

**კლიმატის მიმდინარე ცვლილების მოქმედება მდ. თერგის აუზის მყინვარების დებარეობაზე**

**ლარისა შენგელია, გიორგი კორძაია, გენადი თვაური, მურმან ძაძაძია**

(საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი, ივ. ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის მ. ნოდიას გეოგრაფიის ინსტიტუტი, საქართველოს გარემოს დაცვისა და სოფლის მეურნეობის სამინისტრო, გარემოს ეროვნული სააგენტო)

**რეზიუმე:** თანამგზავრული დისტანციური ზონდირების, GIS ტექნოლოგიების, მყინვარების კატალოგის, საველე მიწისპირა დაკვირვებების და საექსპერტო ცოდნის გამოყენებით დეტალურად შესწავლილია მდ. თერგის აუზის მყინვარების დებარეობა კლიმატის მიმდინარე ცვლილების გავლენით. თანამგზავრული დისტანციური ზონდირების მონაცემების საშუალებით დადგინდა, რომ მდ. თერგის მყინვარულ აუზში კატალოგის მიხედვით არსებული მყინვართა რაოდენობა შემცირდა 33 ერთეულით, ანუ 48.5 %-ით, ხოლო გამყინვარების ფართობი – 28 კმ<sup>2</sup>-ით, ანუ 41.5 %-ით.

**საკვანძო სიტყვები:** თანამგზავრული დისტანციური ზონდირება; კატალოგი; კლიმატის ცვლილება; საქართველოს მყინვარები.

**შესავალი**

ავტორების მიერ თანამგზავრული დისტანციური ზონდირების (თდზ), GIS ტექნოლოგიების, მყინვარების კატალოგის, საველე მიწისპირა დაკვირვებებისა და საექსპერტო ცოდნის გამოყენებით დეტალურად იქნა შესწავლილი საქართველოს მყინვარული აუზები: მტკვრის (ლიახვის და არაგვის) [1], ენგურის [2], რიონის მყინვარული აუზები. წინამდებარე სტატიაში წარმოდგენილია თერგის მყინვარული აუზის შესწავლის შედეგები.

**ძირითადი ნაწილი**

გამყინვარება პლანეტარული მნიშვნელობის მოვლენაა. მყინვარები საქართველოში მხოლოდ კავკასიონზე გვხვდება. კვლევის საფუძველზე ავტორების მიერ დადგინდა, რომ სსრ კავშირის მყინვარების კატალოგის (შემდგომში კატალოგი) მიხედვით საქართველოში აღრიცხულია 541 მყინვარი, რომელთა საერთო ფართობია 543 კმ<sup>2</sup>, ხოლო ამჟამად საქართველოს საზღვრებში მოქცეულია 383 მყინვარი. მათი საერთო ფართობი შეადგენს 337 კმ<sup>2</sup>-ს.

კავკასიონი მაღალ მთათა სისტემაა. ამდენად საქართველოს მყინვარები მთის ტიპისაა და კარგად განვითარებულ მყინვარებს წარმოადგენს. საქართველოს მყინვარები ქვეყნის

მნიშვნელოვანი კლიმატურ-ეკონომიკური რესურსია, რადგან მათში მტკნარი წყლის გარკვეული მარაგია და ისინი საკმაოდ დიდ როლს ასრულებენ მდინარეების წყლის რეჟიმისა და რეგიონალური კლიმატური პირობების ფორმირებაში.

მყინვარების კვლევისათვის მნიშვნელოვანია მთელი რიგი ისეთი აქტუალური საკითხების დადგენა, როგორცაა ტრანსპორტირების უსაფრთხოება, მყინვარებში არსებული მტკნარი წყლის მარაგისა და ქვეყნის წყლის ბალანსში მყინვარული ჩამონადენის წვლილის განსაზღვრა, კლიმატის ცვლილებასთან დაკავშირებული საკითხების შესწავლა, მყინვარებზე კლიმატის თანამედროვე რეგიონალური ცვლილების დესტრუქციული ზემოქმედების ინდიკაცია; მყინვარების დნობის წინასწარმეტყველება კლიმატის თანამედროვე ცვლილების შესაძლო სცენარების გათვალისწინებით.

საქართველოში მყინვარების მეცნიერული შესწავლა ჯერ კიდევ 1860 წლიდან დაიწყო, რაც საქართველოს სამხედრო გზის გაყვანასთან (გაიხსნა 1961 წელს) იყო დაკავშირებული. ამ პერიოდში შესწავლილ იქნა დევდორაკის მყინვარების ჩამოქცევები, რაც დიდ საფრთხეს უქმნიდა სამხედრო გზის მშენებლობას და მომავალში მის ექსპლუატაციას [3, 4, 5]. დევდორაკის მყინვარის ჩამოქცევები მყინვარწვერის მასივში და ამით გამოწვეული გლაციალური და ჰიდროლოგიური ხასიათის სტიქიური მოვლენები სერიოზულ საფრთხეს უქმნიდა ამ გზას. 1860 წლიდან ორგანიზებულ იქნა დაკვირვებები მყინვარებზე და საქართველოში დაიწყო მნიშვნელოვანი გლაციალოლოგიური კვლევები.

საქართველოში მყინვარების შესწავლა დაიწყო თერგის აუზის მყინვარებით. აღსანიშნავია, რომ 1869 წელს თბილისში პირველად გამოიცა 5-ვერსიანი სამხედრო-ტოპოგრაფიული რუკა. 1880–1910 წლებში კავკასიის სამხედრო ტოპოგრაფიული განყოფილების მიერ ჩატარებული ინსტრუმენტული გადაღებების საფუძველზე (1 დიუმიში 1 ვერსი) შედგენილ იქნა მსხვილმასშტაბიანი სამხედრო ტოპოგრაფიული რუკები, სადაც აღინუსხა კავკასიონის მყინვარები. ამ მონაცემების საფუძველზე კ. ი. პოდოხერსკიმ შეადგინა მყინვარების კატალოგი, რომელიც გამოიცა რუსეთის საიმპერატორო გეოგრაფიული საზოგადოების კავკასიის განყოფილების მიერ 1911 წელს თბილისში [6].

XIX–XX საუკუნეებში მყინვარების კვლევა საქართველოში ინტენსიურად გრძელდებოდა [7, 8]. მყინვარებზე დაკვირვებები სხვადასხვა ინსტიტუციების (ამიერკავკასიის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი, საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის გეოგრაფიის ინსტიტუტი, საქართველოს ჰიდრომეტეოროლოგიის ეროვნული სამსახური) მკვლევარების მიერ ძირითადად საველე სამუშაოებით ხორციელდებოდა.

ეროვნულ დონეზე მყინვარების კვლევა ქვეყნისათვის მნიშვნელოვან სტრატეგიულ საქმიანობას წარმოადგენს და ამიტომაც დიდ ყურადღებას იმსახურებს ბოლო წლებში გარემოს ეროვნულ სააგენტოში მყინვარებზე მიწისპირა გლაციალოლოგიური დაკვირვებების გაძლიერება და საქართველოს მეოთხე ეროვნულ მოხსენებაში გაერთიანებული ერების კლიმატის ცვლილების ჩარჩო კონვენციისათვის (UN FCCC) მყინვარების კვლევისათვის გარკვეული პრიორიტეტების მინიჭება.

კლიმატის მიმდინარე ცვლილების ზემოქმედებით მყინვარების დეგრადაციის პრობლემას მეცნიერულად დასაბუთებული პასუხი რომ გაცევს, აუცილებელია მაღალი გარჩევადობის თანამგზავრული დისტანციური ზონდირების (თღზ) გამოყენება, რადგან თღზ დიდი რეგიონებისათვის საჭირო დეტალიზაციითა და სიზუსტით მყინვარების ერთდროული შესწავლის საშუალებას იძლევა შეზღუდული რესურსებისა და დროის პირობებში.

