მე-3 ცხრილში წარმოდგენილია მდ. ენგურის აუზის მცინვარების ზოგადი ექსპოზიციის განაწილება რაოდენობისა და ფართობის მიხედვით ზემოთ ჩამოთვლილი ოთხი ვადისათვის.

ცხრილი 7. მდ. ენგურის აუზის მცინვარების ზოგადი ექსპოზიციის განაწილება კატალოგის, თდზ 1-ის (2010 წ.), თდზ 2-ის, (2015 წ.), თდზ 3-ის (2020 წ.) მონაცემებით, რაოდენობისა და ფართობის მიხედვით

მონაცემები	ზოგადი ექსპოზიციის განაწილება															
	ჩ		ს		დ		ა		ჩდ		ჩა		სდ		სა	
	რაოდენ.	ფართობი	რაოდენ.	ფართობი	რაოდენ.	ფართობი	რაოდენ.	ფართობი	რაოდენ.	ფართობი	რაოდენ.	ფართობი	რაოდენ.	ფართობი	რაოდენ.	ფართობი
კატალოგით	50	42,5	37	59,8	14	16,7	26	28,5	25	27,7	17	45,0	8	58,7	19	39,8
თდზ 1	59	34,9	40	55,1	13	12,0	29	21,9	38	26,1	23	26,8	23	59,2	25	34,2
თდზ 2	49	25,3	38	47,8	10	9,6	22	17,0	33	21,3	22	21,8	25	53,8	21	29,0
თდზ 3	43	18,7	28	42,2	9	8,7	15	14,7	29	15,0	21	18,5	19	50,6	18	26,8



ამ ცხრილიდან ჩანს, რომ მდ. ენგურის აუზის მყინვარების ზოგადი ექსპოზიციის უპირატესი მიმართულება როგორც კატალოგით (ერთი ვადა), ისე თდზ-ის მიხედვით სამივე ვადისათვის არის ჩრდილოეთის, შემდეგ – სამხრეთის. ყველაზე ნაკლებია დასავლეთის ექსპოზიციის მყინვარები. ყველაზე მეტი ფართობი უკავიათ სამხრეთის და სამხრეთ-დასავლეთის ექსპოზიციის მყინვარებს.

ბუნებრივია, რომ ეს მიმართულებები (სამხრეთის და სამხრეთ-დასავლეთის) ემთხვევა მდ. მდ. ენგურის მყინვარულ აუზში ჰაერის მასების შემოჭრის უპირატეს მიმართულებას, რაც განაპირობებს ამ მთიან რეგიონებში იმ სინოპტიკური პროცესების განვითარებას, რომლებიც დაკავშირებულია უხვი ნალექების მოსვლასთან, მყინვარების კვებასა და განვითარებასთან.

ცნობილია, რომ მყინვარების დეგრადაცია იწვევს თოვლნარების რაოდენობის ზრდას. ყველა თოვლნარი კარული ან დაკიდული მორფოლოგიისაა. კატალოგით მდ. ენგურის აუზში არსებული 196 მყინვარიდან 2010 წლის თანამგზავრული მონაცემებით წარმოიქმნა 47 თოვლნარი და გაქრა 4 მყინვარი, მაგრამ 2015 წლის მონაცემით წარმოიქმნა 183 და გაქრა 18 მყინვარი, ხოლო 2020 წლისათვის მდ. ენგურის აუზში 160 თოვლნარი და 89 გამქრალი მყინვარია (ცხრილი 8).

ცხრილი 8. მდ. ენგურის აუზის თოვლნარებისა და გამქრალი მყინვარების განაწილება თდზ 1-ის (2010 წ.), თდზ 2-ის (2015 წ.), თდზ 3-ის (2020 წ.) მონაცემებით.

მონაცემები	თოვლნარები	გამქრალი მყინვარები
თდზ 1	47	4
თდზ 2	183	18
თდზ 3	160	89

ასე, რომ 2010 წლიდან მდ. ენგურის აუზში თოვლნარებისა და გამქრალი მყინვარების რაოდენობა ინტენსიურად იზრდება.

როგორც ზემოთ აღვნიშნეთ, მყინვარების კატალოგში 0.1 კმ<sup>2</sup> ნაკლები ფართობის მყინვარები (თოვლნარები) არ განიხილება. შესაბამისად არ გვაქვს კატალოგის მონაცემები თოვლნარების ცხრილებში.

მნიშვნელოვანია იმის აღნიშვნა, რომ სამივე ვადაზე კლიმატის ცვლილებით განპირობებული მყინვარების დეგრადაციის შედეგად წარმოქმნილი თოვლნარებიდან ყველაზე მეტი იყო ჩრდილოეთის ექსპოზიციის, ხოლო მსგავსად მყინვარებისა, ყველაზე ნაკლები იყო დასავლეთის ექსპოზიციის თოვლნარები (ცხრილი 9).

ცხრილი 9. მდ. ენგურის აუზის თოვლნარების ზოგადი ექსპოზიციის განაწილება თდზ 1-ის (2010 წ.), თდზ 2-ის (2015 წ.), თდზ 3-ის (2020 წ.) მონაცემების მიხედვით.

მონაცემები	თოვლნარების ზოგადი ექსპოზიცია							
	ჩ	ს	დ	ა	ჩდ	ჩა	სდ	სა
თდზ 1	14	5	0	7	8	5	6	2
თდზ 2	51	26	1	25	27	24	14	14
თდზ 3	29	26	4	23	26	26	17	10

საქართველოში მცენარეები ყველაზე დიდი რაოდენობითაა (196) მდ. ენგურის აუზში (ცხრილი 1). კატალოგის მიხედვით მდ. ენგურის აუზში ყველაზე მეტია ხეობის ტიპის მცენარეები, შემდეგ კარულ-ხეობის და კიდევ უფრო ნაკლები – კარული. ყველაზე ნაკლები რაოდენობითაა დაკიდული მცენარეები. 2010 წელს მცენარეების დანაწევრების გამო ხეობის ტიპის მცენარეების რაოდენობა მატულობს. კარულ-ხეობის ტიპის მცენარეები ძირითადად ინარჩუნებს თავის მორფოლოგიას, ზოგჯერ ხდება მათი დანაწევრება კარულ და დაკიდულ მცირე მცენარებად. თუმცა წლების მიხედვით თანმიმდევრულად იკლებს დაკავებული ფართობი და რამდენიმე შემთხვევაში გადადის თოვლნარში ან ქრება. 2010 წლისათვის მცენარეების დეგრადაციის გამო ყველა მორფოლოგიური ტიპის მცენარის რაოდენობა მატულობს, თუმცა შემდეგ პერიოდებში იკლებს, შესაბამისად, მცენარებით დაკავებული ჯამური ფართობებიც იკლებს.

მდ. ენგურის აუზის მცენარეებზე კლიმატის მიმდინარე ცვლილების შედეგია, რომ მცენარეების ფართობები ყველა ექსპოზიციის მცენარისათვის კატალოგის მონაცემებთან შედარებით 2010 წლიდან მოყოლებული თანმიმდევრულად იკლებს. მდ. ენგურის აუზის მცენარეების ზოგადი ექსპოზიციის უპირატესი მიმართულება როგორც კატალოგით, ისე თდზ-ის მიხედვით სამივე ვადისათვის არის ჩრდილოეთის, შემდეგ – სამხრეთის. ყველაზე ნაკლებია დასავლეთის ექსპოზიციის მცენარეები. იგივეა თოვლნარების შემთხვევაშიც.

მიუხედავად იმისა, რომ მდ. ენგურის აუზში გამცენარეების უმთავრეს კერას კავკასიონის სამხრეთ ფერდობი წარმოადგენს, რაოდენობის მიხედვით მაინც წამყვანი ადგილი ჩრდილოური (ჩ, ჩდ და ჩა) ექსპოზიციის მცენარებს უკავიათ, შემდეგ მოდის სამხრეთული (ს, სდ და სა) ექსპოზიციის მცენარეები.

ჩრდილოური ექსპოზიციის მცენარეები უმთავრესად განლაგებულია კავკასიონის შტო ქედებზე, რომელთა მიმართულება განედურია ან სუბმერიდიანული და ეს მცენარეები მცირე ფართობებით ხასიათდება [3].

მდ. ენგურის აუზის დიდი მცენარეები განლაგებულია კავკასიონის სამხრეთ ფერდობზე და ბუნებრივია, რომ მათი ექსპოზიცია სამხრეთულია.

ამგვარად, ჩრდილოური ექსპოზიციის მცენარეების რაოდენობა მეტია სამხრეთული ექსპოზიციის მცენარეებზე, თუმცა ჩრდილოური ექსპოზიციის მცენარეების ფართობები გაცილებით ნაკლებია სამხრეთული ექსპოზიციის მქონე მცენარეების ფართობებზე.

### 3.3. მდ. ხობისწყლის აუზი

მდ. ხობისწყლის აუზში კატალოგით სულ ორი მცენარეა: №333 და №334. №333 მცენარე კატალოგის მიხედვით ხეობის მორფოლოგიური ტიპის აღმოსავლეთის ექსპოზიციის მცენარეა, თუმცა ტოპოგრაფიული რუკის მიხედვით იგი კარული ტიპისაა და თდზ-ის მიხედვით ჩრდილო-აღმოსავლეთის ექსპოზიციის. 2010 წლისათვის ეს მცენარე უკვე გამქრალია.

№334 მცენარე კატალოგის მიხედვით აღმოსავლეთის ექსპოზიციის კარულ-ხეობის მორფოლოგიური ტიპის მცენარეა, რომელიც 2010 წლისათვის დაიშალა ჩრდილო-აღმოსავლეთის ექსპოზიციის კარულ-ხეობის და კარულ ორ მცირე მცენარედ, და ოთხ თოვლნარად. შემდეგ ორ ვადაზე თდზ-ის მონაცემებით №333 მცენარეიდან დარჩა ჩრდილო-აღმოსავლეთის ექსპოზიციის კარულ-ხეობის მორფოლოგიის ერთი მცირე მცენარე და ხუთი თოვლნარი, რომელთა ფართობები დროში იკლებს.

ამჟამად მდინარე ხობისწყლის აუზში სულ ერთი ჩრდილო-აღმოსავლეთის ექსპოზიციის, კარულ-ხეობის მორფოლოგიური ტიპის 0.1 კმ<sup>2</sup> მცირე მყინვარიდაა დარჩენილი.

### 3.4. მდ. რიონის აუზის მყინვარების და თოვლნარების მორფოლოგიური ტიპები და ზოგადი ექსპოზიცია

მდ. რიონის აუზის მყინვარების მორფოლოგიური ტიპების განაწილებას შესწავლის ოთხი ვადისათვის, რაოდენობისა და ფართობების მიხედვით წარმოდგენილია მე-10 ცხრილში [8].

ცხრილი 10. მდ. რიონის აუზის მყინვარების განაწილება მორფოლოგიური ტიპების მიხედვით კატალოგის თდზ 1-ის (2010 წ.) თდზ 2 (2015 წ.), თდზ 3 (2020 წ.) მონაცემებით რაოდენობისა და ფართობის მიხედვით.

მონაცემები	მორფოლოგიური ტიპები							
	კარული		კარულ-ხეობის		ხეობის		დაკიდული	
	რაოდ.	ფართ.	რაოდ.	ფართ.	რაოდ.	ფართ.	რაოდ.	ფართ.
კატალოგით	15	5,1	3	2,8	49	60,8	8	2,0
თდზ 1	18	3,3	4	0,9	39	47,9	29	5,0
თდზ 2	10	1,9	3	0,8	40	38,9	25	4,2
თდზ 3	9	1,0	2	0,7	40	36,7	22	2,8

ყველაზე დიდი რაოდენობით კატალოგის მიხედვით არის ხეობის ტიპის მყინვარები, სულ 49. ხეობის ტიპის მყინვარი ძირითადად ინარჩუნებს თავის მორფოლოგიას, თუმცა შეიძლება დანაწევრდეს ხეობის, კარულ და დაკიდულ მყინვარად, აგრეთვე ერთ ან რამდენიმე თოვლნარად.

თდზ-ის 2010, 2015 და 2020 წლების მონაცემებით კარული ტიპის მყინვარები დეგრადირდება, ხდება მათი დანაწევრება, მცირე მყინვარების და თოვლნარების გამოყოფა.

კარულ-ხეობის ტიპის მყინვარები ინარჩუნებს თავის მორფოლოგიას, თუმცა წლების მიხედვით თანმიმდევრულად იკლებს დაკავებული ფართობი და რამდენიმე შემთხვევაში გადადის თოვლნარში.

ასევე ინარჩუნებს თავის მორფოლოგიას დაკიდული მყინვარიც, თუმცა დროთა განმავლობაში იკლებს მისი ფართობი, ზოგჯერ გადადის თოვლნარში ან ქრება.

ყველა მორფოლოგიური ტიპის მყინვარის რაოდენობა 2010 წლისათვის მატულობს, მყინვარების დეგრადაციის გამო, გარდა ხეობის ტიპის მყინვარებისა, რაც მათი მორფოლოგიითაა განპირობებული. ხეობის ტიპის მყინვარები განლაგებული არიან კავკასიონის სამხრეთ ფერდობზე, ხოლო კარული ტიპისა კი, ძირითადად შტო ქედებზე [3].

მე-11 ცხრილში წარმოდგენილია მდ. რიონის აუზის მყინვარების ოთხი ვადისათვის შესწავლის, ზოგადი ექსპოზიციის განაწილების ცხრილი.

როგორც ცხრილიდან ჩანს მდ. რიონის აუზის მყინვარების ზოგადი ექსპოზიციის უპირატესი მიმართულება კატალოგით არის სამხრეთის, ხოლო თდზ-ის მიხედვით სამივე ვადისათვის სამხრეთ-დასავლეთის. მათ მიერ დაკავებული ტერიტორიებიც უფრო მეტია.

მდ. რიონის აუზში, ყველა ვადაზე, სამხრეთული ექსპოზიციის მყინვარები გაცილებით მეტია ჩრდილოური ექსპოზიციის მყინვარებთან შედარებით და მათ წამყვანი ადგილი უკავიათ, როგორც რაოდენობის, ისე ფართობების მიხედვით.

ცხრილი 11. მდ. რიონის აუზის მცენარეების განაწილება ზოგადი ექსპოზიციის მიხედვით კატალოგის, თღზ 1-ის (2010 წ.), თღზ 2 (2015 წ.), თღზ 3 (2020 წ.) მონაცემებით.

მონაცემები	ზოგადი ექსპოზიცია															
	კატალოგის მიხედვით															
	ჩ		ს		დ		ა		ჩდ		ჩა		სდ		სა	
	რაოდენ.	ფართობი	რაოდენ.	ფართობი	რაოდენ.	ფართობი	რაოდენ.	ფართობი	რაოდენ.	ფართობი	რაოდენ.	ფართობი	რაოდენ.	ფართობი	რაოდენ.	ფართობი
კატალოგით	5	0,7	23	17,5	7	7,8	10	6,1	3	1,8	7	3,3	14	39,0	6	4,5
თღზ 1	1	0,1	21	11,9	5	5,4	9	3,9	6	1,4	8	2,3	26	23,4	12	4,8
თღზ 2	0	0	18	10,4	5	4,9	7	4,1	5	1,1	9	1,8	25	20,0	9	3,5
თღზ 3	0	0	18	8,7	4	4,6	7	3,2	4	0,8	8	1,4	23	18,3	7	2,9

უკვე აღვნიშნეთ, რომ მცენარეების დეგრადაცია იწვევს თოვლნარების რაოდენობის ზრდას. ყველა თოვლნარი კარული ან დაკიდული მორფოლოგიისაა. კატალოგით მდ. რიონის ხეობაში არსებული 75 მცენარეიდან 2010 წლის თანამგზავრული მონაცემებით წარმოიქმნა 24 თოვლნარი და გაქრა 3 მცენარე, მაგრამ 2015 წლის მონაცემით მდ. რიონის ხეობაში 49 თოვლნარი და 13 გამქრალი მცენარეა. 2020 წლისათვის დარჩა 42 თოვლნარი და ჯამურად გაქრა 25 მცენარე (ცხრილი 12). ასე, რომ 2010 წლიდან მდ. რიონის აუზში თოვლნარებისა და გამქრალი მცენარეების რაოდენობა ინტენსიურად იზრდება.

ცხრილი 12. მდ. რიონის მცენარეული აუზის თოვლნარებისა და გამქრალი მცენარეების განაწილება თღზ 1-ის (2010 წ.) თღზ 2 (2015 წ.), თღზ 3 (2020 წ.) მონაცემებით.

მონაცემები	თოვლნარები	გამქრალი მცენარეები
თღზ 1	24	3
თღზ 2	49	13
თღზ 3	42	25

მნიშვნელოვანია აღვნიშნა, რომ კლიმატის ცვლილებით განპირობებული მცენარეების დეგრადაციის შედეგად წარმოქმნილი თოვლნარებიდან 2010 წელს ყველაზე მეტი, 8 თოვლნარი იყო სამხრეთის ექსპოზიციის, თუმცა 2020 წლისათვის ყველაზე მეტი, 13 თოვლნარი, სამხრეთ-დასავლეთის ექსპოზიციისაა (ცხრილი 13).

ცხრილი 13. მდ. რიონის მცენარეული აუზის თოვლნარების განაწილება ზოგადი ექსპოზიციის მიხედვით თღზ 1-ის (2010 წ.) თღზ 2 (2015 წ.), თღზ 3 (2020 წ.) მონაცემებით.

მონაცემები	თოვლნარების ზოგადი ექსპოზიცია							
	ჩ	ს	დ	ა	ჩდ	ჩა	სდ	სა
თღზ 1	0	8	0	2	0	2	7	4
თღზ 2	1	11	0	6	5	3	18	9
თღზ 3	1	11	0	4	0	3	13	10

შევისწავლეთ რა მდ. რიონის მყინვარული აუზის მყინვარებზე და თოვლნარებზე კლიმატის ცვლილების გავლენა დავასკვნით, რომ მდ. რიონის მყინვარულ აუზის ყველა მორფოლოგიური ტიპის მყინვარის რაოდენობა 2010 წლისათვის მატულობს მყინვარების დეგრადაციის გამო, გარდა ხეობის ტიპის მყინვარებისა, რაც მათი მორფოლოგიითაა განპირობებული, თუმცა მათ მიერ დაკავებული ფართობები 2010 წელთან შედარებით თანმიმდევრულად იკლებს.

მდ. რიონის მყინვარული აუზის მყინვარებზე და თოვლნარებზე კლიმატის მიმდინარე ცვლილების ზემოქმედების შედეგია, რომ მყინვარების ფართობები ყველა ექსპოზიციის მყინვარისათვის კატალოგის მონაცემებთან შედარებით 2010 წლიდან მოყოლებული თანმიმდევრულად იკლებს.

მდ. რიონის აუზის მყინვარების ზოგადი ექსპოზიციის უპირატესი მიმართულება კატალოგით არის სამხრეთის, ხოლო თდზ-ის მიხედვით სამივე ვადისათვის სამხრეთ-დასავლეთის. იგივეა თოვლნარების შემთხვევაშიც. ბუნებრივია, რომ ეს მიმართულება (სამხრეთ-დასავლეთის) ემთხვევა მდ. რიონის მყინვარულ აუზში ჰაერის მასების შემოჭრას, რაც განაპირობებს ამ მთიან რეგიონებში იმ სინოპტიკური პროცესების განვითარებას, რომლებიც დაკავშირებულია უხვი ნალექების მოსვლასთან.

## დასკვნები

ამგვარად შეიძლება დავასკვნათ, რომ:

- აფხაზეთის ტერიტორიაზე კლიმატის მიმდინარე ცვლილების გავლენით 2010 წლისათვის კარული და დაკიდული მყინვარების რაოდენობის ზრდა განპირობებული იყო მყინვარების დანაწევრებით და მცირე მყინვარების გამოყოფით. ეს პროცესი შემდგომშიც გაგრძელდა და 2010 წლიდან მათი რაოდენობა თანმიმდევრულად შემცირდა. უნდა აღინიშნოს, რომ უცვლელი რჩება ხეობისა და კარულ-ხეობის ტიპის მყინვარების რაოდენობა, რაც განპირობებულია მათი მორფოლოგიური თავისებურებით, თუმცა ამ მყინვარების მიერ დაკავებული ფართობები 2010 წელთან შედარებით ასევე თანმიმდევრულად შემცირდა. 2010 წლიდან აფხაზეთის ყველა მორფოლოგიური ტიპის მყინვარის მიერ დაკავებული ფართობი მცირდება, რაც უშუალოდ კლიმატის მიმდინარე ცვლილებას უკავშირდება.
- მდ. ენგურის აუზში კატალოგის მიხედვით ყველაზე დიდი რაოდენობითაა წარმოდგენილი ხეობის ტიპის მყინვარები, შემდეგ მოდის კარულ-ხეობის და კიდევ უფრო ნაკლები – კარული. ყველაზე ნაკლები რაოდენობითაა დაკიდული მყინვარები. 2010 წელს ხეობის ტიპის მყინვარების რაოდენობამ მოიმატა მყინვარების დანაწევრების გამო. ხეობის ტიპის მყინვარი ძირითადად ინარჩუნებს თავის მორფოლოგიას, თუმცა შეიძლება დანაწევრდეს ხეობის, კარულ და დაკიდულ მყინვარად, აგრეთვე ერთ ან რამდენიმე თოვლნარად. თდზ-ის 2010, 2015 და 2020 წლების მონაცემებით კარული ტიპის მყინვარები დეგრადირდა, ხდება მათი დანაწევრება კარულ და დაკიდულ მცირე მყინვარებად, ზოგჯერ თოვლნარების გამოყოფით ან გაქრობით. კარულ-ხეობის ტიპის მყინვარები ძირითადად ინარჩუნებს თავის მორფოლოგიას, ზოგჯერ ხდება მათი დანაწევრება კარულ და დაკიდულ მცირე მყინვარებად. თუმცა წლების მიხედვით თანმიმდევრულად იკლებს მათ მიერ დაკავებული ფართობი და რამდენიმე შემთხვევაში გადადის თოვლნარში ან ქრება. ასევე ინარჩუნებს თავის მორფოლოგიას დაკი-

დული მცინვარიც, თუმცა დროთა განმავლობაში იკლებს მისი ფართობი, ზოგჯერ გადადის თოვლნარში ან ქრება. 2010 წლისათვის მცინვარების დეგრადაციის გამო ყველა მორფოლოგიური ტიპის მცინვარის რაოდენობა მატულობს, მაგრამ შემდეგ პერიოდებში შესაბამისად, ხდება მცინვარებით დაკავებული ჯამური ფართობების კლება.

- ამჟამად მდ. ხობისწყლის აუზში სულ ერთი ჩრდილო-აღმოსავლეთის ექსპოზიციის, კარულ-ხეობის მორფოლოგიური ტიპის 0.1 კმ<sup>2</sup> მცირე მცინვარიღაა დარჩენილი.
- მდ. რიონის აუზში ყველაზე დიდი რაოდენობით კატალოგის მიხედვით არის ხეობის ტიპის მცინვარები, სულ 49. ხეობის ტიპის მცინვარი ძირითადად ინარჩუნებს თავის მორფოლოგიას, თუმცა შეიძლება დანაწევრდეს ხეობის, კარულ და დაკიდულ მცინვარად, აგრეთვე ერთ ან რამდენიმე თოვლნარად. თდზ-ის 2010, 2015 და 2020 წლების მონაცემებით კარული ტიპის მცინვარები დეგრადირდება, ხდება მათი დანაწევრება, მცირე მცინვარების და თოვლნარების გამოყოფა. კარულ-ხეობის ტიპის მცინვარები ინარჩუნებს თავის მორფოლოგიას, თუმცა წლების მიხედვით თანმიმდევრულად იკლებს დაკავებული ფართობი და რამდენიმე შემთხვევაში გადადის თოვლნარში. ასევე ინარჩუნებს თავის მორფოლოგიას დაკიდული მცინვარიც, თუმცა დროთა განმავლობაში იკლებს მისი ფართობი, ზოგჯერ გადადის თოვლნარში ან ქრება. ყველა მორფოლოგიური ტიპის მცინვარის რაოდენობა 2010 წლისათვის მატულობს, მცინვარების დეგრადაციის გამო, გარდა ხეობის ტიპის მცინვარებისა, რაც მათი მორფოლოგიითაა განპირობებული. ხეობის ტიპის მცინვარები განლაგებული არიან კავკასიონის სამხრეთ ფერდობზე, ხოლო კარული ტიპისა კი, ძირითადად შტო ქედებზე.
- აფხაზეთის 136 მცინვარიდან 120 კოდორის აუზშია (ცხრილი 1). კოდორის აუზი კავკასიონის სამხრეთ ფერდობზე მდებარეობს და მცინვარებიც ძირითადად სამხრეთული ექსპოზიციის (ს, სდ და სა) უნდა იყვნენ, თუმცა როგორც მე-4 ცხრილიდან ჩანს ოთხივე ვადაზე ჩრდილოური ექსპოზიციის (ჩ, ჩდ და ჩა) მცინვარების რაოდენობა სჭარბობს. კატალოგის მიხედვით, ჩრდილოური ექსპოზიციის მცინვარების მიერ დაკავებული ფართობებიც მეტია, თუმცა 2010 წლიდან უკვე, სამხრეთული ექსპოზიციის მცინვარებით დაკავებული ფართობებია მეტი. ჩრდილოური ექსპოზიციის მცინვარების უპირატესი გავრცელება აიხსნება მათი მდებარეობით კავკასიონის შტო ქედებზე, რომელთა მიმართულეა განედური ან სუბგანედურია და ეს მცინვარები 2010 წლიდან უფრო მცირე ფართობებით ხასიათდებიან, ვიდრე სამხრეთული ექსპოზიციის მცინვარები. მნიშვნელოვანია იმის აღნიშვნა, რომ კლიმატის ცვლილებით განპირობებული მცინვარების დეგრადაციის შედეგად წარმოქმნილი თოვლნარებიდან 2020 წლისათვის ყველაზე მეტად მოიმატა ჩრდილოეთის ექსპოზიციის თოვლნარების რაოდენობამ.
- აფხაზეთის მცინვარების ზოგადი ექსპოზიციის უპირატესი მიმართულეა, როგორც კატალოგით, ისე თდზ-ის მიხედვით სამივე პერიოდში ჩრდილო-დასავლეთის და დასავლეთისაა. ბუნებრივია, რომ ეს მიმართულეები ემთხვევა აფხაზეთის მხრიდან საქართველოში ჰაერის მასების შემოჭრას, რაც განპირობებს აფხაზეთის მთიან რეგიონებში სინოპტიკური პროცესების განვითარებას, რომლებიც დაკავშირებულია უხვი ნალექების მოსვლასთან.
- მდ. ენგურის აუზში გამცინვარების უმთავრეს კერას კავკასიონის სამხრეთ ფერდობი წარმოადგენს, მაგრამ რაოდენობის მიხედვით მაინც წამყვანი ადგილი ჩრდილოური ექსპოზიციის მცინვარებს უკავიათ, შემდეგ მოდიან სამხრეთული ექსპოზიციის მცინ-

ვარები. იგივეა თოვლნარების შემთხვევაშიც. ჩრდილოური ექსპოზიციის მყინვარები უმთავრესად განლაგებულია კავკასიონის შტო ქედებზე, რომელთა მიმართულება განედურია ან სუბმერიდიანული და ეს მყინვარები მცირე ფართობებით ხასიათდება. მდ. ენგურის აუზის დიდი მყინვარები განლაგებულია კავკასიონის სამხრეთ ფერდობზე და ბუნებრივია მათი ექსპოზიცია სამხრეთულია. ამგვარად, ჩრდილოური ექსპოზიციის მყინვარების რაოდენობა მეტია სამხრეთული ექსპოზიციის მყინვარებზე, თუმცა ჩრდილოეთის ექსპოზიციის მყინვარების ფართობები გაცილებით ნაკლებია სამხრეთული ექსპოზიციის მქონე მყინვარების ფართობებზე.

- მდ. ენგურის აუზის მყინვარების ზოგადი ექსპოზიციის უპირატესი მიმართულება როგორც კატალოგიით, ისე თდზ-ის მიხედვით სამივე ვადისათვის არის ჩრდილოეთის, შემდეგ – სამხრეთის. ყველაზე მეტი ფართობი უკავიათ სამხრეთის და სამხრეთ-დასავლეთის ექსპოზიციის მყინვარებს. ბუნებრივია, რომ ეს მიმართულებები (სამხრეთის და სამხრეთ-დასავლეთის) ემთხვევა მდ. ენგურის მყინვარულ აუზში ჰაერის მასების შემოჭრის უპირატეს მიმართულებას, რაც განაპირობებს ამ მთიან რეგიონებში იმ სინოპტიკური პროცესების განვითარებას, რომლებიც დაკავშირებულია უხვი ნალექების მოსვლასთან, მყინვარების კვებასა და განვითარებასთან.
- მდ. რიონის აუზის მყინვარების ზოგადი ექსპოზიციის უპირატესი მიმართულება კატალოგიით არის სამხრეთის, ხოლო თდზ-ის მიხედვით სამივე ვადისათვის სამხრეთ-დასავლეთის. იგივეა თოვლნარების შემთხვევაშიც. ბუნებრივია, რომ ეს მიმართულება (სამხრეთ-დასავლეთის) ემთხვევა მდ. რიონის მყინვარულ აუზში ჰაერის მასების შემოჭრას, რაც განაპირობებს ამ მთიან რეგიონებში იმ სინოპტიკური პროცესების განვითარებას, რომლებიც დაკავშირებულია უხვი ნალექების მოსვლასთან.
- მდ. რიონის აუზში, ყველა ვადაზე, სამხრეთული ექსპოზიციის მყინვარები გაცილებით მეტია ჩრდილოური ექსპოზიციის მყინვარებთან შედარებით და მათ წამყვანი ადგილი უკავიათ, როგორც რაოდენობის, ისე ფართობების მიხედვით.
- დასავლეთ საქართველოს მყინვარები მდებარეობენ დიდი კავკასიონის ქედის სამხრეთ ფერდობზე, მაგრამ რაოდენობის მიხედვით წამყვანი ადგილი ჩრდილოური ექსპოზიციის მცირე ფართობის მყინვარებს უკავიათ, რომლებიც განლაგებული არიან კავკასიონის შტო ქედებზე. დიდი მყინვარები მდებარეობენ სამხრეთ ფერდობზე, ამდენად მათი ექსპოზიცია სამხრეთულია და მათი რაოდენობა ნაკლებია, თუმცა მათ მიერ დაკავებული ფართობები გაცილებით მეტია ჩრდილოური ექსპოზიციის მქონე მყინვარების ფართობებზე.

## მადლობა

კვლევა შესრულებულია შოთა რუსთაველის საქართველოს ეროვნული სამეცნიერო ფონდის მხარდაჭერილი პროექტის FR-21-1996 ფარგლებში.

## ლიტერატურა – References – Литература

1. Kordzakhia G. I., Shengelia L. D., Tvauri G. A., Dzadzamia M. Sh. The climate change impact on the glaciers of Georgia. In Journal-World Science, 1, 4(44), Warsaw, Poland, 2019, pp. 29-34.

2. Маруашвили Л. И., Курдгелаидзе Г. М., Лашхи Т. А., Инашвили Ш. В. Каталог Ледников СССР. Т. 9, вып. 1, ч. 2-6, Закавказье и Дагестан, Л: Гидрометеиздат, 1975, 86 с.
3. გობეჯიშვილი რ., კოტლიაკოვი ვ. გლაციოლოგია. 2006, თბ.: უნივერსალი, გვ. 291.
4. Tielidze L.G., Kumladze R., Asanidze L. Glaciers Reduction and Climate Change Impact over the Last One Century in the Mulkhura River Basin, Caucasus Mountains, Georgia. International Journal of Geosciences, 6, 2015, pp. 465-472.
5. შენგელია ლ., კორძახია გ., თვაური გ., გულიაშვილი გ. ბოლო ათწლეულში აფხაზეთის ავტონომიურ რესპუბლიკაში მდებარე მყინვარების მორფოლოგიასა და ექსპოზიციაზე თანამგზავრული დისტანციური დაკვირვების შედეგები. საგამომცემლო სახლი „ტექნიკური უნივერსიტეტი“, „მეცნიერება და ტექნოლოგიები“, სამეცნიერო რეფერირებადი ჟურნალი, №3 (740), თბ. 2022, გვ. 28-38.
6. Kordzakhia G., Shengelia L., Tvauri G., Dumbadze G. Morphology and Exposure Studies in the Autonomous Republic of Abkhazia (West Georgia) on the Background of Modern Climate Change. 3<sup>RD</sup> International Congress on Engineering and Life Science (ICELIS), Proceedings book, 20-22 September 2023, Trabzon/Türkiye. Republic of Türkiye Karadeniz Technical University, 2023, pp. 51-58.
7. შენგელია ლ., კორძახია გ., თვაური გ., გულიაშვილი გ., ძაძამია მ. მდინარე ენგურის აუზის მყინვარებისა და თოვლნარების მორფოლოგიისა და ექსპოზიციის კვლევა თანამგზავრული დისტანციური დაკვირვებების გამოყენებით. სამეცნიერო რეფერირებადი ჟურნალი „მეცნიერება და ტექნოლოგიები“, №3 (746), 2024, გვ. 7-13.
8. შენგელია ლ., კორძახია გ., თვაური გ., გულიაშვილი გ., ძაძამია მ. მდ. რიონის აუზში მდებარე მყინვარების მორფოლოგიაზე და ექსპოზიციაზე თანამგზავრული დისტანციური დაკვირვების შედეგები. საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია „კომპლექსური გეოფიზიკური მონიტორინგი საქართველოში: ისტორია, თანამედროვე პრობლემები, ქვეყნის მდგრადი განვითარების ხელშეწყობა“ თბილისი, საქართველო, 17-19 ოქტომბერი, 2024 წ. ეძღვნება საქართველოში რეგულარული მაგნიტურ-მეტეოროლოგიური დაკვირვებების ორგანიზების 180-ე წლისთავს, შრომები, 2024, გვ. 40-44.

**დასავლეთ საქართველოს მყინვარული აუზების მყინვარების და თოვლნარების მორფოლოგიისა და ექსპოზიციის შესწავლის შედეგები თანამგზავრული დისტანციური დაკვირვების საფუძველზე**

**შენგელია ლ., კორძახია გ., თვაური გ., გულიაშვილი გ., ძაძამია მ.**

**რეზიუმე**

სტატიაში წარმოდგენილია დასავლეთ საქართველოს მყინვარული აუზების მყინვარებისა და თოვლნარების მორფოლოგიისა და ექსპოზიციის კვლევის შედეგები კატალოგის და თანამგზავრული დისტანციური დაკვირვების 2010, 2015 და 2020 წლების მონაცემების მიხედვით. გამოყენებულია მყინვარების ექსპოზიციის დადგენის თანამედროვე მეთოდი, რომელიც აპრობირებულია და მიღებულია მსოფლიოში, ეს მეთოდი პრაქტიკულად გამორიცხავს შეცდომებს მყინვარების ექსპოზიციის შესწავლის დროს. მოყვანილია კლიმატის მიმდინარე ცვლილების შედეგად დასავლეთ საქართველოს მყინვარული აუზების სხვადასხვა მორფოლოგიური ტიპებისა და ექსპოზიციის მქონე მყინვარებისა და თოვლნარების რაოდენობისა და ფართობების ცვლილების შესწავლის შედეგები.

**საკვანძო სიტყვები:** დასავლეთ საქართველო, თანამგზავრული დისტანციური ზონდირება, კლიმატის ცვლილება, მორფოლოგია და ექსპოზიცია, მყინვარები და თოვლნარები.



**RESULTS OF THE STUDY OF THE MORPHOLOGY AND EXPOSURE  
OF GLACIERS AND SNOWFIELDS OF THE GLACIAL BASINS OF WESTERN  
GEORGIA BASED ON SATELLITE REMOTE SENSING**

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

**Abstract**

The article presents the results of the study of the morphology and exposure of glaciers and snowfields of the glacial basins of western Georgia according to the catalogue and satellite remote sensing data for 2010, 2015 and 2020. A modern method for determining the exposure of glaciers has been used, which is tested and accepted worldwide; this method practically eliminates errors when studying the exposure of glaciers. The results of changes in the number and areas of various morphological types and exposed glaciers and snowfields of the glacial basins of western Georgia as a result of ongoing climate change are presented.

**Key words:** climate change, glaciers and snowfields, morphology and exposure, satellite remote sensing, Western Georgia.

**РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗУЧЕНИЯ МОРФОЛОГИИ И ЭКСПОЗИЦИИ ЛЕДНИКОВ И  
СНЕЖНИКОВ ЛЕДНИКОВЫХ БАСЕЙНОВ ЗАПАДНОЙ ГРУЗИИ  
НА ОСНОВЕ СПУТНИКОВОГО ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ**

**Шенгелия Л., Кордзахия Г., Тваури Г., Гулиашвили Г., Дзadzамия М.**

**Реферат**

В статье представлены результаты изучения морфологии и экспозиции ледников и снежников ледниковых бассейнов Западной Грузии по данным каталога и спутникового дистанционного зондирования за 2010, 2015 и 2020 годы. Использован современный метод определения экспозиции ледников, который апробирован и принят в мировой практике, что практически исключает ошибки при изучении экспозиции ледников. Представлены результаты изменения количества и площадей различных морфологических типов и экспонированных ледников и снежников ледниковых бассейнов Западной Грузии в результате современного изменения климата.

**Ключевые слова:** Западная Грузия, изменение климата, ледники и снежники, морфология и экспозиция, спутниковое дистанционное зондирование.

## შავი ზღვის ჰიდროდინამიკის რიცხვითი მოდელირება: ისტორია და თანამედროვე მდგომარეობა

დემეტრაშვილი დ.

*ოსუ მ. ნოდიას სახ. გეოფიზიკის ინსტიტუტი*

demetr\_48@yahoo.com

### შესავალი

შავი ზღვა, რომელიც თითქმის ჩაკეტილი წყალსატევია და მხოლოდ ბოსფორის ვიწრო სრუტით უკავშირდება მსოფლიო ოკეანეს, თავისი დიდი გეოპოლიტიკური და უნიკალური ჰიდროლოგიური სტრუქტურით დიდი ხანია ყურადღების ცენტრშია. არსებითია შავი ზღვის როლი შავიზღვისპირა ქვეყნების სოციალურ-ეკონომიკურ მდგომარეობაზე. მრავალ ექსპერტთა შეფასებით შავი ზღვის თანამედროვე კონფიგურაცია და მორფომეტრიული პარამეტრები დაახლოებით 7000-8000 წლის წინათ ჩამოყალიბდა. ბოსფორის გეოლოგიური ევოლუციის გამოკვლევები, რომლებიც განხორციელებულია მისი ფსკერის ბურღვის გზით, გვიჩვენებს, რომ ბოსფორი მრავალჯერ დამშრალა და ავსებულა წყლით სეისმური პროცესების შედეგად და შავი ზღვის დონის ცვალებადობის გამო გამყინვარებისა და დათბობის პერიოდების მონაცვლეობის გავლენით [1-3]. შავი ზღვის ისტორიული ევოლუციის ანალიზს მივყავართ იმ დასკვნამდე, რომ თანამედროვე შავი ზღვის სახე თავისი კონფიგურაციით, მორფომეტრიული პარამეტრებით, ფლორითა და ფაუნით გარკვეული ეტაპია ზღვის აუზის ევოლუციურ გარდაქმნათა გრძელ ჯაჭვში.

საქართველოსათვის შავ ზღვას დიდი სატრანსპორტო და რეკრეაციული მნიშვნელობა აქვს. იგი არის დამაკავშირებელი სატრანსპორტო დერეფანი დასავლეთსა და აღმოსავლეთს შორის. მომავალში მოსალოდნელია ქვეყნის შავიზღვისპირა ზონის რეკრეაციული ფუნქციისა და შესაბამისი ინფრასტრუქტურის კიდევ უფრო გაზრდა. ამის ერთ-ერთ მიზეზად შეიძლება დავასახელოთ თუნდაც ის ფაქტი, რომ ქ. ბათუმის მიმდებარე აკვატორიაში იგეგმება ხელოვნური კუნძულებისა და ნახევარკუნძულების სისტემის შექმნა, რაც უსათუოდ გაზრდის ბათუმის, როგორც საერთაშორისო ტურისტული ცენტრის მნიშვნელობას. მზარდი ანთროპოგენური ზემოქმედების პირობებში იზრდება სანაპირო წყლების დაბინძურების საშიშროება ნოვობროდუქტებით, მყარი საყოფაცხოვრებო ნაჩენებითა და სხვა მინარევებით, რაც პოტენციურ საფრთხეს წარმოადგენს ზღვის ეკოსისტემისთვის. ზღვის ჰიდროდინამიკური პროცესები მნიშვნელოვნად განაპირობებს ზღვაში მოხვედრილი ანთროპოგენური მინარევების გავრცელების თავისებურებებს და ამიტომ მათი შესწავლა და პროგნოზი შავი ზღვის ოკეანოგრაფიის აქტუალური ამოცანაა.

მნიშვნელოვანია შავი ზღვის როლი ამინდისა და რეგიონული კლიმატის ფორმირებაში. შავი ზღვა და ატმოსფერო ერთიანი ჰიდროდინამიკური სისტემაა, რომელთა შორის

უწყვეტად მიმდინარეობს ენერჯიათა და ნივთიერებათა გაცვლის პროცესები. ეს ფაქტორი კიდევ უფრო აქტუალურს ხდის შავ ზღვაში მიმდინარე ჰიდროფიზიკური პროცესების კვლევას არასტაციონარული ატმოსფერული პროცესების ზემოქმედების პირობებში.

წინამდებარე სტატიაში მოკლედ განიხილება შავი ზღვის ჰიდროფიზიკური პროცესების შესწავლის ისტორია და ამ საკითხისადმი მიძღვნილი შრომები მათემატიკური მოდელების მეთოდების გამოყენებით, მათ შორის, ივ. ჯავახიშვილის სახ. თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის მ. ნოდისა და სახ. გეოფიზიკის ინსტიტუტის ზღვისა და ატმოსფეროს დინამიკის მოდელირების სექტორში ჩატარებული კვლევები ზღვის დინამიკის აუზის მასშტაბისა და რეგიონული რიცხვითი მოდელების საფუძვლზე.

## ძირითადი ნაწილი

მეცნიერების განვითარების თანამედროვე ეტაპი ხასიათდება მათემატიკური მოდელების მეთოდების ფართოდ გამოყენებით არა მარტო ბუნებრივ გარემოში მიმდინარე ფიზიკური პროცესებისა და ეკოლოგიური ხასიათის ამოცანების შესწავლაში, არამედ მეცნიერებისა და ტექნიკის მრავალ დარგში. ამ მეთოდების გამოყენება დაფუძნებულია გამოთვლითი ექსპერიმენტების ჩატარებაზე, რაც დაკავშირებულია შესასწავლი პროცესის აღმწერ მათემატიკური (რიცხვითი) მოდელების კომპიუტერულ რეალიზაციასთან. ასეთი ექსპერიმენტები საშუალებას გვაძლევს მოვახდინოთ ბუნებრივი პროცესების იმიტაცია პერსონალური კომპიუტერის მეშვეობით, რაოდენობრივად შევაფასოთ სხვადასხვა ფაქტორების როლი პროცესის ფორმირებაში და, ბოლოს, ვიწინასწარმეტყველოთ პროცესის ევოლუცია.

შავი ზღვის ჰიდროდინამიკური პროცესების შესწავლა რიცხვითი მოდელების ინტენსიური გამოყენებით დაიწყო გასული საუკუნის 60-70-იან წლებში. ამ პერიოდის მოდელების მიმოხილვა და ანალიზი მოცემულია ე. სტანევისა [4] და ა. კორძაძის [5] მონოგრაფიებში. რიცხვითი მოდელები ეფუძნება დიფერენციალურ განტოლებათა სისტემებს, რომელთა ამოხსნა ხორციელდება სასრულ-სხვაობითი (რიცხვითი) მეთოდების გამოყენებით [6]. ადრეულ გამოკვლევებში მკაფიოდ გამოირჩეოდა ორი სახის მოდელები: დიაგნოსტიკური და პროგნოსტიკური. მათ შორის შედარებით მარტივია დიაგნოსტიკური მოდელები, რომლებშიც სიმკვრივის ველი განისაზღვრება დაკვირვების მონაცემთა საფუძვლზე (და არა ამოხსნის პროცესში) [7, 8]. ეს განტოლებათა სისტემის გამარტივების საშუალებას იძლევა, რადგანაც გამოირიცხება სითბოსა და მარილიანობის გადატანის განტოლებათა განხილვის საჭიროება. ა. ს. სარქისიანის მონოგრაფიაში [9] მოცემულია ასეთი სახის მოდელების მიმოხილვა და ანალიზი.