ერთი ან რამდენიმე მყინვარის კვლევა, როგორც წესი, ტრადიციულად მიწისპირა დაკვირვებებით მიმდინარეობდა. მაღალი გარჩევადობის თღზ-ის მონაცემების გამოყენებით

კი შესაძლებელია საქართველოს ტერიტორიაზე არსებული ყველა მყინვარის გამოკვლევა დროის მცირე პერიოდში.

თღზ და GIS ტექნოლოგიები ხელმისაწვდომს ხდის გლაციაოლოგიურ მახასიათებლებზე კომპლექსურ დაკვირვებებს, რაც ადრე მიწისპირა მეთოდების გამოყენებით ძალიან რთული ან თითქმის შეუძლებელი იყო. ასევე რთული იყო მიწისპირა დაკვირვებებით დიდი მყინვარების ადგილმდებარეობის ცვლილების გაზომვა.

მყინვარების კვლევის ტექნოლოგიურ-მეთოდოლოგიური მიდგომები ეფექტური აღმოჩნდა მყინვარების კვლევისათვის. ამიტომაც დაგეგმილი ამოცანების გადასაწყვეტად გამოყენებულია როგორც სხვა მკვლევარების მიერ აპრობირებული [3], ისე ამ სამუშაოს ავტორების მიერ შემუშავებული მეთოდები, რომლებიც ეფუძნება მაღალი გარჩევადობის თღზ-ის მონაცემების მიღებასა და დამუშავებას [11, 12, 13].

კვლევისათვის გამოიყენება მაღალი გარჩევადობის თღზ-ის სურათები, კერძოდ Landsat-ის თანამგზავრებით მოპოვებული მონაცემები (გარჩევადობა 15–30 მ) და თანამგზავრულ მონაცემთა რამდენიმე არქივის, მაგალითად, აშშ-ის აერონავტიკისა და კოსმოსური სივრცის კვლევის ეროვნული ადმინისტრაციისა (National Aeronautics and Space Administration – NASA) და „ხმელეთის მყინვარების სივრცითი გლობალური გაზომვების“ პროექტის (Global Land Ice Measurements from Space – GLIMS) განკარგულებაში არსებული თანამგზავრული ინფორმაცია.

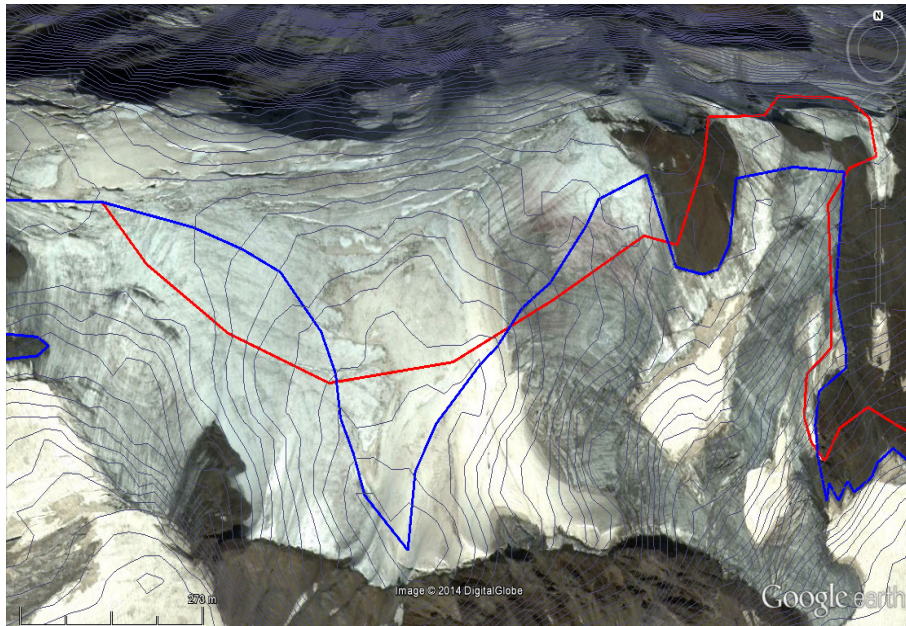
თანამგზავრული მონაცემების დამუშავებისათვის გამოიყენება GIS-ის სხვადასხვა პროგრამა. ეფექტურია პროგრამა Google Earth, რომელიც მაღალი სივრცითი გარჩევადობის (0.5–0.8 მ) თანამგზავრულ სურათებს გვთავაზობს, რაც მყინვარების კონტურების დიდი სიზუსტით დადგენის საშუალებას იძლევა.

აღსანიშნავია ის სიძნელებები, რომლებიც თან ახლავს სხვადასხვა საარქივო მონაცემის გამოყენებას. ჩვენი მეთოდოლოგიის საშუალებით ზოგიერთი მყინვარისათვის დაზუსტდა კონტურები. ამის საფუძველზე შეიცვალა მყინვარების კონტურების ფორმა, მაგალითად, თერგის აუზში მდებარე მყინვარების – აღმოსავლეთ სუათისისა და გერგეტისათვის.

GLIMS-ის მონაცემთა ბაზაში დაცული სუათისის მყინვარების კონტურების დასაზუსტებლად გამოყენებულ იქნა პროგრამა Google Earth-ის მაღალი სივრცითი გარჩევადობის (0,5–0,8 მ) და მყინვარების მაქსიმალური აბლაციის პერიოდში გადაღებული თანამგზავრული მონაცემები, რაც მყინვარების კონტურების დიდი სიზუსტით დიგიტალიზაციის საშუალებას იძლევა.

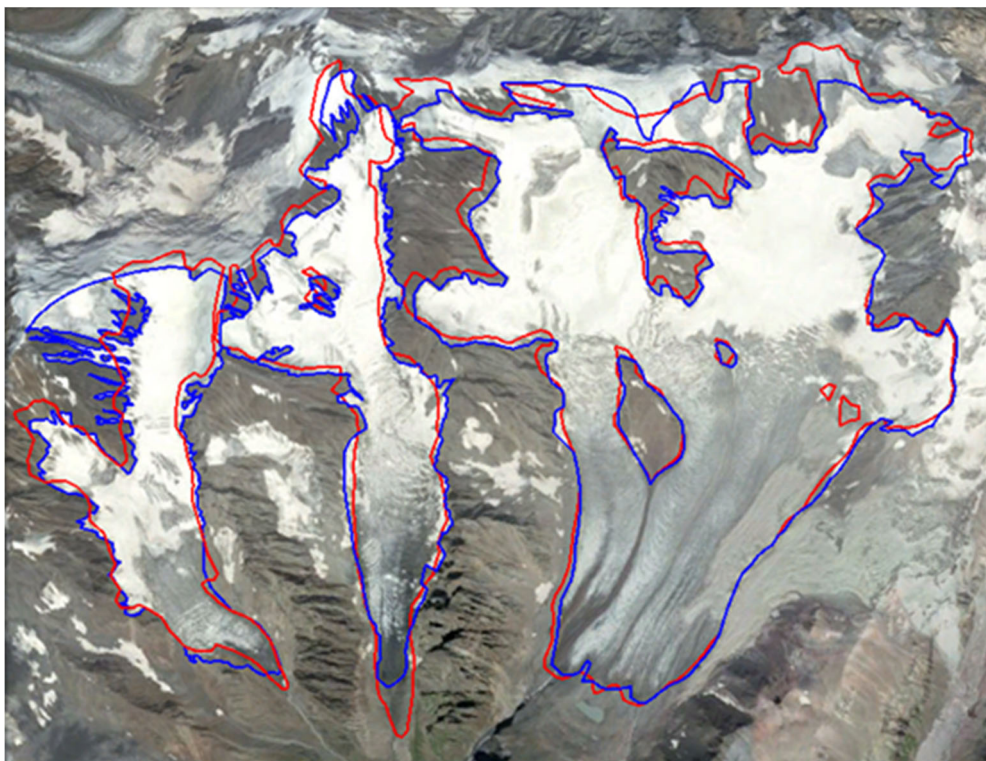
მყინვარის კონტურის დაზუსტების მიზნით გამოიყენებოდა აგრეთვე ASTER DEM-ის რელიეფის ციფრული მოდელი. კონტურების დაზუსტება ხდებოდა თანამგზავრული სურათისა და რელიეფის ციფრული მოდელის საფუძველზე შექმნილი იზოხაზების ზედდებით. 3D გამოსახულების გამოყენებით დადგინდა წყალგამყოფები, ხოლო ამ უკანასკნელთა საშუალებით დაზუსტდა მყინვარების კონტურები.

1-ლ ნახ-ზე მოცემულია აღმოსავლეთ სუათისის მყინვარის ჩრდილოეთ ნაწილში ხოხის ქედის წყალგამყოფების დასადგენად ASTER DEM-ის საფუძველზე გავლებული სიმაღლის იზოხაზები. ელექტრონულ ვერსიაში წითელი ფერით ნაჩვენებია GLIMS-ის მონაცემთა ბაზაში დაცული კონტურები, ლურჯით – ავტორთა მიერ დაზუსტებული კონტურები, შავით – რელიეფის ციფრული მოდელის საფუძველზე შექმნილი იზოხაზები (10 მ ბიჯით).



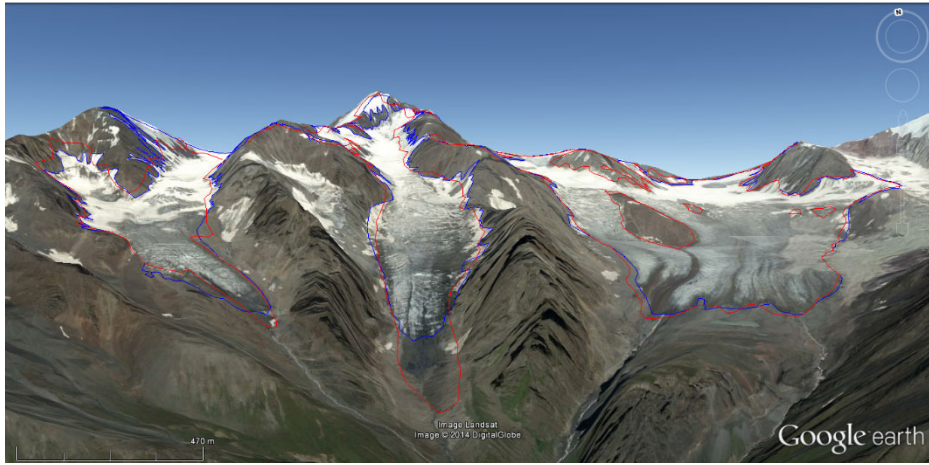
**ნახ. 1. აღმოსავლეთ სუათისის მყინვარის ჩრდილოეთ ნაწილის სიმაღლის იზოხაზები. GLIMS-ის მონაცემთა ბაზაში დაცული კონტურები სურათზე ნაჩვენებია წითელი ფერით, ხოლო დაზუსტებული კონტურები – ლურჯი ფერით**

მე-2 ნახ-ზე წარმოდგენილია სუათისის მყინვარების კონტურები. წითელი ფერით ნაჩვენებია კონტურები GLIMS-ის მონაცემების მიხედვით, ლურჯით – დაზუსტებული კონტურები, რომლებიც თანამგზავრული დისტანციური ზონდირების საშუალებითაა მიღებული.



**ნახ. 2. აღმოსავლეთ, შუა და დასავლეთ სუათისის მყინვარების კონტურების თავდაპირველი (წითელი) და დაზუსტებული (ლურჯი) სახეები**

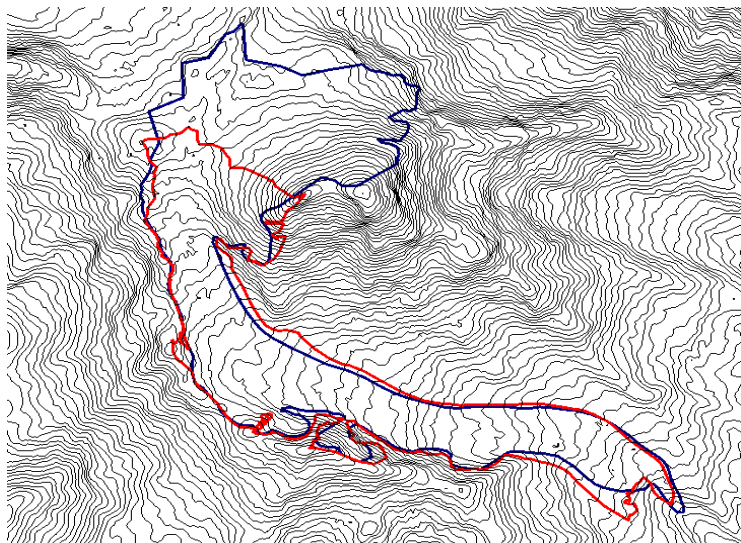
კონტურების დასადგენად და განსაკუთრებით წყალგამყოფების მდებარეობის დასაზუსტებლად გამოიყენებოდა 3D გამოსახულება. მე-3 ნახ-ზე მოცემულია Google Earth-ის საშუალებით მიღებული სუათისის მყინვარების 3D გამოსახულება, სადაც GLIMS-ის მონაცემთა ბაზაში დაცული კონტურები ნაჩვენებია წითელი ფერით, ხოლო დაზუსტებული კონტურები – ლურჯით.



**ნახ. 3. სუათისის მყინვარები**

რაც შეეხება მყინვარ გერგეტს, GLIMS-ის მონაცემთა ბაზაში დაცულ კონტურებში მყინვარწვერის პლატოს უმეტესი ნაწილი მიკუთვნებული ჰქონდა გერგეტის მყინვარს. Google Earth-ის საშუალებით მიღებული 3D გამოსახულებისა და რელიეფის ციფრული მოდელით (DEM – Digital Elevation Model) გენერირებული სიმაღლის იზოხაზების საშუალებით დაზუსტდა წყალგამყოფი. ამან განაპირობა ის, რომ პლატოს მნიშვნელოვანი ნაწილი ჩამოეჭრა გერგეტის მყინვარს და მიეკუთვნა დევდორაკის მყინვარს.

მე-4 ნახ-ზე წარმოდგენილია მყინვარ გერგეტის თანამგზავრული სურათი, რომელზეც რელიეფის ციფრული მოდელის გამოყენებით 30 მ ბიჯით დატანილია სიმაღლის იზოხაზები – ჰიფსომეტრიული მრუდები. წითელი ფერით ნაჩვენებია კონტური GLIMS-ის მონაცემების მიხედვით, ლურჯი ფერით – თღზ-ით დაზუსტებული კონტური.



**ნახ. 4. მყინვარ გერგეტის თანამგზავრული სურათი, რომელზეც რელიეფის ციფრული მოდელის გამოყენებით 30 მ ბიჯით დატანილია სიმაღლის იზოხაზები. GLIMS-ის მონაცემთა ბაზაში დაცული კონტურები სურათზე ნაჩვენებია წითელი ფერით, ხოლო დაზუსტებული კონტურები – ლურჯით**

მყინვარების კონტურების გავლენისას ზემოთ ჩამოთვლილი სიძნელეების გადალახვის შემდეგ თღზ-ის მონაცემებით ყველა მყინვარისათვის (მსგავსად მყინვარების კატალოგისა) გამოთვლილ იქნა მახასიათებლები. ამ მონაცემთა შორის არსებული 50-წლიანი სხვაობა საშუალებას იძლევა მათი შედარების საფუძველზე გამოტანილ იქნეს დასკვნები მყინვარებზე კლიმატის მიმდინარე ცვლილების გავლენის შესახებ.