დიაგნოსტიკურმა მოდელებმა მნიშვნელოვანი წვლილი შეიტანეს შავი ზღვის დინამიკური პროცესების შესწავლაში, მაგრამ მათი სამეცნიერო და პრაქტიკული ღირებულება გარკვეულწილად შეზღუდულია. სრულყოფილების თვალსაზრისით გაცილებით მნიშვნელოვანია პროგნოსტიკური მოდელები, რომლებსაც საფუძვლად უდევს ოკეანის ჰიდროთერმოდინამიკის განტოლებათა სრული სისტემა. ეს სისტემა მოიცავს მოძრაობის განტოლებებს დაგეგმილებულს ჰორიზონტალურ საკოორდინატო ღერძებზე, ჰიდროსტატიკის განტოლებას, უწყვეტობის განტოლებას უკუმშვადი სითხისათვის, სითბოსა და მარილიანობის გადატანის განტოლებებს და ზღვის წყლის მდგომარეობის ემპირიულ განტოლებას. პიონერული შრომა ამ მიმართულებით შესრულებული იყო ყოფილ საბჭოთა კავ-

შირში – სსრკ მეცნიერებათა აკადემიის ციმბირის განყოფილების გამოთვლით ცენტრში (ქ. ნოვოსიბირსკი, აკადემქალაქი) გ. მარჩუკის, ა. კორძაძის, ა. სკიბას მიერ [10], სადაც განტოლებათა სისტემის ამოსახსნელად გამოყენებული იყო აკადემიკოს გ. ი. მარჩუკის მიერ გეოფიზიკური ჰიდროდინამიკის განტოლებათა სისტემის ამოსახსნელად შემოთავაზებული გახლეჩის ორციკლიანი მეთოდი ფიზიკური პროცესებისა და კოორდინატების მიხედვით. ამ მეთოდმა დიდი გამოყენება ჰპოვა ოკეანის და ატმოსფეროს დინამიკის რთული არასტაციონარული მოდელების რეალიზაციაში [6, 11]. გახლეჩის მეთოდი საშუალებას იძლევა თითოეულ ფიქსირებულ დროით ინტერვალზე რთული არასტაციონარული სამგანზომილებიანი ამოცანის ამოხსნა დაყვანილ იქნას შედარებით მარტივ ორ და ერთგანზომილებიან ამოცანათა სიმრავლის ამოხსნამდე. შავი ზღვის დინამიკის ბაროკლინური მოდელი განიხილებოდა აგრეთვე [12, 13]-ში, სადაც განტოლებათა სისტემის ამოხსნა განხორციელებულია გახლეჩის ორციკლიანი მეთოდის გამოყენებით.

გ. ი. მარჩუკისა და ა. ს. სარქისიანის მონოგრაფიაში [14] განხილულია ოკეანის დინამიკის ამოცანათა ფორმულირება დიაგნოსტიკური და პროგნოსტიკული მიდგომით, მათი ამოხსნის რიცხვითი ალგორითმები და მათ საფუძველზე ოკეანის დინებათა გამოთვლები.

დიაგნოსტიკური და პროგნოსტიკური მოდელების საფუძველზე ჩატარებულმა გამოთვლებმა მნიშვნელოვანი წვლილი შეიტანეს შავი ზღვის დინამიკური პროცესების შესწავლაში – დადასტურდა გასული საუკუნის პირველ ნახევარში ცნობილი ზოოლოგისა და ოკეანოლოგის ნ. მ. კნიპოვიჩის მიერ ექსპედიციური მონაცემების ანალიზის საფუძველზე [15]-ში მიღებული დასკვნა შავი ზღვის ცირკულაციის ზოგადი ციკლონური ხასიათისა და შავი ზღვის ცირკულაციის მთავარი ელემენტის – შავი ზღვის ძირითადი დინების (**The Rim Current**) შესახებ, რომელიც გარს უვლის შავ ზღვას ჭავჭავი დინების სახით პერიფერიებზე, ასევე, ციკლონური ხასიათის წრებრუნვების არსებობა ზღვის დასავლეთ და აღმოსავლეთ ნაწილებში. გამოთვლებმა აჩვენა რელიეფის მნიშვნელოვანი როლი ცირკულაციის ჩამოყალიბებაში, განსაკუთრებით შავი ზღვის ჩრდილო-დასავლეთ ნაწილში. მარილიანობის მაქსიმალური კონცენტრაცია მიიღებოდა ზღვის ცენტრალურ ნაწილში, რაც მოწმობს მარილიანი ღრმა წყლების ამოსვლას ციკლონური ბრუნვის ცენტრალურ არეებში.

გასული საუკუნის 70-იანი წლების გამოთვლითი ტექნიკის დონე არ იძლეოდა არასტაციონარული სივრცითი ამოცანების რეალიზაციას სასურველი სივრცითი გარჩევისუნარიანობით. [10]-ში სივრცითი ბიჯი იყო 37 კმ, ხოლო უმრავლეს გამოთვლებში, რომლებიც ჩატარებული იყო დიაგნოსტიკური და პროგნოსტიკული მოდელების საფუძველზე, სივრცითი ბიჯი იყო 40-50 კმ, რაც არ იყო საკმარისი შავი ზღვის ჰიდროდინამიკური პროცესების თავისებურებათა სრულფასოვანი შესწავლისათვის, განსაკუთრებით, ზღვის სანაპირო/შელფურ ნაწილში, რომელიც გამოირჩევა მეზომასშტაბური და სუბმეზომასშტაბური გრიგალური სტრუქტურების ინტენსიური ფორმირებით [16, 17].

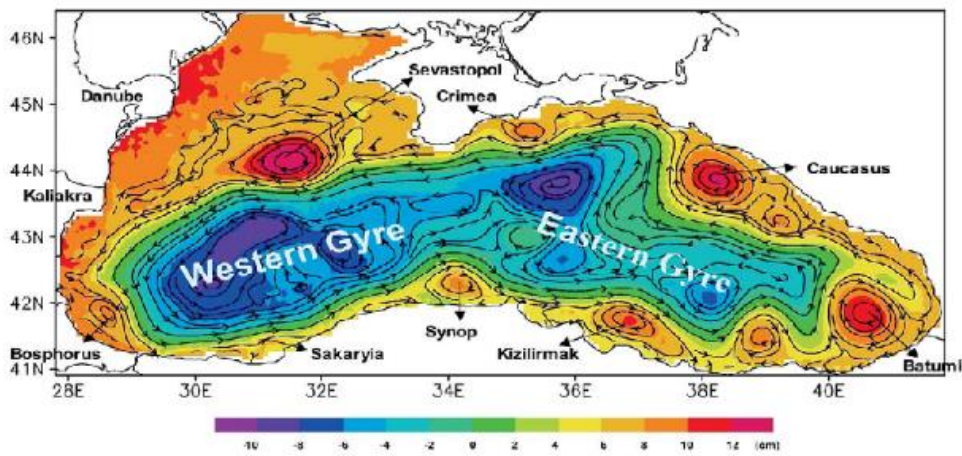
ბოლო ათეულ წლებში გამოთვლითი ტექნიკის პროგრესმა არსებითად ხელი შეუწყო შავი ზღვის დინამიკის რიცხვითი მოდელების სივრცითი გარჩევისუნარიანობის საგრძნობ ამაღლებას, რამაც უფრო საიმედო და ადეკვატური გახადა ზღვის დინამიკური პროცესების მოდელირების შედეგები და გააფართოვა ჩვენი ცოდნა შავ ზღვაში მიმდინარე პროცესების შესახებ. ამჟამად, მთელი რიგი პუბლიკაციებია მიმდინარე შავი ზღვის ცირკულაციური პროცესების მაღალი გარჩევისუნარიანობით მოდელირებისადმი როგორც მთლიანად ზღვის აუზის მასშტაბით, ასევე ზღვის ცალკეული რეგიონებისათვის [18-32].

თითქმის ყველა თანამედროვე შავი ზღვის დინამიკის მოდელი ეფუძნება ოკეანის ჰიდრო-თერმოდინამიკის განტოლებათა სრულ სისტემას ჰიდროსტატიკური და უკუმშვადი სითხის მიახლოებაში. ისინი განსხვავდებიან, ძირითადად, გამოყენებული კოორდინატთა სისტემით, სხვადასხვა ფიზიკური ფაქტორების პარამეტრიზაციის მეთოდებით, ამოხსნის ალგორითმით. უნდა აღინიშნოს, რომ შავი ზღვის ჰიდროდინამიკის მოდელებმა მნიშვნელოვანი გამოყენება ჰპოვეს ზღვაში ავარიულად მოხვედრილი ნავთობისა და სხვა მინარე-ვების გავრცელების მოდელირებისა და პროგნოზის ამოცანებში [33-36].

შავი ზღვის დინამიკის რიცხვითი მოდელების მიმოხილვა მიმდინარე საუკუნის დასაწყისისათვის მოცემულია ე. სტანევის სტატიაში [21]. მოკლედ აღვწეროთ ზოგიერთი მათგანი.

ცნობილი **POM (Princeton Ocean Model)** მოდელი გამოიყენებოდა [18]-ში ქარისმიერი და თერმობალინური ცირკულაციის შესასწავლად კლიმატური მონაცემების გამოყენებით. POM იყენებს ვერტიკალზე ზღვის ფსკერის ტოპოგრაფიის მიმყოფ  $\sigma$  კოორდინატს და სანაპირო ხაზის მიმყოფ ორთოგონალურ მრუდწირულ კოორდინატთა სისტემას. ზღვის ზედაპირი მოდულირებულია თავისუფალი ზედაპირის სახით. [18] – ში POM მოდელი რეალიზებული იყო მთლიანად შავი ზღვის აუზისათვის 5 კმ სივრცითი ბიჯით ზღვის სამხრეთ სანაპირო აკვატორიისათვის, სადაც ზღვის ტოპოგრაფია გამოირჩევა მკვეთრი არაერთგვაროვნებით, ხოლო ზღვის ღია ნაწილში, სადაც ზღვის ტოპოგრაფია თითქმის ბრტყელია, სივრცითი ბიჯი იყო 15 კმ. მოდელის კომპიუტერული რეალიზაციის შედეგად შეფასებული იყო ზოგიერთ ინდივიდუალურ ფაქტორთა (ბოსფორის ქვედა და ზედა დინება, მდ. დუნაის ჩამონადენი, ატმოსფერული ზემოქმედება) როლი ცირკულაციის ფორმირებაში. მიუხედავად ამისა, უნდა აღვნიშნოთ მოდელის ზოგიერთი ნაკლოვანებანი. როგორც თვით ავტორები მიუთითებენ, აუზის დასავლეთ ნაწილში მიღებულია ანტიციკლონური გრიგალი, რომელიც ინსტრუმენტული გაზომვების შედეგად არ დაიკვირვება. აღვნიშნოთ, რომ POM გამოიყენებოდა აგრეთვე შავი ზღვის ცალკეული რეგიონებისათვის [31] და კასპიის ზღვისთვის ზღვაში დაღვრილი ნავთობის გავრცელების მოდელირებისა და პროგნოზისათვის ჰიდროდინამიკური ბლოკის სახით [33]. [22, 23] – ში **HYCOM (Hybrid Coordinate Ocean Model)** მოდელი ადაპტირებული იყო შავი ზღვის აუზისათვის  $\approx 3,2$  კმ სივრცითი გარჩევისუნარიანობით, სადაც შემოთავაზებული იყო ზღვის ზედა ფენებში მზის რადიაციის გავრცელების ორიგინალური სქემა. მოდელი რეალიზებული იყო კლიმატური მონაცემების გამოყენებით. შეისწავლებოდა შავი ზღვის ზედაპირული ტემპერატურის მგრძნობიარობა ზღვის წყლის სიმღვრივის მიმართ, ზედაპირული ფენის ტემპერატურული რეჟიმის ეფექტი ზღვის ზედაპირულ დინებებზე და სხვ. [20]-ში ოკეანის **DieCAST (The Dietrich Center for Air Sea Technology)** მოდელი (<http://www.ssc.erc.msstate.edu/DieCAST/>) ადაპტირებული იყო შავი ზღვისათვის, სადაც მოდელირებული იყო ზღვის დინამიკური პროცესები  $1/12^{\circ}$  (5 საზღვაო მილი) ჰორიზონტალური გარჩევისუნარიანობით და 20 დონით ვერტიკალზე. გათვალისწინებული იყო მტკნარი წყლის შემოდინება 11 მდინარიდან და წყლის გაცვლა ხმელთაშუა ზღვასთან ბოსფორის სრუტის მეშვეობით. z-კოორდინატებში ჩაწერილ განტოლებათა სისტემის ინტეგრირება ხდებოდა კლიმატური მონაცემების გამოყენებით. საწყის  $t = 0$  მომენტში ზღვა იყო უძრავი და მოიცემოდა ტემპერატურისა და მარილიანობის საშუალო წლიური კლიმატური მონაცემები. ნახ. 1-ზე ნაჩვენებია მოდელირებით მიღებული ზღვის დონისა და დენის წირების სურათი შავი ზღვი-

სათვის, საიდანაც კარგად ჩანს, რომ მოდელი კარგად ასახავს ზღვის ზოგადი ცირკულაციის ძირითად თავისებურებებს – ციკლონური ხასიათის ზღვის ძირითად დინებას, ციკლონურ გრიგალებს ზღვის ღია ნაწილში და ანტიციკლონურ სანაპირო გრიგალებს. შედარებამ დაკვირვების მონაცემებთან აჩვენა, რომ მოდელი რეალურად ასახავდა ცირკულაციის მთავარ თავისებურებებს. DieCAST მოდელი ჰიდროდინამიკური მოდულის სახით გამოიყენებოდა ნავთობის აფსკის მოდელირებისათვის შავ ზღვაში [34, 35]. როგორც [35] სტატიის ავტორები აღნიშნავენ მოდელში გამოყენებულმა ჰორიზონტალური და ვერტიკალური ტურბულენტური სიბლანტის კოეფიციენტების დაბალმა მნიშვნელობებმა და მე-4 რიგის აპროქსიმაციამ სივრცითი ცვლადების მიმართ უზრუნველყო მოდელის მიერ სანაპირო ანტიციკლონური გრიგალების შედარებით ზუსტი აღწერა.



ნახ.1. DieCAST მოდელის საფუძველზე მიღებული ზღვის დონეები და დენის წირები შავი ზღვის ზედაპირზე [20].

აღსანიშნავია შავი და აზოვის ზღვების ჰიდროდინამიკის რიცხვითი მოდელი, რომელიც დაფუძნებულია სფერულ კოორდინატთა სისტემაში ჩაწერილ სრულ განტოლებათა სისტემაზე [28]. ვერტიკალური კოორდინატის სახით გამოიყენება უგანზომილებო კოორდინატი  $\sigma$

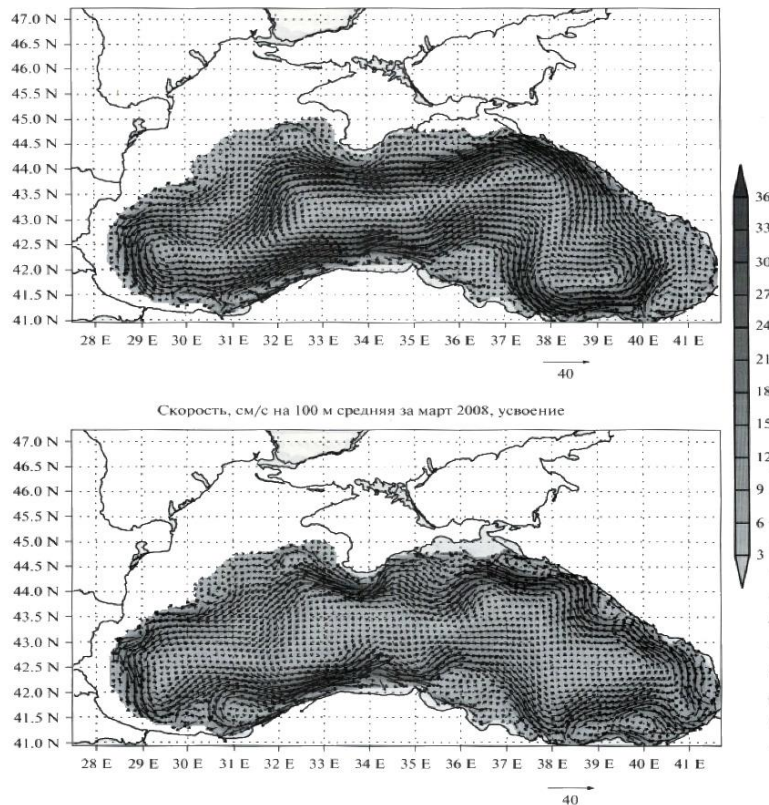
$$\sigma = (z - \zeta)/(H - \zeta), 0 \leq \zeta \leq 1,$$

სადაც  $z$  ვერტიკალურად ქვემოთ მიმართული კოორდინატია,  $H$  – ზღვის სიღრმეა,  $\zeta$  ზღვის დონის გადახრაა შეუშფოთებელი მდგომარეობიდან.

მოდელს გააჩნია  $4 \times 4$  კმ გარჩევისუნარიანობა ჰორიზონტებზე და 40 დონე ვერტიკალზე. მოდელში გამოყენებულია ტემპერატურისა და მარილიანობის ველების 4-განზომილებიანი ვარიაციული ინიციალიზაცია. ინიციალიზაციის ალგორითმი დაფუძნებულია გახლეჩის მეთოდებისა და შეუღლებულ განტოლებათა კომბინაციაზე. ჩატარებულმა გამოთვლებმა 2008 წლის რეალური ატმოსფერული ზემოქმედების პირობებში აჩვენა შავი ზღვის ძირითადი ჰიდროფიზიკური მახასიათებლების აღწერის ადეკვატურობა. გამოთვლები ჩატარებული იყო როგორც ტემპერატურისა და მარილიანობის ველების ასიმულაციის პირობებში, ასევე მის გარეშე. მნიშვნელოვანია, რომ როგორც ავტორები აღნიშნავენ, თერმობალანსური ველების ვარიაციული ინიციალიზაციის ჩართვა აუმჯობესებს მარილიანობისა და თერმული რეჟიმის ვერტიკალური სტრუქტურის აღწერას. თერმობალანსური ვე-

ლების ასიმილაციას მნიშვნელოვანი ცვლილებები შეაქვს ზღვის დონისა და ცირკულაციის სტრუქტურაში.

ნახ. 2-ზე ნაჩვენებია 2008 წლის მარტის შესაბამისი მოდელირებული საშუალო თვიური ცირკულაცია  $z = 100$  მ – ზე ასიმილაციის გარეშე და ასიმილაციის გათვალისწინებით. ნახაზიდან ჩანს, რომ თერმოკალინური ველების ასიმილაციამ არსებითად შეცვალა ცირკულაციის სტრუქტურა ზღვის აღმოსავლეთ ნაწილში და სამხრეთ ნაპირის გასწვრივ. მონაცემთა ასიმილაციის გათვალისწინებით დინების გრიგალური სტრუქტურა უფრო გამოკვეთილია.

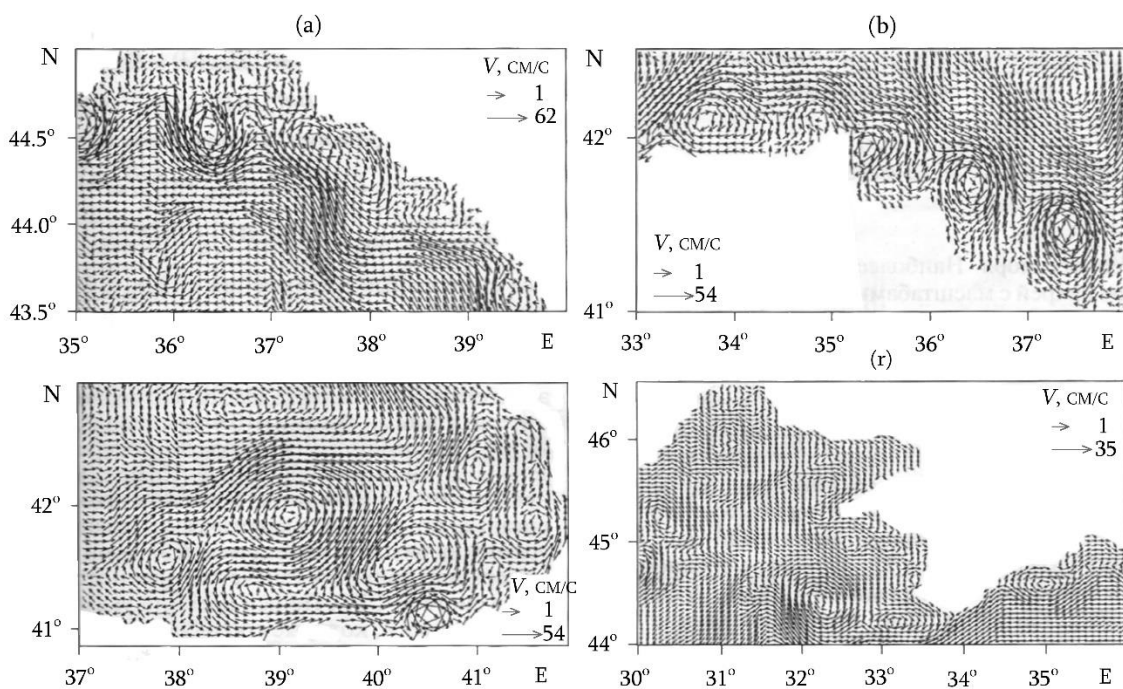


ნახ. 2. 2008 წლის მარტის საშუალოწლიური დინება  $z = 100$  მ დონეზე ასიმილაციის გარეშე (ზემოთ) და ასიმილაციის გამოყენებით (ქვემოთ) [28].

[29]-ში შემოთავაზებული იყო შავი ზღვის ცირკულაციის რიცხვითი მოდელი გაუმჯობესებული გარჩევისუნარიანობით ზღვის სანაპირო ზონაში. მოდელის განტოლებათა სისტემა ანალოგიური იყო [28]-ის, ხოლო ამოცანის ამოსახსნელად გამოყენებული იყო სათვლელი ბადე ცვლადი სივრცითი ბიჯით, რომელიც იცვლებოდა 150 მ-დან სანაპირო ზონაში, 4.6 კმ-მდე ძირითად აკვატორიაში. ამან უზრუნველყო ერთდროულად შავი ზღვის ზოგადი ცირკულაციის და სანაპირო სუბმეზომასშტაბური გრიგალური სტრუქტურების აღწერა, რომელთა სივრცითი მასშტაბი 1-10 კმ-ია.

[30]-ში წარმოდგენილია შავი ზღვის ცირკულაციის მოდელირების შედეგები 1,6 კმ გარჩევისუნარიანობით მოდელში შემავალი კლიმატური მონაცემების გამოყენებით. მიღებულია ბათუმისა და სევასტოპოლის, ასევე ანატოლიის სანაპიროსთან ფორმირებული მეზომასშტაბური ანტიციკლონების თავისებურებები. ნაჩვენებია, რომ ჰორიზონტალური გარჩევისუნარიანობის გაუმჯობესებას პრინციპული მნიშვნელობა აქვს სანაპირო გრიგალური სტრუქტურების აღსაწერად.

[27] – ში შავი ზღვის ჰიდროფიზიკური ველები მოდელირებული იყო 1.64 x 1.64 კმ გარჩევისუნარიანობით 2006 წლის იანვარი-სექტემბრის პერიოდისათვის რეალური ატმოსფერული ზემოქმედების გათვალისწინებით. რიცხვითი ექსპერიმენტი ჩატარებული იყო ზღვის ჰიდროფიზიკის ინსტიტუტის (ქ. სევასტოპოლი) შავი ზღვის თერმოჰიდროდინამიკის რიცხვითი მოდელით [25, 26], რომელსაც საფუძვლად უდევს დეკარტის კოორდინატთა სისტემაში ჩაწერილი ოკეანის ჰიდროთერმოდინამიკის განტოლებათა სრული სისტემა ბუსინესკის და უკუმშვადი სითხის მიახლოებაში. ვერტიკალური ტურბულენტური სიბლანტისა და დიფუზიის კოეფიციენტების გამოასათვლელად გამოიყენებოდა ცნობილი მელორ-იამადის პარამეტრიზაციის მეთოდი. სტატიაში მოყვანილია ზღვის სხვადასხვა რეგიონებში მოდელირებული მეზომასშტაბური და სუბმეზომასშტაბური გრიგალების თავისებურებები, რომლებიც შედარებულია 5 კმ გარჩევისუნარიანი ბადის გამოყენებით მიღებულ მოდელირების შედეგებთან. ანალოგიური გამოკვლევები ჩატარებულია აგრეთვე [32]-ში.



ნახ.3. [27]- ში მოდელირებული დინების ველი ზედა სათვლელ დონეზე. (ა) – კავკასიის სანაპიროსთან, 11.04.2006; (ბ) – თურქეთის სანაპიროსთან, 14.08.2006; (გ) – ზღვის სამხრეთ აღმოსავლეთ ნაწილში, 18.09.2006; (რ) – ზღვის ჩრდილო-დასავლეთ შეღოზე 07.08.2006.

ნახ. 3-ზე ნაჩვენებია დინების ვექტორული სურათები ზედა სათვლელ დონეზე შავი ზღვის სხვადასხვა რაიონებში. გრიგალური მეზომასშტაბური სტრუქტურების ფორმირება ინტენსიურია კავკასიისა და ანატოლიის სანაპიროსთან. ნახაზიდან ჩანს, რომ უმეტესად ჭარბობს ანტიციკლონური გრიგალები. ავტორთა შეფასებით ასეთი გრიგალების სიცოცხლის ხანგრძლივობა 15-40 დღეა. საშუალოდ დინების სიჩქარე 30-35 სმ/წმ-ია. კავკასიის სანაპიროსთან გრიგალური სტრუქტურები დაიკვირვება 100 მ სიღრმემდე, ხოლო თურქეთის სანაპიროსთან – 300 მ სიღრმემდე.

გასული საუკუნის 90-იანი წლებიდან მ. ნოდისას სახ. გეოფიზიკის ინსტიტუტში განხორციელდა [10] მოდელის სრულყოფა ძირითადი ფიზიკური ფაქტორების გათვალისწინებით და ერთდროულად მოდელის სივრცით გარჩევისუნარიანობის გაზრდა როგორც ჰორიზონტალური (5 კმ ჰორიზონტალური ბიჯით), ასევე ვერტიკალური მიმართულებით



(32 სათვლელი დონე). მოდელის თანამედროვე ვერსია ითვალისწინებს შემდეგ ძირითად ფაქტორებს: ფსკერის კვაზირეალური რელიეფი და ზღვის სანაპირო ხაზის კონფიგურაცია, ატმოსფერული ქარისა და თერმოხალინური ზემოქმედება, მზის მოკლეტალღოვანი რადიაციის შთანთქმა ზღვის ზედა ფენის მიერ, წყლის გაცვლა მარმარილოს ზღვასთან ბოსფორის დინებათა მეშვეობით, მდ. დუნაის ჩამონადენი, ტურბულენტური სიბლანტისა და დიფუზიის კოეფიციენტების სივრცით-დროითი ცვალებადობა. მოდელის საფუძველზე ჩატარებულმა გამოთვლითმა ექსპერიმენტებმა შავი ზღვის აუზის დამახასიათებელი კლიმატური ქარის ტიპების მონაცვლეობის პირობებში აჩვენა, რომ ზედაპირული ცირკულაცია მუდმივ ტრანსფორმაციას განიცდის მთელი წლის განმავლობაში. შავი ზღვის ზემოთ მოქმედი ძლიერი ატმოსფერული ქარები გამაგლუვებელ გავლენას ახდენენ ზღვის ზედაპირულ დინებაზე და გრიგალწარმოქმნის პროცესები ნაკლებად ინტენსიურია. ასეთ შემთხვევაში ზღვის დინების სიჩქარემ შეიძლება 100 მ/წმ – ს გადააჭარბოს [ 37, 38 ].

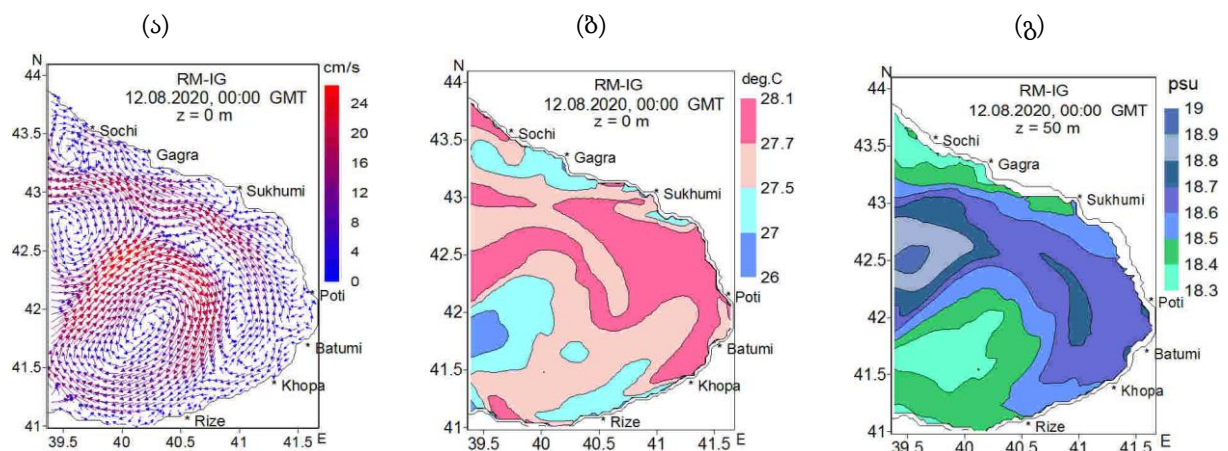
მაღალი გარჩევისუნარიანი და ფიზიკური თვალსაზრისით სრულყოფილი ზღვის დინამიკის მოდელებისა და დაკვირვების მონაცემთა ასიმულაციის მეთოდების შემუშავებამ, დისტანციური (თანამგზავრული), კონტაქტური დაკვირვებისა და ტელეკომუნიკაციური ტექნოლოგიების განვითარებამ შექმნა მყარი საფუძველი, რათა გასული საუკუნის 90-იანი წლებიდან შემუშავებულიყო ევროპის ცალკეული ზღვებისათვის მოკლევადიანი პროგნოზული სისტემები, ისეთი როგორც ამინდის პროგნოზებია [39, 40]. მიმდინარე საუკუნის დასაწყისის შავი ზღვის ოპერატიული ოკეანოგრაფიის უდიდესი მიღწევაა შავი ზღვის დიაგნოზისა და პროგნოზის ოპერატიული სისტემის შემუშავება [41, 42], რაც განხორციელდა ევროკავშირის საერთაშორისო პროექტების ARENA და ECOOP ფარგლებში. სისტემა მოიცავდა დისტანციურ (თანამგზავრულ) და კონტაქტურ დაკვირვებებს, დაკვირვების მონაცემთა შეკრებასა და დამუშავებას, მონაცემთა ასიმულაციას, ატმოსფეროს დინამიკის რეგიონულ მოდელს, ზღვის ჰიდროფიზიკის ინსტიტუტის შავი ზღვის დინამიკის მათემატიკურ მოდელს მთლიანად შავი ზღვის აუზის მასშტაბით და მაღალი გარჩევისუნარიანი მოდელებს ზღვის ცალკეული სანაპირო რეგიონებისათვის. აღნიშნული სისტემის ერთ-ერთი კომპონენტი გახდა შავი ზღვის რეგიონული პროგნოზის სისტემა, რომელიც მოიცავს შავი ზღვის საქართველოს სექტორსა და მიმდებარე აკვატორიას [43-46]. მოდელირებისა და პროგნოზის არე შემოსაზღვრულია კავკასიისა და თურქეთის სანაპირო ხაზით და ა. გ. 39.08<sup>0</sup> -ზე გამავალი თხევადი პირობითი საზღვრით. რეგიონული სისტემის ძირითადი ბირთვია შავი ზღვის დინამიკის რეგიონული მოდელი 1 კმ სივრცითი გარჩევისუნარიანობით, რომელიც მიღებულია შავი ზღვის აუზის მასშტაბის დინამიკის რიცხვითი მოდელის [37, 38] ადაპტირების გზით ზღვის განაპირა აღმოსავლეთ აკვატორიისათვის და სივრცითი გარჩევისუნარიანობის გაზრდით 5 კმ -დან 1 კმ-დე. ზემოთ აღნიშნული ევროკავშირის პროექტების ფარგლებში შავი ზღვის დინამიკის რეგიონული მოდელის სათვლელი ბადე ჩადგმული იქნა ზღვის ჰიდროფიზიკის ინსტიტუტის ზღვის აუზის მასშტაბის მოდელში 5 კმ გარჩევისუნარიანობით, რამაც უზრუნველყო ზღვის აუზის მასშტაბის ჰიდროთერმოდინამიკური პროცესების ზემოქმედების გათვალისწინება რეგიონულ პროცესებზე პირობითი თხევადი საზღვრის მეშვეობით (one-way nesting method). რეგიონული მოდელი ითვალისწინებს ისეთ ძირითად ფაქტორებს, როგორცაა ატმოსფერული ქარის-მიერი და თერმოხალინური ზემოქმედება, მზის მოკლეტალღოვანი რადიაციის შთანთქმა ზღვის ზედა ფენის მიერ, ზღვის ფსკერის რელიეფი და ნაპირების კონფიგურაცია, საქართ-

ველოს ძირითად მდინარეთა ჩადინება და სხვ. რეგიონულ მოდელთან შეწყვილებულია მინარევების გავრცელების ორი და სამგანზომილებიანი ადვექცია-დიფუზიური მოდელები.

რეგიონული საზღვაო პროგნოზის სისტემა, რომელიც ეფუძნება თანამედროვე მათემატიკური მოდელირების მეთოდების გამოყენებას, საშუალებას იძლევა მოდელში შემავალი რეალური მონაცემების შემთხვევაში გამოვთვალოთ შავი ზღვის საქართველოს სექტორსა და მიმდებარე აკვატორიაში ძირითადი ჰიდროფიზიკური ველების – ზღვის დინების, ტემპერატურისა და მარილიანობის 3-დღიანი პროგნოზი 1 კმ გარჩევისუნარიანობით, ხოლო საგანგებო სიტუაციების დროს ვიწინასწარმეტყველოთ აგრეთვე ზღვაში ჩაღვრილი ნავთობისა და სხვა მინარევების გავრცელების არეები და კონცენტრაციები.

საზღვაო პროგნოზების გამოთვლისათვის საჭირო ყველა მონაცემი ციფრული მასივების სახით მიიღებოდა ყოველდღიურად 2010-2021 წწ.-ში ინტერნეტის საშუალებით 5 კმ ბიჯის მქონე ბადის კვანძებში. ჩვენს მიერ შემუშავებული პროგრამული უზრუნველყოფის საშუალებით ხდებოდა მიღებული მასივების გადაყვანა 1 კმ ბიჯის მქონე ბადის კვანძებში და მათი გამოყენება საწყისი და სასაზღვრო პირობების სახით ზღვის დინამიკის რეგიონული მოდელის განტოლებათა სისტემის ინტეგრირებისათვის. 2022 წლიდან შეწყდა ამ მონაცემთა მიღება გარკვეული ტექნიკური სირთულეების გამო.

მ. ნოდისას სახ. გეოფიზიკის ინსტიტუტის ზღვის დინამიკის რეგიონული მოდელის საფუძველზე ჩატარებულმა მრავალრიცხოვანმა გამოთვლებმა რეალური ატმოსფერული ზემოქმედების გათვალისწინებით აჩვენა, რომ შავი ზღვის საქართველოს აკვატორია ხასიათდება ჰიდროფიზიკური პროცესების მნიშვნელოვანი ცვალებადობით, რასაც თან ახლავს მეზომასშტაბური და სუბმეზომასშტაბური გრიგალური სტრუქტურების ფორმირება [43-54]. თბილ სეზონში ხშირად ფორმირდება ბათუმის ანტიციკლონური გრიგალი, რომელიც მნიშვნელოვან როლს თამაშობს თერმობალანსური ველების განაწილებაზე, განსაკუთრებით კი მარილიანობის ველზე. დინების ველის სტრუქტურა ზღვის ზედა 15-20 მეტრის ფენაში მნიშვნელოვნადაა დამოკიდებული ატმოსფერული ქარის ზემოქმედებაზე. ძლიერი ქარი გამაგლუვებელ გავლენას ახდენს ზღვის დინებაზე და აფერხებს მეზომასშტაბური და სუბმეზომასშტაბური გრიგალების ფორმირებას, ხოლო სუსტი ქარის პირობებში დაიკვირვება გრიგალური სტრუქტურების ინტენსიფიკაცია. ასეთი სტრუქტურები მნიშვნელოვან გავლენას ახდენენ ზღვაში მოხვედრილი ნავთობისა და სხვა მინარევების გავრცელების პროცესზე.



ნახ. 4. მ. ნოდისას სახ. გეოფიზიკის ინსტიტუტის ზღვის დინამიკის რეგიონული მოდელით მიღებული ზედაპირული დინება (ა), ტემპერატურა (ბ) და მარილიანობა  $z = 50$  მ ჰორიზონტზე (გ) 2020 წლის 12 აგვისტოს, 00:00 GMT.

ზღვის დინამიკის რეგიონული მოდელის საფუძველზე ჩატარებული გამოთვლების შედეგების შედარებამ ჩვენს ხელთ არსებულ დაკვირვების მონაცემებთან აჩვენა, რომ მოდელი რეალურად აღწერს შავი ზღვის განაპირა აღმოსავლეთ ნაწილში განვითარებული ჰიდროფიზიკური პროცესების თავისებურებებს [43, 46, 47].

ილუსტრაციის მიზნით ნახ.4-ზე ნაჩვენებია რეგიონული მოდელის საფუძველზე გამოთვლილი ზღვის ზედაპირული დინების, ტემპერატურისა და მარილიანობის სურათები, რომლებიც შეესაბამებიან 2020 წლის 12 აგვისტოს. სურათები ნაჩვენებია პროგნოზის საწყისი მომენტიდან 72 საათის შემდეგ. პროგნოზული ინტერვალია 9-12 აგვისტო, 2020. ნახ, 4ა -ზე კარგად ჩანს ბათუმის ანტიციკლონური გრიგალი, რომელიც რეგიონული ცირკულაციის მთავარი ელემენტია აღნიშნული დღისათვის. დაიკვირვება აგრეთვე მცირე ზომის გრიგალური სტრუქტურების ფორმირებაც.

## დასკვნა

წინამდებარე სტატია მოკლედ მიმოიხილავს შავი ზღვის ჰიდროთერმოდინამიკური პროცესების კვლევის ისტორიას რიცხვითი მოდელების გამოყენებით, დაწყებულს გასული საუკუნის 60-70-იანი წლებიდან. გამოთვლითი ტექნიკის პროგრესმა, რაც ბოლო ათეულ წლებში განხორციელდა, დიდი სტიმული მისცა მაღალი გარჩევისუნარიანი მოდელების სიტემების განვითარებას, რამაც უფრო სრულყოფილი გახადა ჩვენი ცოდნა შავ ზღვაში მიმდინარე ჰიდროდინამიკური პროცესების შესახებ და საფუძველი ჩაუყარა ამ პროცესების საზღვაო პროგნოზის მეთოდების შემუშავებას, ისეთის როგორც ამინდის პროგნოზებია. შავი ზღვის საქართველოს სექტორისათვის შემუშავებული რეგიონული საზღვაო პროგნოზის სისტემა შესაძლებლობას იძლევა გამოვთვალოთ ძირითადი ჰიდროფიზიკური ველების მოკლევადიანი პროგნოზი 1 კმ სივრცითი გარჩევისუნარიანობით რეალური მონაცემების შემთხვევაში და ვიწინასწარმეტყველოთ ანთროპოგენური მინარევების გავრცელების ზონები და კონცენტრაციები. ამჟამად, დაგეგმილია აღნიშნული სისტემის შემდგომი განვითარება გარჩევისუნარიანობის გაზრდით ბათუმი-ფოთი-ანაკლიის სანაპირო წყლებში.

**მადლიერება.** კვლევა განხორციელდა შოთა რუსთაველის საქართველოს ეროვნული სამეცნიერო ფონდის მხარდაჭერით [გრანტის ნომერი FR-22-365].

## ლიტერატურა – References – Литература

1. Сорокин Ю. И. Черное море, Москва, Наука, 1982, 217 с.
2. История Черного моря. <https://anapacity.com/chernoe-more/istoriya-chernogo-morya.html>
3. Gülden Erkut, Stephen Mitchel. The Black Sea: past, present and future. Published by: British Institute at Ankara. 2007. <https://www.jstor.org/stable/10.18866/j.ctt1n7qjwz>
4. Станев Е., Трухчев Д., Русенов В. Циркуляция вод и численное моделирование течений Черного моря. София, университетское издательство “Климент охридски“, 1988, 220 с.
5. Кордзадзе А. А. Математическое моделирование динамики морских течений (теория, алгоритмы, численные эксперименты). Москва, ОВМ АН СССР, 1989, 128 с.
6. Марчук Г. И. Численное решение задач динамики атмосферы и океана. Ленинград, 1974, 303 с.
7. Саркисян А. С., Джиоев Т. З. Численная модель и расчет течений в Черном море. Метеорология и гидрология, № 3, 1974, с. 70-76.
8. Джиоев Т. З., Саркисян А. С. Прогностические расчеты течений в Черном море. Изв. АН СССР, Физика атмосферы и океана, т.12, № 2, 1976, с. 217-223.

9. Саркисян А. С. Основы теории расчета океанических течений. Ленинград, 1966, 123 с.
10. Марчук Г. И., Кордзадзе А. А., Скиба Ю. Н. Расчет основных гидрологических полей Черного моря на основе метода расщепления. Изв. РАН, Физика атмосферы и океана, т.11, №4, 1975, с. 379-393.
11. Саркисян А. С., Залесный В. Б., Дианский Н. А., Ибраев Р. А., Кузин В. И., Мошинкин Е. В., Семенов Е. В., Тамсалу Р., Яковлев Н. Г. Математические модели циркуляции океанов и морей. Современные проблемы Вычислительной математики и математического моделирования. т. 2, Математическое моделирование, Москва, Наука, 2005, с. 176-278.
12. Girgvliani A. Circulation of seasonal variability of the hydrological characteristics of the Black Sea. J. Georgian Geophys. Soc., v. 3b, 1998, pp.17-26.
13. Girgvliani A. The Coriolis force parameterization in numerical model of the Black Sea dynamics. J. Georgian Geophys. Soc., v.4b, 1999, pp.15-27.
14. Марчук Г. И., Саркисян А. С. Математическое моделирование циркуляции океана. Москва, "наука", 1988, 302 с.
15. Книпович Н. М. Гидрологические исследования в Черном море. Тр. Азово-Черноморской научно-промысловой экспедиции, вып. 10, 1932, 272 с.
16. Зацепин А. Г. Гидродинамика Черного моря: Бассейновая циркуляция, мезомасштабные и субмезомасштабные вихри. 132 с. [http://d33.infospace.ru/d33\\_conf/tarusa2014/pdf/Zatsepin1.pdf](http://d33.infospace.ru/d33_conf/tarusa2014/pdf/Zatsepin1.pdf).
17. Зацепин А. Г., Кондрашов А. А., Корж А. О. и др. Субмезомасштабные вихри на Кавказском шельфе Черного моря и порождающие их механизмы. Океанология, т. 51, № 4, 2011, с. 592-605.
18. Oguz T, Malalnote-Rizzoli P., Aubrey D. Wind and thermohaline circulation of the Black Sea driven by yearly mean climatological forcing. J. Geophys. Res., vol. 100, No. C4, 1995, pp. 6845-6863.
19. Oguz T, Malalnote-Rizzoli P. Seasonal variability of wind and thermohaline –driven circulation in the Black Sea: Modeling studies. J. Geophys. Research., 101(C7), 1996, 16551-16569. DOI: 10.1029/96JC01093
20. Staneva J. V., Dietrich D. E., Stanev E. V., Bouman M. J. Mesoscale circulation in the Black Sea: New results from DieCAST model simulation. J. Mar. Sys., 31, 2001, pp. 137-157.
21. Stanev E. V. Understanding Black Sea dynamics: Overview of recent numerical modeling. Oceanography, v. 18, № 2, 2005, pp. 52-71.
22. Kara A. B., Wallcraft A. J., Hurlburt H. E. Sea surface temperature sensitivity to water turbidity from simulations of the turbid Black Sea using HYCOM. J. Physic Oceanography, 35(1), 2005, pp. 33-54 . <https://doi.org/10.1175/JPO-2656.1>
23. Kara A. B., Wallcraft A. J., Hurlburt H. E. A new solar radiation penetration scheme for use in ocean mixed layer studies: An application to the Black Sea a fine resolution Hybrid Coordinate Ocean Model (HYCOM). J. Phys. Oceanography, 35 (1), 2005, pp. 13-32. <https://doi.org/10.1175/JPO2677.1>
24. Demyshev S. G., Dymova O. A. High resolution modeling of the Black Sea circulation. Ecological safety of coastal and shelf zones and comprehensive use of shelf resources. Collected scientific papers. NAS of Ukraine, 2(25), 2011, pp. 114-134 (in Russian).
25. Демьшев С. Г. Численный прогностический расчет течений в Черном море с высоким горизонтальным разрешением. Морской гидрофизический журнал, № 1, 2011, с. 36-47.
26. Демьшев С. Г. Численная модель оперативного прогноза течений в Черном море. Известия РАН. Физика атмосферы и океана, т.48, № 1, 2012, с.137-149.
27. Демьшев С. Г., Дымова О. А. Численный анализ мезомасштабных особенностей циркуляции в прибрежной зоне Черного моря. Известия РАН. Физика атмосферы и океана, т.49, № 6, 2013, с.655-663.
28. Zalesny V. B., Gusev A. V., Moshonkin S. N. Numerical model of the Hydrothermodynamics of the Black Sea and the Sea of Azov with variational initialization of temperature and salinity. Izvestiya RAS, Atmospheric and Oceanic Physics, 49 (6), 2013, pp. 699-716. DOI.10.7868/S000235151306014X.
29. Zalesny V. B., Gusev A. V., Агошков В. И. Моделирование циркуляции Черного моря с высоким разрешением прибрежной зоны. Известия РАН. Физика атмосферы и океана, т.52, № 3, 2016, с.316-333.