სამუშაოს მიზანია იყო კლიმატის მიმდინარე ცვლილების გავლენით მდ. თერგის აუზის მყინვარების დეგრადაციის კვლევა. კატალოგის მიხედვით თერგის აუზს მიეკუთვნება №44–№111 მყინვარები (ნახ. 5) [14].

აღსანიშნავია, რომ თანამგზავრულ სურათებზე ასახული ზოგიერთი მცირე და საშუალო ზომის მყინვარის იდენტიფიკაცია შესაძლებელია მხოლოდ კატალოგის სქემების გამოყენებით. მათი იდენტიფიკაციის შემდგომ თღზ-ით განსაზღვრული ცალკეული მყინვარებისათვის კატალოგში მოყვანილი ფართობის მონაცემები უფრო ნაკლები აღმოჩნდა, ვიდრე თღზ-ით განსაზღვრული. ეს კი არასწორ სურათს ქმნიდა. გამოდიოდა, რომ მყინვარების ფართობი გასული საუკუნის 60-იან წლებთან შედარებით გაიზარდა, რაც გლობალური დათბობის ფაქტს ეწინააღმდეგება. თღზ-ის მონაცემებით მიღებული საქართველოს მყინვარების კონტურებისა და იმავე წლების ტოპოგრაფიულ რუკებზე ასახული მყინვარების კონტურებთან შედარებამ ცხადყო, რომ დაახლოებით ბოლო 50 წლის განმავლობაში საქართველოს ყველა მყინვარის ფართობი შემცირდა. ამ პერიოდის ტოპოგრაფიულ რუკებზე მოყვანილი მყინვარების კონტურების საფუძველზე განისაზღვრა ფართობები და ჩატარდა კატალოგიდან აღებული ფართობის არასწორი მონაცემების კორექტირება [15]. ასეთი მყინვარი თერგის აუზში სამია (ცხრილი 1).



ნახ. 5. მყინვარების განლაგების სქემა მდინარეების – ფიაგდონის, გიზედდონისა და თერგის ზემო წელში: 1 – წყალგამყოფი, 2 – მწვერვალი, 3 – მყინვარგამყოფი, 4 – მდინარე, 5 – მიწისქვეშა დინება, 6 – მყინვარი თავისი ნომრით, 7 – 0,1 კმ<sup>2</sup>-ზე ნაკლები ფართობის მქონე მყინვარი

1-ლ ცხრილში მოყვანილია თერგის აუზის მყინვარები, რომელთა ფართობის მნიშვნელობები შესწორდა ტოპოგრაფიული რუკებით. აღსანიშნავია თერგის აუზის მყინვარი №58, რომელიც ტოპოგრაფიული რუკის მიხედვით საშუალო ზომისაა, ხოლო კატალოგის მიხედვით – მცირე ზომის.

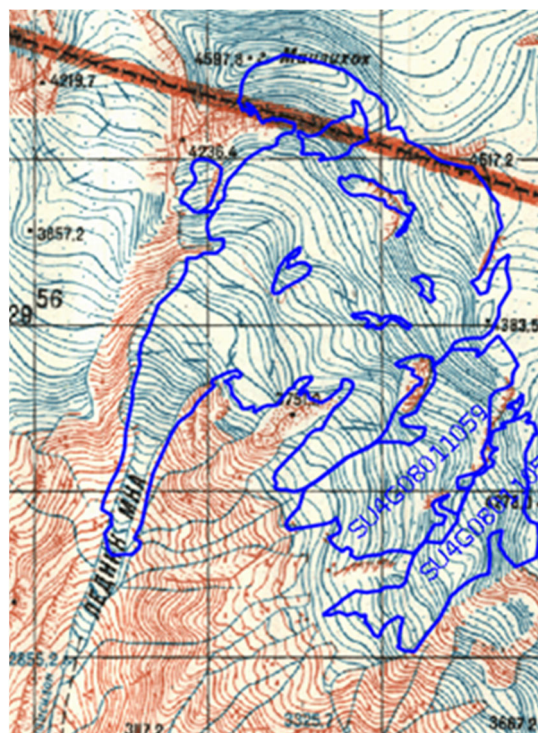
თერგის აუზის მყინვარები, რომელთა ფართობის მნიშვნელობები შესწორდა ტოპოგრაფიული რუკების მიხედვით

| № | მყინვარის № | კატალოგით | ტოპოგრაფიული რუკით | თღზ |
|---|-------------|-----------|--------------------|-----|
| 1 | 58          | 0.2       | 0.9                | 0.6 |
| 2 | 59          | 0.7       | 0.8                | 0.7 |
| 3 | 101         | 0.1       | 0.2                | 0.1 |

მე-6 ნახ-ზე ნაჩვენებია მყინვარი მნა და მის მარჯვნივ მიმდებარე №59 და №58 მყინვარები თღზ-ით მიღებულ სურათსა და 60-იანი წლების ტოპოგრაფიულ რუკაზე. შედარებისათვის ორივე სურათზე კონტურები გავლესულია ლურჯი ფერით.



ა



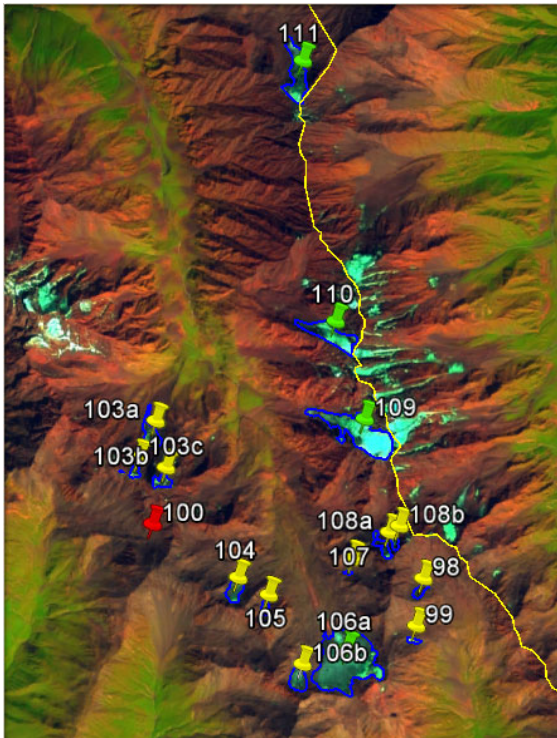
ბ

ნახ. 6. მყინვარი მნა და მის მარჯვნივ მიმდებარე მყინვარები №59 და №58 თღზ-ით მიღებულ სურათზე (ა) და 60-იანი წლების ტოპოგრაფიულ რუკაზე (ბ)

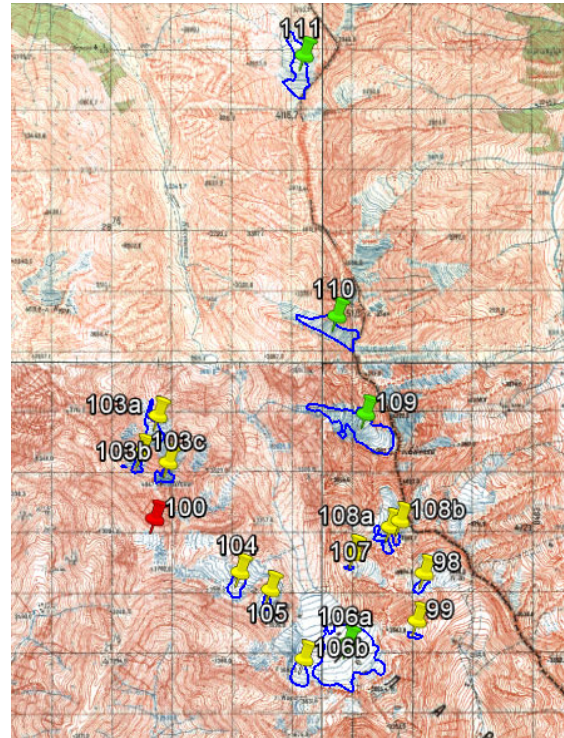
კვლევებით დადგინდა, რომ გასული საუკუნის 60-იანი წლებიდან დღემდე აღმოსავლეთ საქართველოს ტერიტორიაზე ჰაერის ტემპერატურამ მოიმატა 1 °C-მდე [16]. ტემპერატურული რეჟიმის მცირე ცვლილება, ანუ არსებულ ვითარებაში კლიმატური ნორმების მდგრადი ზრდა ძლიერ ზემოქმედებას ახდენს მყინვარებზე. ზოგადად კლიმატის გლობალური დათბობა ნეგატიურად მოქმედებს მყინვარებზე, რაც განსაკუთრებით მცირე მყინვარების შემთხვევაში ვლინდება და ხშირად იწვევს ამ მყინვარების დანაწევრებას, თოვლნარად გადაქცევას ან სრულ დნობას. აქვე შევნიშნავთ, რომ მცირე მყინვარების ფართობი 0.1 კმ<sup>2</sup>-დან 0.5 კმ<sup>2</sup>-მდეა,