30. Demyshev S. G., Evstigneeva N. A. Numerical experiment on modeling climatic fields on the northwestern shelf of the Black Sea in winter and summer seasons. *Morskoi Gidrofizicheskii Journal*, № 2, 2012, pp. 18-36 (in Russian).
31. Grigoriev A. V., Zatsepin A. G. Numerical modeling of water dynamics of Russian zone of the Black Sea within the framework of operational tasks. *J. Georgian Geophys. Soc.*, v. 16b, 2013, pp.138-157.
32. Dymova O. High-resolving simulation of the Black Sea circulation. In: Ozhan E(ed) *Proceedings of the 13<sup>th</sup> International MEDCOAST Congress on Coastal and Marine Sciences, Engineering, Management and Conservation*, 2017, 31 Oct-04 Nov 2017, Melliecha, Malta. 2: pp. 1203-1213. <https://www.medcoast.net/modul/index/menu/Proceedings/36>
33. Korotenko K. A., Mamedov R. M., Mooers C. N. Prediction of the transport and dispersal of oil in the south Caspian Sea resulting from blowouts. *Environ. Fluid Mech.*, 1(4), 2002, pp. 383 – 414. DOI:10.1023/A:1015785909615
34. Korotenko K. A. Predicting the behavior of an oil spill in The Black Sea resulting from accidental offshore deep water blowout. *Journal of Sustainable Energy Engineering*, 6 (1), 2018, 48-83. <https://doi.org/10.7569/jsee.2018.629501>
35. Коротенко К. А., Дитрих Д. Е., Боуман Дж. Моделирование циркуляции и перенос нефтяных пятен в Черном море. *Океанология*, т. 43, № 3, 2003, с. 367-378.
36. Дианский Н. А., Фомин В. В., Жохова Н. В., Коршенко А. Н. Расчет течений и распространения загрязнения в прибрежных водах большого Сочи. *Известия РАН. Физика атмосферы и океана*, т.49, № 6, 2013, с. 664-675.
37. Кордзадзе А. А., Деметрашвили Д. И., Сурмава А. А. О реакции гидрологического режима Черного моря на изменчивость атмосферных процессов. Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и рациональное использование ресурсов шельфа. Севастополь, ЕКОСИ-Гидрофизика, вып. 10, 2004, с. 265-277.
38. Кордзадзе А. А., Деметрашвили Д. И., Сурмава А. А. Численное моделирование гидрофизических полей Черного моря в условиях чередования атмосферных циркуляционных процессов. *Изв. РАН, Физика атмосферы и океана*, т.44, №2, 2008, с. 227-238.
39. Pinardi N., Allen I., Demirov E., De Mey P., Korres G., et al., The Mediterranean ocean forecasting system: first phase of implementation (1998-2001). *Annales Geophysicae*, 21(1), 21(1), 2003, pp.3-20. DOI: 10.5194/adgeo-21-3-2003.Source: OAI.
40. She J., Meier HEM, Dareci M., Gominge P., Huess V., Kouts T., Reissmann JH., Tuomi L. Baltic Sea operational oceanography – a stimulant for regional earth system research. *Research Frontiers in Earth Science*, vol.8, № 7, 2020, pp. 1-14. doi: 10.3389/feart.2020.00007.
41. Korotaev G. K., Oguz T., Dorofeyev V. L., Demyshev S. G., Kubryakov A. I., Ratner Yu. B. Development of Black Sea nowcasting and forecasting system. *Ocean Science*, 7, 2011, pp.629-649. doi: 10.5194/os-7-629-2011/.
42. Kubryakov A. I., Korotaev G. K., Dorofeev V. L., Ratner Y. B., Palazov A., Valchev N., Malciu V., Matescu R., Oguz T. Black Sea coastal forecasting system. *Ocean Science*, 8, 2012, pp.183-196.
43. Kordzadze A. A., Demetrashvili D. I. Operational forecast of hydrophysical fields in the Georgian Black Sea coastal zone within the ECOOP. *Ocean Science*, 7, 2011, pp. 793-803. [www.ocean-sci.net/7/793/2011/](http://www.ocean-sci.net/7/793/2011/).
44. Kordzadze A. A., Demetrashvili D. I. Coastal forecasting system for the easternmost part of the Black Sea. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 12, 2012, pp. 471-477. [www.trjfas.org](http://www.trjfas.org).
45. Kordzadze A. A., Demetrashvili D. I. Development of the Black Sea regional forecasting system for its easternmost part with inclusion of oil spill transport forecast. *Bulletin of the Georgian National Academy of Sciences*, v.8, № 3, 2014, pp.40-47.
46. კორძაძე ა., დემეტრაშვილი დ. შავი ზღვის ოკეანოგრაფია წარსულში და თანამედროვე ეტაპზე. თბილის სახელმწიფო უნივერსიტეტის გამომცემლობა, 2017, 187 გვ.
47. Demetrashvili, D., Kukhalashvili, V. High-resolving modeling and forecast of regional dynamic and transport processes in the easternmost Black Sea basin. In: *Proceedings of the International*

- Conference on Geosciences (GEOLINKS 2019), 26-29 March, Athens, Greece, Book 3, v.1, pp. 99-107 (2019).
48. Demetrashvili D., Kukhalashvili V., Surmava A., Kvaratskhelia D. Modeling of variability of the regional dynamic processes developed during 2017-2019 in the easternmost part of the Black Sea. International Conference on Geosciences GEOLINKS-2020, Plovdiv, Bulgaria, 23-26 March 2020. Conference proceedings, pp. 111-120.
  49. Demetrashvili D., Kukhalashvili V., Kvaratskhelia D., Surmava A. Marine forecast for the easternmost part of the Black Sea. Conference Proceedings GEOLINKS -2021, Book 1, Volume 3, 17-18 May 2021, 2021, pp. 453-460.
  50. Demetrashvili D., Kukhalashvili V., Kvaratskhelia D. Numerical study of some peculiarities of hydrological mode for the South Eastern part of the Black Sea (2010-2021). Bulletin of the Georgian National Academy of Sciences, v.16, № 4, 2022, pp. 47-53.
  51. დემეტრაშვილი დ. საზღვაო პროგნოზის სისტემა და მისი განვითარების პერსპექტივები შავი ზღვის საქართველოს სექტორისათვის. მ. ნოდისას სახ. გეოფიზიკის ინსტიტუტის შრომები, ტ. LXXVI, 2022, გვ. 40-51.
  52. Demetrashvili D, Kukhalashvili V., Kvaratskhelia D. Numerical study of the circulation and its contribution to the oil slick transport in the easternmost part of the Black Sea. Environmental Science and Pollution Research (ESPR), Preprint, April, 2023, 11 p. DOI:10.21203/rs.3.rs-2801090/v1
  53. Demetrashvili D., Kukhalashvili V., Kvaratskhelia D. Numerical study of variability of hydrological regime for the southeastern part of the Black Sea (2010-2021). Journal of the Georgian Geophysical Society, v. 26(1), 2023, pp. 42-48. DOI: <https://doi.org/10.60131/ggs.1.2023.6960>
  54. Demetrashvili D., Kukhalashvili V., Kvaratskhelia D. Modeling and forecasting of mesoscale circulation and oil pollution transport in the southeastern Black Sea. Journal of Environmental Protection and Ecology, v. 25, № 1, 2024, pp. 42-52.

**შავი ზღვის ჰიდროდინამიკის რიცხვითი მოდელირება:  
ისტორია და თანამედროვე მდგომარეობა**

**დემეტრაშვილი დ.**

**რეზიუმე**

სტატიაში განიხილება შავი ზღვის ჰიდროთერმოდინამიკური პროცესების შესწავლის ისტორია და თანამედროვე მდგომარეობა რიცხვითი მოდელების საშუალებით, რომელთა ინტენსიური შემუშავება და გამოყენება დაიწყო გასული საუკუნის 60-70-იანი წლებიდან. დაახლოებით უკანასკნელ 3 ათეულ წელიწადში გამოთვლი ტექნიკის პროგრესმა დიდი ბიძგი მისცა მაღალი გარჩევისუნარიანი და ფიზიკურად სრულყოფილი შავი ზღვის დინამიკის მოდელების შემუშავებას, რომელთაც უნარი აქვთ დიდი სიზუსტით ასახონ ჰიდროთერმოდინამიკური პროცესების განვითარება როგორც მთლიანად აუზის მასშტაბით, ასევე რეგიონულ არეებში. მოდელების მაღალი გარჩევისუნარიანობა განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია შავი ზღვის სანაპირო/შელფურ ზონაში, სადაც ხშირად ვითარდებიან მეზომასშტაბური და სუბმეზომასშტაბური გრიგალური სტრუქტურები. მნიშვნელოვანი ყურადღება ეთმობა მ. ნოდისას სახ. გეოფიზიკის ინსტიტუტის ზღვისა და ატმოსფეროს დინამიკის მოდელირების სექტორში შემუშავებული მაღალი გარჩევისუნარიანი ზღვის დინამიკის რეგიონული მოდელის საფუძველზე ჩატარებულ კვლევებს შავი ზღვის საქართველოს სექტორში.

**საკვანძო სიტყვები:** ზღვის ცირკულაცია, ატმოსფერული ზემოქმედება, განტოლებათა სისტემა, რიცხვითი მეთოდი.

## NUMERICAL MODELING OF BLACK SEA HYDRODYNAMICS: HISTORY AND CURRENT STATE

Demetrashvili D.

### Abstract

The article discusses the history and current state of the study of the hydrothermodynamic processes of the Black Sea by means of numerical models, the intensive development and use of which began in the 60-70s of the last century. In the last three decades, the progress of computational techniques has given a great impetus in the development of high-resolution and physically perfect Black Sea dynamics models, which are capable of accurately reflecting the development of hydrothermodynamic processes both in a basin-scale and regional areas. The high-resolution of the models is especially important in the coastal/shelf areas of the Black Sea, where mesoscale and submesoscale eddy structures often develop. Significant attention is paid to the research conducted in the Georgian sector of the Black Sea on the basis of the high-resolution regional model of the sea dynamics developed in the Modeling Sector of the Sea and Atmosphere Dynamics of the M. Nodia Institute of Geophysics.

**Key words:** sea circulation, atmospheric forcing, system of equations, numerical method.

## ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ГИДРОДИНАМИКИ ЧЕРНОГО МОРЯ: ИСТОРИЯ И СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ

Деметрашвили Д.

### Реферат

В статье рассматривается история и современное состояние изучения гидротермодинамических процессов Черного моря с помощью численных моделей, интенсивное развитие и использование которых началось в 60-70-х годах прошлого столетия. В последние три десятилетия прогресс вычислительной техники дал большой толчок развитию физически совершенных моделей динамики Черного моря высокого разрешения, способных точно отражать развитие гидротермодинамических процессов как в общебассейновом масштабе, так и в региональных районах. Высокое разрешение моделей особенно важно в прибрежных/шельфовых районах Черного моря, где часто развиваются мезомасштабные и субмезомасштабные вихревые структуры. Значительное внимание уделено исследованиям, проводимым в грузинском секторе Черного моря на основе региональной модели динамики моря высокого разрешения, разработанной в секторе моделирования динамики моря и атмосферы Института геофизики им. М. Нодиа.

**Ключевые слова:** циркуляция моря, атмосферное воздействие, система уравнений, численный метод.

## КОЛИЧЕСТВО ДНЕЙ С СИЛЬНЫМ ВЕТРОМ В ИМЕРЕТИНСКОМ РЕГИОНЕ ГРУЗИИ

Бердзенишвили Н.

*Телавский государственный университет имени Я. Гогобашвили, Грузия  
E-mail: nanaka.berdzenishvili@yahoo.com*

### Введение

Известно, что ветровой режим является одним из важных климатообразующих факторов. Поэтому изучению этого фактора повсеместно, в том числе и в Грузии, уделяется особое внимание [1-7]. Сильные и ураганные ветры, а также торнадо, часто разрушают жилые и промышленные здания, останавливают наземный и воздушный транспорт, способствуют возникновению метелей, усиливают негативные последствия других опасных гидрометеорологических явлений (осадки, град и т. д.), гибель людей и т. д. [8-14]. В последние годы проведен целый ряд работ по статистическому анализу дневных значений скорости ветра для различных регионов Грузии в различных временных диапазонах [15-21].

Составлен каталог ураганов над территорией Грузии за период 1961–2022 гг., содержащий период возникновения, географические координаты эпицентра, скорость, магнитуду, интенсивность, площадь распространения, материальный ущерб, человеческие жертвы [22-24]. В частности, получено, что за весь исследуемый период зафиксировано около 1600 случаев ураганных ветров. В течение года ураганы случаются в среднем 20 раз, при этом наибольшее количество случаев зафиксировано в 2002 году – 81. Средняя скорость ураганных ветров в целом по Грузии составляет 36 м/с, наибольшая скорость достигала 56 м/с. Средняя площадь урагана составляет около 1200 кв. км, а максимальная площадь урагана превышает 10000 кв. км. Четкой зависимости между площадью урагана и соответствующим материальным ущербом не прослеживается, что, скорее всего, можно объяснить неоднородностью уровня урбанизации сопоставимых территорий, испытывающих разную степень разрушений. Многолетние изменения активности ураганов обнаруживают циклический характер, что объясняется особенностями циркуляции атмосферы. В целом за весь период наблюдается тенденция к ослаблению активности ураганов.

Данные о ветровом режиме важны для развития ветроэнергетики, аграрного сектора экономики, строительства [2,7] и т. д. Уровень загрязнения воздуха и образование фотохимического смога во многом зависят от скорости ветра [25]. Информация о ветре важна для развития курортно-туристической отрасли путем оценки различных простых и сложных биоклиматических показателей для конкретных территорий [7, 26-29].

Данная работа является продолжением указанных выше исследований и посвящена подробному изучению ветрового режима территории Имерети. Имерети, регион Грузии, расположенный в ее центральной части, на южном извилистом склоне Большого Кавказа. Природные условия Имерети разнообразны. В западной части расположена имеретинская низменность, которая представляет собой окончание восточной части Колхидской низменности, а восточную часть Имерети, занимает Имеретинская возвышенность. Сложный, в основном изрезанный рельеф Имерети, обуславливает большую контрастность в распределении направления и



скорости ветра. Регион характеризуется частой повторяемостью ураганных ветров, при которых скорость достигает 43-49 м/с [6,8,30]. В формировании ветрового режима региона большую роль играет Чёрное море и рельеф местности. Здесь хорошо развита муссонная, бризовая, горно – долинная циркуляции, отмечаются ледниковые ветры и фен [4,5,31].

## Материалы и методы

В исследовании использованы материалы Справочников по климату [32], а также база метеорологических данных Института гидрометеорологии Грузинского технического университета и литературные данные [33,34]. Используются картографические и статистические методы обработки данных наблюдений.

## Обсуждение результатов

### Направление ветра

Перемещение воздушных масс на территории Имерети, как и на территории Грузии, осуществляется в основном с запада или с востока. Однако рельеф местности и сезонность циркуляционных процессов атмосферы вносят свои коррективы. В холодный период года Сибирский антициклон и установившееся над Черным морем низкое атмосферное давление способствуют развитию в основном восточных процессов и преобладают ветра восточных румбов. Летом же под влиянием Азорского максимума преобладающими являются западные ветры. В среднегодовом разрезе господствующими являются также ветры с западной и восточной составляющими (таблица 1).

Таблица 1. Повторяемость различных направлений ветров за год (%).

Пункты	Высота, м	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ
Сачхере	415	3	3	19	12	4	18	38	4
Хони	114	1	8	35	8	2	23	21	2
Цкалгубо	121	2	18	26	4	1	11	36	2
Ткибули	535	7	53	10	1	4	21	3	1
Кутаиси	114	1	3	53	2	1	3	35	2
Самтредиа	25	1	1	48	3	2	7	36	2
Сакара	148	0	2	45	10	2	2	38	1
Корбоули	798	0	2	51	5	0	3	39	0
Дими	200	2	7	25	14	10	2	29	5
Вани	46	2	2	36	9	2	3	39	7
Мта-Сабуети	1242	0	14	38	1	0	2	43	2
Ципа	673	12	50	6	0	1	23	8	0
Харагаули	280	1	1	3	59	4	1	5	26

Согласно таблице 1, повторяемость ветров восточных румбов достигает 53% (Кутаиси), а повторяемость ветров западных румбов составляет 43% (Мта-Сабуети). Редко отмечаются ветры с северной и южной составляющими.

На рис.1 представлены повторяемости различных направлений ветров за год в различные часы суток. Из рис. следует, что повторяемость направлений ветров для всех пунктов за все сроки наблюдений также наибольшая для ветров восточных и западных румбов. В Кутаиси в ночные часы повторяемость восточных ветров достигает 69-70% (серии 1 и 2), а повторяемость западных ветров наибольшая во второй половине дня, составляя 40-50% (серия 4). В горах (Мта-Сабуети) также преобладают западные и восточные направления ветров, однако в ночные часы несколько возрастает повторяемость западных ветров.

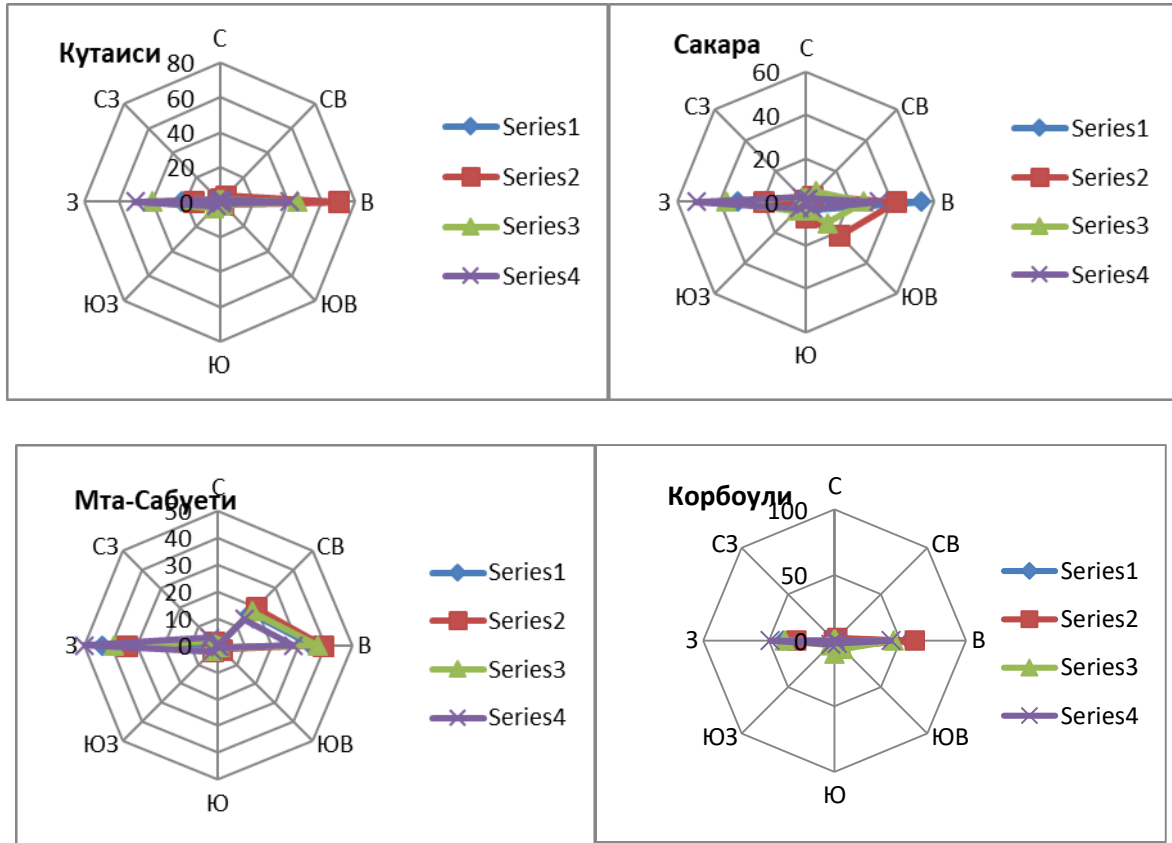


Рис.1. Роза повторяемости различных направлений ветров за год в различные часы суток (%).  
Сроки наблюдений, серии: 1)-1 час, 2)-7час, 3)-13час, 4)-19час

**Скорость ветра:** В таблице 2 представлены средняя месячные и годовые скорости ветра в некоторых пунктах, расположенных в различных физико-географических условиях Имерети.

Таблица 2. Средняя месячная и годовая скорости ветра (м/с).

Пункты	Месяцы												Год
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Сачхере	1.1	1.4	2.1	2.6	2.2	2.3	2.3	2.0	1.8	1.3	1.3	0.9	1.8
Хони	2.3	2.4	2.6	2.6	2.0	1.6	1.4	1.5	1.4	1.8	2.7	2.5	2.1
Цхалтубо	1.6	1.6	1.9	2.2	1.6	1.4	1.3	1.4	1.1	1.2	1.8	1.6	1.6
Кутаиси	5.6	5.6	5.9	5.7	4.6	3.7	3.0	3.4	3.6	4.8	7.2	6.7	5.0
Самтрелиа	3.2	3.4	3.6	3.4	2.8	2.3	1.8	1.8	1.8	2.3	3.6	3.6	2.8
Мта-Сабуети	8.8	9.2	9.6	10.0	8.9	8.3	7.9	8.8	9.4	9.7	10.6	9.1	9.2
Ципа	4.0	3.9	4.2	4.2	3.7	3.2	3.0	3.3	3.6	3.7	4.8	4.2	3.8

Из таблицы 2 следует, что наибольшая годовая скорость ветра отмечается в среднегорной зоне, на станции Мта-Сабуети и составляет 9.2 м/с. Здесь скорость ветра в течение всего года довольно высокая, составляя 7.9-10.6 м/с. Максимальная скорость ветра отмечается в ноябре, а минимальная-в июле. В низменных районах территории наибольшие скорости ветра отмечаются зимой и весной, минимальные –в основном летом (Кутаиси, Цхалтубо, Хони). Повышенные

скорости ветра в Кутаиси обусловлены фоновым эффектом, число дней с фоновыми ветрами в Кутаиси достигает 120.

В суточном ходе скорость ветра наибольших значений достигает в 13 час, а наименьших значений-в основном в 1 час ночи.

Выше рассмотрены средние месячные и годовые значения скорости ветра. В действительности же скорость ветра изменяется в широком диапазоне, об этом свидетельствуют данные таблицы 3.

Таблица 3. Максимальная скорость ветра возможная за различные периоды времени.

Пункт	Скорость ветра м/с				
	1 год	5 лет	10 лет	15 лет	20 лет
Сачхере	21	31	33	35	36
Хони	32	40	44	46	48
Кутаиси	47	57	61	64	66
Самтрედია	32	40	43	44	45
Мта-Сабуети	41	47	49	50	51
Ципа	32	38	41	43	45

Из таблицы 2 следует, что за различные периоды времени скорость ветра может существенно меняться. Наибольшая скорость ветра ежегодно превышает 20м/с, за 5-летний период скорость может превышать 30м/с и т.д., а за 20 –летний период по данным наблюдений станции Кутаиси скорость ветра может достичь величины 70м/с.

#### Число дней с сильным ветром

Сильным считается ветер, когда ее скорость достигает или превышает 15 м/с. Такие ветры относятся к опасным явлениям погоды. Они наносят большой ущерб экономике и населению: повреждают линии связи и электропередачи, нарушают работу транспорта, вызывают волнение в море и на водохранилищах, пыльные бури, перенос снега, эрозию почв и другие неблагоприятные явления.

В таблице 4 представлены среднее месячное и годовое число дней с сильным ветром.

Таблица 4. Среднее число дней с сильным ветром м /с.

Пункт	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	год
Сачхере	0.9	0.8	2.8	3.3	1.9	1.3	1.1	1.6	1.2	1.1	9.7	9.6	17
Цхалтубо	0.8	1.3	1.7	1.8	1.1	0.5	0.2	0.6	0.8	0.7	2.4	1.5	13
Ткибули	2.6	2.2	3.2	2.9	1.9	0.1	1.4	2.5	2.8	2.6	3.3	2.8	28
Кутаиси	7.5	6.9	8.5	8.1	7.1	4.2	2.7	4.3	5.4	7.2	9.6	9.6	81
Корбоули	0.6	0.6	1.8	1.2	0.7	0.2	0.4	1.0	1.4	1.3	1.9	1.4	12
Самтрედია	2.9	2.8	2.9	2.7	1.8	1.0	9.5	0.8	0.9	1.7	3.0	3.0	24
Сакара	2.7	3.1	4.8	4.6	3.5	2.5	1.8	2.0	2.0	2.0	3.0	2.0	34
Вани	3.2	3.4	4.2	3.0	2.0	1.4	0.8	2.0	2.1	2.2	4.3	4.2	33
Мта-Сабуети	13.3	14.0	15.0	15.0	13.6	10.0	10.0	13.0	14.0	14.6	15.7	12.45	162
Харагаули	1.8	2.5	3.7	2.5	1.0	0.4	0.5	1.0	1.9	2.8	3.8	2.6	24

Как видно из таблицы диапазон территориального изменения числа дней с сильным ветром колеблется в пределах 12 (Корбоули) до 162 дней (Мта- Сабуети) . В Кутаиси число дней с сильным ветром составляет 81 день, а в остальных пунктах число дней с сильным ветром

существенно уменьшается составляя 20-30 дней за год. Более подробно о пространственном распределении годового числа дней с сильным ветром на территории Имерети можно судить из карты, представленной на рис. 2.

Максимальное число дней с сильным ветром зафиксировано в Мта-Сабуети-222, в Кутаиси максимальное число дней с сильным ветром составляет 124, а в остальных пунктах колеблется в пределах 40-80 дней.

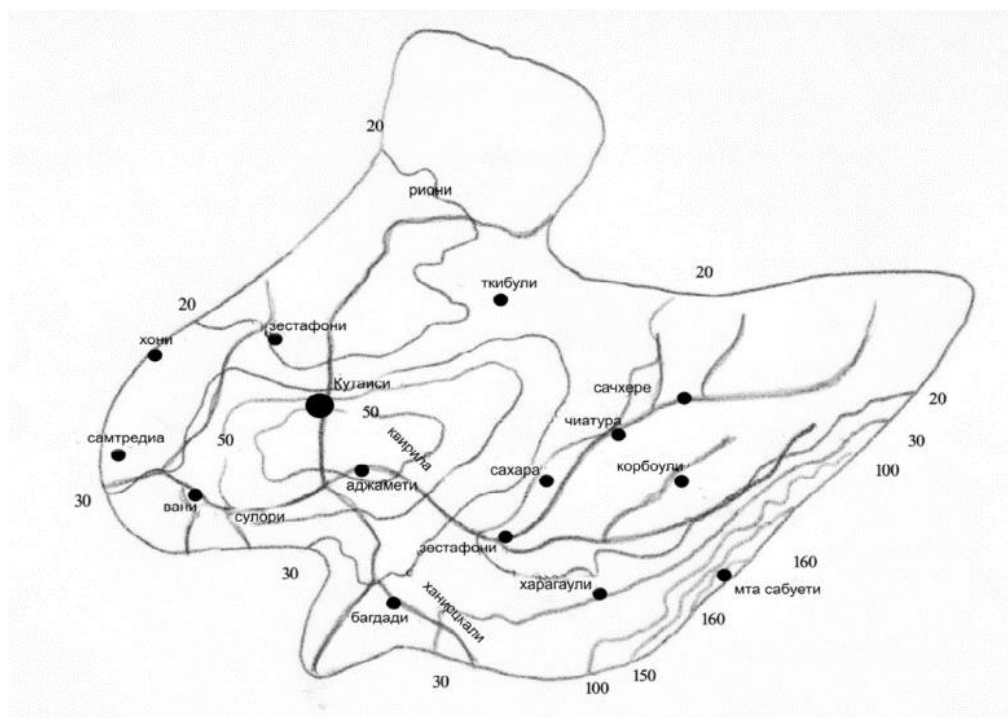


Рис. 2. Число дней с сильным ветром 15 м/сек

## Выводы

1. Господствующими являются ветры с западной и восточной составляющими. По среднемесячным данным повторяемость ветров восточных румбов достигает 53%, а повторяемость ветров западных румбов составляет 43%. В ночные часы повторяемость восточных ветров увеличивается до 69-70%, а повторяемость западных ветров наибольшая во второй половине дня, составляя 40-50%.
2. Наибольшая средняя годовая скорость ветра отмечается в Мта-Сабуети и составляет 9.2 м/с где скорость ветра в течение всего года довольно высокая, составляя 7.9-10.6 м/с. Повышенные скорости ветра в Кутаиси до 5м/с обусловлены фоновым эффектом, в остальных пунктах средняя годовая скорость ветра главным образом не превышает 3м/с.
3. Диапазон изменения среднегодового числа дней с сильным ветром колеблется в пределах 12 (Корбоули) до 162 дней (Мта- Сабуети). Максимальное число дней с сильным ветром зафиксировано в Мта-Сабуети-222, в Кутаиси максимальное число дней с сильным ветром составляет 124, а в остальных пунктах колеблется в пределах 40-80 дней.

В заключении отметим, что полученные результаты могут быть использованы при планировании и проектировании гражданских и промышленных сооружений, линий связи, электропередач и трубопроводов, развития курортно-туристической индустрии, а также в сельском хозяйстве.

## ლიტერატურა – References – Литература

1. Климат и климатические ресурсы Грузии. Тр. ЗаКНИГМИ, вып. 44 (50), Л., 1971.
2. Svanidze G.G., Tsutskiridze Ia. A. (edit.). *Opasnie gidrometeorologicheskie protsessi na Kavkaze*. L., Gidrometeoizdat., 1980, 288 p., (in Russian).
3. Tavartkiladze K., Begalishvili N., Kharchilava J., Mumladze D., Amiranashvili A., Vachnadze J., Shengelia I., Amiranashvili V. *Contemporary climate change in Georgia. Regime of some climate parameters and their variability*. Monograph, ISBN 99928-885-4-7, Tbilisi, 2006, 177 p., (in Georgian).
4. Элизбарашвили Э. *Климатические ресурсы Грузии*. Институт гидрометеорологии, Тбилиси, 2007.
5. Elizbarashvili E. *Climate of Georgia*. Monograph, Institute of Hydrometeorology of GTU, ISBN 978-9941-0-9584-9, Tbilisi, 2017, 360 p., (in Georgian).
6. Элизбарашвили Э.Ш., Элизбарашвили М.Э. *Стихийные метеорологические явления на территории Грузии*. Зеон, Тбилиси, 2012, 104 с.
7. Kartvelishvili L., Tatishvili M., Amiranashvili A., Megrelidze L., Kutaladze N. *Weather, Climate and their Change Regularities for the Conditions of Georgia*. Monograph, Publishing House “Universal”, ISBN: 978-9941-33-465-8, Tbilisi 2023, 406 p., <https://doi.org/10.52340/mng.9789941334658>
8. Varazanashvili O., Tsereteli N., Amiranashvili A., Tsereteli E., Elizbarashvili E., Dolidze J., Qaldani L., Saluqvadze M., Adamia Sh., Arevadze N., Gventcadze A. *Vulnerability, Hazards and Multiple Risk Assessment for Georgia*. *Natural Hazards*, Vol. 64, Number 3, 2012, pp. 2021-2056, DOI: 10.1007/s11069-012-0374-3, <http://www.springerlink.com/content/9311p18582143662/fulltext.pdf>.
9. Amiranashvili A.G. *Increasing Public Awareness of Different Types of Geophysical Catastrophes, Possibilities of Their Initiation as a Result of Terrorist Activity, Methods of Protection and Fight with Their Negative Consequences. Engaging the Public to Fight Consequences of Terrorism and Disasters*. NATO Science for Peace and Security Series E: Human and Societal Dynamics, vol. 120. IOS Press, Amsterdam•Berlin•Tokyo•Washington, DC, ISSN 1874-6276, 2015, pp. 155-164. <http://www.nato.int/science>; <http://www.springer.com>; <http://www.iospress.nl>
10. Chikhladze V., Jamrlishvili N., Tavidashvili Kh. *Tornadoes in Georgia*. Int. Sc. Conf. “Natural Disasters in the 21st Century: Monitoring, Prevention, Mitigation”, Proceedings, ISBN 978-9941-491-52-8, Tbilisi, Georgia, December 20-22, 2021, pp. 23-26.
11. Chikhladze V., Amiranashvili A., Gelovani G., Tavidashvili Kh., Laghidze L., Jamrlishvili N. *Assessment of the Destructive Power of a Tornado on the Territory of the Poti Terminal on September 25, 2021*. II Int. Sc. Conf. “Landscape Dimensions of Sustainable Development Science – Carto/GIS – Planning – Governance”, Dedicated to the 75th Anniversary of Professor Nikoloz (Niko) Beruchashvili, Proceedings, 12-16 September 2022, Tbilisi, Georgia, Ivane Javakhishvili Tbilisi State University Press, 2022, ISBN 978-9941-36-030-5, pp. 275-281, (in Georgian). <http://www.dspace.gela.org.ge/handle/123456789/10120>
12. Amiranashvili A., Chikhladze V., Pipia M., Varamashvili N. *Some Results of an Expeditionary Study of the Tornado Distribution Area in Kakheti on June 25, 2024*. *Journal of the Georgian Geophysical Society*, e-ISSN: 2667-9973, p-ISSN: 1512-1127, *Physics of Solid Earth, Atmosphere, Ocean and Space Plasma*, v. 27(1), 2024, pp. 57–76. <https://ggs.openjournals.ge/index.php/GGS/article/view/7985>
13. Amiranashvili A., Chikhladze V., Kekenadze E., Pipia M., Samkharadze I., Telia Sh., Varamashvili N. *Meteorological Conditions for the Tornado Formation in Kakheti (Georgia) on June 25, 2024*. International Scientific Conference “Complex Geophysical Monitoring in Georgia: History, Modern Problems, Promoting Sustainable Development of the Country”, Proceedings, ISBN: 978-9941-36-272-9, Tbilisi, Georgia, October 17-19, 2024, pp. 168-171.
14. Pipia M., Elizbarashvili E., Amiranashvili A., Beglarashvili N. *Dangerous Regions of Blizzard in Georgia*. *Annals of Agrarian Science*, ISSN 1512-1887, vol. 17, No 4, 2019, pp. 403 – 408.
15. Amiranashvili A.G., Chikhladze V.A., Gvasalia G.D., Loladze D.A. *Statistical Characteristics of the Daily Max of Wind Speed in Kakheti in 2017-2019*. *Journal of the Georgian Geophysical Society*, ISSN: 1512-1127, *Physics of Solid Earth, Atmosphere, Ocean and Space Plasma*, v. 23(1), 2020, pp. 73-86. DOI: <https://doi.org/10.48614/ggs2320202655>

16. Amiranashvili A., Chikhladze V., Gvasalia G., Loladze D. Statistical Characteristics of the Daily Max of Wind Speed in Kakheti in the Days with and without Hail Processes in 2017-2019. Int. Sc. Conf. "Modern Problems of Ecology", Proc., ISSN 1512-1976, v. 7, Tbilisi-Telavi, Georgia, 26-28 September, 2020, pp. 197-201.  
[http://www.dspace.gela.org.ge/bitstream/123456789/8808/1/Eco\\_2020\\_3.32.pdf](http://www.dspace.gela.org.ge/bitstream/123456789/8808/1/Eco_2020_3.32.pdf)
17. Beglarashvili N., Chikhladze V., Janelidze I., Pipia M., Tsintsadze T. Strong Wind on the Territory of Georgia in 2014-2018. Int. Sc. Conf. "Natural Disasters in the 21st Century: Monitoring, Prevention, Mitigation", Proceedings, ISBN 978-9941-491-52-8, Tbilisi, Georgia, December 20-22, 2021, pp. 19-22.
18. Amiranashvili A., Jamrishvili N., Janelidze I., Pipia M., Tavidashvili Kh. Statistical Analysis of the Daily Wind Speed in Tbilisi in 1971-2016. Int. Conf. of Young Scientists "Modern Problems of Earth Sciences". Proceedings, ISBN 978-9941-36-044-2, Publish House of Iv. Javakhishvili Tbilisi State University, Tbilisi, November 21-22, 2022, pp. 159-163.  
<http://openlibrary.ge/handle/123456789/10250>
19. Beglarashvili N., Jamrishvili N., Janelidze I., Pipia M., Tavidashvili Kh., Tsintsadze T. Some Results of Statistical Analysis of the Daily Wind Speed in Tbilisi in 1971-2020. Int. Sc. Conf. "Geophysical Processes in the Earth and its Envelopes". Proceedings, ISBN 978-9941-36-147-0, Publish House of Iv. Javakhishvili Tbilisi State University, November 16-17, 2023, pp. 151-155.  
<http://www.openlibrary.ge/handle/123456789/10423>
20. Elizbarashvili E., Varazanashvili O., Lagidze L., Pipia M., Chikhladze V. About Strong Winds in Kakheti Region. Int. Sc. Conf. "Geophysical Processes in the Earth and its Envelopes". Proceedings, ISBN 978-9941-36-147-0, Publish House of Iv. Javakhishvili Tbilisi State University, November 16-17, 2023, pp. 156-160, (in Georgian). <http://www.openlibrary.ge/handle/123456789/10424>
21. Beglarashvili N., Pipia M., Jamrishvili N., Janelidze I. Some Results of the Analysis of Number of Days with Strong Wind in Various Regions of Georgia in 2019-2022. Georgian Geographical Journal, E-ISSN: 2667-9701, Vol.3 (2), 2023, 5 p. DOI: <https://doi.org/10.52340/ggj.2023.03.02.05>
22. Gaprindashvili G., Varazanashvili O., Elizbarashvili E., Basilashvili Ts., Amiranashvili A., Fuchs S. GeNHs: the First Natural Hazard Event Database for the Republic of Georgia. EGU General Assembly 2023, EGU23-1614, <https://doi.org/10.5194/egusphere-egu23-1614>;  
<https://meetingorganizer.copernicus.org/EGU23/EGU23-1614.html>
23. Varazanashvili O., Gaprindashvili G., Elizbarashvili E., Basilashvili Ts., Amiranashvili A., Fuchs S. The First Natural Hazard Event Database for the Republic of Georgia (GeNHs). Catalog, 2023, 270 p. <http://dspace.gela.org.ge/handle/123456789/10369>; DOI: 10.13140/RG.2.2.12474.57286
24. Elizbarashvili E.Sh., Varazanashvili O.Sh., Amiranashvili A.G., Fuchs F., Basilashvili Ts.Z. Statistical Characteristics of Hurricane Winds over Georgia for the Period 1961–2022. European Geographical Studies, E-ISSN: 2413-7197, 10(1), 2023, pp. 8-18, DOI: 10.13187/egs.2023.1.8,  
<https://egs.cherkasgu.press>
25. Amiranashvili A., Bliadze T., Chikhladze V. Photochemical smog in Tbilisi. Monograph, Trans. of Mikheil Nodia institute of Geophysics, ISSN 1512-1135, vol. 63, Tb., 2012, 160 p., (in Georgian).
26. Amiranashvili A.G., Chikhladze V.A. Saakashvili N.M., Tabidze M.Sh., Tarkhan-Mouravi I.D. Bioclimatic Characteristics of Recreational Zones – Important Component of the Passport of the Health Resort – Tourist Potential of Georgia. Transactions of the Institute of Hydrometeorology at the Georgian Technical University, vol. 117, ISSN 1512-0902, 2011, pp. 89-92.
27. Amiranashvili A.G., Kartvelishvili L.G., Megrelidze L.D. Changeability of the Meteorological Parameters Associated with Some Simple Thermal Indices and Tourism Climate Index in Adjara and Kakheti (Georgia). Journal of the Georgian Geophysical Society, ISSN: 1512-1127, Physics of Solid Earth, Atmosphere, Ocean and Space Plasma, v. 21(2), Tbilisi, 2018, pp. 77-94.
28. Amiranashvili A. , Bolashvili N., Kartvelishvili L. , Liparteliani G. , Tsigvava G. Holiday Climate Index in Kvemo Kartli (Georgia). Georgian Geographical Journal, E-ISSN: 2667-9701, 24(1), 2024, pp. 35-46. <https://doi.org/10.52340/ggj.2024.04.01.05>

29. Amiranashvili A., Kartvelishvili L., Matzarakis A. Variability of the Holiday Climate Index in Tsalka (Georgia). Journal of the Georgian Geophysical Society, e-ISSN: 2667-9973, p-ISSN: 1512-1127, Physics of Solid Earth, Atmosphere, Ocean and Space Plasma, v. 27(1), 2024, pp. 77–90.  
<https://ggs.openjournals.ge/index.php/GGS/article/view/7986>
30. Элизбарашвили Э.Ш., Варазанашвили О.Ш., Церетели Н.С, Элизбарашвили М.Э. Ураганные ветры на территории Грузии. Метеорология и гидрология , №3, 2013, с.43-46.
31. Бердзенишвили Н. М. Климатические ресурсы Имеретинского региона. 2012.
32. Справочник по климату СССР, вып14, часть.4, Ленинград, 1968, 385 с.
33. Berdzenishvili N. Anthropogenization in Georgia. European Researcher, Vol. (37), №12-2, 2012.
34. Berdzenishvili N. Global warming impact on ecosystems. Telavi, 2018.

## **ძლიერ ქარიან დღეთა რიცხვი იმერეთის რეგიონში**

**ბერძენიშვილი ნ.**

**რეზიუმე**

სისტემატიზებულია იმერეთის ქარის რეჟიმი, საქართველოს ერთ-ერთი რეგიონის, რომელიც მდებარეობს მის ცენტრალურ ნაწილში, დიდი კავკასიონის სამხრეთ ფერდობზე. დადგენილია გაბატონებული ქარის მიმართულების განმეორადობა. ყოველთვიური საშუალო მონაცემებით, აღმოსავლეთის რეგიონების ქარის განმეორებადობა აღწევს 53%-ს, ხოლო დასავლეთის რეგიონების ქარის განმეორებადობა 43%-ს შეადგენს. ღამის საათებში, აღმოსავლეთის ქარის სიხშირე იზრდება 69–70%-მდე, ხოლო დასავლეთის ქარის სიხშირე ყველაზე დიდია დღის მეორე ნახევარში, რაც შეადგენს 40–50% -ს. ქარის ყველაზე მაღალი საშუალო წლიური სიჩქარე შეინიშნება მთა-საბუეთში და არის 9.2 მ/წმ, სადაც ქარის სიჩქარე მთელი წლის განმავლობაში საკმაოდ მაღალია, რაც შეადგენს 7,9-10,6 მ/წმ. ქუთაისში 5 მ/წმ – მდე სიჩქარის გაზრდა განპირობებულია ფენოვანი ეფექტით, სხვა ადგილებში ქარის საშუალო წლიური სიჩქარე ძირითადად არ აღემატება 3 მ/წმ. ძლიერ ქარიან დღეთა საშუალო წლიური რაოდენობის ცვლილების დიაპაზონი 12-დან (კორბოული) – 162 დღემდე (მთა-საბუეთი) მერყეობს. ძლიერ ქარიან მქონე დღეების მაქსიმალური დღეების რაოდენობა დაფიქსირდა მთა-საბუეთში – 222, ქუთაისში ძლიერ ქარიან დღეთა მაქსიმალური რაოდენობაა 124, ხოლო სხვა ადგილებში მერყეობს 40–80 დღის განმავლობაში.

**საკვანძო სიტყვები:** იმერეთი, ქარი, მიმართულება, სიჩქარე, ძლიერი ქარი, დღეთა რიცხვი.

## **КОЛИЧЕСТВО ДНЕЙ С СИЛЬНЫМ ВЕТРОМ В ИМЕРЕТИНСКОМ РЕГИОНЕ ГРУЗИИ**

**Бердзенишвили Н.**

**Реферат**

Систематизирован ветровой режим одного из регионов Грузии-Имерети, расположенного в ее центральной части, на южном извилистом склоне Большого Кавказа. Установлены повторяемости господствующих направлений ветра. По среднемесячным данным повторяемость ветров восточных румбов достигает 53%, а повторяемость ветров западных румбов составляет 43%. В ночные часы повторяемость восточных ветров увеличивается до 69-70%, а повторяемость западных ветров наибольшая во второй половине дня, составляя 40-50%.

Наибольшая средняя годовая скорость ветра отмечается в Мта-Сабуети и составляет 9.2 м/с, где скорость ветра в течение всего года довольно высокая, составляя 7.9-10.6 м/с. Повышенные скорости ветра в Кутаиси до 5м/с обусловлены фоновым эффектом, в остальных пунктах средняя годовая скорость ветра главным образом не превышает 3м/с. Диапазон изменения среднегодового числа дней с сильным ветром колеблется в пределах 12 (Корбоули) до 162 дней (Мта- Сабуети). Максимальное число дней с сильным ветром зафиксировано в Мта-Сабуети-222, в Кутаиси максимальное число дней с сильным ветром составляет 124, а в остальных пунктах колеблется в пределах 40-80 дней.

**Ключевые слова:** Имерети, ветер, направление, скорость, сильный ветер, число дней.

## NUMBER OF DAYS WITH STRONG WIND IN THE IMERETI REGION OF GEORGIA

**Berdzenishvili N.**

### **Abstract**

The wind regime of one of the regions of Georgia-Imereti, located in its central part, on the southern winding slope of the Greater Caucasus, is systematized. The repeatability of the prevailing wind directions is established. According to the monthly average data, the repeatability of the winds of the eastern regions reaches 53%, and the repeatability of the winds of the western regions is 43%. At night, the frequency of easterly winds increases to 69-70%, and the frequency of westerly winds is greatest in the afternoon, amounting to 40-50%.

The highest average annual wind speed is observed in Mta-Sabueti and is 9.2 m/s where the wind speed throughout the year is quite high, amounting to 7.9-10.6 m/s. Increased wind speeds in Kutaisi up to 5 m/s are due to the phenic effect, in other places the average annual wind speed mainly does not exceed 3 m/s. The range of changes in the average annual number of days with strong winds ranges from 12 (Korbouli) to 162 days (Mta-Sabueti). The maximum number of days with a strong wind was recorded in Mta-Sabueti-222, in Kutaisi the maximum number of days with a strong wind is 124, and in other places it ranges from 40-80 days.

**Key words:** Imereti, wind, direction, speed, strong wind, number of days.



## კლიმატის ცვლილება და გლობალური დათბობის მოსალოდნელი საფრთხე

ხუციშვილი ე.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი

Phoenix579@yahoo.com

### შესავალი

დღესდღეობით ყველაზე მწვავე თემა, რაზეც კაცობრიობა დავობს „გლობალური დათბობა“, რაც კლიმატის ცვლილებით გამოიხატება, მათ შორის საქართველოშიც [1-20]. გლობალური დათბობა – თანამედროვეობის უმნიშვნელოვანესი ეკოლოგიური და სოციალურ-ეკონომიკური პრობლემაა. „გლობალური დათბობა“ ხშირად გამხდარა გარემოს დაცვითი სხვადასხვა მოძრაობის მოტივატორი.

ერთ-ერთ მნიშვნელოვან გამოწვევას, რომელსაც საკმაოდ ხანგრძლივი ნეგატიური შედეგები მოსდევს სწორედ კლიმატის ცვლილება წარმოადგენს. გლობალური დათბობა გულისხმობს დედამიწის ზედაპირის საშუალო ტემპერატურის გრძელვადიან ზრდას უპირველეს ყოვლისა, რომელიც ატმოსფეროში სათბურის გაზების გამოყოფაში გამოიხატება. ამ პრობლემის გადაწყვეტა შესაძლებელია მხოლოდ იმ შემთხვევაში, თუ გამოვლენილი და შესწავლილი იქნება კლიმატის ცვლილების გამომწვევი მიზეზები. ტემპერატურის მატება ხმელეთიდან წყლის უფრო სწრაფად აორთქლებას განაპირობებს, რაც იწვევს სითბოს ტალღების, გვალვებისა და ხანძრების შემთხვევების გახშირებასა და ინტენსივობას. ბოლოდროინდელი გვალვების სიმკაცრე და მასშტაბური ტყის ხანძრები გამოწვეულია კლიმატის ცვლილებით.

მტკიცება იმის თაობაზე, რომ თანამედროვე კლიმატის ცვლილება გლობალური დათბობის მხოლოდ მორიგ ისტორიულ ეტაპს წარმოადგენს, არასწორია, თითქოს ამ ეტაპზე მას იწვევს იგივე ბუნებრივი ფაქტორები, როგორცაა მაგალითად მზე. ვერანაირი ბუნებრივი ფაქტორი ვერ ახსნის სწრაფ ტემპს, რომლითაც დედამიწაზე დათბობა მიმდინარეობს. მეცნიერების აზრით, სწრაფი გლობალური დათბობა, რომელიც შეინიშნება უახლოეს პერიოდში, შეიძლება გამოწვეული იყოს მხოლოდ ადამიანების საქმიანობის შედეგად გამოყოფილი მილიარდობით ტონა ნახშირორჟანგით დაბინძურების გამო.

### ძირითადი ნაწილი

კლიმატის ცვლილება არის მოვლენა, რომელიც არაპროპორციულად ახდენს გავლენას ადამიანებზე, კლიმატის ცვლილების გამოხატული სიმპტომი არის ის, რომ სტიქიური მოვლენების რაოდენობა და ინტენსივობა იზრდება. ადამიანის საქმიანობა, რომელიც ხელს უწყობს გლობალურ დათბობას, მოიცავს წიაღისეული საწვავის (ქვანახშირის, ნავ-

თობისა და ბუნებრივი აირის) წვას, ტყეების გაჩეხვას სამრეწველო პროცესებისა და სასოფლო-სამეურნეო საქმიანობისათვის. გლობალური დათბობის შედეგად, დედამიწის კლიმატი განიცდის მნიშვნელოვან ცვლილებებს, რაც იწვევს ისეთ ფენომენებს, როგორცაა ზღვის დონის აწევა, უფრო ხშირი და ინტენსიური სიციხის ტალღები, ნალექის ცვლილებები და ეკოსისტემებისა და ბიომრავალფეროვნების დარღვევა. წარმოიდგინეთ სათბური ზამთრის პერიოდში, მზის სხივი შუშიდან სათბურის შიგნით აღწევს მიუხედავად იმისა, რომ გარეთ ძალიან ცივა. მზე სათბურის ინტერიერს, მის ნიადაგს და მცენარეებს სწრაფად ათბობს. იგივე შეიძლება ითქვას დედამიწის ატმოსფეროზეც. მზე ათბობს დედამიწის ზედაპირს და ატმოსფეროს, ამ სითბოს 70% უკან კოსმოსში ბრუნდება. წიაღისეული საწვავის წვისას გაფრქვეული სათბურის გაზები, ისეთები როგორცაა, ნახშირორჟანგი, მეთანი, ა.შ. ატმოსფეროს გარს ეკვრის და შემოსული მზის სხივების, უკან, კოსმოსში დაბრუნებას ხელს უშლის, ინახავს სითბოს, ანუ ქმნის „სათბურის ეფექტს“, შედეგად კი დედამიწაზე ტემპერატურა იზრდება. რეალურად, როცა ვსაუბრობთ კლიმატის კრიზისზე, ჩვენ ვსაუბრობთ პლანეტის სიცოცხლის უნარიანობაზე, ადამიანების სიცოცხლეზე, ჩვენს ჯანმრთელობაზე, როგორ მოვაწყობთ ჩვენს სისტემებს, რადგან კაცობრიობა დღესდღეობით დამოკიდებულია წიაღისეული საწვავის აქტიური გამოყენებით, რაც პირდაპირ იწვევს კლიმატის ცვლილებას, შესაბამისად ჩვენ ვართ უდიდესი გლობალური ცვლილებების წინაშე, ამიტომ ჩვენ უნდა შევცვალოთ ყველა მიდგომა ეკონომიკაში, პოლიტიკაში და ა.შ. ჩვენი პლანეტა, რომელიც დაახლოებით ბოლო თორმეტი ათასი წლის გამავლობაში იყო სტაბილურ მდგომარეობაში და სწორედ ამიტომ ჩვენ, ადამიანებმა მოვახერხეთ შეგვექმნა ცივილიზაციები, ეს იყო დიდ წილად იმის დამსახურება, რომ ვცხოვრობდით შედარებით სტაბილურ კლიმატურ პრობებში, კლიმატი გვიწყობდა ხელს, შეგვეძლო განგვესაზღვრა როგორი იქნებოდა კლიმატი მომავალში. ჩვეულებრივი ადამიანის პერსპექტივიდან შეგვეძლო წამოგვეწყო მევენახეობა და გვცოდნოდა, რომ ჩვენს მერე შემდეგი რამდენიმე თაობა ამ საქმეს გაჰყვებოდა, მაგრამ დღეს, როდესაც იმდენად არის აჩქარებული კლიმატის ცვლილება და ვართ კრიზისში შესული, ფაქტობრივად წარმოუგენელია იმის ცოდნა, თუ რა იქნება 20, 30 ან თუნდაც 50 წლის შემდეგ.

კლიმატის ცვლილება ბევრ საფრთხეს უქმნის ადამიანის ჯანმრთელობასა და კეთილდღეობას, იწვევს სიციხესთან დაკავშირებულ დაავადებებს, გადამდებ დაავადებებს და სუნთქვის პრობლემებს, რომლებიც გამწვავებულია ჰაერის დაბინძურებითა და ალერგენებით. კლიმატის ცვლილება გავლენას ახდენს საკვებზე, რომელსაც ჩვენ ვჭამთ, ჰაერზე, რომელსაც ვსუნთქავთ, წყალზე, რომელსაც ვსვამთ. კლიმატის ცვლილებამ შეიძლება გავლენა მოახდინოს როგორც ადამიანების ჯანმრთელობაზე, ასევე მის კეთილდღეობაზე ექსტრემალური ამინდის მოვლენების სიხშირის ან ინტენსივობის შეცვლით და გარკვეული მავნებლებისა და დაავადებების გავრცელებით. კლიმატის ცვლილების ჯანმრთელობაზე ზემოქმედება მოიცავს რესპირატორულ და გულის დაავადებებს, მავნებლებთან დაკავშირებულ დაავადებებს, ასევე წყალთან და საკვებთან დაკავშირებულ დაავადებებს, დაზიანებებსა და სიკვდილიანობას. კლიმატის ცვლილება ასევე დაკავშირებულია ძალადობრივი დანაშაულის ზრდასთან და საერთო ცუდ ფსიქიკურ ჯანმრთელობასთან.

დათბობა განსაკუთრებით მკაფიოდ არის გამოხატული ევრაზიის და ჩრდილოეთ ამერიკის პოლარულ სექტორებში, აგრეთვე წყნარი ოკეანეს აღმოსავლეთ და ცენტრალურ ნაწილებში, და ინდოეთის ოკეანეს სამხრეთ ნაწილში. ინტენსიური აცივების დიდი ფართო-

ბები დაფიქსირებულია წყნარის ოკეანეს ჩრდილოეთ და სამხრეთ, აგრეთვე ატლანტიკის ოკეანის ჩრდილოეთ ნაწილში. სუსტი აცივება აღინიშნება აფრიკის კონტინენტის ცენტრალურ ნაწილში-ნოტიო ეკვატორული ტყეების ზონაში.

**კვლევა:** კლიმატის კვლევა ყოველთვის იყო მნიშვნელოვანი და განსაკუთრებით აქტუალური გახდა მისი შესწავლა გასული საუკუნის მეორე ნახევრიდან. ბოლო 50 წლის განმავლობაში მეცნიერებმა დააფიქსირეს მითითებული კლიმატური მოვლენების სიმძაფრის მზარდი მაჩვენებელი მთელი მსოფლიოს მასშტაბით. გლობალური დათბობის ფონზე თავი იჩინა რეგიონულმა კლიმატურმა ვარიაციებმაც, რამაც კაცობრიობას უამრავი პრობლემა შეუქმნა. კლიმატოლოგების 97%, რომლებსაც გამოქვეყნებული აქვთ კვლევები კლიმატის სფეროში, თანხმდება, რომ გლობალური დათბობა რეალური პრობლემაა და ის გამოწვეულია ადამიანური ფაქტორებით. თანამედროვე გლობალურ დათბობას იწვევს ადამიანის საქმიანობა და არა ბუნებრივი მოვლენები. უკანასკნელი 200 წლის განმავლობაში (მას შემდეგ რაც განვითარდა ინდუსტრია/ე.წ. ინდუსტრიული რევოლუციის დაწყების შემდეგ) ატმოსფეროში აირების მოცულობა გაიზარდა 18-დან 148 პროცენტამდე, ვინაიდან გაიზარდა ჩვენი დამოკიდებულება საწვავის წიაღისეულის მიმართ. ეს პროცესი არის შეუქცევადი, თუმცა შენელებაზე და ადაფტაციაზეა საუბარი.

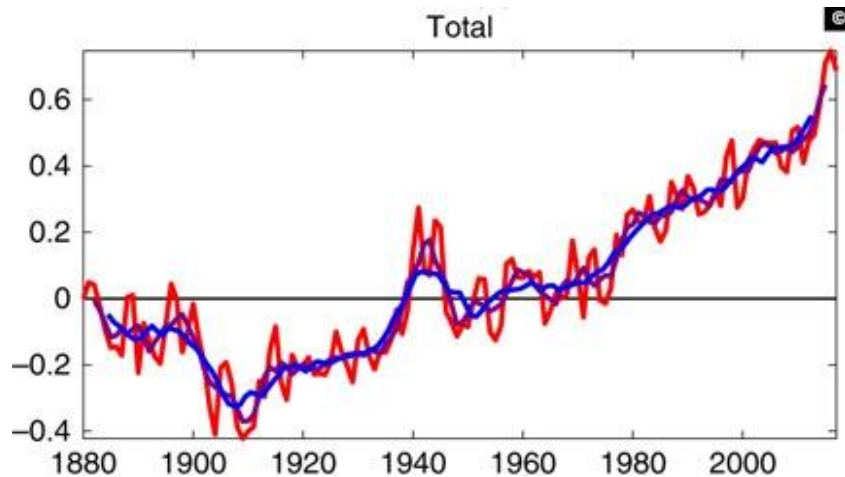
XXI საუკუნის დასაწყისში მსოფლიო მეტეოროლოგიური ორგანიზაციის ეგიდით ჩატარებულმა გამოკვლევებმა დაადასტურა გლობალური კლიმატის დათბობის აღნიშნული ტენდენცია, კვლევებმა აჩვენა, რომ ჩვენი პლანეტის ტემპერატურა ნელ-ნელა მიიწევს ზემოთ. ამავე დროს დადგინდა, რომ დედამიწის სხვადასხვა რაიონებში დათბობა სხვადასხვა ინტენსივობით მიმდინარეობს.

**დაკვირვება:** გლობალური დათბობის დაკვირვება მოიცავს სხვადასხვა ტექნოლოგიების გამოყენებას სხვადასხვა სამეცნიერო დისციპლინაში. გლობალური დათბობის დასაკვირვებლად გამოყენებული რამდენიმე ძირითადი ტექნოლოგია და მეთოდი მოიცავს:

- სატელიტური დისტანციური ზონდირება: სენსორებით აღჭურვილ სატელიტებს შეუძლიათ აკონტროლონ ტემპერატურის ცვლილებები, ყინულის საფარი, ზღვის დონის აწევა, მცენარეულობის ნიმუშები და კლიმატის ცვლილების სხვა ინდიკატორები. ისინი უზრუნველყოფენ მონაცემთა შეგროვების გლობალურ პერსპექტივას და უწყვეტობას.
- ამინდის სადგურები აგროვებენ მონაცემებს ტემპერატურის, ტენიანობის, ატმოსფერული წნევის, ქარის სიჩქარისა და სხვა მეტეოროლოგიური ცვლადების შესახებ. ეს სადგურები აწვდიან ადგილობრივ და რეგიონულ მონაცემებს, რაც მნიშვნელოვანია კლიმატის ტენდენციების გასაგებად.
- რადიოზონდები: ეს არის ინსტრუმენტები, რომლებიც ატარებენ ამინდის ბუშტებს, რომლებიც ზომავენ ატმოსფერულ ტემპერატურას, ტენიანობას და წნევას სხვადასხვა სიმაღლეზე. რადიოზონდები გვებმარება ვერტიკალური ტემპერატურის პროფილები-სა და ატმოსფერული დინამიკის გაგებაში.
- ოკეანოგრაფიული ინსტრუმენტები: ინსტრუმენტები, როგორცაა გამტარობა-ტემპერატურა-სიღრმის (CTD) პროფილერები, არგოს მცურავი და დამაგრებული ბუები ზომავს ოკეანის ტემპერატურას, მარილიანობას და დინებებს. ისინი უზრუნველყოფენ მნიშვნელოვან მონაცემებს ოკეანის სითბოს მიღებისა და ცირკულაციის შაბლონების გასაგებად.

- ცინულის ბირთვის ნიმუშის აღება: პოლარული ცინულის ქუდებიდან და მყინვარებიდან გაბურღული ცინულის ბირთვები შეიცავს ჰაერის ბუშტებს და იზოტოპურ შემადგენლობას, რაც უზრუნველყოფს წარსული კლიმატური პირობების ჩანაწერებს, მათ შორის ტემპერატურის ცვალებადობასა და ატმოსფერულ შემადგენლობას ათასწლეულების განმავლობაში.
- ხის რგოლის ანალიზი: დენდროქრონოლოგია მოიცავს ხეების ზრდის რგოლების ანალიზს წარსული კლიმატური პირობების აღსადგენად, როგორცაა ტემპერატურა და ნალექების ნიმუშები.
- კლიმატის მოდელები: გამოთვლითი მოდელები ახდენენ დედამიწის კლიმატის სისტემის სიმულაციას ფიზიკურ პრინციპებზე დაყრდნობით, სხვადასხვა დაკვირვების მონაცემებს. ეს მოდელები გვეხმარება მომავალი კლიმატის სცენარების პროგნოზირებაში სხვადასხვა ემისიის სცენარით და გლობალური დათბობის მამოძრავებლების გაგებაში.
- სათბურის გაზების დისტანციური ზონდირება: ინსტრუმენტები, როგორცაა სპექტრომეტრები, ზომავენ სათბურის გაზების კონცენტრაციას, როგორცაა ნახშირორჟანგი (CO<sub>2</sub>), მეთანი (CH<sub>4</sub>) და აზოტის ოქსიდი (N<sub>2</sub>O) ატმოსფეროში მიწისზედა სადგურებიდან, თვითმფრინავებიდან და თანამგზავრებიდან.

მეცნიერები ღრმად არიან იმაში დარწმუნებული, რომ ეს მოდელები ისეთ ინფორმაციას გვაწვდის, რომ ჩავწვდეთ კლიმატის ცვლილებას, ასევე როგორც მასთან შებრძოლების ხერხებს. Yale University Graduate School of Environmental Sciences



ფოტო ჟურნალიდან "ნეიჩერ"

მეცნიერებმა გრძელვადიანი ამინდის პროგნოზის გამომთვლელი ახალი მეთოდი შეიმუშავეს, რომელიც ადასტურებს, რომ ტემპერატურის ინტენსიური, ექსტრემალური ზრდის ტენდენცია მომავალშიც გრძელდება. სამეცნიერო კვლევა შემდეგი 4-5 წლის მანძილზე მოსალოდნელი დათბობის შესახებ, გამოქვეყნდა ჟურნალში „ნეიჩერ“. მისი ავტორები არიან ფლორიან სეველეკი, ბრესტის უნივერსიტეტიდან (საფრანგეთი) და სიბრენ დრიფუტი, საუთჰემპტონის უნივერსიტეტიდან (ბრიტანეთი).

**პრევენციული ზომები:** გლობალური დათბობის შეჩერება მოითხოვს მრავალმხრივ მიდგომას, რომელიც მოიცავს საერთაშორისო თანამშრომლობას, პოლიტიკის ცვლილე-

ბებს, ტექნოლოგიურ წინსვლას და ინდივიდუალურ ქმედებებს. აქ არის რამდენიმე ძირითადი სტრატეგია, რომელიც შეიძლება განხორციელდეს:

- განახლებად ენერჯიაზე გადასვლა: წიაღისეული საწვავის (ქვანახშირი, ნავთობი და ბუნებრივი აირი) გადატანა განახლებადი ენერჯიის წყაროებზე, როგორცაა მზის, ქარი, ჰიდროელექტრო და გეოთერმული ენერჯია. ეს გულისხმობს განახლებადი ენერჯიის ინფრასტრუქტურაში ინვესტირებას და წიაღისეული საწვავის სუბსიდიების ეტაპობრივ გაუქმებას.
- ენერგოეფექტურობა: ენერგოეფექტურობა ტრანსპორტში, შენობებსა და მრეწველობაში. ეს მოიცავს ენერგოეფექტური ტექნოლოგიების დანერგვას, ურბანული დაგეგმარების გაუმჯობესებას ტრანსპორტის საჭიროებების შესამცირებლად და მდგრადი სამშენებლო პრაქტიკის ხელშეწყობას.
- ტყის გაშენება და დაცვა : ხეები შთანთქავენ CO<sub>2</sub>-ს ატმოსფეროდან და გადაწყვეტ როლს თამაშობენ ნახშირბადის სეკვესტრირებაში. ტყის გაშენება (ხეების დარგვა ისეთ ადგილებში, სადაც ადრე არ იყო ტყეები) და ტყის აღდგენა (ხეების ხელახალი დარგვა გაჩეხილ ადგილებში) შეიძლება დაეხმაროს კლიმატის ცვლილების შერბილებას ატმოსფეროდან CO<sub>2</sub>-ის მოცილებით.
- ეკოსისტემების დაცვა და აღდგენა: ტყეების, ჭაობების და სხვა ეკოსისტემების აღდგენა და დაცვა, ტყეები, კერძოდ, შთანთქავს ნახშირორჟანგს ატმოსფეროდან და ინახავს მას ხეებსა და ნიადაგში.
- მდგრადი სოფლის მეურნეობის ხელშეწყობა: მდგრადი სასოფლო-სამეურნეო პრაქტიკა, როგორცაა აგროტყეობა, ორგანული მეურნეობა და ნიადაგის დამუშავების შემცირება.
- ელექტრო სატრანსპორტო საშუალებებზე გადასვლა: ელექტრო მანქანების დაჩქარებულად მიღება და დამტენი ინფრასტრუქტურის გაუმჯობესება ტრანსპორტის სექტორიდან გამონაბოლქვის შესამცირებლად.
- კლიმატისთვის ხელსაყრელი პოლიტიკის ხელშეწყობა: იმ პოლიტიკის მხარდაჭერა, რომელიც პრიორიტეტს ანიჭებს განახლებადი ენერჯიისთვის სუბსიდიებს და ინვესტიციებს სუფთა ტექნოლოგიების კვლევასა და განვითარებაში.
- განათლება და ცნობიერების ამაღლება: საზოგადოების ინფორმირებულობის და განათლების გაზრდა კლიმატის ცვლილების გამომწვევი მიზეზებისა და ზემოქმედების შესახებ, ისევე როგორც ზომების მიღების მნიშვნელობის შესახებ. საზოგადოების განათლებამ შეიძლება გამოიწვიოს გლობალური დათბობის შესამცირებლად ცნობიერების ამაღლება და მხარდაჭერა.
- მდგრადი ურბანული დაგეგმარების ხელშეწყობა: მწვანე სივრცეების გაზრდამ შეიძლება შეამციროს კლიმატის ცვლილება და გააუმჯობესოს ურბანული მდგრადობა კლიმატის ცვლილების მიმართ.
- ინვესტიცია კვლევასა და განვითარებაში: სუფთა ტექნოლოგიებისა და ინოვაციური გადაწყვეტილებების კვლევასა და განვითარებაში ინვესტირებამ შეიძლება ხელი შეუწყოს ნახშირბადის დაბალი შემცველობის ეკონომიკაზე გადასვლის დაჩქარებას.
- საერთაშორისო თანამშრომლობა: გლობალური გამოწვევები, როგორცაა კლიმატის ცვლილება, მოითხოვს კოორდინირებულ მოქმედებას საერთაშორისო დონეზე. გლობალური თანამშრომლობა და საერთაშორისო შეთანხმებები, როგორცაა პარიზის შე-

თანხმება, გადამწყვეტ როლს თამაშობს ემისიების შემცირების მიზნების დასახვაში და ხელს უწყობს ქვეყნებს შორის თანამშრომლობას კლიმატის ცვლილების ერთობლივად მოსაგვარებლად. NASA (National Aeronautics and Space Administration) in the USA.

## დასკვნა

მიუხედავად იმისა, რომ მიღწეულია მნიშვნელოვანი პროგრესი, გაცილებით მეტი ქმედებაა საჭირო გლობალური დათბობის ზემოქმედების შესამცირებლად ადამიანებზე და პლანეტაზე. გადაუდებელი და ამბიციური ძალისხმევაა საჭირო საზოგადოების ყველა დონეზე. ამ პრევენციული ზომების განხორციელებას დასჭირდება მთავრობების, ბიზნესის და ინდივიდების ერთობლივი ძალისხმევა მთელ მსოფლიოში. ჩვენ შეგვიძლია ჩვენი ცხოვრების წესად ვაქციოთ გარემოს დაცვა, იმიტომ რომ ეს არის ამ პრობლემის მოგვარების სწორი გზა და სწორი არჩევანი.

## ლიტერატურა – References – Литература

1. Masson-Delmotte V., Zhai P., Pirani A., Connors S. L., Péan C., Berger S., Caud N., Chen Y., Goldfarb L., Gomis M.I., Huang M., Leitzell K., Lonnoy E., Matthews J.B.R., Maycock T. K., Waterfield T., Yelekçi O., Yu R., Zhou B. (eds.). IPCC, 2021: Summary for Policymakers. In: *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, 2021, 41 p.
2. NASA (National Aeronautics and Space Administration) in the USA.
3. Yale University Graduate School of Environmental Sciences.
4. Elizbarashvili E., Tatishvili M., Elizbarashvili M., Meskhia R., Elizbarashvili Sh. Climate Change of Georgia in the Conditions of Global Warming. Tb., 2013, p. 5-9.
5. Amiranashvili A., Chargazia Kh., Trofimenko L. Dynamics of the thirty-year moving average values of the air temperature in Tbilisi and St.-Petersburg with 1851 to 2010 and their extrapolation to 2051-2080. Int. Conf. “Applied Ecology: Problems, Innovations”, ICAE-2015. Proceedings, Tbilisi-Batumi, Georgia, ISBN 978-9941-0-7644-2, 7-10 May, 2015, Tbilisi, 2015, pp. 12-16 <http://icae-2015.tsu.ge/>
6. Elizbarashvili M., Elizbarashvili E., Tatishvili M., Elizbarashvili S., Meskhia R., Kutaladze N., King L., Keggenhoff I., Khardziani, T. Georgian Climate Change under Global Warming Conditions. Ann. Agrar. Sci., 15, 2017, pp. 17–25.
7. Elizbarashvili E. Climate of Georgia. Georgian Technical University, Institute of Hydrometeorology, Tbilisi, Georgia, 2017, 360 p. Available online: <https://www.ecohydmet.ge/geo%20climate.pdf> (accessed on 6 March 2024), (In Georgian Language).
8. Amiranashvili A. Changeability of Air Temperature and Atmospheric Precipitations in Tbilisi for 175 Years. Int. Sc. Conf. “Natural Disasters in Georgia: Monitoring, Prevention, Mitigation”. Proc., ISBN 978-9941-13-899-7, Publish House of Iv. Javakhishvili Tbilisi State University, December 12-14, Tbilisi, 2019, pp.189-192.
9. Amiranashvili A., Bliadze T., Kartvelishvili L. Statistical Characteristics of Monthly Sums of Atmospheric Precipitations in Tianeti (Georgia) in 1956-2015. Trans. of Mikheil Nodia institute of Geophysics, ISSN 1512-1135, vol. 70, Tb., 2019, pp. 112-118, (in Russian), <http://dspace.gela.org.ge/handle/123456789/254>;
10. Bliadze T., Gvasalia G., Kirkitadze D., Mekoshkishvili N. Changeability of the Atmospheric Precipitations Regime in Kakheti in 1956-2015. International Scientific Conference “Natural Disasters in Georgia: Monitoring, Prevention, Mitigation”. Proceedings, ISBN 978-9941-13-899-7, Publish House of Iv. Javakhishvili Tbilisi State University, December 12-14, Tbilisi, 2019, pp. 74-77.

11. Amiranashvili A.G., Kartvelishvili L.G., Kutaladze N.B., Megrelidze L.D., Tatishvili M.R. Changeability of the Meteorological Parameters Associated with Holiday Climate Index in Different Mountainous Regions of Georgia in 1956-2015. *Journal of the Georgian Geophysical Society*, e-ISSN: 2667-9973, p-ISSN: 1512-1127, *Physics of Solid Earth, Atmosphere, Ocean and Space Plasma*, v. 24(2), 2021, pp. 78-91. DOI: <https://doi.org/10.48614/ggs2420213326>
12. Amiranashvili A. Variability of the Average Annual Air Temperature in Tbilisi Against the Background of Global Warming in 1880-2021. II International Scientific Conference “Landscape Dimensions of Sustainable Development Science – Carto/GIS – Planning – Governance”, Dedicated to the 75th Anniversary of Professor Nikoloz (Niko) Beruchashvili, Proceedings, 12-16 September 2022, Tbilisi, Georgia, Ivane Javakhishvili Tbilisi State University Press, 2022, ISBN 978-9941-36-030-5, pp. 265-269. <http://www.dspace.gela.org.ge/handle/123456789/10118>
13. Amiranashvili A., Kartvelishvili L., Kutaladze N., Megrelidze L., Tatishvili M. Variability of the Mean Max Annual Air Temperature in 39 Locations of Georgia in 1956-2015. *Int. Sc. Conf. "Geophysical Processes in the Earth and its Envelopes"*. Proceedings, ISBN 978-9941-36-147-0, Publish House of Iv. Javakhishvili Tbilisi State University, November 16-17, 2023, pp. 122-126. <http://109.205.44.60/handle/123456789/10417>
14. Amiranashvili A., Kartvelishvili L., Kutaladze N., Megrelidze L., Tatishvili M. Comparison of the Mean Max Annual, Seasonal and Monthly Air Temperature Variability in Tbilisi and Shovi in 1956-2022. *Int. Sc. Conf. "Geophysical Processes in the Earth and its Envelopes"*. Proceedings, ISBN 978-9941-36-147-0, Publish House of Iv. Javakhishvili Tbilisi State University, November 16-17, 2023, pp. 127-132. [http://www.openlibrary.ge/bitstream/123456789/10418/1/32\\_IG\\_90.pdf](http://www.openlibrary.ge/bitstream/123456789/10418/1/32_IG_90.pdf)
15. Kartvelishvili L., Tatishvili M., Amiranashvili A., Megrelidze L., Kutaladze N. Weather, Climate and their Change Regularities for the Conditions of Georgia. Monograph, Publishing House “Universal”, ISBN: 978-9941-33-465-8, Tbilisi 2023, 406 p., <https://doi.org/10.52340/mng.9789941334658>
16. Amiranashvili A., Beglarashvili N., Elizbarashvili E., Varazanashvili O., Pipia M. Statistical analysis of data from 30 meteorological stations of Georgia on the number of days with hail in the warm half of the year in 1941-2021. *Transactions of IHM, GTU*, ISSN: 1512-0902, vol. 135, 2024, pp. 32-38, (in Georgian). <http://109.205.44.60/bitstream/123456789/10593/1/135-6.pdf>
17. Pipia M., Amiranashvili A., Beglarashvili N., Elizbarashvili E., Varazanashvili O. Variability in the Number of Days with Hail in the Warm Half of the Year in Bolnisi and Tsalka in 1941-2021 and their Expected Change until 2045. *Journal of the Georgian Geophysical Society*, e-ISSN: 2667-9973, p-ISSN: 1512-1127, *Physics of Solid Earth, Atmosphere, Ocean and Space Plasma*, v. 27(1), 2024, pp. 58–66. <https://ggs.openjournals.ge/index.php/GGS/article/view/7984>
18. Amiranashvili A. Analysis of Variability of Mean Annual Air Temperature in Tbilisi in 1844-2023 Against the Background of Climate Change. *Int. Sc. Conf. “Complex Geophysical Monitoring in Georgia: History, Modern Problems, Promoting Sustainable Development of the Country”*, Proceedings, ISBN 978-9941-36-272-9, Publish House of Iv. Javakhishvili Tbilisi State University, Tbilisi, Georgia, October 17-19, 2024, pp. 145 – 149.
19. Bolashvili N., Chikhladze V., Kartvelishvili L., Tatishvili M. Variability of Atmospheric Precipitation in Tbilisi in 1844-2023. *Int. Sc. Conf. “Complex Geophysical Monitoring in Georgia: History, Modern Problems, Promoting Sustainable Development of the Country”*, Proceedings, ISBN 978-9941-36-272-9, Publish House of Iv. Javakhishvili Tbilisi State University, Tbilisi, Georgia, October 17-19, 2024, pp. 150 – 154.
20. Elizbarashvili M., Amiranashvili A., Elizbarashvili E., Mikuchadze G., Khuntselia T., Chikhradze N. Comparison of RegCM4.7.1 Simulation with the Station Observation Data of Georgia, 1985–2008. *Atmosphere*, ISSN: 2073-4433, 15, 369, 2024, 19 pp. <https://doi.org/10.3390/atmos15030369>

## კლიმატის ცვლილება და გლობალური დათბობის მოსალოდნელი საფრთხე

ხუციშვილი ე.

რეზიუმე

გლობალური დათბობა გულისხმობს დედამიწის ზედაპირის საშუალო ტემპერატურის ხანგრძლივ ზრდას ადამიანის საქმიანობის გამო, პირველ რიგში სათბურის აირების გამოყოფით, როგორცაა ნახშირორჟანგი (CO<sub>2</sub>), მეთანი (CH<sub>4</sub>) და აზოტის ოქსიდი (N<sub>2</sub>O). ეს აირები ატმოსფეროში იჭერს სითბოს, რაც იწვევს სათბურის ეფექტს და იწვევს პლანეტის დათბობას. გლობალური დათბობის პრევენცია მოითხოვს მრავალმხრივ მიდგომას, რომელიც მოიცავს როგორც შერბილების, ასევე ადაპტაციის სტრატეგიებს. ქვეყნები ვალდებული არიან შეამცირონ ემისიები და გააძლიერონ კლიმატის ზემოქმედებისადმი მდგრადობა. შერბილების მცდელობებთან ერთად, აუცილებელია ადაპტაციის ღონისძიებები კლიმატის ცვლილების ზემოქმედების დასაძლევად, რომელიც უკვე მიმდინარეობს. ეს მოიცავს მდგრადი ინფრასტრუქტურის მშენებლობას, წყლის რესურსების მართვის გაუმჯობესებას, სანაპირო დაცვის გაძლიერებას და ექსტრემალური ამინდის მოვლენების ადრეული გაფრთხილების სისტემების დანერგვას. მნიშვნელოვანია საზოგადოების ინფორმირებულობა და განათლება კლიმატის ცვლილების გამომწვევი მიზეზებისა და შედეგების შესახებ. საზოგადოების ინფორმირებულობის გაზრდა ხელს უწყობს პოლიტიკის ქმედებების მხარდაჭერას და ხელს უწყობს ინდივიდებს, მიიღონ მდგრადი ქვეყნები ყოველდღიურ ცხოვრებაში. გლობალურ დათბობასთან ბრძოლა მოითხოვს კოორდინირებულ ძალისხმევას, რათა შეარბილონ ემისიები და ააშენონ უფრო მდგრადი მომავალი შემდეგი თაობებისთვის.

**საკვანძო სიტყვები:** კლიმატის ცვლილება, სათბურის ეფექტი, გლობალური დათბობა.

## CLIMATE CHANGE AND THE IMPENDING THREAT OF GLOBAL WARMING

Khutsishvili E.

Abstract

Global warming refers to a long-term increase in the Earth's average surface temperature due to human activities, primarily through the release of greenhouse gases such as carbon dioxide (CO<sub>2</sub>), methane (CH<sub>4</sub>), and nitrous oxide (N<sub>2</sub>O). These gases trap heat in the atmosphere, causing the greenhouse effect and warming the planet. Preventing global warming requires a multi-pronged approach that includes both mitigation and adaptation strategies. The 2015 Paris Agreement aims to limit global warming to 2 degrees Celsius above pre-industrial levels, with efforts to limit it to 1.5 degrees Celsius. Countries are committed to reducing emissions and strengthening resilience to climate impacts. Along with mitigation efforts, adaptation measures are needed to address the impacts of climate change that are already underway. This includes building sustainable infrastructure, improving water resource management, strengthening coastal protection and implementing early warning systems for extreme weather events. Public awareness and education are important. Increasing public awareness of the causes and consequences of climate change helps support policy action and encourages individuals to adopt sustainable behaviors in their daily lives. Combating global warming requires a coordinated effort from governments, businesses and individuals around the world to mitigate emissions, adapt to change and build more sustainable communities. Sustainable for future generations.

**Key words:** climate change, greenhouse effect, global warming.



## ИЗМЕНЕНИЕ КЛИМАТА И НАДВИГАЮЩАЯСЯ УГРОЗА ГЛОБАЛЬНОГО ПОТЕПЛЕНИЯ

Хуцишвили Е.

### Реферат

Глобальное потепление относится к долгосрочному повышению средней температуры поверхности Земли из-за деятельности человека, в первую очередь за счет выброса парниковых газов, таких как углекислый газ ( $\text{CO}_2$ ), метан ( $\text{CH}_4$ ) и закись азота ( $\text{N}_2\text{O}$ ). Эти газы удерживают тепло в атмосфере, вызывая парниковый эффект и нагревая планету. Предотвращение глобального потепления требует многостороннего подхода, который включает как стратегии смягчения последствий, так и стратегии адаптации. Парижское соглашение 2015 года направлено на ограничение глобального потепления до 2 градусов Цельсия выше доиндустриального уровня с усилиями по ограничению его до 1,5 градуса Цельсия. Страны привержены сокращению выбросов и укреплению устойчивости к последствиям изменения климата. Наряду с усилиями по смягчению последствий необходимы меры адаптации для устранения последствий изменения климата, которые уже происходят. Это включает в себя создание устойчивой инфраструктуры, улучшение управления водными ресурсами, укрепление защиты побережья и внедрение систем раннего оповещения об экстремальных погодных явлениях. Важны осведомленность общественности и образование. Повышение осведомленности общественности о причинах и последствиях изменения климата помогает поддерживать политические действия и побуждает людей принимать устойчивые модели поведения в своей повседневной жизни. Борьба с глобальным потеплением требует скоординированных усилий правительств, предприятий и людей по всему миру для сокращения выбросов, адаптации к изменениям и создания более устойчивых сообществ, устойчивых для будущих поколений.

**Ключевые слова:** изменение климата, парниковый эффект, глобальное потепление.

## სეტყვაზე აქტიური ზემოქმედების შედეგების შეფასება კახეთის რეგიონში (საქართველო)

<sup>1</sup>ლაღიძე ლ., <sup>1,2,3</sup>კაჭარავა გ., <sup>1,2,3</sup>ბერულავა ნ., <sup>2</sup>გელოვანი გ.

<sup>1</sup>ივანე ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

<sup>2</sup>სახელმწიფო სამხედრო სამეცნიერო-ტექნიკური ცენტრი „დელტა“

<sup>3</sup>ივანე ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის  
მიხეილ ნოდია სახელობის გეოფიზიკის ინსტიტუტი

*lamzira.laghidze@tsu.ge*

### 1. შესავალი

გასული საუკუნის შუა პერიოდიდან, დედამიწაზე ცხადად შეინიშნება სხვადასხვა სახის სტიქიური მოვლენების სიხშირისა და ინტენსივობის ზრდის ტენდენცია, რის ძირითად მაპროვიცირებელ ფაქტორად კლიმატის ცვლილება განიხილება.

დადგენილია, რომ დედამიწაზე აღრიცხული სტიქიური მოვლენების უმრავლესობა ჰიდრომეტეოროლოგიურ მოვლენათა კატეგორიას განეკუთვნება. ჰიდრომეტეოროლოგიური პროცესებიდან განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია სეტყვა და მასზე აქტიური ზემოქმედება, რომელიც პრაქტიკული კუთხით ძალიან მნიშვნელოვანია.

საქართველოს ტერიტორიის გეოგრაფიული მდებარეობის თავისებურებისა და რთული რელიეფის გამო, ხშირად აღინიშნება ატმოსფეროს ზოგადი ცირკულაციური პროცესების გამწვავება და სხვადასხვა სახის სტიქიური ჰიდრომეტეოროლოგიური პროცესების ფორმირება.

სტატიაში კვლევის ძირითად ობიექტს წარმოადგენს საქართველოში კერძოდ, კახეთის რეგიონში სტიქიური ჰიდრომეტეოროლოგიური მოვლენის, სეტყვის წარმოშობის და გავრცელების თანამედროვე მდგომარეობა და ევოლუციის ხასიათის დადგენა. აღნიშნული საკითხების კვლევა განხორციელებულია წინა წლების სტატისტიკური მონაცემების შედარებითი ანალიზის საფუძველზე. სტიქიური მოვლენის (სეტყვის) დროში ცვლილების ტენდენციების დასადგენად ჩატარებულია სეტყვის საწინააღმდეგო სამუშაოების ანალიზი 2016-2023 წლებში. გაკეთებულია გარკვეული დასკვნები და დასახულია სამუშაოების ეფექტურობის გასაუმჯობესებელი რიგი ღონისძიებები.

სულ 2016-2023 წლებში აქტიური ზემოქმედება საჭირო გახდა 403 შემთხვევაში, ზარალმა ამ პერიოდში შეადგინა (100%-ზე დაყვანილი მონაცემებით) 31527 ჰა, ანუ ყოველწლიურად საშუალოდ 3941 ჰა. ემპირიული შეფასების საფუძველზე აქტიური ზემოქმედების შედეგად ზარალი მცირდება 35-40 ჯერ.

საქართველოს ტერიტორიის გეოგრაფიული მდებარეობის თავისებურებისა და რთული რელიეფის გამო, ხშირად აღინიშნება ატმოსფეროს ზოგადი ცირკულაციური პროცესების გამწვავება და სხვადასხვა სახის სტიქიური ჰიდრომეტეოროლოგიური პროცესების ფორმირება.

ჰიდრომეტეოროლოგიური პროცესებიდან განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია სეტყვა და მასზე აქტიური ზემოქმედება, რომელიც პრაქტიკული კუთხით ძალიან მნიშვნელოვანია.

1961 წლიდან საქართველოში შეიქმნა სეტყვასთან ბრძოლის სამსახური, რასაც წინ უძღვოდა თითქმის ათწლიანი კვლევები სეტყვის წარმომქმნელი პროცესებისა და სეტყვისგან დაცვის შესაძლო ღონისძიებათა შესახებ. საბჭოთა კავშირის დაშლამ გამოიწვია ზემოთხსენებული სამსახურის გაუქმება, რომელიც აღდგენილ იქნა და აქტიურად შეუდგა მუშაობას 2015 წელს.

საარქივო მასალებიდან ირკვევა, რომ საქართველოში, წარსულში არაერთხელ ყოფილა კატასტროფული ხასიათის სეტყვა. ეს მოვლენა განსაკუთრებით მკვეთრად გამოხატული და სოციალურ-მატერიალური თვალსაზრისით ზიანის მომტანია აღმოსავლეთ საქართველოსთვის, კონკრეტულად კი კახეთის რეგიონისთვის.

## 2. კვლევის მეთოდები

სტატიაში გამოყენებულია კვლევის სტანდარტული სტატისკური ანალიზის და რადიოლოკაციური მონაცემების დამუშავების მეთოდი, კერძოდ კონვექტიური უჯრედების (კუ) რაოდენობრივი შეფასება.

2015 წელს სახელმწიფო სამხედრო სამეცნიერო ტექნიკური ცენტრის „დელტას“ ბაზაზე დაარსდა სეტყვის საწინააღმდეგო სისტემების მართვის სამმართველო. მისი მუშაობა ეფუძნება მეთოდიკას, რომელიც ემყარება მაღალმთიანი გეოფიზიკური ინსტიტუტის მიერ შემუშავებულ მეთოდებს და საკუთარი კვლევის შედეგებზე დაყრდნობით შემუშავებულ ორიგინალურ მეთოდიკას. სამხედრო სამეცნიერო ტექნიკური ცენტრ „დელტაში“ გამოიყენება სრულიად კომპიუტერიზებული სარაკეტო სისტემა, რომელსაც მსოფლიოში ანალოგი არ გააჩნია. მეტეოროლოგიურ ინფორმაციას ვიღებთ თანამედროვე გერმანული წარმოების მაღალტექნოლოგიური მეტეოროლოგიური რადიოლოკატორის საშუალებით (METEOR 735 CDP 10-Doppler WeatherRadar), რომელიც ამომწურავ და დეტალურ ინფორმაციას გვაწვდის ღრუბლების პარამეტრების შესახებ.

## 3. კვლევის ანალიზი და მიღებული შედეგები

2016-2023 წლებში, კახეთის რეგიონში, როდესაც საჭირო გახდა სეტყვის წარმომქმნელ ღრუბლებზე აქტიური ზემოქმედება საშუალოდ 50 დღეს შეადგენს (ცხრ.1).