ხოლო თოვლნარი შეიძლება იყოს მყინვარის დეგრადაციით მიღებული ნარჩენი და მისი ფართობი 0.1 კმ<sup>2</sup>-ზე ნაკლებია [17].

თვალსაჩინოებისათვის განვიხილოთ თანამგზავრ Landsat-ით გადაღებული მდ. თერგის აუზში მდებარე მცირე მყინვარები და მათი კონტურები (ნახ. 7). წითელი ქინძისთავით აღნიშნულია გამქრალი მყინვარი, ყვითელი ქინძისთავით – თოვლნარად ქცეული მყინვარი და მწვანე ქინძისთავით – მცირე მყინვარი. ამ მყინვარების იდენტიფიცირებით დადგინდა, რომ ყოფილი სსრ კავშირის კატალოგის მიხედვით ისინი არიან №98 – №111 მყინვარები [14].



ა



ბ

**ნახ. 7. მდ. თერგის აუზის მცირე მყინვარები (№98 – №111) და მათი კონტურები თანამგზავრულ სურათზე (ა) და 60-იანი წლების ტოპოგრაფიულ რუკაზე (ბ)**

თღზ-ის საფუძველზე ჩატარებულია მდ. თერგის აუზში კატალოგით არსებული ყველა მყინვარის იდენტიფიკაცია და განსაზღვრულია მყინვარების მახასიათებელი ძირითადი პარამეტრები.

მე-2 ცხრილში წარმოდგენილია მდ. თერგის აუზის მყინვარების ზოგიერთი მახასიათებელი თანამგზავრული და კატალოგის მონაცემებით (ნახ. 2). წითელი ფერის ქინძისთავით აღნიშნულია გამქრალი მყინვარი, ყვითელი ფერით – თოვლნარი (ფართობი – 0.1 კმ<sup>2</sup>-ზე ნაკლები), მწვანე ფერით – მცირე მყინვარი (ფართობი – 0.1 კმ<sup>2</sup>-დან 0.5 კმ<sup>2</sup>-მდე) და ნაცრისფერით – საშუალო მყინვარი (ფართობი – 0.5 კმ<sup>2</sup>-დან 2.0 კმ<sup>2</sup>-მდე).



მდ. თერგის აუზის მყინვარების ზოგიერთი მახასიათებელი  
თანამგზავრული (1) და კატალოგის (2) მონაცემები

| №  | სსრკ და მსოფლიო კატალოგის მიხედვით მყინვარების სახელწ. და ლოკალ. № | მყინვარების მსოფლიო კატალოგში საიდენტ. №, ID | № თღზ-ის მიხედვით | მაქს. სიგრძე (კმ) |     | ფართობი (კმ <sup>2</sup> ) |     | მინ. სიმაღლე (მ) |      | მაქს. სიმაღლე (მ) |      |
|----|--|--|-------------------|-------------------|-----|----------------------------|-----|------------------|------|-------------------|------|
|    |  |  |                   | (1)               | (2) | (1)                        | (2) | (1)              | (2)  | (1)               | (2)  |
| 1  | 198  | SU4G0811098                                  | 98                | 0.8               | 1.0 | 0.03                       | 0.4 |                  | 3360 |                   | 3640 |
| 2  | 99   | SU4G0811099                                  | 99                | 1.0               | 1.1 | 0.02                       | 0.2 |                  | 3260 |                   | 3610 |
| 3  | 100  | SU4G0811100                                  | 100               |                   | 1.0 | 0                          | 0.1 |                  | 3420 |                   | 3700 |
| 4  | 187a   | SU4G0811101                                  | 101a              |                   | 1.1 | 0.1                        | 0.2 | 3610             | 3200 | 4037              | 3910 |
|    |  |  | 101b              |                   | 0.8 | 0.02                       |     |                  | 3200 |                   | 3910 |
|    |  |  | 101c              | 0.5               | 1.0 | 0.01                       |     |                  | 3200 |                   | 3910 |
| 5  | 187  | SU4G0811102                                  | 102               |                   | 1.0 | 0.04                       | 0.1 |                  | 3600 |                   | 4070 |
| 6  | 186  | SU4G0811103                                  | 103a              |                   | 1.0 | 0.09                       | 0.3 |                  | 2920 |                   | 3660 |
|    |  |  | 103b              |                   | 0.6 | 0.09                       |     |                  | 2920 |                   | 3660 |
|    |  |  | 103c              |                   | 1.3 | 0.03                       |     |                  | 2920 |                   | 3660 |
| 7  | 185b   | SU4G0811104                                  | 104               |                   |     | 0.08                       | 0.5 |                  | 3270 |                   | 3550 |
| 8  | 185c   | SU4G0811105                                  | 105               |                   |     | 0.03                       | 0.1 |                  | 3300 |                   | 3560 |
| 9  | kibiSa,185   | SU4G0811106                                  | 106a              |                   | 1.0 | 0.1                        | 1.9 | 3259             | 3160 | 3590              | 3620 |
|    |  |  | 106b              |                   | 0.7 | 0.09                       |     |                  | 3160 |                   | 3620 |
| 10 | 185d   | SU4G0811107                                  | 107               | 1.15              | 1.9 | 0.01                       | 0.2 |                  | 3330 |                   | 3720 |
| 11 | 108  | SU4G0811108                                  | 108a              |                   |     | 0.05                       | 0.5 |                  | 3300 |                   | 3930 |
|    |  |  | 108b              |                   | 0.9 | 0.03                       |     |                  | 3300 |                   | 3930 |
| 12 | 184  | SU4G0811109                                  | 109               |                   | 1.3 | 0.6                        | 0.7 | 3345             | 3150 | 4227              | 4330 |
| 13 | 183  | SU4G0811110                                  | 110               |                   | 1.3 | 0.23                       | 0.4 | 3464             | 3280 | 4216              | 4300 |
| 14 | 182  | SU4G0811111                                  | 111               | 1.5               | 2.0 | 0.23                       | 0.5 | 3461             | 3420 | 3992              | 4020 |

მე-3 ცხრილში მოცემულია თერგის აუზში მდებარე მყინვარები №44-დან №66-ის ჩათვლით. აქ ფართობების გამოსაყოფად გამოყენებულია იგივე ფერები, რასაც ემატება დიდი ზომის მყინვარები (ფართობი – 2,0 კმ<sup>2</sup> და მეტი), რომლებიც ცისფერითაა წარმოდგენილი და დიდი ზომის მყინვარებიდან გამოყოფილი უდიდესი მყინვარი. თერგის აუზის შემთხვევაში ერთადერთი უდიდესი მყინვარია აღმოსავლეთ სუათისი, რომელიც იასამნისფერითაა გამოყოფილი.