ცხრ. 1. ჩატარებული ზემოქმედების დღეთა რაოდენობა

თვე	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
აპრილი	2	4	1	7	1	8	7	11
მაისი	10	20	10	18	10	11	11	17
ივნისი	15	13	12	10	11	11	19	20
ივლისი	2	9	10	9	12	15	4	6
აგვისტო	0	1	4	4	8	7	1	9
სექტემბერი	6	5	3	4	4	4	5	7
ოქტომბერი	2	0	0	1	0	1	0	1
ჯამი	<b>37</b>	<b>52</b>	<b>40</b>	<b>53</b>	<b>46</b>	<b>57</b>	<b>47</b>	<b>71</b>
საშუალო	<b>50</b>							

ამასთან, კახეთის რეგიონში ღრუბელზე აქტიური ზემოქმედების მინიმალური რაოდენობა დაფიქსირდა 2016 წელს – 37 დღე, ხოლო მაქსიმალური 2023 წელს – 71 დღე (ცხრ.1); დამუშავებული კონვექტიური უჯრედების (კუ), რომელშიც ხდება სეტყვის მარცვლების ჩასახვა-ჩამოყალიბება, 2016-2023 წლებში საშუალოდ შეადგენდა 234-დღეს (ცხრ. 2).

ცხრილი 2. დამუშავებული კერების (კონვექტიური უჯრედების) რაოდენობა

თვე	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
აპრილი	0	27	12	16	2	49	19	-
მაისი	31	108	72	59	42	38	55	-
ივნისი	75	79	72	34	59	59	127	-
ივლისი	12	28	21	39	51	70	8	-
აგვისტო	0	9	14	4	33	25	1	-
სექტემბერი	44	23	9	12	13	11	17	-
ოქტომბერი	6	0	0	2	0	2	0	-
<b>ჯამი</b>	<b>168</b>	<b>274</b>	<b>200</b>	<b>167</b>	<b>200</b>	<b>254</b>	<b>227</b>	<b>385</b>
საშუალო	<b>234</b>							

ყველაზე ნაკლები (167 კუ) დასამუშავებელი კონვექტიური უჯრედი დაფიქსირდა 2019 წელს, ხოლო ყველაზე მეტი – 2023 წელს (385 კუ), (ცხრ. 2).

2016-2023 წლებში (დაზიანების სხვადასხვა პროცენტით) საშუალოდ დაზიანდა 8062 ჰა ფართობი, ხოლო 100%-ზე დაყვანილ-3941 ჰა. ეს კი დასაცავი ტერიტორიის 0.69 %-ს შეადგენს (ცხრ. 3).

ცხრ. 3. დაზიანებული ფართობი დაზიანების სხვადასხვა %-ით/დაზიანების100%-ზე დაყვანილი.

თვე	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
აპრილი	300/60	0	0	1290/61 2	0	915/340	820/112	-
მაისი	4723 /2503	4965 /1922	860 /357	4721 /1470	747/273	1040 /530	0	-
ივნისი	1398 /671	3125 /1376	1361 /495	220 /54	909/413	1305.5 /813	2549 /1258	-
ივლისი	1987 /777	496 /106	0	1455 /521	5682/29 55	0	0	-
აგვისტო	0	0	1220 /842	0	683/297	4615 /3924	0	-
სექტემბერი	60 /28	338 /104	794 /345	230 /33	147/59	315 /179	0	-
ოქტომბერი	0	0	0	0	0	0	0	-
<b>ჯამი</b>	<b>8468 /4039</b>	<b>8924 /3508</b>	<b>4235 /2039</b>	<b>7916 /2690</b>	<b>8168 /3997</b>	<b>8190.5 /5737</b>	<b>3369 /1370</b>	<b>15231.9 /8147.57</b>
საშუალო	<b>8062/3941</b>							

2023 წელს დაზიანებულია 15232 ჰა, რაც დასაცავი ტერიტორიის 2,6%-ია, ხოლო 100%-ზე დაყვანით – 8148 ჰა (ცხრ. 3).

2017 წლის მონაცემებით, დასაცავი ტერიტორიების საერთო ფართობი შეადგენდა 568000 ჰა-ს, მათ შორის სასოფლო-სამეურნეო-სავარგულების ფართობია 256800 ჰა (მთლიანი ფართობის 45%), სათიბ-საძოვრების საერთო ფართობი კი არის 308800 ჰა, რაც საერთო ფართობის 55%-ია. დასაცავ ტერიტორიაზე დაფიქსირდა მყარი ნალექის (სეტყვა, ხორხოშელა) და თანმხვედრი მოვლენების (ქარიშხალი, ძლიერი თქეში) მოსვლის 14 შემთხვევა. სტიქიისაგან დაზიანებულმა სასოფლო-სამეურნეო სავარგულების საერთო ფართობმა შეადგინა 8924 ჰა, დაზიანების სხვადასხვა პროცენტით. დაზიანების 100%-ზე დაყვანილი ფართობია 3508 ჰა, რაც შეადგენს სავარგულების საერთო ფართობის (სათიბ-საძოვრებთან ერთად) 1,6%-ს, ხოლო სათიბ-საძოვრების გარეშე 3,4%-ს.

2018 წლის მონაცემებით, დასაცავი ტერიტორიების საერთო ფართობი შეადგენდა 568000 ჰა (სასოფლო-სამეურნეო სავარგულების ფართობი 257005), რაც დასაცავი ტერიტორიის 45,4%-ია, სათიბ-საძოვრების საერთო ფართობი იყო 308780 ჰა, რაც საერთო ფართობის 54,6%-ია. ექვს ადმინისტრაციულ ერთეულში დაფიქსირდა მყარი ნალექის (სეტყვა, ხორხოშელა) მოსვლის 11 შემთხვევა. სტიქიისაგან დაზიანებულმა სასოფლო-სამეურნეო სავარგულების საერთო ფართობმა შეადგინა 4360 ჰა დაზიანების სხვადასხვა პროცენტით, რაც შეადგენს დასაცავი ტერიტორიის მთლიანი ფართობის 0,8%-ს, ხოლო სასოფლო სამეურნეო სავარგულების 1,7%-ს. დაზიანების 100%-ზე დაყვანილი ფართობია 2039 ჰა, რაც შეადგენს დასაცავი ტერიტორიის მთლიანი ფართობის 0,4%-ს, ხოლო სავარგულების მთლიანი ფართობის 0,8%-ს.

2019 წლის მონაცემებით, საერთო ფართობი დასაცავი ტერიტორიის შეადგენდა 570000 ჰა-ს. მათ შორის სასოფლო-სამეურნეო სავარგულების ფართობი 268000 ჰა, რაც საერთო ფართობის 47%-ია; ხოლო სათიბ-საძოვრები შეადგენდა 301600 ჰა-ს (53%). დასაცავი ტერიტორიის ყველა (ახმეტა, თელავი, ყვარელი, ლაგოდეხი, საგარეჯო, გურჯაანი, სიღნაღი და დედოფლისწყარო) ადმინისტრაციულ ერთეულში აღინიშნა მყარი ნალექი. მთლიანად 53-ჯერ საჭირო გახდა ღრუბელზე აქტიური ზემოქმედების ჩატარება (ჯამში დამუშავდა 174 კუ). 10-ჯერ დაფიქსირდა სეტყვის შემთხვევა, 43 შემთხვევაში სასოფლო-სამეურნეო სავარგულები არ დაზიანებულა. 10 შემთხვევაში კი 7 მუნიციპალიტეტის ტერიტორიაზე დაზიანდა 7916 ჰა სასოფლო-სამეურნეო სავარგულების დაზიანების სხვადასხვა პროცენტით, დაზიანების 100%-ზე დაყვანილი ფართობი შეადგენდა 2690 ჰა-ს.

2023 წლის მონაცემებით დაფიქსირდა 71 დღე (ცხრ.1), როდესაც საჭირო გახდა აქტიური ზემოქმედება. დამუშავდა 385 კუ, მიუხედავად ეფექტური მუშაობისა, სხვადასხვა დონეზე დაზიანებული ფართობი შეადგენს 15231,9 ჰა-ს, ხოლო 100%-ზე დაყვანით 8147,57 ჰა-ს. ზარალი განაპირობა 15-მა სეტყვიანმა დღემ. აღსანიშნავია, რომ აქტიური ზემოქმედების შედეგად თავიდან ავიცილეთ სეტყვის შემთხვევა 56 დღის განმავლობაში, ე.ი. ზარალი შესაძლებელია დაახლოებით 5-ჯერ მეტი ყოფილიყო.

2023 წლის სეტყვის 15 შემთხვევიდან, განსაკუთრებით აღსანიშნავია 31 მაისის (ამ დღეს სულ დაზიანდა 2580 ჰა, რაც 100%-ზე დაყვანით უდრის 1475,5 ჰა-ს.), 2 სექტემბრის (სულ დაზიანდა 3553 ჰა, 100%-ზე დაყვანილი-1776,7 ჰა.) და 17 სექტემბრის (სულ დაზიანდა 2388,9 ჰა, 100%-ზე დაყვანილი 1415,77 ჰა) პროცესები. მარტივი გამოთვლით ჩანს, რომ 2023 წლის მთელი სეზონის (1 აპრილიდან – 1 ნოემბრამდე) აქტიური ზემოქმედების განმავლობაში მიღებული ზარალის 57%-ზე მეტი მოდის ამ სამ დღეზე.

განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია 2023 წლის 2-3 სექტემბერის სინოპტიკური პროცესი, როდესაც დასავლეთიდან შემოიჭრა ცივი ფრონტი (წამყვანი დინების მიმართულება 280°, ხოლო სიჩქარე 10 მ/წმ). ამ დროს  $H_0=4400$  მ, ხოლო  $H_6=5400$ მ, ხოლო კუ-ს სიმაღლე 7 კმ. სულ ამ დღეს დამუშავდა 11 კუ, 17:55-დან 23:31-მდე დროის მონაკვეთში, გამოყენებული იქნა 423 რაკეტა. ზემოქმედება მიმდინარეობდა ახმეტის, თელავის, გურჯაანის, ლაგოდეხის, სიღნაღის, ყვარელის და დედოფლისწყაროს მუნიციპალიტეტების ტერიტორიაზე. სეტყვის მარცვლის მაქსიმალური ზომა აღწევდა 50 მმ-ს. დამუშავებული კერების (კუ) საერთო ფართობი მოიცავდა 1404 კმ<sup>2</sup> (140 400 ჰა), დასეტყვილმა ფართობმა, შეადგინა 3553 ჰა, ზემოქმედების შედეგად თეორიულად მთლიანი ფართობის ერთი მეორედი ნაწილი დაისეტყვა.

ცხრ. 4. სეტყვის დღეების რაოდენობა ზარალის გარეშე/ზარალით.

თვე	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
აპრილი	0/2	4/0	1/0	6/1	1/0	6/2	6/1	-
მაისი	6/4	14/6	8/2	14/4	8/2	10/1	11/0	-
ივნისი	11/4	8/5	6/6	9/1	8/3	7/4	16/3	-
ივლისი	0/2	8/1	10/0	6/3	11/1	15/0	4/0	-
აგვისტო	0	1/0	2/2	4/0	5/3	6/1	1/0	-
სექტემბერი	4/2	3/2	2/1	3/1	3/1	2/2	5/0	-
ოქტომბერი	2/0	0	0	1/0	0	1/0	0	-
ჯამი	<b>23/14</b>	<b>38/14</b>	<b>29/11</b>	<b>43/10</b>	<b>36/10</b>	<b>47/10</b>	<b>43/4</b>	<b>56/15</b>
საშუალო	<b>39/11</b>							

სეტყვის შემთხვევების რაოდენობრივი შეფასებისას საჭიროა უფრო მეტი მონაცემები, რომელიც გვექნება რამოდენიმე წლის შემდეგ; ვინაიდან იკვეთება ორი ძირითადი ვერსია, 2023 წელს სეტყვის დღეების, დასამუშავებელი კერების (კუ) რაოდენობის მკვეთრი ზრდა (51%)! განპირობებულია კლიმატის გლობალური ცვლილებით ან ატარებს ციკლურ ხასიათს და შესაბამისად, რამოდენიმე წლის კვლევების შემდეგ გვექნება საკმარისი ინფორმაცია ზუსტი დასკვნების გასაკეთებლად.

## ლიტერატურა – References – Литература

1. Amiranashvili A. History of Active Effects on Atmospheric Processes in Georgia. In the book: Essays of the History of Weather Modification in the USSR and the Post-Soviet Territory, ISBN 978-5-86813-450-0, St. Petersburg, RSHMU, 2017, 352 pp., ill., pp. 234-254, (in Russian), <http://mig-journal.ru/toauthor?id=4644>
2. Amiranashvili A., Chikhladze V., Dzodzuashvili U., Ghlonti N., Sauri I., Telia Sh., Tsintsadze T. Weather Modification in Georgia: Past, Present, Prospects for Development. Int. Sc. Conf. “Natural Disasters in Georgia: Monitoring, Prevention, Mitigation”. Proceedings, ISBN 978-9941-13-899-7, Publish House of Iv. Javakhishvili Tbilisi State University, December 12-14, Tbilisi, 2019, pp. 216- 222, <http://dspace.gela.org.ge/handle/123456789/8613>
3. Amiranashvili A., Dzodzuashvili U., Lomtadze J., Sauri I., Chikhladze V. Some characteristics of hail processes in Kakheti. Transactions of MikheilNodia Institute of Geophysics, vol. 65, ISSN 1512-1135, Tb., 2015, pp. 77-100, (in Russian).

4. Amiranashvili A., Kveselava N., Ghlonti N, Chikhladze V., Tsintsadze T. History of Active Actions on the Natural Phenomena in Georgia. Int. Sc. Conf. “Modern Problems of Ecology”, Proc., ISSN 1512-1976, v. 7, Tbilisi-Telavi, Georgia, 26-28 September, 2020, pp. 147-152, (in Georgian). [http://www.dspace.gela.org.ge/bitstream/123456789/8797/1/Eco\\_2020\\_3.21.pdf](http://www.dspace.gela.org.ge/bitstream/123456789/8797/1/Eco_2020_3.21.pdf)
5. Varazanashvili O., Gaprindashvili G., Elizbarashvili E., Basilashvili Ts., Amiranashvili A., Fuchs S. The First Natural Hazard Event Database for the Republic of Georgia (GeNHs). Catalog, 2023, 270 p. <http://dspace.gela.org.ge/handle/123456789/10369>; DOI: 10.13140/RG.2.2.12474.5728
6. Amiranashvili A., Chikhladze V., Dzodzuashvili U., Ghlonti N., Sauri I. Reconstruction of Anti-Hail System in Kakheti (Georgia). Journal of the Georgian Geophysical Society, Issue B. Physics of atmosphere, Ocean and Space Plasma, v. 18B, 2015, p.92-106.
7. Amiranashvili A., Burnadze A., Dvalishvili K., Gelovani G., Glonti N., Dzodzuashvili U., Kaishauri M., Kveselava N., Lomtadze J., Osepashvili A., Sauri I., Telia S., ChargaziaKh., Chikhladze V. Resumption of Work to Combat Hail in Kakheti. Transactions of MikheilNodia Institute of Geophysics, vol. 66, ISSN 1512-1135, Tb., 2016, p. 14-27, (in Russian).
8. Abshaev A., Abshaev ., Barekova M., Malkarova A. Guidelines for Organizing and Carrying out AntiHail Work. ISBN 978-5-905770-54-8, Nalchik, "Printing Yard", 2014, 500 p.
9. [9] Amiranashvili A., Kveselava N., Kvilitaia N., Sauri I., Shavlakadze Sh., Chikhladze V. Some Results of Anti-Hail Works in Kakheti into 2016-2020. Trans. of M. Nodia Institute of Geophysics, ISSN 1512-1135, vol. LXXII, Tbilisi, 2020, pp. 123-128. (in Georgian). [http://www.dspace.gela.org.ge/bitstream/123456789/8934/1/15\\_Tr\\_72\\_2020.pdf](http://www.dspace.gela.org.ge/bitstream/123456789/8934/1/15_Tr_72_2020.pdf)
10. Amiranashvili A., Chikhladze V., Kveselava N., Kvilitaia N., Sauri I., Shavlakadze Sh. Some Characteristics of Hail Processes in Kakheti (Georgia) According to Radar Observations into 2016-2019. Journal of the Georgian Geophysical Society, ISSN: 1512-1127, Physics of Solid Earth, Atmosphere, Ocean and Space Plasma, v. 23(2), 2020, pp. 50 – 56. DOI: <https://doi.org/10.48614/ggs2320202729>
11. Amiranashvili A., Chikhladze V., Kveselava N., Sauri I. Some Results of Anti-Hail Works in Kakheti into 2016-2019. Int. Sc. Conf. “Modern Problems of Ecology”, Proc., ISSN 1512-1976, v. 7, TbilisiTelavi, Georgia, 26-28 September, 2020, pp. 153-156. <http://www.dspace.gela.org.ge/handle/123456789/8798>
12. Amiranashvili A., Liev K., Kveselava N., Chikhladze V. Comparative Analysis of the Results of AntiHail Works in Kakheti (Georgia) and the North Caucasus (Russia) in 2016-2020. All-Russian openconference on the physics of clouds and active influences on hydrometeorological processes. Reports, ISBN 978-5-907150-93-5, Nalchik, September 8-10, 2021, p. 400 – 404.
13. Сулаквелидзе Г.К., Бибилашвили Н.Ш., Лапчева В.Ф. Образование осадков и воздействие на градовые процессы. Л., Гидрометеоиздат, 1965, 203 с.
14. კაჭარავა გ., ბერულავა ნ., მოდრეკელიძე მ., კეკეჩაძე ე., გელოვანი გ. საქართველოში სეტყვასაწინააღმდეგო სამუშაოების შედეგები. საქართველოს გეოგრაფია, ISSN 1512-1267, N 13, 2023, გვ. 91-96.
15. კაჭარავა გ., ბერულავა ნ., მოდრეკელიძე მ., კეკეჩაძე ე., გელოვანი გ. საქართველოში სეტყვასაწინააღმდეგო სამუშაოების შედეგები 2016-2022 წლებში. მიხეილ ნოდის სახ. გეოფიზიკის ინსტიტუტის შრომები, ISSN 1512-1135, ტ. LXXVI, 2023, გვ. 178 – 184.
16. კაჭარავა გ., ბერულავა ნ., მოდრეკელიძე მ., კეკეჩაძე ე., გელოვანი გ. საქართველოში სეტყვასაწინააღმდეგო სამუშაოების მოკლე მიმოხილვა. საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია „დედამიწასა და მის გარსებში მიმდინარე გეოფიზიკური პროცესები“, შრომები, ISBN 978-9941-36-147-0, თბილისი, საქართველო, 16-17 ნოემბერი, 2023 წ., გვ. 347-349.

**სეტყვაზე აქტიური ზემოქმედების შედეგების შეფასება  
კახეთის რეგიონში (საქართველო)**

**ლადიძე ლ., კაჭარავა გ., ბერულავა ნ., გელოვანი გ.**

**რეზიუმე**

სტატიაში, კვლევის ძირითად ობიექტს წარმოადგენს საქართველოში, კერძოდ კახეთის რეგიონში სტიქიური ჰიდრომეტეოროლოგიური მოვლენის, სეტყვის წარმოშობის და გავრცელების თანამედროვე მდგომარეობა და ევოლუციის ხასიათის დადგენა. აღნიშნული საკითხების კვლევა განხორციელებულია წინა წლების სტატისტიკური მონაცემების შედარებითი ანალიზის საფუძველზე. სტიქიური მოვლენის (სეტყვის) დროში ცვლილების ტენდენციების დასადგენად ჩატარებულია საქართველოში სეტყვის საწინააღმდეგო სამუშაოების ანალიზი 2016-2024 წლებში. გაკეთებულია გარკვეული დასკვნები და დასახულია სამუშაოების ეფექტურობის გასაუმჯობესებელი რიგი ღონისძიებები.

**საკვანძო სიტყვები:** საქართველო, სეტყვა, კონვექტიური უჯრედი.

**ASSESSMENT OF THE EFFECTS OF ACTIVE IMPACT ON HAIL  
IN KAKHETI REGION (GEORGIA)**

**Laghidze L., Katcharava G., Berulava N., Gelovani G.**

**Abstract**

In the article, the main object of the research is to determine the modern state and nature of the evolution of spontaneous hydro-meteorological events, the origin and spread of hail in Georgia, in particular in the Kakheti region. The research of the mentioned issues is carried out on the basis of the comparative analysis of the statistical data of previous years. In order to determine the trends of changes in the time of the natural event (hail), the analysis of anti-hail works in Georgia was conducted in 2016-2024. Certain conclusions have been made and a number of measures to improve the efficiency of the work have been planned.

**Key words:** Georgia, hail, convective cell.

**ОЦЕНКА ЭФФЕКТОВ АКТИВНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ГРАД  
В РЕГИОНЕ КАХЕТИ (ГРУЗИЯ)**

**Лагидзе Л., Качарава Г., Берулава Н., Геловани Г.**

**Реферат**

В статье основным объектом исследования является определение современного состояния и характера развития стихийных гидрометеорологических явлений, возникновения и распространения града в Грузии, в частности в Кахетинском регионе. Исследование указанных вопросов осуществляется на основе сравнительного анализа статистических данных предыдущих лет. С целью определения тенденций изменения времени природного явления (града) был проведен анализ противоградных работ в Грузии в 2016-2024 годах. Сделаны определенные выводы и намечен ряд мер по повышению эффективности работы.

**Ключевые слова:** Грузия, град, конвективная ячейка.



## თსუ, მ. ნოდიას სახელობის გეოფიზიკის ინსტიტუტის ატმოსფეროს ფიზიკის სექტორში 2014-2023 წწ. ჩატარებული კვლევების ზოგიერთი შედეგები

ამირანაშვილი ა., ბლიაძე თ., კერესელიძე ზ., ჩიხლაძე ვ.

*ივანე ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის მიხეილ ნოდიას  
სახელობის გეოფიზიკის ინსტიტუტი  
avtandilamiranashvili@gmail.com*

თსუ, მ. ნოდიას სახელობის გეოფიზიკის ინსტიტუტში ატმოსფეროს ფიზიკის დარგში ტრადიციულ კვლევებთან ერთად, როგორცაა ღრუბლების ფიზიკა და ატმოსფერულ პროცესებზე აქტიური ზემოქმედება (სეტყვა, ელჭექი, ნისლი და სხვა), ატმოსფერული აეროზოლების და ოზონის ფიზიკა, ატმოსფერული პროცესების და მათზე აქტიური ზემოქმედების ექსპერიმენტული ლაბორატორული მოდელირება, რადიოლოკაციური მეტეოროლოგია, ატმოსფეროს დაბინძურება, აგრეთვე ტარდებოდა და ტარდება სამუშაოები საქართველოს კლიმატის ცვლილების, ბუნებრივი კატასტროფების რისკის შეფასების, საქართველოს საკურორტო და ტურისტული ადგილების კლიმატური და ბიოკლიმატური პასპორტიზაციის, ადამიანის ჯანმრთელობაზე და ზოგადად ბიოსფეროზე სხვადასხვა მეტეო-გეოფიზიკური ფაქტორების ზემოქმედების შეფასების, სხვადასხვა გეოფიზიკური ველების კომპლექსური კვლევების დარგში.

კერძოდ, ბოლო 10 წლის განმავლობაში (2014-2023) განხორციელდა პროექტი „საქართველოში ბუნებრივი და ანთროპოგენური ატმოსფერული მახასიათებლების და მოვლენების კვლევა უსაფრთხო ეკოსისტემების შექმნის და ეკონომიკის მდგრადი განვითარების ხელშეწყობის მიზნით“ [1-10].

პროექტის ფარგლებში გამოქვეყნებულია 300-ზე მეტი ნაშრომი, მათ შორის 5 მონოგრაფია და 1 წიგნი. სექტორმა მიიღო მონაწილეობა შოთა რუსთაველის სამეცნიერო ფონდის მიერ დაფინანსებულ 16 პროექტში.

პროექტი ატარებს კომპლექსურ ხასიათს. ამიტომ მის განხორციელებაში სხვადასხვა დროს პროგრამული დაფინანსების გარეშე მონაწილეობას იღებდნენ მეცნიერები სხვადასხვა პარტნიორ ორგანიზაციებიდან.

საქართველო: ივ. ჯავახიშვილის სახ. თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი; საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი; ვახუშტი ბაგრატიონის სახელობის გეოგრაფიის ინსტიტუტი, თსუ; ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი, სტუ; გარემოს ეროვნული სააგენტო; დაცული ტერიტორიების სააგენტო; ი. გოგებაშვილის სახ. თელავის სახელმწიფო უნივერსიტეტი; ელფთერ ანდრონიკაშვილის სახელობის ფიზიკის ინსტიტუტი, თსუ; ალ. ჯანელიძის სახელობის გეოლოგიის ინსტიტუტი, თსუ; ბათუმის შოთა რუსთაველის

სახელმწიფო უნივერსიტეტი; ბათუმის სახელმწიფო საზღვაო აკადემია; სამხედრო სამეცნიეროდტექნიკური ცენტრი „დელტა“; თბილისის სახელმწიფო სამედიცინო უნივერსიტეტი; საქართველოს ფიზიკური აღზრდისა და სპორტის სახელმწიფო სასწავლო უნივერსიტეტი; საქართველოს ოკუპირებული ტერიტორიებიდან დევნილთა, შრომის, ჯანმრთელობისა და სოციალური დაცვის სამინისტრო; თბილისის ბალნეოლოგიური სპა კურორტი; გ. წულუკიძის სახ. სამთო ინსტიტუტი; შავი ზღვის საერთაშორისო უნივერსიტეტი; საქართველოს გეოფიზიკური ასოციაცია; საქართველოს ეკოლოგიურ მეცნიერებათა აკადემია.

უცხოეთი: ადამიანის ბიომეტეოროლოგიის კვლევის ცენტრი, გერმანიის მეტეოროლოგიური სამსახური, ფრაიბურგი, გერმანია; დედამიწის რესურსებისა და გეომეცნიერებათა ინსტიტუტი, CNR პიზა, იტალია; პეტროსანის უნივერსიტეტი, რუმინეთი; *უკრაინის მეცნიერებათა ეროვნული აკადემიის დედამიწის კვლევის აეროკოსმოსური სამეცნიერო ცენტრი, უკრაინა*; მაღალმთიანი გეოფიზიკური ინსტიტუტი, ნალჩიკი, რუსეთი; ა.მ. ოზუხოვის სახ. რუსეთის მეცნიერებათა აკადემიის ატმოსფეროს ფიზიკის ინსტიტუტი, რუსეთი; *პიატიგორსკის* საკურორტო კვლევის ინსტიტუტი, რუსეთი.

მონაწილთა როლი პროექტში – მასალების ერთობლივი დამუშავება, მონაცემთა ბაზების შექმნა, ანალიზი, ერთობლივი ნაშრომების გამოქვეყნება, საგრანტო პროექტებში მონაწილეობა, მეთოდური რეკომენდაციების შემუშავება და ა.შ.

### **კერძოდ, მიღებულია შემდეგი მნიშვნელოვანი შედეგები:**

[I] ქალაქ თბილისში და საქართველოს სხვა რეგიონებში ჩატარებული გაზომვებისა (გეოფიზიკის ინსტიტუტი, გარემოს ეროვნული სააგენტო, სამხედრო სამეცნიერო-ტექნიკური ცენტრი „დელტა“ და სხვა) და საარქივო მასალების დამუშავების შედეგად შექმნილია მონაცემთა ელექტრონული ბაზა შემდეგ პარამეტრებზე: მიწისპირა ოზონის, აზოტის, გოგირდის და ნახშირბადის ჟანგეულების კონცენტრაცია; PM<sub>2.5</sub> და PM<sub>10</sub> აეროზოლების წონითი კონცენტრაცია; მსუბუქი იონების კონცენტრაცია, სტანდარტული მეტეოროლოგიური პარამეტრები (ტემპერატურა, წნევა, ჰაერის ტენიანობა, ქარის სიჩქარე და მიმართულება, ნალექები, ღრუბლიანობა); ატმოსფეროს ვერტიკალური აეროლოგიური ზონდირება; ხილვადობა; მზის ნათების ხანგრძლივობა; ტყის ხანძრების რაოდენობა; ჰაერის ბუნებრივი რადიოაქტიურობა (რადონი და ნიადაგის გამა-გამოსხივება); ელჭექების აქტივობა; სეტყვიან დღეთა რაოდენობა; სეტყვასაშიში ღრუბლების რადიოლოკაციური მახასიათებლები; დასეტყვილი ტერიტორიების ფართი; გეომაგნიტური ველი; გალაქტიკური კოსმოსური სხივების ინტენსივობა; სასწრაფო სამედიცინო დახმარების გამოძახების რაოდენობა, ჰოსპიტალიზებულ პაციენტთა სიკვდილიანობის რაოდენობა; Covid-19-ით დაინფიცირებულთა და გარდაცვლილთა შემთხვევების რაოდენობა [1-10].

კერძოდ, სეტყვის პროცესებთან დაკავშირებული მასალები განთავსებულია საქართველოსთვის ბუნებრივი საფრთხისშემცველი მოვლენების პირველ მონაცემთა ბაზაში [11].

[II] საქართველოში (კახეთი, სამხრეთი საქართველო) 1960 – 1989 წლებში 1.2 მილიონ ჰექტარის ფართობზე ტარდებოდა სეტყვის პროცესებზე ზემოქმედების მსხვილმასშტაბიანი საცდელი, საცდელ-საწარმოო და საწარმოო სამუშაოები. ზემოქმედების დადებითი ეფექტი იცვლებოდა 20 – 95% ის ინტერვალში საშუალო მნიშვნელობით 75 – 85 %. სამუშა-

ოების შეწყვეტის შემდეგ სეტყვისგან მიყენებული ზარალი გაიზარდა და დაუბრუნდა იმ დონეს, რომელიც იყო ამ სამუშაოების დაწყების წინ.

2014 წლის მოსამზადებელი ღონისძიებების შედეგად 2015 წ. 28 მაისს სამხედრო სამეცნიერო-ტექნიკურ ცენტრ „დელტა“-სთან ერთობლივად კახეთში 650 ათას ჰექტარ ფართობზე სეტყვის პროცესებზე აქტიური ზემოქმედების სამუშაოები განახლდა [1,2,12,13].

განახლებული სამსახური თავის შემადგენლობაში მოიცავს გერმანული ფირმა Selex ES-ის Meteor 735CDP10 ტიპის თანამედროვე 5 სმ დიაპაზონის მეტეოროლოგიურ რადიოლოკატორს, დისტანციური მართვის ცენტრალურ პუნქტს, ცეცხლის მართვის ავტომატიზებულ სისტემას, 85 სარაკეტო გამშვებ პუნქტს, აღჭურვილს ავტონომიური ავტომატიზებული სარაკეტო გამშვები დანადგარებით, სეტყვასაწინააღმდეგო რაკეტებს და აგრეთვე პერსონალს, მათ შორის 2021 წლამდე სამეცნიერო ჯგუფს, ლოკატორის და სარაკეტო გამშვები დანადგარების ტექნიკური მომსახურების ჯგუფებს.

სათანადო სპეციალისტები მომზადდა გეოფიზიკის ინსტიტუტის ატმოსფეროს ფიზიკის სექტორის თანამშრომლების მონაწილეობით.

სისტემის სატესტო გამოცდებმა უჩვენა სეტყვასთან ბრძოლის საკითხში მისი შემდგომი გამოყენების პერსპექტიულობა და იგი შევიდა მუდმივ ექსპლუატაციაში.

ჩატარდა SK-6, Traya D-6B და Loza-2 ტიპის სეტყვის საწინააღმდეგო რაკეტების საექსპლუატაციო მახასიათებლების გათვლები კახეთის რეგიონისათვის (რაკეტის მახასიათებლები, ტრასის აქტიური ნაწილის პროექციის სიგრძე  $H(-6)^{\circ}C$  სხვადასხვა დონეებისათვის, სროლის ცხრილები საქ. აერონავიგაციის ზონების მიხედვით, სარაკეტო პუნქტებიდან რეაგენტის ჩათესვის ოპტიმალური ფართობები, დასაცავ ტერიტორიაზე რეაგენტის შეტანის ოპტიმალური ჰორიზონტალური პროექციების სტატისტიკური მახასიათებლები, რეაგენტის დოზირების სარეკომენდაციო ცხრილები.

რეგულარულად ტარდებოდა სეტყვასაწინააღმდეგო სამუშაოების ფიზიკური და ეკონომიკური ეფექტიანობის შეფასება [2-10].

შემუშავდა წინადადებები საქართველოში ამინდის მოდიფიკაციისა და მათთან დაკავშირებული ღონისძიებების ჩატარების შესახებ, ზოგიერთი ტიპის ბუნებრივი კატასტროფების აქტიური და პასიური პრევენციის მიზნით [14]. 2017 წ. საქართველოს ინტელექტუალური საკუთრების ეროვნული ცენტრის "საქპატენტი"-ს მიერ ვ. ჩიხლაძეს და სხ. გაეცა პატენტი U 1940 სათაურით „პირველი კატეგორიის სეტყვასაშიშ ღრუბლებზე ზემოქმედების ხერხი“.

თანამედროვე რადარის მონაცემების გამოყენებამ, კერძოდ, შესაძლებელი გახადა სეტყვის პროცესების და ინტენსიური ნალექების დეტალური შესწავლა როგორც აღმოსავლეთ საქართველოში, ასევე სომხეთისა და აზერბაიჯანის მიმდებარე ტერიტორიებზე [2,3,5-8,10,15,16].

მაგალითად, ნაშრომში [15] წარმოდგენილია სეტყვის განაწილების მოდელირების შედეგები საშუალო მაქსიმალური ზომების (D) მიხედვით კახეთის ტერიტორიისათვის ატმოსფეროში გაყინვის დონისა და ღრუბლებში სეტყვის მაქსიმალური ზომების შესახებ რადიოლოკაციური გაზომვების მონაცემების გამოყენებით. შედგენილია სეტყვის განაწილების რუკები საშუალო მაქსიმალური ზომების მიხედვით კახეთის ტერიტორიისთვის ცალკეულ თვეებში აპრილიდან სექტემბრამდე. შესწავლილია D – ს ვერტიკალური განაწილება აღნიშნული ტერიტორიისთვის 0.11 – დან 3.84 – კმ- მდე სიმაღლეების დიაპაზონში. ნაშ-

რომში [16] წარმოდგენილია საქართველოსა და აზერბაიჯანში სეტყვის პროცესების ანალიზი და ზარალის შეფასება რადარის მონაცემების გამოყენებით (2019 წლის 28 მაისი და 13 ივლისის მაგალითზე).

[III] მასშტაბური კვლევები ჩატარდა საქართველოში კლიმატის ცვლილების მიმართულებით (მიწისპირა ჰაერის ტემპერატურის ცვალებადება, ჰაერის ტემპერატურის ვერტიკალური განაწილება, ჰაერის ტენიანობა, ატმოსფერული ნალექები, სეტყვა, ელჭექი, ღრუბლიანობა, მიწისპირა ოზონის კონცენტრაცია, ქარი, მზის ნათების ხანგრძლივობა და სხვა). სხვადასხვა სტატისტიკური მეთოდების გამოყენებით განხორციელდა თბილისში ჰაერის ტემპერატურის, სეტყვიანი დღეების და ასევე საქართველოში ნალექების საშუალო წლიური რაოდენობის გრძელვადიანი პროგნოზირება და დაწყებულია აგრეთვე შესწავლა კლიმატის ცვლილების კავშირებისა მზის აქტივობასთან, მაგნიტურ ტურბულენტობასთან, კოსმოსური სხივების ვარიაციებთან [1-10, 17-22].

მაგალითად, ნაშრომში [18] წარმოდგენილია თბილისში საშუალოწლიური ტემპერატურის ცვალებადობის კვლევის ზოგიერთი შედეგი 1880-2021 წლების გლობალური დათბობის ფონზე.

ჩატარებულია შედარება თბილისში ანომალური საშუალოწლიური ტემპერატურის ცვალებადობისა საშუალო ტემპერატურასთან მიმართებაში 1951-1980 წლებში (T:TB) ჰაერის გლობალური ტემპერატურის ანალოგიურ ანომალიებთან ხმელეთზე და ოკეანის თავზე (ტ:GL) ჰაერის ტემპერატურასთან ჩრდილოეთ ნახევარსფეროში(T:NH) და ჰაერის ზონალურ ტემპერატურასთან ჩრდილოეთ ნახევარსფეროში განედების სხვადასხვა დიაპაზონში (T:24°N-44°N, T:24°N-64°N, T:44° N-64°N и T:64°N-90°N).

კერძოდ მიღებულია შემდეგი.

T:TB-ს საშუალო მნიშვნელობა 1980-2021 წლებში შეადგენს 0,05°C და ყველაზე უკეთ შეესაბამება T:GL -ის (0.06°C) საშუალო მნიშვნელობას. T:TB-ს მაქსიმალური მნიშვნელობაა 2.26 °C და ყველაზე უკეთ შეესაბამება T:44-64°N მაქსიმალურ მნიშვნელობას (1.82C). T:TB-ს მინიმალური მნიშვნელობა შეადგენს -1.70°C ყველაზე უკეთ შეესაბამება T:64°N-90°N -ს მაქსიმალურ მნიშვნელობას (-1.76°C).

T:TB-ს წრფივი კორელაციის კოეფიციენტი კვლევის სხვა პარამეტრებთან იცვლება 0.51-დან (T:64°C-90°C დროს) 0.67-მდე (T:24°C-44°C დროს).

T:TB-ს საშუალო მნიშვნელობებს შორის სხვაობა 1992-2021 და 1880-1909 წლებში შეადგენს 1,2°C. და ზუსტად ემთხვევა ანალოგიურ სხვაობას T:24°N-64°N-თვის.

ყველა შესასწავლი პარამეტრების ტრენდები დამაკმაყოფილებლად აღიწერება მეოთხე ხარისხის პოლინომით. თბილისისათვის დასაშვებია აგრეთვე წრფივი აპროქსიმაცია.

მონოგრაფიაში [19] კომპლექსურადაა შესწავლილი ამინდის წარმოქმნისა და ცვალებადობის გამომწვევი ბუნებრივი ფაქტორები, ასევე თანამედროვეობის ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი პრობლემა – კლიმატის ცვლილების გამომწვევი მიზეზები თანამედროვე ტექნოლოგიების გამოყენებით. გამოყენებულია მიწისპირა ჰიდრომეტეოროლოგიური ქსელისა და დედამიწის სადამკვირვებლო მისიის თანამგზავრული დაკვირვების მონაცემები. შეფასებულია კლიმატის ცვლილების ზემოქმედება ქვეყნის მეურნეობის მთელ რიგ დარგებზე (სამშენებლო ინდუსტრია, ტურიზმი, ჯანდაცვა, განათლება და სხვა). მონოგრაფია გამოიცა შოთა რუსთაველის სამეცნიერო ფონდის ფინანსური მხარდაჭერით გრანტი № SP-22-1253.

2023 წლის 3 აგვისტოს შოვში მომხდარმა ტრაგედია, რომელიც დაკავშირებულია მცინვარების დნობასთან, ბიძგი მისცა კლიმატის ცვლილების უფრო დეტალურ შესწავლას ამ მხარეში, ისევე როგორც საქართველოს სხვა მთიან რეგიონებში. ნაშრომში [20] ნაჩვენებია, რომ თბილისთან შედარებით, შოვში კლიმატის დათბობა გაცილებით მნიშვნელოვანია. მაგალითად, თბილისში ჰაერის საშუალო წლიური მაქსიმალური ტემპერატურის ზრდა 1993-2022 წლებში 1956-1885 წლებთან შედარებით იყო 0.8°C, ხოლო შოვში 1.9°C. ანალოგიური ვითარებაა წლის თბილ და ცივ ნახევარში. ჰაერის საშუალო თვიური მაქსიმალური ტემპერატურის მაქსიმალური მატება ორივე წერტილში აგვისტოში დაფიქსირდა. ამავდროულად, თბილისში – 1.9°C, ხოლო შოვში – 3.7°C. ნაჩვენებია, რომ ჰაერის საშუალო მაქსიმალური წლიური და სეზონური ტემპერატურის ტენდენცია 1956-2022 წლებში თბილისში აღწერილია მეორე ხარისხის პოლინომით, ხოლო შოვში – მესამე ხარისხის პოლინომით. დადგინდა, რომ 2011-2020 წლებში ჰაერის ტემპერატურის ზრდის საშუალო წლიური ტემპი შოვში სამჯერ მეტია ვიდრე თბილისში.

ნაშრომში [21] წარმოდგენილია გალაქტიკური კოსმოსური სხივების ინტენსივობის წლიური ვარიაციების საერთო ღრუბლიანობის, ატმოსფერული ნალექების და ჰაერის ტემპერატურის ცვალებადობასთან კავშირების კვლევის შედეგები თბილისში 1966-2015 წლებში. შესწავლილია აღნიშნული პარამეტრების სტატისტიკური მახასიათებლები (ტრენდები, შემთხვევითი მდგენელები, კორელაციური კავშირები რეალურ მონაცემებსა და შემთხვევით მდგენელებს შორის და სხვა). კერძოდ მიღებულია, რომ ვარიაციული განშლადობის ფარგლებში გამოსაკვლევი პარამეტრების წვლილი ატმოსფერული ნალექების ცვალებადობაში შემდეგია: საერთო ღრუბლიანობის რეალური მონაცემებისა – 17.1%, კოსმოსური სხივების ინტენსივობის რეალური მნიშვნელობებისა და შემთხვევითი კომპონენტებისა – 37.8% და 28.0% შესაბამისად. ნაშრომში [22] წარმოდგენილია კლიმატის კავშირები მზის აქტივობასთან მაგნიტური ტურბულენტობის მეშვეობით, რომელიც გამოვლენილია კორელაციისა და გრენჯერის მიზეზობრიობის მიხედვით სხვადასხვა დროის მასშტაბებში.

[IV] ნაშრომთა დიდი რაოდენობა მიძღნილი იყო საქართველოს ტერიტორიის რაიონირებას სხვადასხვა ბუნებრივი კატასტროფების/საშიშროების მიხედვით (სეტყვიანობა, ელქექი, ძლიერი ქარი, ქარბუქი, ძლიერი თოვლი, ზვავები, ტორნადო, წყალდიდობა, ნიადაგის გამა გამოსხივება, ჰაერის აეროზოლური დაქუჭყიანება და სხვა) [1,4-10,19,23-32].

მაგალითად ნაშრომში [27] შესწავლილია დიდთოვლობისა და ზვავების შემთხვევები 2014-2018 წლების პერიოდისთვის. გარემოს ეროვნული სააგენტოს მონაცემების საფუძველზე შედგენილია დიდთოვლობისა და ზვავების შემთხვევათა ცხრილი საქართველოს რეგიონების მიხედვით. ცხრილზე დაყრდნობით, საკვლევი პერიოდისთვის შედგენილია დიდთოვლიანობისა და ზვავების გეოინფორმაციული რუკა, რომელიც ასახავს იმ მუნიციპალიტეტებს სადაც განვითარდა სტიქიური მოვლენები. განხილულია და აღწერილია 2014-2018 წლებში დიდთოვლობისა და ზვავების შედეგად მიყენებული ზარალისა და ზიანის შემთხვევები.

ნაშრომში [28] წარმოდგენილია სეტყვიანი დღეების რაოდენობის შესახებ მონაცემების სტატისტიკური ანალიზი (წლიური და აპრილიდან ოქტომბრამდე პერიოდისათვის) საქართველოს 43 დასახლებულ პუნქტში 2006-2021 წლებში. კერძოდ მიღებულია შემდეგი. სეტყვიანი დღეების საშუალოწლიური მაქსიმალური რიცხვი დაიკვირვება ახალციხეში

(3,4). სეტყვიანი დღეების წლიური მაქსიმალური რიცხვი დაიკვირვება მირვეთში (16). სეტყვიანი დღეების საშუალო მაქსიმალური რიცხვი თბილ პერიოდში აგრეთვე დაიკვირვება ახალციხეში (3,3). სეტყვიანი დღეების მაქსიმალური რიცხვი თბილ პერიოდში დაიკვირვება ხაშურში (9). შესწავლილია კლიმატის ზემოქმედება სეტყვიანი დღეების რაოდენობაზე წლის თბილ პერიოდში. სეტყვიანი დღეების რაოდენობის შედარებამ 30 მეტეოსადგურზე 2006-2021 და 1941 -1990 წლებში აჩვენა რომ დროის მეორე პერიოდში პირველთან შედარებით სეტყვიანი დღეების რაოდენობა 18 სადგურზე შემცირდა, 10 სადგურზე არ შეცვლილა, ხოლო ერთ სადგურზე გაიზარდა (ქედა). ამ ნაშრომის შედეგები გამოყენებული იქნება საქართველოში საშიში ბუნებრივი მოვლენების კატალოგის შედგენისას.

ნაშრომში [30] წარმოდგენილია 2015 წლის 13 ივნისს 21:00-დან 23:97 საათამდე ახალდაბის რაიონში (თბილისის გარეუბანში) მეწყერის წინ ნალექის ინტენსივობის (P) რადარული გაზომვების ანალიზის შედეგები. კერძოდ, ჯმილებულია შემდეგი შედეგები. ღრუბლის მაქსიმალური რადარის არეკვლის ზონაში ნალექების ინტენსივობის დროის სერიას აქვს მეხუთე ხარისხის პოლინომის ფორმა. მიღებულ იქნა ღრუბლის ქვეშ სხვადასხვა ინტენსივობის ნალექის არეების დროის სერია და შესწავლილი იქნა მათი სტატისტიკური მახასიათებლები. მიღებულია ღრუბლის ქვეშ ნალექების საშუალო ინტენსივობის დამოკიდებულება მაქსიმალური რადიომრეკვლადობის ზონის ეფექტურ რადიუსზე.