მდ. თერგის აუზის მყინვარების ზოგიერთი მახასიათებელი თანამგზავრული (1)  
და კატალოგის (2) მონაცემებით

| №  | სსრკ და მსოფლიო კატალოგის მიხედვით მყინვარების სახელწ. და ლოკალ. № | მყინვარების მსოფლიო კატალოგში საიდენტი. №, I | № თღზ-ის მიხედ. | მაქს. სიგრძე (კმ) |     | ფართობი (კმ <sup>2</sup> ) |      | მინ. სიმაღლე (მ) |      | მაქს. სიმაღლე (მ) |      |
|----|--|--|-----------------|-------------------|-----|----------------------------|------|------------------|------|-------------------|------|
|    |  |  |                 | (1)               | (2) | (1)                        | (2)  | (1)              | (2)  | (1)               | (2)  |
| 1  | არჩ-შა, 244  | SU4G08011044                                 | 44              |                   | 1.2 | 0                          | 0.1  |                  | 3430 |                   | 3710 |
| 2  | 243  | SU4G08011045                                 | 45              |                   | 0.5 | 0                          | 0.1  |                  | 3770 |                   | 3910 |
| 3  | ჭაჭი, 242  | SU4G08011046                                 | 46              | 3.2               | 3.2 | 2.3                        | 2.8  | 3239             | 3230 | 4447              | 4430 |
| 4  | 242b   | SU4G08011047                                 | 47a             | 0.7               | 1.9 | 0.2                        | 0.6  | 4031             | 3450 | 4161              | 4200 |
|    |  |  | 47b             | 0.6               |     | 0.1                        |      | 3652             | 3450 | 4013              | 4200 |
|    |  |  | 47c             |                   |     | 0.05                       |      |                  |      |                   |      |
| 5  | დევდორაკი, 241   | SU4G08011048                                 | 48              | 6.9               | 7.3 | 6.2                        | 7.0  | 2392             | 2260 | 5038              | 5030 |
| 6  | აბანო, 240   | SU4G08011049                                 | 49              | 3.8               | 4.1 | 1.7                        | 2.0  | 3020             | 2950 | 5038              | 5030 |
| 7  | 240b   | SU4G08011050                                 | 50              |                   | 0.4 | 0.07                       | 0.1  |                  | 3760 |                   | 4120 |
| 8  | 239  | SU4G08011051                                 | 51              |                   | 0.6 | 0.08                       | 0.1  |                  | 3710 |                   | 3990 |
| 9  | გერგეტი, 238   | SU4G08011052                                 | 52              | 7.1               | 8.5 | 5.2                        | 8.3  | 3091             | 2870 | 4936              | 5030 |
| 10 | 237  | SU4G08011053                                 | 53              |                   | 0.6 | 0                          | 0.2  |                  | 3450 |                   | 3700 |
| 11 | 236a   | SU4G08011054                                 | 54              |                   | 0.5 | 0                          | 0.1  |                  | 3530 |                   | 3800 |
| 12 | 236  | SU4G08011055                                 | 55              |                   | 0.8 | 0.06                       | 0.4  |                  | 3510 |                   | 4010 |
| 13 | 235  | SU4G08011056                                 | 56              | 1.0               | 1.9 | 0.4                        | 0.7  | 3768             | 3350 | 4227              | 4220 |
| 14 | დენკერა, 234   | SU4G08011057                                 | 57              | 1.2               | 2.3 | 0.7                        | 2.4  | 3655             | 3500 | 4103              | 4230 |
| 15 | 234a   | SU4G08011058                                 | 58              | 1.8               | 1.0 | 0.6                        | 0.9  | 3567             | 3570 | 4285              | 4200 |
| 16 | 233a   | SU4G08011059                                 | 59              | 1.8               | 2.3 | 0.7                        | 0.8  | 3450             | 3440 | 4327              | 4330 |
| 17 | მნა, 233   | SU4G08011060                                 | 60              | 3.3               | 4.1 | 3.1                        | 4.6  | 3036             | 2860 | 4612              | 4600 |
| 18 | 232  | SU4G08011061                                 | 61              | 4.3               | 3.2 | 2.7                        | 2.1  | 3292             | 3330 | 4586              | 4310 |
| 19 | აღმ სუათისი, 231   | SU4G08011062                                 | 62              | 4.5               | 5.4 | 7.9                        | 10.2 | 3230             | 3000 | 4532              | 4580 |
| 20 | შუა სუათისი, 230   | SU4G08011063                                 | 63              | 4.0               | 4.7 | 2.1                        | 2.5  | 2975             | 2850 | 4734              | 4760 |
| 21 | დას. სუათისი, 229  | SU4G08011064                                 | 64              | 3.0               | 3.5 | 1.8                        | 2.4  | 3284             | 3070 | 4444              | 4460 |

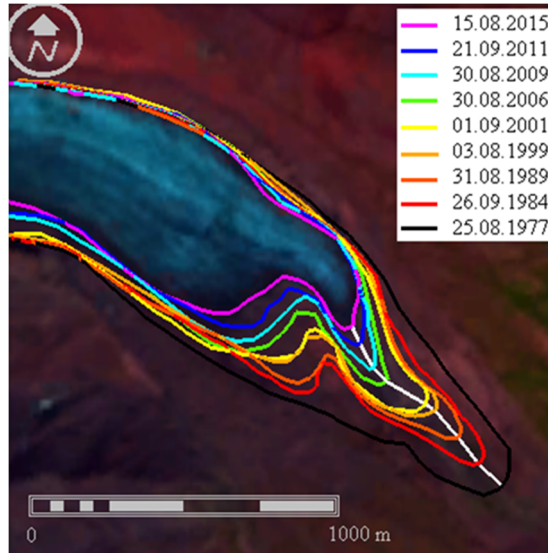
აღმოსავლეთ საქართველოს ყველა დიდი ზომის მყინვარი მდებარეობს თერგის აუზში; ფრჩხილებში მოცემულია მათი ფართობები (კმ<sup>2</sup>), თღზ-ისა და კატალოგის მიხედვით:

1. №46 – ჭაჭი (2.3, 2.8);
2. №48 – დევდორაკი (6.2, 7.0);
3. №52 – გერგეტი (5.2, 8.3);
4. №57 – დენკერა (0.7, 2.4);
5. №60 – მნა (3.1, 4.6);
6. №61 – (2.4, 2.1);
7. №62 – აღმ. სუათისი (7.9, 10.2);
8. №63 – შუა სუათისი (2.1, უამად 2.5);
9. №64 – დას. სუათისი (1.8, 2.4).

ამჟამად თერგის აუზში თღზ-ის მიხედვით სულ 7 დიდი მყინვარია.

როგორც მიწისპირა დაკვირვებებით, ისე თღზ-ით განსაკუთრებით კარგადაა შესწავლილი გერგეტის მყინვარი, რაც განპირობებულია იმით, რომ მის მიმდებარე ტერიტორიაზე (3653 მ-ის სიმაღლეზე) 1931 წლიდან მდებარეობს სტეფანწმინდის მეტეოსადგური. აღსანიშნავია, რომ თღზ-ით მის შესწავლას ხელი შეუწყო იმან, რომ მისი ენის ბოლო არ არის დაფარული ნაშალი მასალით.

მე-8 ნახ-ზე მოცემულია მყინვარ გერგეტის უკანდახევის სქემატური გამოსახულება. მყინვარების მდებარეობა სხვადასხვა წელს სხვადასხვა ფერის კონტურით არის ნაჩვენები. კონტურების გადამკვეთი თეთრი ფერის ტეხილი ხაზი მიუთითებს მყინვარების უკანდახევის სიგრძეს 2015 წლის 15 აგვისტოს თანამგზავრული სურათის ფონზე.



ნახ. 8. გერგეტის მყინვარის უკანდახევის სქემატური გამოსახულება

მე-4 ცხრილში მოყვანილია თღზ-ის მონაცემების საფუძველზე განსაზღვრული გერგეტის მყინვარის უკანდახევის სხვადასხვა მახასიათებელი.