ნაშრომში [31] წარმოდგენილია PM2.5 და PM10 ნაწილაკების საშუალო თვიური და წლიური კონცენტრაციების შედარებითი ანალიზის შედეგები საქართველოს ოთხ ლოკაციაზე (თბილისი, ბათუმი, ქუთაისი და რუსთავი) 2019-2022 წლებში. ჩატარდა ჰაერის დაბინძურების მითითებულ მახასიათებლებს შორის კორელაციური ანალიზი. შესწავლილი იქნა PM2.5 და PM10 საშუალო წლიური მნიშვნელობების ცვალებადობა დაკვირვების საკვლევ პერიოდში. კერძოდ, დადგინდა, რომ თბილისში 2020-2021 წლებში, 2019 წელთან შედარებით, დაფიქსირდა აეროზოლების საშუალო წლიური კონცენტრაციის მნიშვნელოვანი შემცირება COVID-19-ის პანდემიასთან დაკავშირებული მანქანების გადაადგილების შეზღუდვის გამო. ეს ტენდენცია გაგრძელდა COVID-19-ის შემდგომ პერიოდში 2022 წელს. აღნიშნულია, რომ დაკვირვების მთელი პერიოდის განმავლობაში PM2.5 და PM10 საშუალო წლიური კონცენტრაცია იყო დასაშვებ ნორმაზე მაღალი ყველა საკვლევ ადგილისთვის.

ნაშრომში [32] წარმოდგენილია დასავლეთ საქართველოს გარემოში გამა-გამოსხივების (Γ) განაწილების გამოკვლევის ზოგიერთი შედეგი. გაზომვები ტარდებოდა დედამიწის ზედაპირიდან 20 სმ სიმაღლეზე 228 სხვადასხვა წერტილში პორტატული გამა-რადიომეტრის მეშვეობით. ადგილის სიმაღლე ვარირებდა 1-დან 1928 მეტრამდე ზღვის დონიდან. წარმოდგენილია Γ მნიშვნელობების განაწილების რუკა გამოსაკვლევ არეში. შესწავლილია Γ -ს მნიშვნელობების სტატისტიკური მახასიათებლები და მისი განაწილების თავისებურებები დასავლეთ საქართველოს ტერიტორიაზე. კერძოდ მიღებული იქნა შემდეგი შედეგები. Γ – ს საშუალო მნიშვნელობა შეადგენს 87 ნზვ/სთ, ცვლილების დიაპაზონია 14-194 ნზვ/სთ. გამა-გამოსხივების მნიშვნელობების განაწილებას ერთმოდალური სახე აქვს მარჯვენა ასიმეტრიით 20,6% მაქსიმუმით და  $\Gamma=87$  ნზვ/სთ მნიშვნელობით. ადგილის სიმაღლის ზრდასთან ერთად Γ -ს მნიშვნელობა მატულობს. ამავე დროს Γ-ს ცალკეული მნიშვნელობების წრფივი კორელაციის კოეფიციენტი H-თან ტოლია 0,26-ს. სიმაღლის მიხედვით გასაშუალოებული Γ მნიშვნელობების კავშირს H -თან აქვს ხარისხოვანი ფუნქციის სახე :  $\Gamma = 53.306 \cdot H^{0.0927}$

[V] მნიშვნელოვანი ყურადღება დაეთმო საქართველოს ტურისტული და რეკრეაციული რესურსების შეფასებას კლიმატის ცვლილების ფონზე. ამ მიზნით გამოყენებული იქნა სხვადასხვა თერმული, კლიმატური და ბიოკლიმატური ინდექსი (ჰაერის ეფექტური ტემპერატურა ET, კლიმატის ტურისტული ინდექსი TCI, დასვენების კლიმატის ინდექსი HCI, ანგსტრომის სახანძრო ინდექსი AFI და ა.შ.). ჰაერის აეროიონიზაციის მდგომარეობის საექსპედიციო კვლევები ჩატარდა საქართველოს სხვადასხვა რაიონში, ასევე კარსტულ მღვიმეებში. ასევე განხორციელდა ცალკეული მეტეოროლოგიური პარამეტრების, მათი კომპლექსებისა და კოსმოსური გამოსხივების ადამიანის ჯანმრთელობაზე ზემოქმედების შეფასება. აგრეთვე შესწავლილი იქნა ზოგიერთი თერმული ინდექსების და მიწისპირა ოზონის კონცენტრაციის გავლენა Covid-19-ს გავრცელებაზე [1-10, 19, 33- 44].

კერძოდ, ნაშრომში [33] ჩატარდა მონაცემების დეტალური სტატისტიკური ანალიზი შვიდი მეტეოროლოგიური პარამეტრის შესახებ (ჰაერის საშუალო თვიური ტემპერატურა და საშუალო თვიური მაქსიმალური ტემპერატურა, ჰაერის საშუალო თვიური ფარდობითი ტენიანობა და საშუალო თვიური მინიმალური ფარდობითი ტენიანობა, თვიური ნალექთა ჯამი, საშუალო თვიური მზის ხანგრძლივობა დღის განმავლობაში, საშუალო თვიური ქარის სიჩქარე), რომელიც დაკავშირებულია ზოგიერთ მარტივ თერმულ ინდექსთან და კლიმატური ტურიზმის ინდექსთან, აჭარის (ბათუმი, ქობულეთი, ხულო, გოდერძის უღელტეხილი – გოდერძი) და კახეთის (თელავი, დედოფლისწყარო, ყვარელი, საგარეჯო) რვა წერტილში. შესწავლილია ამ პარამეტრების ცვალებადობის თავისებურებები 1986-2010 წლებში. (დროის მეორე პერიოდი) 1961-1985 წწ. (დროის პირველი პერიოდი).

წარმოდგენილია აჭარის და კახეთის მითითებული პუნქტებისთვის ტურიზმის კლიმატის ინდექსის მონაცემების ანალიზის შედეგები. მოყვანილია დეტალური ინფორმაცია TCI-ის, მისი კატეგორიებისა და ხუთი ქვე-ინდექსის, მათი საშუალო, მინიმალური და მაქსიმალური მნიშვნელობების შესახებ მთელი დაკვირვების პერიოდისთვის და შიდაწლიური სვლის ხასიათის შესახებ.

შესწავლილია კლიმატის ცვლილების გავლენა 1986-2010 წლებში TCI-ის და მისი კომპონენტების საშუალოთვიური მაჩვენებლების ცვალებადობაზე 1961-1985 წლებთან შედარებით. შეფასდა წელიწადში საშუალო დღეთა რიცხვი TCI-ის სხვადასხვა კატეგორიით დროის სამ პერიოდში.

კერძოდ, დადგინდა, რომ საშუალოდ შესწავლილ რაიონებში მასობრივი ტურიზმისთვის ხელსაყრელია წლის შემდეგი თვეები: კახეთის ყველა წერტილი – მთელი წლის განმავლობაში; ბათუმი, ქობულეთი და ხულო – მარტიდან ნოემბრამდე, გოდერძი – აპრილიდან ოქტომბრამდე.

კახეთის პირობებში მნიშვნელოვანი ცვალებადობა წლიური საშუალო დღეთა რიცხვისა TCI კატეგორიაში „მისაღები“ და უფრო მაღლა მეორე პერიოდში, პირველთან შედარებით (2%-ის ფარგლებში) არ დაიკვირვება. ბათუმსა და ქობულეთში ეს ცვალებადობა ასევე 2%-ის ფარგლებშია, ხულოში კი „საშუალო ტურისტისათვის“ ხელსაყრელი ბიოკლიმატური პირობების გაუარესებაა (ხელსაყრელი დღეების შემცირება 6.05%-ით), ხოლო გოდერძიზე – გაუმჯობესება (ხელსაყრელი დღეების მატება 12.4%-ით).

ჩატარებულმა კვლევებმა კიდევ ერთხელ დაადასტურა საქართველოში მრავალფეროვანი კლიმატური და ბიოკლიმატური პირობების არსებობის ფაქტი და მათი დროებითი ცვალებადობის თავისებურებანი. კეთდება დასკვნა იმის შესახებ, რომ აუცილებელია

კლიმატის ცვლილების (ასევე ბიოკლიმატის) დეტალური შესწავლა არა მხოლოდ რეგიონული, არამედ ადგილობრივი მასშტაბით.

ნაშრომებში [19, 35] განხორციელდა HCl-ის მნიშვნელობების ინტერვალური პროგნოზირება მომავალი ათწლეულების განმავლობაში ქალაქ თბილისის პირობებში. ნაჩვენებია, რომ მომდევნო რამდენიმე ათწლეულში, HCl-ის მნიშვნელობების მაქსიმალური კატეგორიები (ზედა დონის 95%-ის ნდობის ინტერვალის საშუალო) შეიძლება გაიზარდოს ერთი გრადაციით შემდეგ თვეებში: იანვარი: „კარგი“ → „ძალიან კარგი“; მარტი, ივლისი და აგვისტო: „ძალიან კარგი“ → „შესანიშნავი“; აპრილი და ივნისი: „შესანიშნავი“ → „იდეალური“. მინიმალური HCl-ის კატეგორიები (ქვედა დონის 95%-ის ნდობის ინტერვალის საშუალო) შეიძლება შემცირდეს ერთი გრადაციით შემდეგ თვეებში: იანვარსა და თებერვალში: „სასიამოვნო“ → „მისაღები“; აპრილი და აგვისტო: „კარგი“ → „სასიამოვნო“; სექტემბერი: „ძალიან კარგი“ → „კარგი“. მოსალოდნელია, რომ HCl-ის მინიმალური მნიშვნელობის კატეგორია მათში ერთი გრადაციით გაიზარდება: „კარგი“ → „ძალიან კარგი“.

ნაშრომებში [19, 36] წარმოდგენილია მონაცემები დასვენების კლიმატური ინდექსის მრავალწლიანი საშუალო თვიური მნიშვნელობების შესახებ საქართველოს 13 მთიანი რეგიონისთვის (*ბაზმარო*, ბაკურიანი, ბორჯომი, გოდერძი, გუდაური, ხაიში, ხულო, ლენტეხი, მესტია, ფასანაური, შოვი, სტეფანწმინდა, თიანეთი). ჩატარდა HCl-ის ყოველთვიური, სეზონური და წლიური მნიშვნელობების დეტალური ანალიზი 60 წლიანი პერიოდისთვის (1956-2015 წწ.). საქართველოს სამი პუნქტისთვის (*გოდერძი*, ხულო და მესტია) 1961-2010 წწ. მონაცემების მიხედვით, ჩატარდა HCl-ის და ტურიზმის კლიმატური ინდექსის ყოველთვიური მნიშვნელობების შედარება. შესწავლილი იქნა HCl-ის ცვალებადობა 1986-2015 წწ.-ში 1956-1985 წწ.-თან შედარებით და ასევე გამოკვლეულ იქნა HCl-ის ტრენდები 1956-2015 წწ.-ში.

მესტიის მაგალითზე შეფასდა HCl-ის ყოველთვიური, სეზონური და წლიური მნიშვნელობების მოსალოდნელი ცვლილებები 2041-2070 და 2071-2100 წწ.-ში.

კერძოდ, 2041-2070 და 2071-2100 წწ. 1956-2015 წწ. შედარებით HCl-ის მნიშვნელობების და მათ კატეგორიების ცვლილება გაუმჯობესების თვალსაზრისით მოსალოდნელია მათსა და ოქტომბერში („ძალიან კარგი“ → „შესანიშნავი“).

ივლისსა და აგვისტოში მოსალოდნელია HCl-ის მნიშვნელობების შემცირება და შესაბამისად მისი კატეგორიის გაუარესება ერთი საფეხურით („შესანიშნავი“ → „ძალიან კარგი“).

2071-2100 წლის ივნისში, HCl-ის კატეგორია გაუარესდება ერთი დონით "შესანიშნავი" → "ძალიან კარგი".

ამრიგად, მესტიაში, სულ მცირე, 2100 წლამდე მოსალოდნელია ტურიზმისთვის ხელსაყრელი ბიოკლიმატური პირობების შენარჩუნება.

ატმოსფეროში მსუბუქი იონების შემცველობის შესწავლის მნიშვნელობა კარგადაა ცნობილი. მსუბუქი იონების შემცველობა ჰაერში მნიშვნელოვან როლს თამაშობს მოსახლეობის ფიზიოლოგიური მდგომარეობის ფორმირებაში. ნაშრომში [37] მოყვანილია უკანასკნელ წლებში საქართველოს სხვადასხვა რეგიონში საჰაერო გარემოს იონიზაციურ მდგომარეობაზე ლანდშაფტის ზეგავლენის კვლევის ზოგიერთი შედეგები. წარმოდგენილია აერიონების შემცველობის მონაცემები თბილისში და დასავლეთ საქართველოს ზოგიერთ დასახლებულ პუნქტში განსხვავებული ლანდშაფტების ტიპებით (ქალაქი, ტყე, პარკი, ხეობა, ჩანჩქერები, მდინარის ნაპირები და სხვ.). კერძოდ ნაჩვენებია, რომ ძალზე დაბინძურ-



რებული ქალაქის საზღვრებშიც კი ლანდშაფტს აქვს გადამწყვეტი მნიშვნელობა იმ გარემოს შესაქმნელად, რომელიც სასიცოცხლოდ მნიშვნელოვანია ადამიანის ჯანმრთელობისათვის თბილისის ნაციონალური ბოტანიკური ბაღი, თბილისის ზღვის ტერიტორია და სხვ.). ნაშრომის შედეგები შეიძლება გამოყენებული იქნას საქართველოს საკურორტო – ტურისტული ინდუსტრიის გასავითარებლად.

მღვიმე "თეთრა" მდებარეობს კურორტ წყალტუბოს ჩრდილოეთ ნაწილში. მღვიმეს მიკროკლიმატური და მაიონებელი თვისებების გათვალისწინებით (მსუბუქი იონების მაღალი კონცენტრაცია) გასული საუკუნის სამოცდაათიანი წლების დასაწყისში იგი გამოიყენებოდა რესპირატორული და გულ-სისხლძარღვთა სისტემის დაავადებების მქონე პაციენტების სამკურნალოდ. 2008 წლის ექსპედიციის დროს გაირკვა, რომ მღვიმეს შესასვლელი სპეციალური კარი გატეხილია. ხალხის არასანქცირებული ყოფნის კვალი აღმოჩენილი იქნა მღვიმეში. ანუ, მღვიმეს ბუნებრივი მდგომარეობა იყო დარღვეული (ჰერმეტიზაცია, ჰაერის სისუფთავე და ა.შ.). შედეგად, მღვიმეს უნიკალური ბიოკლიმატური და რადიაციული თვისებები დაიკარგა. შესაბამისად, მსუბუქი იონების კონცენტრაცია იგივე იყო, როგორც ძლიერად დაბინძურებულ ინდუსტრიულ ქალაქებში. შემოთავაზებული იქნა გადაუდებელი ღონისძიებები მღვიმე "თეთრა"-დ ბუნებრივი სამკურნალო პოტენციალის აღსადგენად. საქართველოს დაცული ტერიტორიების სააგენტომ ჩაატარა რიგი ღონისძიებები მღვიმის პირველადი მდგომარეობის აღსადგენად, რის შედეგადაც მისი უნიკალური მიკროკლიმატური და ბიოქიმიური თვისებები პრაქტიკულად აღდგა. კერძოდ, 2018 წელს საექსპედიციო სამუშაოების შედეგებმა აჩვენა, რომ მოხდა მღვიმის რადიოაქტიური და მაიონებელი მდგომარეობის აღდგენა. ამრიგად, მღვიმე "თეთრა", როგორც ადრეულ წლებში, შესაძლებელია სამკურნალო დანიშნულებისთვის იქნეს გამოყენებული. დაგეგმილია საქართველოში მღვიმეების მიკროკლიმატური, ბიოკლიმატური და მაიონებელი თვისებების რეგულარული შესწავლის ორგანიზება [38].

ნაშრომებში [39,40] წარმოდგენილია ჰაერის ტემპერატურის, მიწისპირა ოზონის კონცენტრაციისა და გალაქტიკური კოსმოსური სხივების ნეიტრონული კომპონენტის ინტენსივობის ყოველწლიური ცვალებადობის გავლენის კვლევის შედეგები ქალაქ თბილისის მოსახლეობის სიკვდილიანობაზე 1984-2010 წლებში. კერძოდ, დადგინდა, რომ ვარიაციულ გამლის ფარგლებში შესწავლილი პარამეტრების წვლილი სიკვდილიანობის ცვალებადობაში ასეთია: ჰაერის ტემპერატურის შემთხვევითი კომპონენტი – 8.5%, მიწისპირა ოზონის კონცენტრაციისა და კოსმოსური სხივების ინტენსივობის რეალური მნიშვნელობები – 20.9% და 16.5% , შესაბამისად.

ნაშრომში [41] წარმოდგენილია გალაქტიკური კოსმოსური სხივების ნეიტრონული კომპონენტის წლიური ინტენსივობის ვარიაციების გავლენის შესწავლის შედეგები საქართველოს მოსახლეობის სიკვდილიანობაზე 1995-2014 წლებში. კერძოდ, დადასტურდა ადრე მიღებული შედეგები კოსმოსური სხივების ინტენსივობასა და მოსახლეობის საერთო სიკვდილიანობას შორის პირდაპირი კორელაციის შესახებ [40]. თუმცა, როგორც გაირკვა, კოსმოსური სხივების ინტენსივობის მატება ძირითადად ზრდის საქართველოს მოსახლეობის მამრობითი ნაწილის სიკვდილიანობას. ქალების სიკვდილიანობის მაჩვენებელი ძალიან სუსტად არის დამოკიდებული გალაქტიკური კოსმოსური სხივების გავლენაზე.

HCI-ს და მისი კომპონენტების და კომპონენტების რეიტინგების საზოგადოებრივ ჯანმრთელობასთან კავშირის კვლევის შედეგები (თბილისის მაგალითზე – გულ-სისხლძარ-

ღვთა დაავადებებით სიკვდილიანობა და საქართველოს კახეთის რეგიონი – სასწრაფო დახმარების გამოძახება, ჰოსპიტალიზაცია, საერთო სიკვდილიანობა) წარმოდგენილია ნაშრომში [40]. ნაჩვენებია, რომ ზოგადად, ყველა მაჩვენებელი ადეკვატურად შეესაბამება ადამიანების საცხოვრებელი გარემოს ბიოკლიმატური კომფორტის ხარისხს. კერძოდ, HCI-სა და სიკვდილიანობას შორის ურთიერთობა თბილისში მეორე ხარისხის პოლინომის, ხოლო კახეთში – მესამე ხარისხის პოლინომის ფორმას იღებს. ამავდროულად, ბიოკლიმატური კომფორტის ხარისხის მატებასთან ერთად კატეგორიამდე "მალიან კარგი", არსებობს სიკვდილიანობის შემცირების ტენდენცია. "შესანიშნავი" კატეგორიაში გადასვლასთან ერთად, სიკვდილიანობის უმნიშვნელო მატებაა. მსგავსი შედეგი იქნა მიღებული HCI-ის ზოგიერთი კომპონენტისთვის და ამ კომპონენტების რეიტინგებისთვის. შემოთავაზებულია მოსახლეობისთვის ბიოკლიმატური ინდექსის სკალების კომფორტის ხარისხის განსაზღვრაში კორექტირება ადგილობრივი სოციალური და კლიმატური პირობების გათვალისწინებით.

Covid-19-ის პანდემიის დროს არაერთი სამუშაო ჩატარდა [7-9, 39,43,44].

კერძოდ, COVID-19 ინფიცირების მაჩვენებლის, დაინფიცირების და სიკვდილიანობის შემთხვევების ერთთვიანი ინტერვალური პროგნოზი საქართველოში რეგულარულად იგზავნებოდა დაავადებათა კონტროლისა და საზოგადოებრივი ჯანმრთელობის ეროვნული ცენტრში (ცენტრის გენერალურ დირექტორთან ა. გამყრელიძესთან შეთანხმებით, წერილი #06/4378, 2020 წ. 20 ოქტომბერი). პროგნოზი აგრეთვე თავსდებოდა ა. ამირანაშვილის Facebook-ის გვერდზე <https://www.facebook.com/Avtandil1948/>.

Covid-19-ის შემდგომ პერიოდში დაიწყო და გაგრძელდა სხვადასხვა ბიოკლიმატური ინდექსების და მიწისპირა ოზონის კონცენტრაციის გავლენის კვლევები ამ ინფექციის გავრცელებაზე [10,19,43,44].

მაგალითად, ნაშრომში [43] წარმოდგენილია მარტივი თერმული ინდექსების ცალკეული კომპონენტების დღე-ღამური მნიშვნელობების (*ტემპერატურა* და ფარდობითი ტენიანობა, ქარის სიჩქარე) თბილისის მოსახლეობის კორონავირუსით ინფიცირების დადებითობის მაჩვენებელზე *COVID-19 (IR)* გავლენის კვლევის შედეგები 2020 წლის 1 სექტემბრიდან 2021 წლის 31 მაისამდე. მიღებულია, რომ *IR* მნიშვნელობები საპირისპირო კორელაციაშია ჰაერის ტემპერატურასა და ქარის სიჩქარესთან და დადებითად არის დაკავშირებული ჰაერის ფარდობით ტენიანობასთან. შესწავლილი იქნა ოთხი განსხვავებული თერმული ინდექსის (ჰაერის ეფექტური ტემპერატურა და *Wet-Bulb-Globe-Temperature*) გავლენა *IR* მნიშვნელობებზე, რომლებიც გასაშუალებული არის მათი კატეგორიების მასშტაბის დიაპაზონში. აღმოჩნდა, რომ ჰაერის ეფექტური ტემპერატურის ზრდა იწვევს *IR* მნიშვნელობების შემცირებას. ამ უკანასკნელ შემთხვევაში, თერმულ ინდექსებსა და *IR* მნიშვნელობებს შორის ურთიერთკავშირის ნიშნადობის დონე გაცილებით მაღალია, ვიდრე *IR* -სა და ამ ინდექსების ცალკეულ კომპონენტებს შორის ურთიერთკავშირის შემთხვევაში.

ანგსტრომის ხანძრის ინდექსის (AFI, ტემპერატურისა და ჰაერის ფარდობითი ტენიანობის კომბინაცია) დღიური მნიშვნელობების გავლენის კვლევის შედეგები კორონავირუსით COVID-19 (*IR*) ინფექციის პოზიტიურობის მაჩვენებელზე წარმოდგენილია ნაშრომი [44]. აღმოჩნდა, რომ AFI მნიშვნელობების ზრდა (ხანძრის საფრთხის შემცირება) იწვევს *IR*-ის ზრდას. ამრიგად, ხანძრის „დაბალი“ საშიშროების კატეგორიით, *IR* სიდიდე საშუალოდ 11.5% იყო, ხოლო „ექსტრემალური“ კატეგორიაში – 3.5%. ურთიერთობა AFI და *IR*

მნიშვნელობებს შორის აქვს მეორე ხარისხის პოლინომის ფორმა. ამრიგად, AFI ასევე ვლინდება როგორც ბიოკლიმატური მაჩვენებელი. სამომავლოდ იგეგმება AFI – ს მნიშვნელობების შედარება ადამიანის ჯანმრთელობის სხვადასხვა მაჩვენებლებთან.

ბოლოდროინდელი კვლევებით დადგინდა, რომ თბილისის პირობებში მიწისპირა ოზონის კონცენტრაციის ზრდა იწვევს IR-ის შემცირებას [10].

[VI] გასულ პერიოდში პროექტის ფქრგლებში სექტორის თანამშრომლების მონაწილეობით ჩატარდა სხვადასხვა სახის კომპლექსური გეოფიზიკური კვლევა (მასის მოძრაობის და სეისმური პროცესების შესწავლა Burridge-Knopoff-ის ლაბორატორიული და მათემატიკური მოდელების გამოყენებით; საქართველოს ბუნებრივი წყლების თერმოდინამიკური პარამეტრების ქცევის შესწავლა ორიგინალური სითხეების ბუმტუკოვანი დულილის მეთოდით; ჯავახეთის ვულკანურ პლატოზე პლიოცენური ასაკის ვულკანურ ნაკადებში პოლარობის გადატანის რეგისტრაცია, აპნიას ლავური ნაკადების მაგალითზე; მიწისძვრების მომზადებისას დედამიწის გეოდინამიკურ ველში გავრცელების გამოვლენის მეთოდოლოგია; ფრიქციული ავტორხევების დინამიკური ანალიზი; სამგანზომილებიანი მაგნიტოგრაფიული ტალღები ზედა ატმოსფეროში; გრიგალური სტრუქტურების რიცხვითი ანალიზი მაგნიტოსფეროს კუდის პლაზმურ დინებებში; მიწისძვრების მომზადებასთან დაკავშირებული ჰიდროდინამიკური და გეომაგნიტური ანომალიები კავკასიაში; ლითოსფეროში მიმდინარე დეფორმაციული პროცესების შესწავლა მულტიდისციპლინარული მონიტორინგით; ნიადაგის დაბინძურების დროში ცვლილების დიფუზიური მოდელი; წყლის სტაგნაციის ეფექტის თვისობრივ-რაოდენობრივი შეფასება ვერეს დახურული კალაპატის მეორე გვირაბის წინ; ვერტიკალური ელექტრული ზონდირება წყლის ძიების ამოცანებში და მეწყრული საშიშროების შესაფასებლად; ფოტოვოლტაიკური სისტემები და მათი განვითარების პერსპექტივები საქართველოში; გეოფიზიკური თერმოდინამიკური სისტემების სტატისტიკური და სითბური თვისებები; სტაბილური იზოტოპების მონიტორინგის ქსელის შექმნა საქართველოს ტერიტორიაზე; ელექტრომაგნიტური გამოსხივების სიმძლავრის შეფასება სეისმურ აქტივობასთან დაკავშირებით წყალწმინდა-ურეკის გეომაგნიტური ანომალიის არეალში; წყლის დონის ინერცია ღრმა ჭაბურღილებში საქართველოში; ჰიდროდინამიკური ქსელის რეაქცია საქართველოში მიწისძვრის მომზადების პროცესზე; რადონის განაწილება დასავლეთ საქართველოს ტერიტორიაზე; წყალსაცავები და მევენახეობის პრობლემა და სხვა) [1-10, 45-53].

კერძოდ, მონოგრაფიაში [45] წარმოდგენილია გარეშე ფაქტორებით ტრიგერებული მეწყრების ლაბორატორიული და მათემატიკური მოდელირების და სავლე კვლევების შედეგები, რომლებიც ტარდებოდა 2014-2017 წწ. შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდის პროექტის FR/258/9-160/13-ის ფარგლებში. აღნიშნული სამუშაოების ჩასატარებლად აწყობილი იქნა რამდენიმე ექსპერიმენტული დანადგარი. კერძოდ ზამბარა-ბლოკის და ბურიჯ-კნოპოვის ტიპის დანადგარები, მეწყრული მოვლენების პროცესში მიმდინარე არათანაბარი ხახუნის (სტიკ-სლიპის) მოვლენების შესასწავლად. აეწყო დანადგარები, სადაც შესაძლებელია დახრის კუთხის ცვლილება და ექსპერიმენტების ჩატარება გარემოს ტენიანობის და გაწყლიანების ცვლილების პირობებში. ჩატარებული იქნა ასევე სავლე გეოფიზიკური კვლევები საქართველოს რამდენიმე მეწყერზე. ჩატარდა ლაბორატორიული სამუშაოები აკუსტიკური ემისიის საშუალებით მეწყრების კვლევაზე. ჩატარებულია სტიკ-

სლიპის პროცესის მათემატიკური და რიცხვითი მოდელირების სამუშაოები. შემუშავდა მეწყრის მათემატიკური მოდელი, უსაფრთხოების კოეფიციენტის გამოთვლის მეთოდები. შეფასდა რამდენიმე მეწყრის უსაფრთხოების კოეფიციენტები. შეფასდა ტრიგერირების პირობები გარეშე პერიოდული ზემოქმედების და ტენიანობის ცვლილების შემთხვევებში.

მონოგრაფიაში [46] წარმოდგენილია საკუთარი და ცნობილი გამოკვლევები ატმოსფეროსა და ღრუბლების ფიზიკის დარგში ბოლო ათწლეულების მანძილზე (თეორია, ექსპერიმენტი, დაკვირვება). პირველ ნაწილში განიხილება ყინულის სფეროების ექსპერიმენტი და თეორია, მათი დეფორმაცია დამაგრებულ და თავისუფლად შეწონილ მდგომარეობაში. შესწავლილია გაშხეფებული წვეთების სპექტრი და მათი დანაწევრება – დაშლა ჰაერის დაბერვის სხვადასხვა სიჩქარის დროს, რომელიც სწორად აღწერს ღრუბლის წვეთების ცნობილ სპექტრებს. მეორე თავში შეისწავლება და თეორიულად განიმარტება ხელოვნური და ბუნებრივი სეტყვის მარცვლების შინაგანი სტრუქტურა: გამჭვირვალობა, ჩანართები, ღრუბლისმაგვარი, როგორც შედეგი რეჟიმების „მშრალი“ და „სველი“ ცვლისა სეტყვის მარცვლების ზრდის დროს, სფერული მარცვლების ზრდის განვითარებული თეორიის თანახმად. დაწვრილებითაა განხილული სეტყვიანობის შემთხვევები კონვექტიურ ღრუბლების ვერტიკალურ ტურბულენტურ ნაკადში განვითარებული თეორიის თანახმად სეტყვის ევოლუციის საფუძველზე და მოცემულია სეტყვის მარცვლების მრავალშრიანი სტრუქტურის ინტერპრეტაცია ამ თეორიის მიხედვით. მესამე თავში თეორიულადაა შესწავლილი ორთქლის ბუმტის ევოლუცია გადამეტცივებულ და გადამეტხურებულ წყალში როგორც ვარიაციული ამოცანა. მიღებულია შესაბამისი განტოლებები და მათი ამონახსნი ანალიზური ფორმით და ემპირიული ფორმულები, რომლებიც განაზოგადებენ კლასიკურ რეზულტატებს.

მონოგრაფიაში [47] წარმოდგენილია ბოლო რამდენიმე ათეული წლის განმავლობაში იონოსფეროს დარგში საკუთარი გამოკვლევების შედეგები. პირველ თავში განვითარებულია მოძრაობის დინამიკური შესაძლებლობის პირობების მეთოდი გამტარ, ბლანტ ატმოსფეროში კონკრეტულად მაგნიტოჰიდროდინამიკურ და მსხვილმასშტაბიან ცირკულაციურ, ციკლონურ და ანტიციკლონურ ტიპის მოძრაობებისთვის, იონოსფეროში და სხვ. მეორე თავში მოცემულია იონოსფეროში მოძრაობის სამგანზომილებიანი ანალიტიკური მოდელი და რიცხობრივად იგება ჰორიზონტული ქარების სისტემა პლანეტარული მასშტაბით. მესამე თავში მოცემულია მსხვილმასშტაბიანი ქარების და მერიდიანული ცირკულაციური მოძრაობების სამგანზომილებიანი გლობალური მოდელი. მეოთხე თავში მოცემულია იონოსფეროში ქარებისა და ტალღური მოძრაობების სტრუქტურის ანალიზური თეორია.

ნაშრომში [48] აღნიშნულია, რომ ინდუსტრიულ ეპოქამდე ბუნებრივ ელექტრომაგნიტურ ფონს აყალიბებდა ე.წ. კოსმოსური ამინდი და რადიოაქტიური დაშლის პროცესი, მიმდინარე დედამიწის შიგნით. დღეს, სისტემატურად მზარდი ანტროპოგენული დატვირთვის გამო ადგილი აქვს ადამიანების საცხოვრებელი გარემოს პარამეტრების საყოველთაო ცვლილებებს. ეს პროცესი ეხება მთელ დედამიწას, პირველ რიგში მაღალი ურბანიზაციის მქონე არეებს, სადაც განსაკუთრებით საგრძნობია ტექნიკური პროგრესის უარყოფითი სოციოლოგიურ-ფიზიოლოგიური გავლენა როგორც გლობალურად მთელ მოსახლეობაზე, ასევე ადამიანთა ცალკეულ ჯგუფებზე. ამ გლობალურ პრობლემას მრავალი ას-

პექტი გააჩნია, რომელთა შორის არის ელექტრომაგნიტური ფონის არაბუნებრივი ცვლილებების პირობებში მცხოვრებთა ადაპტაციური უნარების გამოკვლევა, რომლის მნიშვნელოვანი ელემენტია მოსახლეობის ფონური დაავადებიათობის შედარებითი ანალიზი. მაგალითად, უკვე საკმაოდ კარგად არის ცნობილი კოსმოსური ამინდის მკვეთრი ცვლილების ერთერთი გლობალური გამოვლინების, გეომაგნიტური ქარიშხლების კორელაციური ეფექტი გულ-სისხლძარღვთა პათოლოგიის მქონე ადამიანების ჯანმრთელობის მდგომარეობის გაუარესებას შორის. მიგვაჩნია, რომ ამ კავშირის ფიზიოლოგიური მექანიზმების გამოვლენა, მზეზე მიმდინარე პროცესების ეფექტების განხილვასთან ერთად, მოითხოვს აგრეთვე დედამიწაზე გეომაგნიტური ანომალიების გავლენით გამოწვეული ლოკალურად ცვლადი ბუნებრივი ელექტრომაგნიტური ფონის ფიზიოლოგიური ეფექტების შესწავლას. ამ თვალსაზრისით საინტერესო აღმოჩნდა წყალწმინდა-ურეკის ლოკალური გეომაგნიტური ანომალიის საკურორტო ზონაში მცხოვრები აბორიგენული მოსახლეობისა და გეომაგნიტური თვალსაზრისით უფრო წყნარ პირობებში მცხოვრები თელავის რაიონის მოსახლეობის პირველადი სამედიცინო მონაცემების შედარებითი ანალიზი. მიღებული სურათის თანახმად, ურეკი-წყალწმინდის გეომაგნიტური ანომალიის გარემოს მახასიათებლების კომბინაცია ზღვის სანაპიროსათვის დამახასიათებელ კოსმოსურ ფაქტორებთან, სავარაუდოდ, საკმაოდ კეთილისმყოფელ გავლენას ახდენს აქ მცხოვრებ ადამიანებზე. ასეთი დასკვნის ექსტრაპოლაციიდან გამომდინარე, შეიძლება ზოგადად აიხსნას დადებითი თერაპიული ეფექტი იმ ადამიანებშიც, რომლებიც წყალწმინდა-ურეკის საკურორტო ზონაში მოკლევადიანად იმყოფებიან დასვენებისა და მკურნალობის მიზნით.

ნაშრომში [49] აღინიშნება, რომ დღეს ჰიდროენერგეტიკის პრობლემა საქართველოში განსაკუთრებით აქტუალურია. დღევანდელი ვითარება თითქმის ოთხი ათწლეულის წინ განვითარებული პროცესებიდან გამომდინარეობს.

ამიტომ, ბუნებრივია ისმის კითხვა: როგორი იყო საბჭოთა კავშირის არსებობის ბოლო წლებში მოთხოვნილება ელექტროენერგიაზე და რანაირად ნაწილდებოდა იგი საქართველოს სახალხო-სამეურნეო კომპლექსსა და მოსახლეობაზე? საწყის წერტილად მოსახერხებელია ავიღოთ 1988 წელი, როცა ელექტროენერგიის მოხმარებამ მაქსიმუმს მიაღწია. ამ წლის განმავლობაში საქართველომ დახარჯა 18 მილიარდი კვტ.სთ. ენერგია, საიდანაც მსხვილმა მრეწველობამ მოიხმარა 26%, სოფლის მეურნეობამ 6,4%, ტრანსპორტმა – 5%, მშენებლობამ – 2,5%, საყოფაცოვრებო-კომუნალურმა სექტორმა – 21%, სხვა ხარჯებმა შეადგინა 20%, ხოლო დანაკარგებმა და საკუთრივ ენერგეტიკული ობიექტების საჭიროებებმა – 18,5%. სხვა ხარჯები ნაწილდებოდა მრეწველობის იმ დარგებზე, რომლებიც წამყვანი არ იყო სახალხო მეურნეობაში. ძირითადად ეს იყო ადგილობრივი მრეწველობის ობიექტები. 1988 წლის შემდეგ ელექტროენერგიის მოხმარება ყოველწლიურად მცირდებოდა ისე, რომ 1994 წელს, მიახლოებითი შეფასებით, სულ მოხმარებული იყო 7-8 მილიარდი კვტ.სთ. ელექტროენერგია, რომლის 25-30% იმპორტირებული იყო მეზობელი სახელმწიფოებიდან: სომხეთიდან, აზერბაიჯანიდან და თურქეთიდან. ენერგეტიკისა და ჰიდრონაგებობათა სამეცნიერო ინსტიტუტის იმდროინდელი გაანგარიშებით 2000 წლისათვის საქართველოს დასჭირდებოდა მინიმუმ 15 მილიარდი კვტ.სთ. ელექტროენერგია წლის განმავლობაში, რათა სახალხო-სამეურნეო კომპლექსი ნორმალურად ამუშავებულიყო და დაკმაყოფილებულიყო მოსახლეობის მინიმალური საყოფაცხოვრებო მოთხოვნები. ასეთი

პროგნოზი გულისხმობდა ელექტროენერჯის იმპორტს, დაახლოებით 6 მილიარდ კვტ.სთ. ოდენობით. იგივე პერიოდისათვის, ევროგაერთიანების ტექნიკური დახმარების საბჭოს ექსპერტთა გაანგარიშებით, საქართველოსათვის საკმარისი იქნებოდა 12 მილიარდი კვტ.სთ. ენერჯია, ანუ დაახლოებით იმდენი, რასაც დღეს მოვიხმართ. თუმცა, ასეთი შეფასება გულისხმობდა ენერჯო დამზოვი ტექნოლოგიების დანერგვას და ფართოდ გამოყენებას მრეწველობასა და სოფლის მეურნეობაში, რაც დღემდე მიუღწევლ ამოცანად რჩება.

წარსულის მწარე გამოცდილებიდან გამომდინარე ბევრისათვის აშკარა გახდა, რომ შემდეგელია ქვეყნის სრული დამოუკიდებლობის მიღწევა ენერგეტიკული დამოუკიდებლობის გარეშე. ამ სასიცოცხლო მნიშვნელობის მქონე პრობლემის გადაწყვეტის ძირითადი ფაქტორია იმ ენერგეტიკული რესურსის რაციონალურად გამოყენება, რომელიც საქართველოს გააჩნია. ბუნებრივია, რომ ჩვენი მთავარი სიმდიდრეა ჰიდრორესურსი. რადგანაც მდინარეებში წყლის ხარჯს მკვეთრად სეზონური ხასიათი აქვს, საბჭოთა პერიოდში ჰიდროენერგეტიკოსები აუცილებლად მიიჩნევდნენ დიდი წყალსაცავების შექმნას, რაც უმეტესად, კასკადური პრინციპით უნდა განხორციელბულიყო. წყალსაცავების მშენებლობას ხშირად თან ახლავს განსაკუთრებულად უარყოფითი მომენტი. თუმცა, მიკროკლიმატურ ცვლილებებზე აპრიორი ცალსახად უარყოფით კონტექსტში მსჯელობა არაკორექტულია, რადგან ატმოსფერო ლოკალურ მასშტაბებში არ წარმოადგენს ჩაკეტილ თერმოდინამიკურ სისტემას. ამიტომ, ატმოსფერული პარამეტრების მცირე შემფოთებას არ შეუძლია გამოიწვიოს კატასტროფული შედეგები მასშტაბური კლიმატური ცვლილებების სახით. უარყოფითი ეკოლოგიური ზემოქმედების თვალსაზრისით თბოელექტროსადგურები ჰიდროელექტროსადგურებზე არა ნაკლები ზიანის მომტანები არიან.

ნაშრომში [50] აღნიშნულია, რომ კაცობრიობამ ევოლუცია განიცადა ბუნებრივი ელექტრული, მაგნიტური და გრავიტაციული ველების გარემოში. დედამიწაზე სიცოცხლის ჩასახვას, არსებობასა და განვითარებას განსაზღვრავენ კოსმიური ფაქტორები. ჩვენს პლანეტაზე მიმდინარე ყველა ფიზიკური და ბიოქიმიური პროცესების მთავარი მიზეზია მზე, რომლის მოქმედებასაც ცოცხალ ორგანიზმებზე რამდენიმე ფაქტორი განაპირობებს: მზის სითბური ნაკადი, რადიოაქტიური გამოსხივება და აქტივობის დონე, რომელთა გავლენის გამორიცხვაც ცოცხალ არსებებზე არასწორი იქნებოდა. მაგრამ, მაღალი სიხშირის ელექტრომაგნიტური ტალღების გარდა, რომელთაც მიეკუთვნებიან სითბური ნაკადი და რადიოაქტიური გამოსხივება, არსებობენ აგრეთვე დაბალი სიხშირის ელექტრომაგნიტური ტალღები, რომლებიც აგრეთვე უკავშირდებიან მზის აქტივობას. ამიტომ, საზოგადოების განსაკუთრებულ ინტერესს იწვევს პრობლემა, თუ როგორ მოქმედებენ ცოცხალ ორგანიზმებზე ბუნებრივი ფაქტორები, მათ შორის დედამიწის მაგნიტური ველი (გეომაგნიტური ველი). ორგანულ მატერიაზე გამჭოლი რადიაციის ზემოქმედების ეფექტები საკმაოდ კარგად არის გამოკვლეული, თუმცა მაგნიტური (გეომაგნიტური) ველის ცოცხალ უჯრედზე მოქმედების მექანიზმი ჯერ კიდევ ბუნდოვანია და მრავალ საიდუმლოს მოიცავს.

ნაშრომში [51] განხილულია 2023 წლის 3 აგვისტოს შოვის ხეობაში მცინვარული ღვარცოფის გაჩენა თბილისის მცინვარზე მომხდარმა დამანგრეველმა პროცესმა გამოიწვია. ღვარცოფის გავრცელების არსებული სურათიდან გამომდინარე, შესაძლებელია ანალიზი ჩატარდეს მის საფუძველის, წყლით გაჯერებული ნიადაგის მასის, რეოლოგიურ თვისებებთან დაკავშირებით. ასევე შესაძლებელია დაახლოებით შეფასდეს სხვადასხვა ტიპის

ჰიდროდინამიკური ტალღების პარამეტრები, რომელთა წარმოქმნა, სავარაუდოდ, შესაძლებელი იყო ღვარცოფული ნაკადის გავრცელების დროს. როგორც ჩანს, ასეთი პრობლემა დამაკმაყოფილებლად შეიძლება გადაწყდეს მხოლოდ ღვარცოფული ნაკადის უგანზომილებიანი კრიტერიუმების მნიშვნელობების სწორი შეფასების შემთხვევაში, რაც მოსახერხებელი რაოდენობრივი მახასიათებლებია, რომლებიც ამარტივებს მსგავსების პრინციპის გამოყენების ხარისხობრივი შედეგების ანალიზს. ჰიდროდინამიკური მსგავსება, მაგალითად, ღვარცოფული ნაკადის კალაპოტის მართკუთხა არხით აპროქსიმაციის შემთხვევაში, შეიძლება გამოყენებული იქნას ცნობილი ანალიტიკური ამოხსნების შედეგები, რომლებიც მიღებულია გამარტივებული დაშვებებით, რომლებიც მოქმედებს რეინოლდსის და ფრუდის მსგავსების რიცხვების ცვალებადობის გარკვეული ინტერვალისთვის. კერძოდ, მეჩხერი წყლის მიახლოებისას, საკმარისად დიდი რეინოლდსის რიცხვების შემთხვევაში, როდესაც სითხის ნაკადი ძალზე ტურბულენტურია, ფრუდის პარამეტრი საშუალებას იძლევა საკმაოდ სწორად მოახდინოს დინების რეჟიმის ცვლილებების სიმულაცია, რაც ხდება ჰიდროდინამიკური ტალღების წარმოქმნის შედეგად. უარყოფითი ეფექტები, რომლებიც ხშირად თან ახლავს ტალღური შემფოთებების გავრცელების პროცესს, დიდწილად დამოკიდებულია ამ ტალღების ტიპებზე. ამიტომ შოვის ხეობაში ღვარცოფის შემთხვევაში საკმაოდ რეალისტურად ჩანს, მაგალითად, ე.წ. მგორავი ჰიდროდინამიკური ტალღები, რომლებიც შეიძლება იყოს იმ სავარაუდო მიზეზთა შორის, რომლებმაც განსაზღვრეს ტრაგიკული მოვლენის კატასტროფული მასშტაბები.