**ცხრილი 4**

**გერგეტის მყინვარის ენის ბოლოს უკანდახევის მდებარეობა და მანძილები თღზ-ის მონაცემების საფუძველზე წლების მიხედვით**

| №  | თარიღი     | კოორდინატები |           | უკანდახევა წინა ნიშნულის მიმართ, მ | ჯამური უკანდახევა, მ |
|----|------------|--------------|-----------|------------------------------------|----------------------|
|    |            | განედი       | გრძელი    |                                    |                      |
| 1  | 25.08.1977 | 42.664006    | 44.558418 | 0                                  | 0                    |
| 2  | 26.09.1984 | 42.664683    | 44.557493 | 106                                | 106                  |
| 3  | 31.08.1989 | 42.665486    | 44.556670 | 111                                | 217                  |
| 4  | 03.08.1999 | 42.666306    | 44.555701 | 122                                | 339                  |
| 5  | 01.09.2001 | 42.666503    | 44.555308 | 40.6                               | 379.6                |
| 6  | 30.08.2006 | 42.667224    | 44.553724 | 152                                | 531.6                |
| 7  | 18.09.2007 | 42.667407    | 44.553513 | 25.4                               | 557                  |
| 8  | 30.08.2009 | 42.667635    | 44.553219 | 38.2                               | 595.2                |
| 9  | 21.09.2011 | 42.668386    | 44.552674 | 94.9                               | 690.1                |
| 10 | 28.08.2014 | 42.668662    | 44.552612 | 31.7                               | 721.8                |
| 11 | 15.08.2015 | 42.668917    | 44.552400 | 34.4                               | 756.2                |

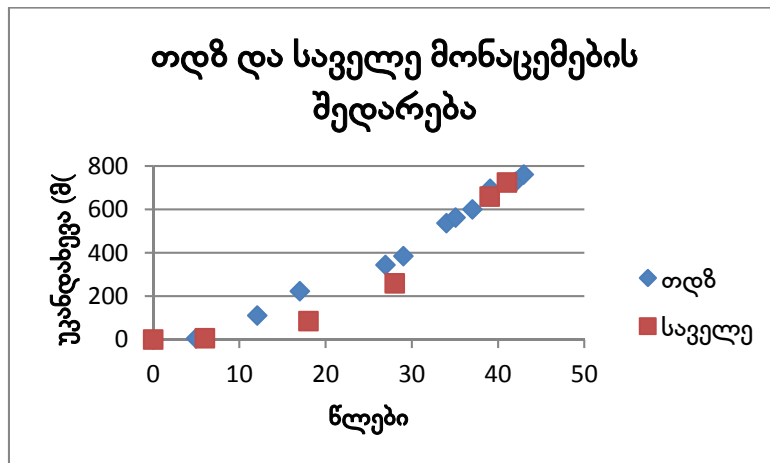
გერგეტის მყინვარის უკანდახევის (1977–2013 წწ.) მიწისპირა დაკვირვებების მონაცემები (ცხრილი 5) გამოიყენება თღზ-ის მონაცემების საფუძველზე განსაზღვრული გერგეტის მყინვარის უკანდახევის მონაცემების ხარისხის და შეფასების კონტროლისათვის (QA/QC).

**ცხრილი 5**

**გერგეტის მყინვარის ენის ბოლოს უკანდახევის მდებარეობა და მანძილები  
საველე მიწისპირა დაკვირვებების მონაცემების საფუძველზე წლების მიხედვით**

| № | თარიღი | კოორდინატები |           | უკანდახევა წინა ნიშნულის მიმართ, მ | ჯამური უკანდახევა მ |
|---|--------|--------------|-----------|------------------------------------|---------------------|
|   |        | განედი       | გრძელი    |                                    |                     |
| 1 | 1978   | 42.664162    | 44.558194 | 0                                  | 0                   |
| 2 | 1990   | 42.664746    | 44.557606 | 79                                 | 79                  |
| 3 | 2000   | 42.665922    | 44.556443 | 174                                | 253                 |
| 4 | 2011   | 42.668103    | 44.553074 | 400                                | 653                 |
| 5 | 2013   | 42.668567    | 44.5527   | 65                                 | 718                 |

მე-9 ნახ-ზე წარმოდგენილია გერგეტის მყინვარის თღზ-ის და საველე მიწისპირა დაკვირვებების მონაცემების შედარების გრაფიკები.



**ნახ. 9. გერგეტის მყინვარის თღზ-ის და საველე მიწისპირა დაკვირვებების მონაცემების შედარების გრაფიკები**

გრაფიკების შედარებამ ცხადყო, რომ თღზ-ისა და საველე მიწისპირა დაკვირვებების მონაცემები კარგ თანხვედრაშია ერთმანეთთან.

კვლევის შედეგად დადგინდა, რომ ისევე როგორც საქართველოს სხვა დიდ მყინვარებს, გერგეტის მყინვარის უკანდახევისაც არაწრფივი ხასიათი აქვს. დიდი მყინვარების სრული დნობის სავარაუდო თარიღების განსაზღვრავად შემუშავებულია სცენარი, სადაც განხილულია კლიმატის ცვლილება ჩვეულებრივი ბიზნესის (Business as Usual /BaU) შესაბამისად. შემდგომი კვლევებით დადგინდა, რომ განხილული მყინვარების უკანდახევის აპროქსიმაცია ამ სცენარის პირობებში დიდი სიზუსტით შესაძლებელია პარაბოლის მრუდით. გერგეტის მყინვარისათვის  $y=0.2047t^2+12.201t$  [18–20].

**გერგეტის მყინვარის სრული დნობის სავარაუდო თარიღის გამოსათვლელი მახასიათებლები**

| a            | b                          | c                                      | d                            | e                               | f                    | g         | h                         |
|--------------|----------------------------|--|------------------------------|---------------------------------|----------------------|-----------|---------------------------|
| სახელ-წოდება | სიგრძე თდზ-ით ბოლო წელს, მ | ჯამური უკანდახევა ათვლის დაწვებიდან, მ | სრული დნობის მანძილი $y=b+c$ | განტოლების ამონახსნი $t_1$ წელი | ათვლის დაწვების წელი | ბოლო წელი | სრული დნობის წელი $[f+e]$ |
| გერგეტი      | 7100                       | 756                                    | 7856                         | 168                             | 1977                 | 2015      | 2145                      |

გერგეტის მყინვარის სრული დნობის სავარაუდო თარიღის გამოსათვლელად განტოლებაში  $y=0.2344t^2+12.201t$  ჩავსვათ  $y=7856$  მ და გამოვთვალოთ მისი შესაბამისი განტოლების დადებითი ფესვი, რომლის მნიშვნელობაა  $t_1=168$  წელი. გერგეტის მყინვარის სრული დნობის სავარაუდო თარიღი იქნება ათვლის დაწვების წელს დამატებული 168 წელი, ანუ გერგეტის მყინვარის სრული დნობის სავარაუდო თარიღია  $t=t_1+1977 = 2145$  წელი.

მდ. თერგის აუზის მყინვარების დეგრადაციის რიცხობრივად განსაზღვრისათვის გამოყენებულია კატალოგში არსებული და თდზ-ით განსაზღვრული მყინვარული აუზების ფართობებისა და მყინვარების რაოდენობის მნიშვნელობები. მათ შორის დროითი შუალედი დაახლოებით 50 წელიწადს შეადგენს. ამ პერიოდისათვის განხორციელებულია ცვლილებების სტატისტიკური ანალიზი, რაც მნიშვნელოვანი დასკვნების გამოტანის საფუძველს იძლევა. მე-7 ცხრილში მოცემულია მდ. თერგის აუზის მყინვარების რაოდენობა და ფართობები.