ნაშრომში [52] აღნიშნულია, რომ ვიწრო, საკმაოდ ღრმა მთის ხეობებში (კანიონებში) გარკვეულ პირობებში შეიძლება ამოქმედდეს არარეგულარული სითბური მექანიზმი, რომელიც გამოიწვევს ჰაერის მასის სპონტანურ კონვექციურ მოძრაობას. ეს ეფექტი განსხვავებულია კარგად ცნობილი ეფექტისაგან, რომელსაც იწვევს მზის სითბური ნაკადის დღეღამური ცვლილება დიდ, ფართო ხეობებში, სადაც სისტემატურად დაიმზირება მიწისპირა ქარების მიმართულების რეგულარული დღეღამური ცვლილება. კერძოდ, კანიონის ფერდის გასწვრივ ჰაერის ჰორიზონტალური გადაადგილების სიჩქარის ვერტიკალურ პროფილში გარკვეულ სიმაღლეზე ადგილი აქვს მიმართულების ცვლილებას (ინვერსია). ლუდვიგ პრანდტლის მიერ აგებული იყო თეორიული მოდელი, რომლის საშუალებით შესაძლებელია ანალიზურად განისაზღვროს სიჩქარის ინვერსიის დონე ხეობის ფუძესთან შედარებით. ამ სიმაღლეზე, სიჩქარის პროფილის არამდგრადობის გამო, სავარაუდოა გარკვეული ზომის ატმოსფერული გრიგალების წარმოქმნა. ბუნებრივია, რომ ასეთი გრიგალების დაშლა (დისიპაცია) გამოიწვევს ტემპერატურული ველის შემფოთებას. ამიტომ, გრიგალების დაშლა დაკავშირებულია თერმოდინამიკური წონასწორობის დარღვევასთან, რაც თვისობრივად ნიშნავს, რომ ლოკალურ არეში მოხდება მეტეოროლოგიური რეჟიმის იმპულსური ცვლილება, სიჩქარის ინვერსიის ადგილებში ჰაერის მასების სპონტანური ტურბულიზაციის გამო. სავარაუდოა, რომ ასეთი ადგილები სახიფათო შეიძლება გახდეს დელტაპლანით ან პარაპლანით ფრენის მოყვარულთათვის. ამიტომ, არსებობს აუცილებლობა ყურადღება გამახვილდეს ვიწრო კანიონებში ინდივიდუალური საფრენი აპარატების უხიფათოდ ფრენის პირობების უზრუნველყოფაზე. ამ ამოცანის განხორციელება შესაძლებელია მხოლოდ სპეციალური გამოკვლევის შედეგად ისეთ კანიონში, რომელიც თავისი მახასიათებლებით ტიპურად შეიძლება ჩავთვალოთ საქართველოს მთიანი რეგიონებისათვის.

ნაშრომი [53] დაკავშირებულია 2023 წლის 3 აგვისტოს შოვის კატასტროფულ ღვარცოფთან. გლაციალური ღვარცოფის ჩამოყალიბება მოხდა მყინვარ თბილისზე. მყინვარზე განვითარებული მოვლენების რიგითობის დადგენა განსაკუთრებული მნიშვნელობის ამოცანას წარმოადგენს. საჭიროა მყინვართან არსებული წყლის რეზერვუარის მოცულობის შეფასება და ასევე ღვარცოფის გენეზისში მონაწილე წყლის წარმოშობის საკითხის შესწავლა. მყინვარის დინამიკის მოდელირების ამოცანის ერთერთი საკვანძო ელემენტია ყინულის სისქის განსაზღვრა. განხილულია ღვარცოფული ნაკადის მოძრაობის მათემატიკური მოდელირების საკითხები. პრაქტიკულად ნებისმიერი მეწყერული ნაკადი, გარკვეულ პირობებში მოძრაობის პროცესში, იცვლის რეოლოგიას და იძენს ე.წ. ბინგამის (ფსევდოპლასტიკური ან ბლანტპლასტიკური) სითხის თვისებებს. კერძოდ, გლაციოლოგიურ-ღვარცოფულ მასას გააჩნია უნარი მოძრაობის პროცესში მოიქცეს ისე, როგორც ჩვეულებრივი სითხე, ან გამოავლინოს ბლანტპლასტიკური სითხის თვისებები. შეფასებულია შოვის ღვარცოფთან დაკავშირებული, საკმაოდ მწირი, სამეცნიერო მასალა. შოვის კატასტროფა შედარებულია კავკასიონის ქედზე მომხდარ სხვა მსგავს კატასტროფებთან.

### სპეციალისტების მომზადება:

1 მკვლევარი-სტაჟიორი (ა. მჭედლიშვილი); 3 სამაგისტრო ნაშრომი (ბ. თავიდაშვილი – თსუ, გ. გვასალია – თსუ, მ. ხახიაშვილი – თელავის სუ); 1 სადოქტორო ნაშრომი (მ. ფიფია).

თსუ-ს ბაკალავრებისთვის და მაგისტრანტებისთვის ლექციების და ლაბორატორიული სამუშაოების ჩატარება (არჩევითი კურსი მეტროლოგიაში).

სეტყვის საწინააღმდეგო სამსახურისთვის სპეციალისტების მომზადება (20-ზე მეტი სპეციალისტი).

### საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენციების ჩატარება:

2018-2023 წწ. სექტორმა მონაწილეობა მიიღო ექვსი საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენციის ორგანიზებაში (მათ შორის ახალგაზრდა მეცნიერთა ერთი კონფერენცია).

1. მე-6 საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია „ეკოლოგიის თანამედროვე პრობლემები“, ქუთაისი, 2018 წელი, 21-22 სექტემბერი.

<http://dSPACE.gela.org.ge/handle/123456789/7401?mode=full>

2. საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია „ბუნებრივი კატასტროფები საქართველოში: მონიტორინგი, პრევენცია, შედეგების შერბილება“, თბილისი, 2019, 12-14 დეკემბერი.

<http://dSPACE.gela.org.ge/handle/123456789/8614?mode=full>

3. მე-7 საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია „ეკოლოგიის თანამედროვე პრობლემები“, თბილისი, თელავი, 2020 წელი, 26-28 სექტემბერი.

<http://dSPACE.gela.org.ge/handle/123456789/8770?mode=full>

4. საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია „ბუნებრივი კატასტროფები 21-ე საუკუნეში: მონიტორინგი, პრევენცია, შერბილება“, თბილისი, 2021 წელი, 20-22 დეკემბერი.

<http://dSPACE.gela.org.ge/handle/123456789/9586?mode=full>

5. ახალგაზრდა მეცნიერთა საერთაშორისო კონფერენცია „დედამიწის შემსწავლელი მეცნიერების თანამედროვე პრობლემები“. თბილისი, 2022 წელი, 21-22 ნოემბერი.

<http://dSPACE.gela.org.ge/handle/123456789/10225?mode=full>

6. საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია „დედამიწასა და მის გარსებში მიმდინარე გეოფიზიკური პროცესები“. თბილისი, 2023 წელი, 16-17 ნოემბერი.

<http://dSPACE.gela.org.ge/handle/123456789/10379?mode=full>



შრომების ელექტრონული ვერსიების განთავსება / გავრცელება საერთაშორისო  
ელექტრონულ ბაზებში

მიხეილ ნოდიას გეოფიზიკის ინსტიტუტის შრომები/Transactions of Mikheil Nodia Institute of Geophysics. Publishing house of Ivane Javakhishvili Tbilisi State University, ISSN 1512-1135

<https://scholar.google.ru/citations?user=EdMkYoYAAAAAJ&hl=en>

Georgian Open Library Digital Repository

ოსუ – მიხეილ ნოდიას სახელობის გეოფიზიკის ინსტიტუტის ელექტრონული პორტალი  
<http://dspace.gela.org.ge/handle/123456789/254>

Journal of the Georgian Geophysical Society. Physics of Solid Earth, Atmosphere, Ocean and Space Plasma. ISSN 1512-1127, ESSN 2667-9973

<https://scholar.google.ru/citations?hl=en&user=pdG-bMAAAAAAJ>

<https://openjournals.ge/index.php/GGS/>

### ლიტერატურა – References – Литература

1. პროექტი „საქართველოში ბუნებრივი და ანთროპოგენური ატმოსფერული მახასიათებლების და მოვლენების კვლევა უსაფრთხო ეკოსისტემების შექმნის და ეკონომიკის მდგრადი განვითარების ხელშეწყობის მიზნით“. 2014 წლის ანგარიში. ოსუ, მ. მოდიას სახ. გეოფიზიკის ინსტიტუტი, თბილისი, 2014.
2. იგივე. 2015 წლის ანგარიში. ოსუ, მ. მოდიას სახ. გეოფიზიკის ინსტიტუტი, თბილისი, 2015.
3. იგივე. 2016 წლის ანგარიში. ოსუ, მ. მოდიას სახ. გეოფიზიკის ინსტიტუტი, თბილისი, 2016.
4. იგივე. 2017 წლის ანგარიში. ოსუ, მ. მოდიას სახ. გეოფიზიკის ინსტიტუტი, თბილისი, 2017.
5. იგივე. 2018 წლის ანგარიში. ოსუ, მ. მოდიას სახ. გეოფიზიკის ინსტიტუტი, თბილისი, 2018.
6. იგივე. 2019 წლის ანგარიში. ოსუ, მ. მოდიას სახ. გეოფიზიკის ინსტიტუტი, თბილისი, 2019.
7. იგივე. 2020 წლის ანგარიში. ოსუ, მ. მოდიას სახ. გეოფიზიკის ინსტიტუტი, თბილისი, 2020.
8. იგივე. 2021 წლის ანგარიში. ოსუ, მ. მოდიას სახ. გეოფიზიკის ინსტიტუტი, თბილისი, 2021.
9. იგივე. 2022 წლის ანგარიში. ოსუ, მ. მოდიას სახ. გეოფიზიკის ინსტიტუტი, თბილისი, 2022.
10. იგივე. 2023 წლის ანგარიში. ოსუ, მ. მოდიას სახ. გეოფიზიკის ინსტიტუტი, თბილისი, 2023.
11. Varazanashvili O., Gaprindashvili G., Elizbarashvili E., Basilashvili, Ts., Amiranashvili A., Fuchs S. The First Natural Hazard Event Database for the Republic of Georgia (GeNHs). Catalog, 2023, 270 p. <http://dspace.gela.org.ge/handle/123456789/10369>; DOI: 10.13140/RG.2.2.12474.57286
12. Amiranashvili A.G. History of Active Effects on Atmospheric Processes in Georgia. In the book: Essays of the History of Weather Modification in the USSR and the Post-Soviet Territory, ISBN 978-5-86813-450-0, St. Petersburg, RSHMU, 2017, 352 pp., ill., pp. 234-254, (in Russian), <http://mig-journal.ru/toauthor?id=4644>.
13. Amiranashvili A.G., Chikhladze V.A., Dzodzuashvili U.V., Ghlonti N.Ya., Sauri I.P. Reconstruction of Anti-Hail System in Kakheti (Georgia). Journal of the Georgian Geophysical Society, Issue B. Physics of Atmosphere, Ocean and Space Plasma, v.18B, Tbilisi, 2015, pp. 92-106.
14. Amiranashvili A., Chikhladze V., Dzodzuashvili U., Ghlonti N., Sauri I., Telia Sh., Tsintsadze T. Weather Modification in Georgia: Past, Present, Prospects for Development. International Scientific Conference “Natural Disasters in Georgia: Monitoring, Prevention, Mitigation”. Proceedings, ISBN 978-9941-13-899-7, Publish House of Iv. Javakhishvili Tbilisi State University, December 12-14, Tbilisi, 2011, pp. 216-222, <http://dspace.gela.org.ge/handle/123456789/8613>
15. Amiranashvili A.G., Bolashvili N.R., Gulashvili Z.M., Jamrshvili N.K., Suknidze N.E., Tavidashvili Kh.Z. Modeling the Distribution of Hailstones by Mean Max Sizes on the Territory of Kakheti (Georgia) using Data of the Freezing Level in the Atmosphere and Radar Measurements. Journal of

- the Georgian Geophysical Society, e-ISSN: 2667-9973, p-ISSN: 1512-1127, Physics of Solid Earth, Atmosphere, Ocean and Space Plasma, v. 24(1), 2021, pp. 25-36. DOI: <https://doi.org/10.48614/ggs2420212881>
16. Pipia M., Amiranashvili A., Beglarashvili N., Elizbarashvili E., Varazanashvili O. Analysis and Damage Assessment of Hail Processes in Georgia and Azerbaijan Using Radar Data (On the Example of May 28 and July 13, 2019). Reliability: Theory & Applications, ISSN: 1932-2321, vol. 18, iss. SI 5 (75), pp. 267-274, DOI: 10.24412/1932-2321-2023-575-267-274, <https://cyberleninka.ru/article/n/analysis-and-damage-assessment-of-hail-processes-in-georgia-and-azerbaijan-using-radar-data-on-the-example-of-may-28-and-july-13>
  17. ფიფია მ. თსუ, მ. ნოდინას სახ. გეოფიზიკის ინსტიტუტში საქართველოში თანამედროვე კლიმატის ცვლილების კვლევების შესახებ. მიხეილ ნოდინას სახელობის გეოფიზიკის ინსტიტუტი, შრომები, ივ. ჯავახიშვილის სახ. თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის გამომცემლობა, ISSN 1512-1135, ტ. LXXV, თბილისი, გვ. 93 – 116, (რუსულად). <http://openlibrary.ge/handle/123456789/10299>
  18. Amiranashvili A. Variability of the Average Annual Air Temperature in Tbilisi Against the Background of Global Warming in 1880-2021. II International Scientific Conference “Landscape Dimensions of Sustainable Development Science – Carto/GIS – Planning – Governance”, Dedicated to the 75th Anniversary of Professor Nikoloz (Niko) Beruchashvili, Proceedings, 12-16 September 2022, Tbilisi, Georgia, Ivane Javakhishvili Tbilisi State University Press, 2022, ISBN 978-9941-36-030-5, pp. 265-269. <http://www.dspace.gela.org.ge/handle/123456789/10118>
  19. Kartvelishvili L., Tatishvili M., Amiranashvili A., Megrelidze L., Kutaladze N. Weather, Climate and their Change Regularities for the Conditions of Georgia. Monograph, Publishing House “UNIVERSAL”, ISBN: 978-9941-33-465-8, Tbilisi 2023, 406 p. <https://doi.org/10.52340/mng.9789941334658>
  20. Amiranashvili A., Kartvelishvili L., Kutaladze N., Megrelidze L., Tatishvili M. Comparison of the Mean Max Annual, Seasonal and Monthly Air Temperature Variability in Tbilisi and Shovi in 1956-2022. Int. Sc. Conf. "Geophysical Processes in the Earth and its Envelopes". Proceedings, ISBN 978-9941-36-147-0, Publish House of Iv. Javakhishvili Tbilisi State University, November 16-17, 2023, pp. 127-132. [http://www.openlibrary.ge/bitstream/123456789/10418/1/32\\_IG\\_90.pdf](http://www.openlibrary.ge/bitstream/123456789/10418/1/32_IG_90.pdf)
  21. Amiranashvili A., Bakradze T., Erkomaishvili T., Ghlonti N., Tuskia I. On the Relationship of Annual Variations of the Intensity of Galactic Cosmic Rays with the Variability of Total Cloudiness, Atmospheric Precipitation and Air Temperature in Tbilisi in 1966-2015. Journal of the Georgian Geophysical Society, ISSN: 1512-1127, Physics of Solid Earth, Atmosphere, Ocean and Space Plasma, v. 23(2), 2020, pp. 64 – 71. <https://ggs.openjournals.ge/index.php/GGS/article/view/2731>. DOI: <https://doi.org/10.48614/ggs2320202731>
  22. Elbakidze Kh., Kharshidze O., Ghurtchumelia A. Solar Activity Influence on the Climate Via Magnetic Turbulence. Int. Sc. Conf. "Geophysical Processes in the Earth and its Envelopes". Proceedings, ISBN 978-9941-36-147-0, Publish House of Iv. Javakhishvili Tbilisi State University, November 16-17, 2023, pp. 213-216. [http://www.dspace.gela.org.ge/bitstream/123456789/10439/1/52\\_IG\\_90.pdf](http://www.dspace.gela.org.ge/bitstream/123456789/10439/1/52_IG_90.pdf)
  23. Pipia M., Elizbarashvili E., Amiranashvili A., Beglarashvili N. Dangerous Regions of Blizzard in Georgia. Annals of Agrarian Science, ISSN 1512-1887, vol. 17, No 4, 2019, pp. 403 – 408. [https://www.researchgate.net/profile/Avtandil-Amiranashvili-2/publication/341992370\\_Annals\\_of\\_Agrarian\\_Science\\_A\\_B\\_S\\_T\\_R\\_A\\_C\\_T\\_Dangerous\\_regions\\_of\\_blizzard\\_in\\_georgia/links/5edd2ab7299bf1c67d4b92ab/Annals-of-Agrarian-Science-A-B-S-T-R-A-C-T-Dangerous-regions-of-blizzard-in-georgia.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Avtandil-Amiranashvili-2/publication/341992370_Annals_of_Agrarian_Science_A_B_S_T_R_A_C_T_Dangerous_regions_of_blizzard_in_georgia/links/5edd2ab7299bf1c67d4b92ab/Annals-of-Agrarian-Science-A-B-S-T-R-A-C-T-Dangerous-regions-of-blizzard-in-georgia.pdf)
  24. Beglarashvili N., Janelidze I., Pipia M., Varamashvili N. Heavy Rainfall, Floods and Floodings in Kakheti (Georgia) in 2014-2018. Int. Sc. Conf. “Modern Problems of Ecology”, Proc., ISSN 1512-1976, v. 7, Tbilisi-Telavi, Georgia, 26-28 September, 2020, pp. 180-184. <https://mpe.openjournals.ge/index.php/mpe/article/view/4686>

25. ბეგლარაშვილი ნ., ვარამაშვილი ნ., ფიფია მ., ჩიხლაძე ვ., ჯანელიძე ი. სეტყვიანობა საქართველოში 2014-2018 წწ. მ. ნოდიას სახ. გეოფიზიკის ინსტიტუტის შრომები, ISSN 1512-1135, ტ. LXXII, 2020, გვ. 116-124. <http://109.205.44.60/handle/123456789/8932>
26. Beglarashvili N., Chikhladze V., Janelidze I., Pipia M., Tsintsadze T. Strong Wind on the Territory of Georgia in 2014-2018. Int. Sc. Conf. "Natural Disasters in the 21st Century: Monitoring, Prevention, Mitigation". Proceedings, ISBN 978-9941-491-52-8, Tbilisi, Georgia, December 20-22, 2021. Publish House of Iv. Javakhishvili Tbilisi State University, Tbilisi, 2021, pp. 19 – 22. <http://openlibrary.ge/handle/123456789/9580>
27. Beglarashvili N., Gorgijanidze S., Kobakhidze N., Pipia M., Chikhladze V., Janelidze I., Jincharadze G. Heavy Snow and Avalanches on the Territory of Georgia in 2014-2018. Journal of the Georgian Geophysical Society, e-ISSN: 2667-9973, p-ISSN: 1512-1127, Physics of Solid Earth, Atmosphere, Ocean and Space Plasma, v. 25(2), 2022, pp. 24–28. DOI: <https://doi.org/10.48614/ggs2520225957>
28. Amiranashvili A., Basilashvili Ts., Elizbarashvili E., Gaprindashvili G., Varazanashvili O. Statistical Analysis of the Number of Days with Hail in Georgia According to Meteorological Stations Data in 2006-2021. Int. Conf. of Young Scientists "Modern Problems of Earth Sciences". Proceedings, ISBN 978-9941-36-044-2, Publish House of Iv. Javakhishvili Tbilisi State University, Tbilisi, November 21-22, 2022, pp. 164-168. <http://openlibrary.ge/handle/123456789/10249>
29. Amiranashvili A., Bolashvili N., Elizbarashvili E., Liparteliani G., Suknidze N., Tsirgvava G., Varazanashvili O. Statistical Analysis of the Number of Days with Hail and Damage to Agricultural Crops from it in Kvemo Kartli (Georgia). Int. Sc. Conf. "Geophysical Processes in the Earth and its Envelopes". Proceedings, ISBN 978-9941-36-147-0, Publish House of Iv. Javakhishvili Tbilisi State University, November 16-17, 2023, pp. 133-137. <http://www.openlibrary.ge/handle/123456789/10419>
30. Amiranashvili A., Chelidze T., Svanadze D., Tsamalashvili T., Tvauri G. Abnormal Precipitation Before the Landslide in Akhaldaba (A Suburb of Tbilisi, Georgia) on June 13, 2015 According to Radar Measurements. Journal of the Georgian Geophysical Society, e-ISSN: 2667-9973, p-ISSN: 1512-1127, Physics of Solid Earth, Atmosphere, Ocean and Space Plasma, v. 26(1), 2023, pp. 30–41. <https://ggs.openjournals.ge/index.php/GGS/article/view/6959>; DOI: <https://doi.org/10.48614/ggs2620236959>
31. Bliadze T., Chikhladze V., Chkhitunidze M., Kirkidze D. Comparative Analysis of Mean Monthly and Annual Concentrations of Particulate Matter PM2.5 and PM10 in Tbilisi, Batumi, Kutaisi and Rustavi in 2019-2022. Int. Sc. Conf. "Geophysical Processes in the Earth and its Envelopes". Proceedings, ISBN 978-9941-36-147-0, Publish House of Iv. Javakhishvili Tbilisi State University, November 16-17, 2023, pp. 292-296. <http://openlibrary.ge/handle/123456789/10459>
32. Amiranashvili A.G. Environmental Gamma Radiation Distribution in Western Georgia. Journal of Radiobiology and Radiation Safety, ISSN 2667-9787, vol. 1, 2021, pp.16-21. DOI: <https://doi.org/10.48614/rrs120213283>
33. ცინცაძე თ., ლლონტი ნ. საქართველოს ბიოკლიმატური პოტენციალის კვლევა ჰიდრომეტეოროლოგიისა და გეოფიზიკის ინსტიტუტების ერთობლივ სამუშაოებში. სტუ-ის ჰმი-ის შრომათა კრებული, ISSN: 1512-0902, ტ.133, 2023, გვ. 62-68. <http://dspace.gela.org.ge/bitstream/123456789/10338/1/133-12.pdf>, [doi.org/10.36073/1512-0902-2023-133-62-68](https://doi.org/10.36073/1512-0902-2023-133-62-68)
34. ქართველიშვილი ლ., ამირანაშვილი ა., მეგრელიძე ლ., ქურდაშვილი ლ. ტურისტულ-რეკრეაციული რესურსების შეფასება კლიმატის ცვლილების ფონზე. გამომცემლობა "მწიგნობარი", ISBN 978-9941-485-01-5, თბილისი, 2019, 161 გვ., <http://dspace.nplg.gov.ge/bitstream/1234/293074/1/turistulRekreaciuliResursebisShefasebaKlimatisCvilebebisFonze.pdf>
35. Amiranashvili A., Kartvelishvili L., Matzarakis A. Changeability of the Holiday Climate Index (HCI) in Tbilisi. Trans. of M. Nodia Institute of Geophysics, ISSN 1512-1135, vol. LXXII, Tbilisi, 2020, pp. 131-139. [http://www.dspace.gela.org.ge/bitstream/123456789/8935/1/16\\_Tr\\_72\\_2020.pdf](http://www.dspace.gela.org.ge/bitstream/123456789/8935/1/16_Tr_72_2020.pdf)

36. Amiranashvili A.G., Kartvelishvili L.G., Kutaladze N.B., Megrelidze L.D., Tatishvili M.R. Holiday Climate Index in Some Mountainous Regions of Georgia. *Journal of the Georgian Geophysical Society*, e-ISSN: 2667-9973, p-ISSN: 1512-1127, *Physics of Solid Earth, Atmosphere, Ocean and Space Plasma*, v. 24(2), 2021, pp. 92 – 117. DOI: <https://doi.org/10.48614/ggs2420213327>
37. Amiranashvili A., Bliadze T., Chikhladze V., Japaridze N., Khazaradze K. On the Influence of Landscape on the Content of Light Aeroions in Different Regions of Georgia. *Proc. Intern. Multidisciplinary Conf. "Actual Problems of Landscape Sciences: Environment, Society, Politics"*, September 9-13, 2019, Tbilisi, Georgia, ISBN 978-9941-13-868-3, Tbilisi, 2019, pp. 117-121, [http://dspace.gela.org.ge/bitstream/123456789/8597/1/Amiranashvili%20etc.\\_Act\\_Probl\\_Lands\\_Science\\_2019.pdf](http://dspace.gela.org.ge/bitstream/123456789/8597/1/Amiranashvili%20etc._Act_Probl_Lands_Science_2019.pdf)
38. Amiranashvili A., Chikhladze V., Tsikarishvili K., Tsiklauri Kh. On the Restoration of the Ionization Properties of "Tetra" Cave (Tskaltubo, Georgia). *Proc. of Sc. Conf. "Actual Problems of Geography" Dedicated to Prof. Davit Ukleba's 100<sup>th</sup> Anniversary*, ISBN 978-9941-13-885-0, 5-6 November, 2019, Tbilisi, Georgia, pp. 33-36, [http://dspace.gela.org.ge/bitstream/123456789/8596/1/Amiranashvili%20etc.\\_Act\\_Probl\\_Geography\\_2019.pdf](http://dspace.gela.org.ge/bitstream/123456789/8596/1/Amiranashvili%20etc._Act_Probl_Geography_2019.pdf)
39. Japaridze N., Khazaradze K., Chkhitudze M., Revishvili A. A Brief Overview of Research Conducted by M. Nodia Institute of Geophysics, TSU Together with Medical Organizations in the Field of "Health of the Population of Georgia and Environment" Over the Past 10 Years. *Int. Sc. Conf. "Geophysical Processes in the Earth and its Envelopes". Proceedings*, ISBN 978-9941-36-147-0, Publish House of Iv. Javakishvili Tbilisi State University, November 16-17, 2023, pp. 337-343. <http://openlibrary.ge/handle/123456789/10469>
40. Amiranashvili A.G., Bakradze T. S., Berianidze N.T., Japaridze N.D., Khazaradze K.R. Effect of Mean Annual Changeability of Air Temperature, Surface Ozone Concentration and Galactic Cosmic Rays Intensity on the Mortality of Tbilisi City Population. *Journal of the Georgian Geophysical Society*, Issue B. *Physics of Atmosphere, Ocean and Space Plasma*, v.19B, Tbilisi, 2016, pp. 135-143. <https://www.openjournals.ge/index.php/GGS/article/view/1893>
41. Amiranashvili A., Bakradze T., Ghlonti N., Khazaradze K., Japaridze N., Revishvili A. Influence of Variations of the Annual Intensity of Galactic Cosmic Rays on the Mortality of the Population of Georgia. *International Scientific Conference "Natural Disasters in the 21st Century: Monitoring, Prevention, Mitigation"*. Proceedings, ISBN 978-9941-491-52-8, Tbilisi, Georgia, December 20-22, 2021. Publish House of Iv. Javakishvili Tbilisi State University, Tbilisi, 2021, pp. 163 – 166. <http://www.dspace.gela.org.ge/handle/123456789/9544>
42. Amiranashvili A.G., Revishvili A.A., Khazaradze K.R., Japaridze N.D. Connection of Holiday Climate Index with Public Health (on Example of Tbilisi and Kakheti Region, Georgia). *Journal of the Georgian Geophysical Society*, e-ISSN: 2667-9973, p-ISSN: 1512-1127, *Physics of Solid Earth, Atmosphere, Ocean and Space Plasma*, v. 24 (1), 2021, pp. 63-76. DOI: <https://doi.org/10.48614/ggs2420212884>
43. Amiranashvili A., Japaridze N., Kartvelishvili L., Khazaradze K., Revishvili A. Preliminary Results of a Study on the Impact of Some Simple Thermal Indices on the Spread of COVID-19 in Tbilisi. *Journal of the Georgian Geophysical Society*, e-ISSN: 2667-9973, p-ISSN: 1512-1127, *Physics of Solid Earth, Atmosphere, Ocean and Space Plasma*, v. 25(2), 2022, pp. 59–68. DOI: <https://doi.org/10.48614/ggs2520225961>
44. Amiranashvili A., Bliadze T., Japaridze N., Khazaradze K., Revishvili A. Angstrom Fire Index as a Bioclimatic Indicator (Using the Example of the Impact on the Spread of Covid-19 in Tbilisi). *Int. Sc. Conf. "Geophysical Processes in the Earth and its Envelopes". Proceedings*, ISBN 978-9941-36-147-0, Publish House of Iv. Javakishvili Tbilisi State University, November 16-17, 2023, pp. 328-331. <http://openlibrary.ge/handle/123456789/10467>
45. ვარამაშვილი ნ., ჭელიძე თ., დევძე მ., ჩიხლაძე ვ. გარეშე ფაქტორებით ტრიგერებული მეწყრების ლაბორატორიული და მათემატიკური მოდელირება. საველე კვლევები. მონოგრაფია, თბილისი, 2017, 137 გვ. <http://dspace.gela.org.ge/handle/123456789/6359>

46. Гвелесиани А.И. Кинетика фазовых переходов воды в турбулентной атмосфере. ISBN 978-9941-13-957-4, Изд. ТГУ, Тбилиси, 2020. 140 с. <http://dspace.gela.org.ge/handle/123456789/8866>
47. Гвелесиани А.И. К вопросу о динамике ионосферно- магнитосферной плазмы Земли. ISBN 978-9941-13-958-1, Изд. ТГУ, Тбилиси, 2020, 112 с. <http://dspace.gela.org.ge/handle/123456789/8865>
48. Kereselidze Z., Lomouri M., Chkhitunidze M., Zhonzholadze N. On the Physiological Effect of the Tskaltsminda-Ureki Magneto-Electrical Anomaly. Journal of the Georgian Geophysical Society, e-ISSN: 2667-9973, p-ISSN: 1512-1127, Physics of Solid Earth, Atmosphere, Ocean and Space Plasma, v. 25(1), 2022, pp. 52-60. DOI: <https://doi.org/10.48614/ggs2520224808>
49. კერესელიძე ზ., არზიანი ზ. საქართველოს ჰიდრო ენერგეტიკული პოტენციალის შეფასება და ეკოლოგიური პრობლემები. მიხეილ ნოდის სახელობის გეოფიზიკის ინსტიტუტი, შრომები, ივ. ჯავახიშვილის სახ. თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის გამომცემლობა, ISSN 1512-1135, ტ. LXXV, თბილისი, 2022, გვ. 137 – 149. <http://openlibrary.ge/handle/123456789/10297>
50. კერესელიძე ზ., არზიანი ზ. დედამიწის მაგნიტური ველი და ადამიანი. მიხეილ ნოდის სახელობის გეოფიზიკის ინსტიტუტი, შრომები, ივ. ჯავახიშვილის სახ. თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის გამომცემლობა, ISSN 1512-1135, ტ. LXXV, თბილისი, 2022, გვ. 150–157. <http://openlibrary.ge/handle/123456789/10296>
51. Kereselidze Z.A., Varamashvili N.D. On the Issue of Generation of Hydrodynamic Waves in the Shovi Gorge (Georgia) due to a Collapse on Glacier Tbilisa. Journal of the Georgian Geophysical Society, e-ISSN: 2667-9973, p-ISSN: 1512-1127, Physics of Solid Earth, Atmosphere, Ocean and Space Plasma, v. 26(2), 2023, pp. 22-29.
52. Kereselidze Z.A., Lominadze G.J., Salukvadze E.D., Tchania E.B. Regarding the Spontaneous Mechanism of Atmospheric Whirlwind Generation in Narrow Mountain Canyons. Journal of the Georgian Geophysical Society, e-ISSN: 2667-9973, p-ISSN: 1512-1127, Physics of Solid Earth, Atmosphere, Ocean and Space Plasma, v. 26(2), 2023, pp. 13-21.
53. კერესელიძე ზ., ვარამაშვილი ნ. შოვის (საქართველო) კატასტროფის შესაძლო გამომწვევი მიზეზები. მიხეილ ნოდის სახელობის გეოფიზიკის ინსტიტუტი, შრომები, ივ. ჯავახიშვილის სახ. თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის გამომცემლობა, ISSN 1512-1135, ტ. LXXVI, თბილისი, 2023.

**თსუ, მ. ნოდის სახელობის გეოფიზიკის ინსტიტუტის ატმოსფეროს ფიზიკის  
სექტორში 2014-2023 წწ. ჩატარებული კვლევების ზოგიერთი შედეგები**

**ამირანაშვილი ა., ბლიაძე თ., კერესელიძე ზ., ჩიხლაძე ვ.**

**რეზიუმე**

სტატიაში წარმოდგენილია თსუ, მ. ნოდის სახელობის გეოფიზიკის ინსტიტუტის ატმოსფეროს ფიზიკის სექტორში 2014-2023 წწ. ჩატარებული კვლევების ზოგიერთი შედეგები.

კვლევები ჩატარდა პროექტი „საქართველოში ბუნებრივი და ანთროპოგენური ატმოსფერული მახასიათებლების და მოვლენების კვლევა უსაფრთხო ეკოსისტემების შექმნის და ეკონომიკის მდგრადი განვითარების ხელშეწყობის მიზნით“ ფარგლებში.

**საკვანძო სიტყვები:** ატმოსფეროს ფიზიკა, ამინდის მოდიფიცირება, ბუნებრივი კატასტროფები, კლიმატის ცვლილება, ბიოკლიმატი, ეკოლოგია.

**SOME RESULTS OF RESEARCH CONDUCTED IN THE DEPARTMENT  
OF ATMOSPHERIC PHYSICS OF M. NODIA INSTITUTE  
OF GEOPHYSICS, TSU IN 2014-2023**

**Amiranashvili A., Bliadze T., Kereselidze Z., Chikhladze V.**

**Abstract**

The article presents some results of research conducted in the Department of Atmospheric Physics of M. Nodia Institute of Geophysics, TSU in 2014-2023

The research was conducted within the framework of the project “Research of natural and anthropogenic characteristics and phenomena in Georgia with the aim of creating safe ecosystems and supporting sustainable economic development”.

**Key words:** atmospheric physics, weather modification, natural disasters, climate change, bioclimate, ecology.

**НЕКОТОРЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ, ПРОВЕДЕННЫХ  
В СЕКТОРЕ ФИЗИКИ АТМОСФЕРЫ ИНСТИТУТА ГЕОФИЗИКИ  
ИМ. М. НОДИА, ТГУ В 2014-2023 ГГ.**

**Амиранашвили А., Блиадзе Т., Кереселидзе З., Чихладзе В.**

**Реферат**

В статье представлены некоторые результаты исследований, проведенных в секторе физики атмосферы Института геофизики им. М. Нодиа, ТГУ в 2014-2023 гг. Исследования проводились в рамках проекта “Исследование природных и антропогенных характеристик и явлений в Грузии с целью создания безопасных экосистем и поддержки устойчивого экономического развития”.

**Ключевые слова:** физика атмосферы, модификация погоды, стихийные бедствия, изменение климата, биоклимат, экология.

## ი უ ბ ი ლ ე ბ ი

### ვულოცავთ დაბადების დღეს გეოფიზიკის ინსტიტუტის იუბილარებს

#### აკადემიკოსი თამაზ ჭელიძე – 90



მიმდინარე წელს დაბადებიდან 90 წელი შეუსრულდა ცნობილ ქართველ გეოფიზიკოსს, მაღალი საერთაშორისო ავტორიტეტის მქონე მეცნიერს, ქიმიისა და ფიზიკა-მათემატიკის მეცნიერებათა დოქტორს, პროფესორს, საქართველოს ეროვნული აკადემიის ნამდვილ წევრს თამაზ ჭელიძეს.

აკად. თ. ჭელიძის პროფესიული საქმიანობა მრავალმხრივი და საინტერესოა. იგი მოიცავს ექსპერიმენტული და თეორიული გამოკვლევების ფართო სპექტრს. სამეცნიერო მოღვაწეობის 65 წლის განმავლობაში მან დიდი წვლილი შეიტანა ქართულ გეოფიზიკურ მეცნიერებაში ახალი მიმართულებების შექმნისა და აღორძინების საქმეში, შორს გაუთქვა სახელი ეროვნულ მეცნიერებას. „მსოფლიო რანგის ლიდერი“, „საერთაშორისო სახელის მქონე მეცნიერი“ – ასე ახასიათებენ მას ცნობილი უცხოელი სპეციალისტები.

აკად. თ. ჭელიძის მოღვაწეობა მოიცავს გამოკვლევებს შემდეგი მიმართულებებით: არაერთგვაროვანი (მოუწესრიგებელი) გარემოს ფიზიკა, რომელიც მოიცავს ისეთ ობიექტებს, როგორცაა დედამიწის ქერქის ქანები, გრანულირებული, კოლოიდური და ბიოლოგიური სისტემები, გეოეკოლოგია, ჰიდროგეოფიზიკა, გეოთერმია, ზედაპირული ფიზიკურ-ქიმიური პროცესები, სამიეზო გეოფიზიკა და არქეოგეოფიზიკა, დრეკადობა და სეისმურობა, არაწრფივი დინამიკა გეოფიზიკაში, სეისმური პროცესების ტრიგერირება და სინქრონიზაცია, მიწისქვეშა წყლების სეისმოჰიდრაულიკა, სეისმური სამიშროების და სეისმური რისკის შეფასება, მიწისძვრების ფიზიკა, მიწისძვრების რისკი, მულტირისკები, კატასტროფების რისკის შემცირება, ადრეული შეტყობინებების სისტემები. განსაკუთრებული პოპულარობა მოუტანა მას პერკოლაციისა და მყარი სხეულების რღვევის ფრაქტალური მოდელების შექმნამ.

შრომები პერკოლაციის თეორიაში ახალი მიმართულებაა სეისმური პროცესებისა და მასთან დაკავშირებული გეოფიზიკური ველების ფიზიკის დარგში. ბოლო წლებში აკად. თ. ჭელიძემ რამდენიმე პიონერული შრომა გამოაქვეყნა არაწრფივი დინამიკის და მანქანური მეთოდების გამოყენებაზე გეოფიზიკური ამოცანების გადასაწყვეტად.

თამაზ ჭელიძე დაიბადა ქ. ქუთაისში 1934 წლის 24 დეკემბერს ცნობილი მეცნიერებისა და პედაგოგების ლუკა ჭელიძისა და ლუბა დარჩიას ოჯახში. ბატონი ლუკა, ქიმიის მეცნიერებათა დოქტორი, პროფესორი, 25 წლის მანძილზე ხელმძღვანელობდა ქუთაისის პედაგოგიურ ინსტიტუტს, ხოლო შემდეგ ივ. ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწი-

ფო უნივერსიტეტის ქიმიის ფაკულტეტზე – კათედრას. ამ ინტელიგენტურმა ოჯახმა შვილს თავიდანვე მრავალმხრივი განათლება მისცა. თ. ჭელიძემ 1952 წელს ოქროს მედალზე დაამთავრა ქუთაისის ვაჟთა მეცხრე საშუალო სკოლა, ხოლო 1957 წელს – მ. ლომონოსოვის სახელობის მოსკოვის სახელმწიფო უნივერსიტეტის გეოლოგიის ფაკულტეტი გეოლოგ-გეოფიზიკოსის სპეციალობით. თ. ჭელიძე ფლობს ქართულ, რუსულ და ინგლისურ ენებს, იცის გერმანული და ფრანგული ენები.

1957 წლიდან თამაზ ჭელიძე საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის გეოფიზიკის ინსტიტუტის თანამშრომელია. ის ერთი წელი მუშაობდა დუშეთის ობსერვატორიის სეისმური სადგურის გამგედ, ხოლო 1958 წლიდან უცვლელად მოღვაწეობდა ქანების ფიზიკის განყოფილებაში, მათ შორის 1976-2006 წლებში იყო ამ განყოფილების ხელმძღვანელი. მან განყოფილებაში შეასრულა გამოკვლევათა დიდი სერია ქანების ელექტრული სპექტროსკოპიის დარგში, რომელთა საფუძველზე შეიქმნა ახალი მიმართულება – ზედაპირული მოვლენების ელექტრული სპექტროსკოპია. აგრეთვე, მნიშვნელოვანი წვლილი შეიტანა ისეთი არაერთგვაროვანი სისტემების ელექტრულ თვისებათა კვლევებში, როგორცაა ბიოლოგიური ქსოვილები, კერძოდ სისხლი, გამოიკვლია სისხლის დიელექტრული სპექტრი მისი უჯრედების კონცენტრაციის, ტემპერატურისა და სხვადასხვა ფაქტორების ზემოქმედების დროს. ასევე დაადგინა აგრეგაციის, პათოლოგიის და დაბერების გავლენა სისხლის დიელექტრულ სპექტრზე და უჩვენა, რომ თუ ნორმალური სისხლისათვის დამახასიათებელია მხოლოდ მაღალსიხშირული დისპერსია (ბეტა-დისპერსია), ქსოვილის დაზიანებისა და დაბერების დროს ვლინდება აგრეთვე, დისპერსიის დაბალსიხშირული არე – ალფა დისპერსია. იგი ალფა-დისპერსიის მექანიზმს სისხლის უჯრედების დიდი აგრეგატების გაჩენას უკავშირებს. თ. ჭელიძემ 1958-1977 წლებში შეასრულა გამოკვლევათა დიდი სერია ქანების ელექტრული სპექტროსკოპიის დარგში. ამ გამოკვლევების საფუძველზე შეიქმნა ახალი მიმართულება – ზედაპირული მოვლენების ელექტრული სპექტროსკოპია. 1964 წელს თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტში დაიცვა დისერტაცია თემაზე: „ქანების ელექტრული პარამეტრების ველის სიხშირეზე დამოკიდებულების საკითხისათვის“, რისთვისაც მიენიჭა ფიზიკა-მათემატიკის მეცნიერებათა კანდიდატის სამეცნიერო ხარისხი. უნდა აღინიშნოს, რომ იმჟამად ქანების ფიზიკის განყოფილების თემატიკა მოითხოვდა კოლოიდური მოვლენების საკითხების ღრმა ცოდნას და თ. ჭელიძე ძირფესვიანად გაერკვა ქანების პოლარიზაციის პრობლემებში, რასაც მოყვა 1975 წელს, ქ. კიევში ქიმიის მეცნიერებაში სადოქტორო დისერტაციის დაცვა თემაზე: „ზედაპირული ეფექტები ჰეტეროგენური სისტემების დიელექტრიკულ სპექტროსკოპიაში“. მიღწეულით ბატონი თამაზი არ დაკმაყოფილდა. 1970-იან და 1980-იან წლებში ინსტიტუტის დღის წესრიგში უკვე ფიგურირებდა ახალი მიმართულება – მიწისძვრების პროგნოზი. ბატონმა თამაზმა განაგრძო ინტენსიური კვლევები პერკოლაციის თეორიის საკითხებში და 1985 წელს, მოსკოვში წარმატებით დაიცვა დისერტაცია ფიზიკა-მათემატიკის მეცნიერებათა დოქტორის სამეცნიერო ხარისხის მოსაპოვებლად თემაზე: „პერკოლაციის მოდელები რღვევის ფიზიკაში“. ამრიგად, აკად. თ. ჭელიძე გახლავთ ორმხრივი დოქტორი ქიმიისა და ფიზიკა-მათემატიკის მეცნიერებების დარგებში.

1985 წელს თ. ჭელიძე დაინიშნა ინსტიტუტის დირექტორის მოადგილედ სამეცნიერო ნაწილში, 1992-2006 წლებში კონკურსით ინსტიტუტის დირექტორის თანამდებობა ეკავა. 2006 წლიდან დღემდე ინსტიტუტის სამეცნიერო საბჭოს თავმჯდომარეა და გამოყენებითი და ექსპერიმენტული გეოფიზიკის სექტორის ხელმძღვანელი.



1990 წელს საბჭოთა კავშირის უმაღლესმა საატესტაციო კომისიამ (BAK) თ. ჭელიძეს პროფესორის წოდება მიანიჭა, ხოლო იმავე წელს თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის დიდმა სამეცნიერო საბჭომ პროფესორად აირჩია. 1997 წლიდან იგი საქართველოს მეცნიერებათა ეროვნული აკადემიის წევრ-კორესპონდენტია, ხოლო 2013 წლიდან – ნამდვილი წევრი.

2023 წელს აკად. თ. ჭელიძე აირჩიეს საქართველოს მეცნიერებათა ეროვნული აკადემიის დედამიწის შემსწავლელ მეცნიერებათა განყოფილების აკადემიკოს – მდივანად.

აკად. თ. ჭელიძე მთელი თავისი სამეცნიერო მოღვაწეობის განმავლობაში ცდილობს გამდიდროს გეოფიზიკური მეცნიერება ახალი, მოწინავე გამოკვლევებით. მყარი სხეულების რღვევის სტატისტიკურ პროცესებისა და მიწისძვრების კერის ფიზიკაში მის მიერ შემოთავაზებულია რღვევის ახალი პერკოლაციური მოდელი. აღმოჩენილია ნარეგებისა და ბზაროვანი სხეულების ფიზიკური თვისებების ანომალური ტენზომგრძობიარობის ეფექტი. ამ კვლევების შედეგად შეიქმნა ახალი მიმართულება: რღვევის პერკოლაციური (ფრაქტალური) მექანიკა. პერკოლაციური მოდელის საფუძველზე დამუშავებულია სეისმური კრიტერიუმის თეორია, ლაბორატორიული ცდებით დადგენილია მძლავრი ელექტრომაგნიტური იმპულსების გავლენა კრიტიკულ მდგომარეობასთან მიახლოებული მექანიკური სისტემების მდგრადობაზე. აღმოჩენილია ქანების არამდგრადი ხახუნის (სტიკ-სლიპი) პროცესის კონტროლის შესაძლებლობა შედარებით სუსტი პერიოდული ელექტრომაგნიტური ან მექანიკური რხევების ზედდებით. ამ ცდებით მტკიცდება ძლიერი სეისმური პროცესების შედარებით სუსტი პერიოდული ველებით სინქრონიზაციის პრინციპული შესაძლებლობა. აკად. თ. ჭელიძის თანახემდგვანელობით ქართველი სეისმოლოგების მიერ, 1990-1995 წლებში შედგენილია საქართველოს ზოგადი სეისმური დარაიონების ახალი რუკა, რისთვისაც გამოყენებულ იქნა კორნელის ალბათური მიდგომა, სახელდობრ, პროგრამული პაკეტი SEISRISK III. ამ მეთოდის საშუალებით შეიძლება ბიძგების მოსალოდნელი ინტენსიურობის და ქანების მაქსიმალური აჩქარებების გამოთვლა. აღნიშნული რუკა 1999 წელს საქართველოს მშენებლობის სამინისტრომ დაამტკიცა ნორმატიული დოკუმენტის სახით.

1996 წლიდან ევროსაბჭომ საქართველოში დააფუძნა „მაღლივი კაშხლების გეოდინამიკური რისკის“ ცენტრი, რომლის მიზანია განავითაროს კომპლექსური მიდგომა დიდი კაშხლების ექსპლუატაციასთან დაკავშირებულ გეოდინამიკურ რისკებზე. აკად. თ. ჭელიძე ცენტრის დირექტორია. არაწრფივი დინამიკის მეთოდების გამოყენებით, თანაავტორებთან ერთად მის მიერ გაანალიზებულია ენგურჰესის ტერიტორიაზე მრავალი წლის მანძილზე უწყვეტი დაკვირვებებით მიღებული კაშხლისა და მისი ფუნდამენტის დახრებისა და დეფორმაციების მონაცემთა ბაზა. შექმნილია კაშხლების და დიდი საინჟინრო ობიექტების მონიტორინგისა და ადრეული შეტყობინების ავტომატური ტელემეტრული სისტემა მონაცემების არაწრფივი ანალიზის პაკეტებით, რაც უნიკალურია მსოფლიო მასშტაბით.

2000-2020 წლებში აკად. თ. ჭელიძის მიერ შესრულებული პროექტის „ძლიერი ელექტრომაგნიტური განმუხტვების გავლენა სეისმურ რეჟიმზე“ მიხედვით გამომცემლობა „Springer“- ში გამოქვეყნდა შრომები: „სინქრონიზაცია და ტრიგერირება ლაბორატორული რღვევიდან მიწისძვრამდე“, „განმეორადობის რაოდენობრივი ანალიზი“, „სეისმური დროითი სერიების სირთულე – გაზომვები და აპლიკაცია“, რომელთა შედეგები მიუთითებენ სეისმურ რეჟიმზე ხელოვნური ზემოქმედების შესაძლებლობას; მიწისძვრები განიხილება როგორც დედამიწის რთული დინამიკური სისტემის (გეოსირთულის) ერთ-ერთი

მნიშვნელოვანი კომპონენტი, კერძოდ, განხილულია აკუსტიკური ემისიის/სეისმურობის ტრიგერების/ სინქრონიზაციის პროცესი, რომლის ინტერპრეტაცია მოითხოვს არაწრფივი დინამიკის მეთოდების გამოყენებას. ამ შედეგებს მოყვა გამოხმაურება ინგლისის, იტალიის, საბერძნეთის და ჩილეს სამეცნიერო-პოპულარულ ჟურნალებში.

აკად. თ. ჭელიძის რამდენიმე შრომა ეძღვნება დიდი ჰიდროენერგეტიკული ობიექტების რეჟიმის კვლევას არაწრფივი დინამიკის მეთოდების გამოყენებით, სადაც ნაჩვენებია, როგორ ემატება კაშხლის ქვემოთ გამავალ რღვევის ბუნებრივ გეოდეფორმაციულ ველს რეზერვუარში წყლის დონის ვარიაციებით (ავსება-დაცლით) გამოწვეული დედამიწის ქერქის პერიოდული დეფორმაციები რამდენიმე თვის დაგვიანებით. ასევე, ბოლო წლებში აკად. თ. ჭელიძის ხელმძღვანელობით ჟურნალ “Frontiers in Earth Sciences” გამოქვეყნდა რამდენიმე შრომა არაწრფივი დინამიკის მეთოდების გამოყენებაზე, სადაც შესწავლილია ამ მეთოდების პოტენციური მიწისძვრების ალბათურ პროგნოზირებაში. აკად. თ. ჭელიძის ავტორობით და თანაავტორობით 350-ზე მეტი შრომა გამოქვეყნდა, მათ შორის მონოგრაფიები და სახელმძღვანელოები, ამასთან 250 შრომა გამოქვეყნებულია უცხოურ მაღალრეიტინგულ რეცენზირებად ჟურნალებსა და გამომცემლობებში. მის მიერ მიღებული მეცნიერული შედეგები შეტანილია უცხოეთში გამოცემულ სახელმძღვანელოებში, მოპოვებული აქვს მრავალი საერთაშორისო, ინდივიდუალური და ეროვნული სამეცნიერო გრანტი.

აკად. თ. ჭელიძე წლების განმავლობაში დიდ სამეცნიერო-ორგანიზაციულ და პედაგოგიურ მოღვაწეობას ეწევა. ერთობლივ სამუშაოებს ატარებდა და ატარებს ჩეხეთის, გერმანიის, ამერიკის შეერთებული შტატების, საფრანგეთის, იტალიის, რუსეთის და საბერძნეთის მეცნიერებთან. 1982-1983 წწ. იყო ჩეხოსლოვაკიის გეოფიზიკის ინსტიტუტის მიწვეული პროფესორი, 1986, 1988, 1990 წლებში – კოლორადოს უნივერსიტეტის (აშშ, ქ. ბოულდერი) მიწვეული პროფესორი, 1987-1992 წწ. სტრასბურგის (საფრანგეთი) უნივერსიტეტის მიწვეული პროფესორი, 1994, 1996-1007 წწ. რენის (საფრანგეთი) უნივერსიტეტის მიწვეული პროფესორი, 2000 წ. პარიზის „ეკოლ ნორმალ სუპერიორ“-ის მიწვეული პროფესორი, 1992 წლიდან ამერიკის გეოფიზიკური საზოგადოების (AGU) ნამდვილი წევრი, 1996 წლიდან საქართველოს მუდმივი წარმომადგენელი ევროპის საბჭოსთან არსებული დიდი კატასტროფების შეთანხმებაში (EUR-OPA), 1998 წლიდან ამერიკის სეისმოლოგიური საზოგადოების (SSA) წევრი, ნიუ-იორკის აკადემიის, მსოფლიო საძიებო გეოფიზიკის საზოგადოების (SEG) წევრი, მსოფლიო ინოვაციური ფონდის წევრი, 2001 წლიდან მიწისძვრების პროგნოზის ევროპის ექსპერტთა კომიტეტის წევრი, 2002 წლიდან მსოფლიო საძიებო გეოფიზიკის საზოგადოების წევრი, 2021 წლის 23 ივნისს არჩეულ იქნა ლონდონის (დიდი ბრიტანეთი) სამეფო ასტრონომიული საზოგადოების წევრად (პირველად საქართველოდან), ეს მრავალმხრივი სამეცნიერო მოღვაწეობა მნიშვნელოვნად ამაღლებს ბატონი თამაზის, როგორც დიდი მეცნიერის, ასევე, როგორც იშვიათი ინტელექტუალის ავტორიტეტს. ბატონი თამაზი 1991 წლიდან საქართველოს სეისმოლოგიის და მიწისძვრების პროგნოზის სამეცნიერო საბჭოს თავმჯდომარეა, 1993 წლიდან – საქართველოს ეკოლოგიურ მეცნიერებათა აკადემიის აკადემიკოსი, 1993-2000 წლებში – მისი უშუალო მონაწილეობით დაარსებული საქართველოს გეოფიზიკური საზოგადოების პრეზიდენტი. მან დაარსა ამ საზოგადოების ინგლისურენოვანი ჟურნალი, რომელიც ბატონი თამაზის რედაქტორობით გამოდის 1995 წლიდან წელიწადში ერთხელ, ორი სერიის სახით: „დედამიწის ფიზიკა“ და „ატმოსფეროს, ოკეანისა და კოსმოსური პლაზმის ფიზიკა“. უნდა აღინიშნოს, რომ გეოფიზი-

კის ინსტიტუტისათვის მძიმე წლებში ბატონი თამაზის მაღალი ავტორიტეტის მეშვეობით ინსტიტუტის ექსპერიმენტული ბაზები აღიჭურვა თანამედროვე ავტომატიზირებული სისტემებით და კომპიუტერული ტექნიკით.

აკად. თ. ჭელიძე 1972 წლიდან ლექციებს კითხულობდა ივ. ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის გეოგრაფია-გეოლოგიის ფაკულტეტის სასარგებლო ნამარხთა ძებნა-ძიების გეოფიზიკური მეთოდების კათედრაზე. 1997-2006 წლებში იყო ამ კათედრის გამგე და მიყავდა ლექციების კურსი ქანების ფიზიკაში, ელექტროძიებისა და გეოფიზიკურ ეკოლოგიაში. სწორედ, ეს საკითხებია განხილული მის სახელმძღვანელოებში: „ნარკვევები ქანების ფიზიკაში“ (1983), „სირთულე ბუნებრივ პროცესებსა და სტრუქტურებში“ (2000) და „გეოფიზიკური მეთოდები ბუნების დაცვაში“. აკად. თ. ჭელიძის ხელმძღვანელობით მრავალი ახალგაზრდა ეზიარა გეოფიზიკურ მეცნიერებას, მისი სამეცნიერო ხელმძღვანელობით დაცულია ოთხი სადოქტორო და თერთმეტი საკანდიდატო დისერტაცია,

აკად. თ. ჭელიძეს მიღებული აქვს საქართველოს სსრ უმაღლესი საბჭოს პრეზიდიუმის საპატიო სიგელი (1984 წ.), ღირსების ორდენი (2000), თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის ივანე ჯავახიშვილის სახელობის მედალი (2014), 2013 წლიდან ის თბილისის საპატიო მოქალაქეა, 1999 წელს მიიღო აკადემიკოს მერაბ ალექსიძის სახელობის პრემია, ხოლო 2009 წელს – საქართველოს ეროვნული აკადემიის პროფესორ მიხეილ ნოდისას სახელობის პრემია.

ბატონი თამაზი ყოველმხრივ გამორჩეული პიროვნებაა. პირველ რიგში ხაზი უნდა გაესვას იმ უდიდეს დამსახურებას, როდესაც საქართველოსათვის გაუსაძლის პერიოდში მან ყველაფერი გააკეთა იმისათვის, რომ გეოფიზიკის ინსტიტუტს გაეძლო ყოველგვარი განსაცდელისათვის და შეენარჩუნებინა თავისი სახე. ბატონი თამაზი მუდმივად იღწვოდა და იღწვის გეოფიზიკის ინსტიტუტის წარმატებებისათვის და მისი უკეთესი ხვალისდელი დღისათვის. მისი მეცნიერული კვლევების შედეგები სპეციალისტების მიერ შეფასებულია უმაღლეს დონეზე, საყოველთაოდ აღიარებულია და განეკუთვნება კლასიკურ ნაშრომებს. გარდა ამისა, ბატონი თამაზი ჭეშმარიტი ინტელიგენტია, მისი სამაგალითო პიროვნული თვისებებია კეთილშობილება, კეთილგანწყობილება, თავმდაბლობა, შრომისმოყვარეობა, უდიდესი პასუხისმგებლობის გრძნობა საკუთარი თავისა და კოლეგებისადმი, მას უყვარს ლიტერატურა, მუსიკა, თეატრი.

ბატონ თამაზს თამამად შეუძლია იამაყოს თავისი მიღწევებით.

ბატონი თამაზის მეუღლე ქალბატონი ვენერა თევდორაძე, რომელიც დიდ პატივისცემას და სიყვარულს იმსახურებს, მრავალი წლის განავლობაში მოღვაწეობდა საქართველოს პოლიტექნიკურ ინსტიტუტში. ქალბატონ ვენერას და ბატონ თამაზს ჰყავთ ორი შვილი, შვილიშვილები და შვილთაშვილები. ვუსურვებთ მათ მრავალრიცხოვან ოჯახს ჯანმრთელობას, დიდხანს სიცოცხლეს, წარმატებებს. სიხარული, სიყვარული, ჰარმონია, კეთილი მეგობრები არ მოკლებოდეს ამ შესანიშნავ ოჯახს.

*გეოფიზიკის ინსტიტუტის დირექტორი  
ნოდარ ვარამაშვილი*

*მთავარი რედაქტორის მოადგილე  
ლიანა დარახველიძე*



2024 წლის 25 იანვარს 95 წელი შეუსრულდა გამოჩენილ ქართველ გეოლოგს, გეოლოგიურ-მინერალოგიურ მეცნიერებათა დოქტორს, აკადემიკოს ალ. ჯანელიძის სახელობის პრემიის ლაურეატს, მ. ნოდიას სახელობის გეოფიზიკის ინსტიტუტის დედამიწის ფიზიკისა და გეომაგნეტიზმის სექტორის მთავარ მეცნიერ თანამშრომელს, პროფესორ შოთა ადამიას.

პროფ. შ. ადამიამ 1948 წელს დაამთავრა თბილისის 35-ე საშუალო სკოლა, ხოლო 1953 წელს წარჩინებით დაამთავრა თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის გეოგრაფიულ-გეოლოგიური ფაკულტეტი. 1955 წლიდან ის ალ. ჯანელიძის სახელობის გეოლოგიური ინსტიტუტის თანამშრომელია. 1971-1976 წლებში პროფ. შ. ადამია ხელმძღვანელობდა ინსტიტუტის რეგიონალური ტექტონიკის განყოფილებას, 1976-1988 წწ. ეკავა დირექტორის მოადგილის თანამდებობა, ხოლო 1988-1995 წლებში იყო გეოლოგიური ინსტიტუტის დირექტორი. გეოლოგიურ ინსტიტუტში დაიცვა ბატონმა შოთამ საკანდიდატო და სადოქტორო დისერტაციები. 1991 წელს მიიღო პროფესორის წოდება სპეციალობაში „გეოტექტონიკა“. 1996 წლიდან პროფ. შ. ადამია მ. ნოდიას სახელობის გეოფიზიკის ინსტიტუტის თანამშრომელია.

პროფ. შ. ადამიას სახელთან არის დაკავშირებული ქართული გეოლოგიური მეცნიერების განვითარების სახელოვანი ფურცლები. ფართოა და მრავალმხრივია სამეცნიერო პრობლემატიკა, რომელსაც იკვლევს პროფ. შ. ადამია. ეს არის: რეგიონალური გეოლოგიის საკითხები, სტრატეგრაფია, ტექტონიკა, სეისმოტექტონიკა, პალეოგეოგრაფია, ლითოსფეროს ფორმირება, სიღრმული აგებულება და სხვ. პროფ. შ. ადამია კვლევით სამუშაოებს ატარებს კავკასიაში, აგრეთვე იკვლევს კავკასიის იმ რეგიონებს, რომლებიც პერსპექტიულია სასარგებლო წიაღისეულის, ნავთობის, გაზის ძებნისა და პროგნოზირებისათვის. მის მიერ შედგენილია საქართველოს და მრავალი რაიონის გეოლოგიური და სტრუქტურული თოლოგური რუკები სხვადასხვა მასშტაბებში. პროფ. შ. ადამია მუდმივად იღებს მონაწილეობას იმ სამუშაოებში, რომელთაც ჩვენი ქვეყნისათვის სახალხო – სამეურნეო მნიშვნელობა აქვთ, მონაწილეობს მრავალი საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენციების მუშაობაში, საგრანტო პროექტების დამუშავებაში. გამოქვეყნებული აქვს 300-ზე მეტი სამეცნიერო სტატია და მონოგრაფიები, მათ შორის მონოგრაფია ინგლისურ ენაზე. მისი სამეცნიერო ხელმძღვანელობით დაცულია მრავალი სადოქტორო და საკანდიდატო დისერტაცია, ის კითხულობდა ლექციებს ივ. ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტში. ერთ დროს პროფ. შ. ადამიას ეკავა საქართველოს ბუნების დაცვის სამინისტროს მინისტრის თანამდებობა. მას მიღებული აქვს თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის ივ. ჯავახიშვილის სახელობის მედალი, საქართველოს განათლებისა და მეცნიერების სამინისტროს სიგელი მეცნიერების განვითარებაში გაწეული განსაკუთრებული ღვაწლისთვის.

კუსურვებთ ბატონ შოთას ჯანმრთელობას, დიდხანს სიცოცხლეს და პროფესიონალურ წარმატებებს.

*ლ. დარახველიძე*

**Ю Б И Л Е И**  
**ПОЗДРАВЛЯЕМ ЮБИЛЯРОВ ИНСТИТУТА ГЕОФИЗИКИ**  
**С ДНЕМ РОЖДЕНИЯ**

**Академик ТАМАЗ ЛУКИЧ ЧЕЛИДЗЕ – 90**

ТАМАЗ ЛУКИЧ ЧЕЛИДЗЕ – академик Национальной академии наук Грузии, доктор физико-математических и химических наук, профессор, геофизик широкого профиля, ученый с высоким международным авторитетом, внес значительный вклад в создание и дальнейшее развитие новых направлений в геофизической науке.

Профессиональная активность акад. Т.Л. Челидзе многообразна. Она охватывает экспериментальные и теоретические исследования в следующих направлениях: физика неоднородных (неупорядоченных) сред, включая такие объекты, как горные породы, гранулярные, коллоидные и биологические системы, экогеофизика, гидрогеофизика, геотермия; поверхностные физико-химические процессы, разведочная геофизика и археогеофизика; теория перколяции, фрактальные модели разрушения, упругости и сейсмичности; нелинейная динамика в геофизике; триггерирование сейсмических процессов и синхронизация; физика трения и стик-слипа; сейсмогидравлика подземных вод; оценка сейсмической опасности и сейсмического риска; физика землетрясений, прогноз землетрясений; мульти-риски, уменьшение риска катастроф, системы ранних оповещений.

Акад. Т.Л. Челидзе родился 24 декабря 1934 года в г. Кутаиси в семье ректора Кутаисского государственного университета. В 1957 году окончил геологический факультет Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова. С 1957 года он сотрудник Института геофизики АН Грузии. Т.Л. Челидзе в 1976 -2006 гг. занимал должность руководителя отдела физики горных пород, в 1985-1992 гг. должность заместителя директора, а в 1992- 2007 гг. – должность директора Института геофизики. Ныне Т.Л. Челидзе – заведующий сектором прикладной и экспериментальной геофизики, председатель ученого совета института, в 2023 году избран академиком-секретарем Отделения наук о Земле Национальной АН Грузии. Акад. Т.Л. Челидзе в течение многих лет проводит совместные научные работы с учеными России, Чехии, Германии, Франции США Италии и др., в 2020 году избран членом Королевского астрономического общества Великобритании, ведет педагогическую деятельность, ведет курс лекций по специальности в высших учебных заведениях, автор и соавтор более 350 работ, в том числе монографий и учебников. Акад. Т.Л. Челидзе награжден Почетной грамотой Президиума Верховного Совета Грузинской ССР, орденом Чести Грузии, медалью им. Ив. Джавахишвили. Он лауреат премии им. акад. М.А. Алексидзе и премии им. проф. М.З. Нодиа. Акад. Т.Л. Челидзе – Почетный гражданин г. Тбилиси. (См. Труды ин-та геофизики, 2019, т. 70, с. 5-10).

Желаем Тамазу Лукичу всех человеческих благ.

**Проф. Ш.А. Адамия - 95**

Известному грузинскому ученому-геологу, доктору геолого-минералогических наук, лауреату премии им. академика Ал. Джанелидзе, главному научному сотруднику сектора физики Земли и магнетизма Института геофизики им. М.З. Нодиа, профессору Шота Алексалдровичу Адамия исполнилось 95 лет.

Проф. Ш. А. Адамия известен широкому кругу специалистов как исследователь, внесший существенный вклад в развитие геологической науки и практики на Кавказе.

Желаем проф. Ш.А. Адамия крепкого здоровья, больших профессиональных успехов.

*Л.К. Дарахвелидзе*

## ვიხსენებთ კოლეგებს

ვიხსენებთ გეოფიზიკის ინსტიტუტის იმ მეცნიერებს, რომლებმაც  
მნიშვნელოვანი წვლილი შეიტანეს საქართველოში გეოფიზიკური  
მეცნიერების განვითარებაში

პროფესორი ალექსანდრე ბუხნიკაშვილი (1909 – 1983)

მიმდინარე წლის 22 მაისს დაბადებიდან 115 წელი შეუსრულდებოდა გამოჩენილ ქართველ მეცნიერს და საზოგადო მოღვაწეს, გეოლოგიურ-მინერალოგიურ მეცნიერებათა დოქტორს, საქართველოს მეცნიერების დამსახურებულ მოღვაწეს, სახელმწიფო პრემიის ლაურეატს, გეოფიზიკის ინსტიტუტის დირექტორს 1953-1972 წლებში პროფესორ ალექსანდრე ბუხნიკაშვილს.

პროფ. ალ. ბუხნიკაშვილს უდიდესი წვლილი აქვს შეტანილი ქართული გეოფიზიკური და გეოლოგიური მეცნიერების განვითარებაში. ის იყო ნიჭიერი, დიდად განათლებული, მრავალმხრივი ინტერესების მქონე ადამიანი, შესანიშნავი პედაგოგი, მრავალი ახალგაზრდა კადრის აღმზრდელი. ყველა სფეროში, რომელშიც პროფ. ალ. ბუხნიკაშვილი მოღვაწეობდა, მან გამოავლინა დიდი ორგანიზატორული ნიჭი და მაღალი ადამიანური თვისებები, რითაც საყოველთაო სიყვარული და პატივისცემა დაიმსახურა.

ალ. ბუხნიკაშვილი დაიბადა 1909 წლის 22 მაისს, ხაშურის რაიონის დაბა სურამში შრომისმოყვარეობით და მაღალი ინტელექტუალური თვისებებით გამორჩეული მშობლების ოჯახში. მან შრომითი საქმიანობა სკოლის დამთავრებისთანავე დაიწყო, 1926-27 წ.წ. მუშაობდა საქართველოს რესპუბლიკის განათლების სახალხო კომისარიატში ჟურნალ „საბჭოთა ხელოვნების“ მდივნის თანაშემწედ, ხოლო 1928-29 წ.წ. საქართველოს პოლიტექნიკური ინსტიტუტის სამთო მეტალურგიის ფაკულტეტზე სწავლასთან ერთად მუშაობდა ამავე ინსტიტუტის მინერალოგიის და პეტროგრაფიის კათედრაზე პრეპარატორად. ალ. ბუხნიკაშვილი სწავლობდა თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის პოლიტექნიკურ ფაკულტეტზე, შემდეგ საქართველოს პოლიტექნიკურ ინსტიტუტში, 1931 წელს წარჩინებით დაამთავრა ამიერკავკასიის სამთო – მეტალურგიული ინსტიტუტის გეოლოგიური ფაკულტეტი ინჟინერ-გეოლოგის სპეციალობით.

ალ. ბუხნიკაშვილის სამეცნიერო საქმიანობა მირითადად უკავშირდება საქართველოში 1933 წელს დაარსებულ გეოფიზიკურ ინსტიტუტს, რომლისთვისაც საძიებო გეოფიზიკაში კადრების მომზადების მიზნით, ყოფილი სსრკ მეცნიერებათა აკადემიის სეისმოლოგიური ინსტიტუტის დირექტორის პროფ. პ. ნიკიფოროვის ინიციატივით ამავე ინსტიტუტის დაჩქარებული ასპირანტურის კურსის გასავლელად გაიგზავნა ქართველი ახალგაზრდა მეცნიერები, მათ შორის ალ. ბუხნიკაშვილიც. ასპირანტურის დამთავრების შემდეგ ის დაინიშნა გეოფიზიკური ინსტიტუტის ელექტრომეტრიული ლაბორატორიის უფროსად.

ამ ლაბორატორიის შექმნამ დასაბამი მისცა საქართველოში ელექტრული მეთოდების ფართო მასშტაბით დამუშავებას და გამოყენებას, მადნეული საბადოების ელექტროსადიებო მეთოდებით ძებნა-ძიებას. უნდა აღინიშნოს, რომ ალ. ბუხნიკაშვილს კარგად ესმოდა სასარგებლო ნამარხთა ძებნა-ძიების საკითხებში გეოფიზიკური მეთოდების გამოყენების მნიშვნელობა და მიაჩნდა, რომ ეს მიმართულება გეოფიზიკური ინსტიტუტის პრეროგატივა უნდა ყოფილიყო. 1936 წელს ალ. ბუხნიკაშვილმა ქ. მოსკოვში სეისმოლოგიურ ინსტიტუტში დაიცვა საკანდიდატო დისერტაცია თემაზე „მუდმივი დენის გამოყენება ძარღვული ტიპის საბადოების ძებნაში“ და მიენიჭა ფიზიკა-მათემატიკის მეცნიერებათა კანდიდატის წოდება, ხოლო 1966 წელს საქართველოს პოლიტექნიკურ ინსტიტუტში დაიცვა დისერტაცია გეოლოგიურ-მინერალოგიური დოქტორის სამეცნიერო ხარისხის მოსაპოვებლად თემაზე: „ელექტროძიება ამიერკავკასიის სამადნო გეოლოგიაში“. 1968 წელს ალ. ბუხნიკაშვილმა მიიღო პროფესორის წოდება სპეციალობაში „სასარგებლო წიაღისეულის ძებნა-ძიების გეოფიზიკური მეთოდები“, 1979 წელს – საქართველოს მეცნიერების დამსახურებული მოღვაწის წოდება,

პროფ. ალ. ბუხნიკაშვილი ახალგაზრდობიდანვე გამოირჩეოდა, როგორც მაღალი ორგანიზატორული ნიჭის სპეციალისტი. 1937 წელს მას ნიშნავენ ჯერ სამეურნეო და ინდუსტრიული ტექნიკური მუშაკების ინსტიტუტის დირექტორის მოადგილედ და სასწავლო ნაწილის გამგედ, შემდეგ კი – საქართველოს სახალხო კომისარიატის ადგილობრივი მრეწველობის მთავარი სამმართველოს უფროსად. 1939-1942 წწ. იყო საქართველოს სახალხო კომისარიატის საშენ მასალათა მთავარი სამმართველოს უფროსი. 1942 წელს პროფ. ალ. ბუხნიკაშვილი გაიგზავნა ქ. მოსკოვში პარტიულ თანამდებობაზე. ის 1952 წლამდე, საქართველოს სახალხო კომისართა საბჭოს მუდმივი წარმომადგენლის მოვალეობას ასრულებდა სსრკ სახალხო კომისართა საბჭოში. ამავე დროს, 1949 – 1952 წლებში ითავსებდა საქართველოს პავლიონის დირექტორის თანამდებობას, სსრკ სახალხო მეურნეობის მიღწევათა გამოფენაზე. ამ თანამდებობაზე მისი წარმატებული საქმიანობა აღინიშნა მთავრობის მაღალი ჯილდოებით (შრომის წითელი დროშის და წითელი ვარსკვლავის ორდენებით, მედლებით და სხვ.).

1952 წელს, საქართველოში დაბრუნების შემდეგ, პროფ. ალ. ბუხნიკაშვილი ინიშნება საქართველოს მინისტრთა საბჭოს საქმეთა მმართველად, ხოლო შემდეგ საქართველოს კომპარტიის ცენტრალურ კომიტეტში მრეწველობისა და ტრანსპორტის განყოფილების გამგედ.

1953-1972 წლებში პროფ. ალ. ბუხნიკაშვილი საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის გეოფიზიკის ინსტიტუტის დირექტორია. ამ პერიოდის განმავლობაში წარმატებული მეცნიერული კვლევებითა და ექსპერიმენტული ბაზების გაფართოებით ინსტიტუტი გახდა დედამიწის შემსწავლელი მეცნიერების დარგში მსოფლიო მნიშვნელობის სამეცნიერო დაწესებულებად. უფრო ინტენსიური გახდა ინსტიტუტის მონაწილეობა საერთაშორისო სამეცნიერო პროგრამებში გეოფიზიკური ველების, დედამიწის ქერქის სიღრმული აგებულების, მიწისძვრების წინამორბედების, საძიებო და საინჟინრო მეთოდების, ატმოსფეროში, იონოსფეროში და მაგნიტოსფეროში ფიზიკური პროცესების შესწავლის მიზნით. 1956 წელს ინსტიტუტს გადაეცა დუშეთის გეოფიზიკური ობსერვატორია და კოსმოსური სხივების სადგური; 1957 წელს ინსტიტუტთან შეიქმნა ალაზნის სექციის საწინააღმდეგო ბაზა სოფ. რუისპირში; 1963 წელს ინსტიტუტთან ჩამოყალიბდა სეისმურ დაკვირვებათა ერთი-

ნი ქსელის კავკასიის ზონალური ცენტრი; 1964 წელს ინსტიტუტში ამოქმედდა დედამიწის მიმოქცევების ობსერვატორია უნიკალური გვირაბით; 1967 წლიდან ინსტიტუტში ფუნქციონირებს დედამიწის ქერქის დინამიკის განყოფილება (ენგურჰესის საერთაშორისო გეოფიზიკური პოლიგონი); აშენდა თავისი სიმძლავრითა და შესაძლებლობებით უნიკალური ექსპერიმენტული კომპლექსი ატმოსფეროს ფიზიკაში – თერმობაროკამერა. პროფ. ალ. ბუხნიკაშვილის უშუალო ინიციატივით აშენდა ინსტიტუტის 12 სართულიანი ადმინისტრაციული შენობა.

განსაკუთრებით უნდა აღინიშნოს პროფ. ალ. ბუხნიკაშვილის დიდი მეცნიერული და ორგანიზატორული წვლილი სეტყვის პრობლემების დამუშავების საქმეში და გროვა--ღრუბლებზე ზემოქმედების ტექნიკური მეთოდების გამოყენების საკითხებში. წლების განმავლობაში ის იყო ალაზნის სეტყვის საწინააღმდეგო ექსპედიციის ერთ-ერთი ხელმძღვანელი. სეტყვის პროცესებზე ზემოქმედების მეთოდების და საშუალებების დამუშავებისა და დანერგვისათვის 1969 წელს სხვა ავტორებთან ერთად. პროფ. ალ. ბუხნიკაშვილს მიენიჭა საბჭოთა სოციალისტური რესპუბლიკების კავშირის (სსრკ) სახელმწიფო პრემია მეცნიერებისა და ტექნიკის დარგში.

1972 წელს პროფ. ალ. ბუხნიკაშვილი გადაიყვანეს საქართველოს საბჭოთა ენციკლოპედიაში მთავარი რედაქტორის პირველი მოადგილის თანამდებობაზე. 1975 წლიდან სიცოცხლის ბოლომდე, საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის პრეზიდიუმთან არსებული საწარმოო ძალებისა და ბუნებრივი რესურსების შემსწავლელი კომისიის თავმჯდომარის პირველ მოადგილედ მუშაობდა.

პროფ. ალ. ბუხნიკაშვილი 100-ზე მეტი მეცნიერული და მრავალი სამეცნიერო-პოპულარული ნაშრომის ავტორია. ის გამოირჩეოდა აქტიური საზოგადოებრივი მოღვაწეობით. იყო საქართველოს ორი მოწვევის უმაღლესი საბჭოს დეპუტატი და საქართველოს კომპარტიის XIV ყრილობის დელეგატი.

პროფ ალ. ბუხნიკაშვილი გარდაიცვალა 1983 წლის 1 მაისს. დაკრძალულია საბურთალოს საზოგადო მოღვაწეთა პანთეონში.

### სეისმოლოგი ტატიანა ლებედევა (1904 – 1992)

1935 წლიდან საქართველოს გეოფიზიკური ინსტიტუტის რეგიონალური სეისმოლოგიის განყოფილებაში მოღვაწეობდა სეისმოლოგი ტატიანა ლებედევა – სამეცნიერო საქმიანობის დაუღალავი მკვლევარი, ღირსეული წარმომადგენელი რუსული მეცნიერული ინტელეგენციისა.

ტატიანა ლებედევა დაიბადა 1904 წლის 3 იანვარს ქ. სანქტ-პეტერბურგში (ლენინგრადი) მოსამსახურის ოჯახში. 1929 წელს დაამთავრა ლენინგრადის სახელმწიფო უნივერსიტეტის ფიზიკა-მათემატიკის ფაკულტეტი, სპეციალობით „დედამიწის ქერქის გეოფიზიკა“. უნივერსიტეტის დამთავრებისთანავე მას მიაკუთვნეს მეორე თანრიგის მეცნიერი მუშაკის კვალიფიკაცია, დედამიწის ქერქის გეოფიზიკის დარგში. 1929 წლიდან ტ. ლებედევა სსრკ მეცნიერებათა აკადემიის ფიზიკა-მათემატიკის ინსტიტუტის შტატგარეშე ტექნიკური თანამშრომელია, ხოლო 1931 წლიდან სსრკ მეცნიერებათა აკადემიის სეისმოლოგიური ინსტიტუტის რეგიონალური სადგურების განყოფილების მეორე თანრიგის მეცნიერი თანამშრომელი, სადაც მისი ძირითადი სამეცნიერო მოვალეობა იყო შუა აზიისა და ყირიმის



სეისმოლოგიური ნაკრები ბიულეტენების შედგენა, ნიკიფოროვის სისტემის სეისმოგრაფების შესწავლა, მონაწილეობდა ვოლგის სეისმოლოგიურ ექსპედიციაში. პარალელურად ის ატარებდა მეცადინეობას სეისმოლოგიაში ლენინგრადის სახელმწიფო უნივერსიტეტის პირველკურსელებთან. ამავე წლებში მან ინსტიტუტის დირექტორსა და განყოფილების ხელმძღვანელს პროფ პ. ნიკიფოროვს წარუდგინა სამუშაო: „მოხოროვიჩის ფაზა და სიგრძივი ტალღების გავრცელების სიჩქარის განსაზღვრა შუა აზიის მიწისძვრებისათვის“.

1931 წელს ტ. ლებედევა პრემირებული იყო, როგორც სეისმოლოგიური ინსტიტუტის პირველი დამკვრელი.

1932-1934 წლებში ტ. ლებედევა დაინიშნა შორეულ აღმოსავლეთში ქ. ვლადივასტოკის პირველთანრიგოსანი ტელესეისმური სადგურის გამგედ, სადაც ჩაატარა სადგურის რეორგანიზაცია, დააყენა გოლიცინის სისტემის აპარატურა. ინსტრუმენტალური მონაცემების დამუშავების მასალებს რეგულარულად აქვეყნებდა სეისმოლოგიური ინსტიტუტის ნაკრები ბიულეტენებში.

1935 წლიდან ტ. ლებედევა სსრკ მეცნიერებათა აკადემიის საქართველოს ფილიალის გეოფიზიკური ინსტიტუტის რეგიონალური განყოფილების პირველი თანრიგის მეცნიერი თანამშრომელია. უნდა აღინიშნოს, რომ ტ. ლებედევა საქართველოში ჩამოვიდა ცნობილი სეისმოლოგის პროფესორ ევგ. სავარენსკის რეკომენდაციით, რომელსაც რეგიონალური სეისმოლოგიის განყოფილების გამგემ ბატონმა ალ. ცხაკაიამ მიმართა თხოვნით, რომ ეძებს სეისმოლოგს, რომელიც მოემსახურება კავკასიაში სეისმური სადგურების ქსელს. ტ. ლებედევა ამუშავებდა კავკასიის სეისმური სადგურების დანაკვირვებ მასალას, საზღვრავდა სეისმურ ხელსაწყოთა მუდმივებს, ინსპექტირებას უწევდა კავკასიის სეისმურ სადგურთა ქსელს. მან დეტალურად გამოიკვლია ამბროლაურის, აჯიკენდის, ანაპის, დაღესტნის, ბორჯომის, ზანგეზურის და სხვ. მიწისძვრები. ის სეისმოლოგ ა. ლევიცკაიასთან ერთად ავტორია კავკასიის სეისმური ტალღების ჰოდოგრაფებისა. ტ. ლებედევა კარგად ფლობდა გერმანული ენას, რაც საშუალებას აძლევდა გაცნობოდა სპეციალურ ლიტერატურას სეისმოლოგიაში. მუშაობდა სადისერტაციო თემაზე „კავკასიის მიწისძვრების კერების სიღრმეები“, მაგრამ დისერტაციის დაცვა არ მოისურვა.

ტატიანა ლებედევა დაჯილდოებული იყო საქართველოს უმაღლესი საბჭოს პრეზიდიუმის საპატიო სიგელით. გამოქვეყნებული ქონდა 73 სამეცნიერო შრომა.

ტატიანა ლებედევა გარდაიცვალა 1992 წელს.

*ლ. დარახველიძე*

## ПАМЯТИ КОЛЛЕГ

**Вспоминаем бывших сотрудников Института геофизики, которые сыграли  
значительную роль в развитии геофизической науки в Грузии**

**Профессор Александр Варденович Бухникашвили (1909 – 1983)**

115 лет исполнилось со дня рождения известного грузинского геофизика и геолога, общественного деятеля. доктора геолого-минералогических наук, заслуженного деятеля наук Грузии, лауреата Государственной премии СССР, директора Института геофизики АН Грузии в 1953-1972 годах, профессора Александра Варденовича Бухникашвили.

Проф. Ал. Бухникашвили оказал значительное влияние на развитие геофизической и геологической наук в нашей стране. Человек одаренный, с многочисленными интересами был также превосходным педагогом, воспитателем молодых квалифицированных кадров. Во всех сферах деятельности он проявлял большие организаторские способности, высокие человеческие качества, пользовался всеобщим заслуженным авторитетом и уважением.

### **Сейсмолог Татьяна Матвеевна Лебедева (1904 – 1992)**

В 1935-86 годах в отделе региональной сейсмологии работала выпускница физики-математического факультета Ленинградского государственного университета Татьяна Матвеевна Лебедева, которая приехала в Грузию по рекомендации известного сейсмолога проф. Евгения Федоровича Саваренского. Т.М. Лебедева – достойная представительница русской научной интеллигенции, внесла огромный вклад в дело развития сейсмологии в Грузии. В памяти не только грузинских сейсмологов, но и армянских и азербайджанских, она останется неутомимым тружеником, беззаветно преданным делу служения науке.

*Л.К. Дарахвелидзе*

სარჩევი – Содержание – Content

კიტოვანი დ. – თხელი ფენის გავლენა ტალღურ სურათზე გარდატეხილი ტალღების მეთოდის გამოყენებისას Kitovani D. – Shielding Effect in the Method of Refraction Waves Китовани Д. – Эффект экранирования в методе преломленных волн	5-10
თარხან-მოურავი ა., ჯახუტაშვილი მ. – ლატალი ჰესის სამშენებლო უბნებზე ჩატარებული ელექტროსადიებო კვლევის შედეგები Tarkhan-Mouravi A., Djaxutashvili M. – Results of Electrical Prospecting Works Conducted on the Latali HPP Building Areas Тархан-Моурави А., Джахуташвили М. – Результаты электроразведочных работ, проведенных на участке размещения Латали ГЭС	11-20
თარხან-მოურავი ა., ჯახუტაშვილი მ. – ძიმიტი-მამათი-აცანას საავტომობილო გზაზე განვითარებული მეწყერული პროცესების შესწავლა ელექტრომდობის მეთოდით Tarkhan-Mouravi A., Djaxutashvili M. – Study of the Landslide Processes in the Dzimiti-Mamati-Atana Highway Area by Electrical Prospecting Method Тархан-Моурави А., Джахуташвили М. – Изучение оползневых процессов, развитых на автомобильной дороге Дзимити-Мамати-Ацана методом электроразведки	21-26
თარხან-მოურავი ა. – მზის ელექტროსადგურის პანელების განთავსების ტერიტორიაზე ჩატარებული ელექტროსადიებო სამუშაოები Tarkhan-Mouravi A. – The Electrical Prospecting Works Conducted on the Solar Power Plant Territory Тархан-Моурави А. – Электроразведочные работы, проведенные на территории размещения панелей солнечной электростанции	27-29
ქირია თ., ნიკოლაიშვილი მ., ჩხაიძე თ., მებაღიშვილი ნ. – გეომაგნიტური აქტივობის მრავალმოდელური ანალიზი Kiria T., Nikolaishvili M., Chkhaidze T., Mebaghisvili N. – Multi-Model Analysis of Geomagnetic Activity Кириа Т., Николайшвили М., Чхайдзе Т., Мебагишвили Н. – Мультимодельный анализ геомагнитной активности	30-34
Бойнагрян В.Р. – Предпосылки формирования россыпей некоторых полезных минералов на Армянском нагорье ბონაგრიანი ვ. – სომხეთის ზეგანზე ზოგიერთი სასარგებლო მინერალის გაბნევის ფორმირების წინაპირობა Boynagryan V. – Prerequisites for the Formation of Placers of Some Useful Minerals in the Armenian Highlands	35-42

შენგელია ლ., კორძახია გ., თვაური გ., გულიაშვილი გ., ძაძამია მ. – დასავლეთ საქართველოს მყინვარული აუზების მყინვარების და თოვლნარების მორფოლოგიისა და ექსპოზიციის შესწავლის შედეგები თანამგზავრული დისტანციური დაკვირვების საფუძველზე Shengelia L., Kordzakhia G., Tvauri G., Guliasvili G., Dzadzamia M. – Results of the Study of the Morphology and Exposure of Glaciers and Snowfields of the Glacial Basins of Western Georgia Based on Satellite Remote Sensing Шенгелия Л., Кордзахия Г., Тваури Г., Гулиашвили Г., Дзадзamia М. – Результаты изучения морфологии и экспозиции ледников и снежников ледниковых бассейнов Западной Грузии на основе спутникового дистанционного зондирования	43-64
დემეტრაშვილი დ. – შავი ზღვის ჰიდროდინამიკის რიცხვითი მოდელირება: ისტორია და თანამედროვე მდგომარეობა Demetrashvili D. – Numerical Modeling of Black Sea Hydrodynamics: Hystory and Current State Деметрашвили Д. – Численное моделирование гидродинамики Черного моря: история и современное состояние	65-78
ბერძენიშვილი ნ. – Количество дней с сильным ветром в Имеретинском регионе Грузии Berdzenishvili N. – Number of Days with Strong Wind in the Imereti Region of Georgia	79-87
ხუციშვილი ე. – კლიმატის ცვლილება და გლობალური დათბობის მოსალოდნელი საფრთხე Khutsishvili E. – Climate Change and the Impending Threat of Global Warming Хуцишвили Е. – Изменение климата и надвигающаяся угроза глобального потепления	88-96
ლაღიძე ლ., კაჭარავა გ., ბერულავა ნ., გელოვანი გ. – სეტყვაზე აქტიური ზემოქმედების შედეგების შეფასება კახეთის რეგიონში (საქართველო) Laghidze L., Katcharava G., Berulava N., Gelovani G. – Assessment of the Effects of Active Impact on Hail in Kakheti Region (Georgia) Лагидзе Л., Качарава Г., Берулава Н., Геловани Г. – Оценка эффектов активного воздействия на град в регионе Кахети (Грузия)	97-103
ამირანაშვილი ა., ბლიაძე თ., კერესელიძე ზ., ჩიხლაძე ვ. – თსუ, მ. ნოდის სახელობის გეოფიზიკის ინსტიტუტის ატმოსფეროს ფიზიკის სექტორში 2014-2023 წწ. ჩატარებული კვლევების ზოგიერთი შედეგები Amiranashvili A., Bliadze T., Kereselidze Z., Chikhladze V. – Some Results of Research Conducted in the Department of Atmospheric Physics of M. Nodia Institute of Geophysics, TSU in 2014-2023 Амиранашвили А., Блиадзе Т., Кереселидзе З., Чихладзе В. – Некоторые результаты исследований, проведенных в секторе физики атмосферы Института геофизики им. М. Нодиа, ТГУ в 2014-2023 гг.	104-125
იუბილეები/Юбилеи	126-132
ვიხსენებთ კოლეგებს/Памяти коллег	133-137

ივანე ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

IVANE JAVAKHISHVILI TBILISI STATE UNIVERSITY

ТБИЛИССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

им. И. ДЖАВАХИШВИЛИ

მიხეილ ნოდიას სახ. გეოფიზიკის ინსტიტუტის შრომები, ტ. LXXVII, 2024

Transactions of Mikheil Nodia Institute of Geophysics, vol. LXXVII, 2024

Труды Института геофизики им. Михаила Нодиа, т. LXXVII, 2024

ტირაჟი 35 ც.

სამეცნიერო საგამომცემლო ჯგუფის ხელმძღვანელი – ლ. დარახველიძე.

Circulation 35 copy.

Leader of scientifically- publishing group – L. Darakhvelidze.

Тираж 35 экз.

Руководитель научно-издательской группы – Л. К. Дарахвелидзе.

ISSN 1512-1135

E-mail: [avtandilamiranashvili@gmail.com](mailto:avtandilamiranashvili@gmail.com); [geophysics.transactions@tsu.ge](mailto:geophysics.transactions@tsu.ge)

<https://scholar.google.com/citations?user=EdMkYoYAAAAJ&hl=en>

<http://dspace.gela.org.ge/handle/123456789/254>

თბილისი

Tbilisi 2024 Тбилиси