**მდ. თერგის აუზის მყინვარების რაოდენობა და ფართობები**

| მყინვარების № კატალოგით | ზომა    | მყინვარების რაოდენობა |     |    | მყინვარების ფართობი, კმ <sup>2</sup> |      |      |
|-------------------------|---------|-----------------------|-----|----|--------------------------------------|------|------|
|                         |         | კატ.                  | თდზ | Δ  | კატ.                                 | თდზ  | Δ    |
| 44-111                  | მცირე   | 47                    | 22  | 25 | 12.5                                 | 4.2  | 8.3  |
|                         | საშუალო | 12                    | 6   | 6  | 12.1                                 | 6.1  | 6.0  |
|                         | დიდი    | 9                     | 7   | 1  | 42.9                                 | 29.2 | 13.1 |
|                         | სულ     | 68                    | 35  | 33 | 67.5                                 | 39.5 | 28   |

მდ. თერგის აუზში კატალოგის მიხედვით სულ 68 მყინვარია, აქედან 47 მცირე მყინვარია, 12 – საშუალო და 9 დიდი მყინვარია, ხოლო გამყინვარების მთლიანი ფართობი შეადგენს 67,5 კმ<sup>2</sup>-ს. დღესდღეობით თდზ-ის მონაცემებით კლიმატის მიმდინარე ცვლილების ზემოქმედებით მდ. თერგის მყინვარულ აუზში დარჩა 35 მყინვარი, აქედან 22 მცირე მყინვარია, 6 – საშუალო და 7 დიდი მყინვარია. გამყინვარების მთლიანი ფართობი კი 39,5 კმ<sup>2</sup>-ია. ასე რომ, მდ. თერგის მყინვარულ აუზში კატალოგის მიხედვით არსებული რაოდენობა შემცირდა 33 ერთეულით, ანუ 48,5 %-ით, ხოლო გამყინვარების ფართობი – 28 კმ<sup>2</sup>-ით, ე. ი. 41,5 %-ით.

**დასკვნა**

მდ. თერგის აუზის მყინვარების კვლევით დადგინდა, რომ:

1. GLIMS-ის მონაცემთა ბაზაში დაცული მყინვარების კონტურებს სჭირდება დაზუსტება, ხოლო მყინვარების კონტურების დიდი სიზუსტით დიგიტალიზაციისათვის მიზანშეწონილია პროგრამა Google Earth-ის მაღალი სივრცითი გარჩევადობის (0,5–0,8 მ), მყინვარების

მაქსიმალური აბლაციის პერიოდში გადაღებული თანამგზავრული მონაცემებისა და ASTER DEM-ის რელიეფის ციფრული მოდელის გამოყენება;

2. თანამგზავრულ სურათებზე ასახული ზოგიერთი მცირე და საშუალო ზომის მყინვარის იდენტიფიკაცია შესაძლებელია მხოლოდ კატალოგის სქემის საშუალებით, რომელზეც ასახულია თერგის ზემო წელის მყინვარები;

3. დაახლოებით ბოლო 50 წლის განმავლობაში თერგის აუზის ყველა მყინვარის ფართობი შემცირდა. ამ პერიოდის ტოპოგრაფიულ რუკებზე მოყვანილი მყინვარების კონტურების საფუძველზე განისაზღვრა ფართობები და ჩატარდა კატალოგიდან აღებული ფართობის არასწორი მონაცემების კორექტირება;

4. კლიმატის გლობალური დათბობა ნეგატიურად მოქმედებს მყინვარებზე, რაც განსაკუთრებით ვლინდება მცირე მყინვარების შემთხვევაში და ხშირად იწვევს ამ მყინვარების დანაწევრებას, თოვლნარად გადაქცევას ან სრულ დნობას. კლიმატის ცვლილების შედეგად მდ. თერგის აუზში კატალოგის მიხედვით არსებული 47 მცირე მყინვარიდან შემორჩა 22, ანუ მყინვარების რაოდენობა შემცირდა 46.8 %-ით, ხოლო მათი ფართობი – 12,5-დან 4,2 კმ<sup>2</sup> მდე, ე. ი. 33.6 %-ით;

5. ისევე, როგორც საქართველოს სხვა დიდ მყინვარებს, გერგეტის მყინვარის უკანდახევასაც არაწრფივი ხასიათი აქვს და მისი აღწერა დიდი სიზუსტით შესაძლებელია პარაბოლის მრუდით. ავტორების მიერ შემუშავებული მეთოდოლოგიის საფუძველზე გამოთვლილია გერგეტის მყინვარის სრული დნობის სავარაუდო თარიღი, 2145 წელი;

7. მდ. თერგის მყინვარულ აუზში კატალოგის მიხედვით არსებულ მყინვართა რაოდენობა შემცირდა 33 ერთეულით, ანუ 48.5 %-ით, ხოლო გამყინვარების ფართობი – 28 კმ<sup>2</sup>-ით, ანუ 41.5 %-ით.

## ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. Giorgi Kordzakhia, Larisa Shengelia, Genadi Tvauro, Murman Dzadzamia. Current Climate Change Impact on the Mtkvari River Basin Glaciers Degradation. Bulletin of the Georgian National Academy of Sciences. Vol. 14, №1, 2020, pp. 83-89.
2. Л.Д. Шенгелия, Г.И. Кордзахия, Г. А. Тваури, М. Ш. Дзадзамия. Влияние изменения климата на ледники бассейна реки Ингури (Грузия). „География: развитие науки и образования”. Коллективная монография по материалам Всероссийской, с международным участием, научно-практической конференции LXXIII Герценовские чтения 22-25 апреля 2020 года, РГПУ им. А.И. Герцена, Россия, С.-П., т. 1, 2020, с. 198-204.
3. Хатисян Г. С. Краткий очерк действий двух комиссий для исследования Казбекских ледников в 1862 и 1863 гг.//Зап. КОРГО, кн. 6, № 2, 1864, с. 220-230.
4. Статковский Б. И. Краткая записка о действиях в 1865 г. экспедиции для исследования причин происхождения периодического Казбекского завала//Зап. КОРГО, кн.7, вып.1, 1866, с. 1-28.
5. Абих Г. В. Исследование настоящих и древних ледников Кавказа; Отдел 1) Описание ныне существующего Девдоракского ледника и следов действия прежних ледников в долине Терека; Отдел 2) О следах действия прежних ледников в долинах рек Ассы, Наридона и Шасни / Г. Абих ; Пер. Ф. фон-Кошкул. Тифлис; 1870. - 42 с.
6. Подозерский К. И. Ледники Кавказского Хребта. Записки Кавказского отдела Императорского русского географического общества. Т. 21; вып. 1; Тифлис, 1911. - 200 с.

7. Маруашвили Л. И. Оледенение Кавказа//Природа, №5, М.: Академиздатцентр «Наука» РАН, 1956, с. 52-61.
8. Цомае В.Ш. (ред.). Ледники Кавказа 1963–1973 гг., Тб., 1975. - 322 с.
9. Petri Pellikka, W. Gareth Rees. Remote Sensing of Glaciers Techniques for Topographic, Spatial and Thematic Mapping of Glaciers. 2010. - 330 p.
10. D. K. Hall, J. P. Ormsby. Characterization of Snow and Ice Reflectance Zones on Glaciers Using Landsat Thematic Mapper Data, Annals of Glaciology, 9, 1987, pp. 104-108.
11. Шенгелия Л.Д., Кордзахия Г.И., Тваური Г.А.. Методология и результаты исследования некоторых ледников Грузии. Ежегодная международная научно-практическая конференция „География: развитие науки и образования“. LXXVIII Герценовские чтения посвященная 70-летию создания ЮНЕСКО, 22-25 апреля 2015 года, РГПУ им. А.И. Герцена, Россия, т. 1, С.-П., 2015, с. 117-124.
12. G. Kordzakhia, L. Shengelia, G. Tvauri, V. Tsomaia, M. Dzadzamia. Satellite remote sensing outputs of the certain glaciers in the territory of East Georgia, The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Sciences – Elsevier, Vol. 18, Issue 1, 2015, pp. S1-S7.
13. G. Kordzakhia, L. Shengelia, G. Tvauri, M. Dzadzamia. Impact of Modern Climate Change on Glaciers in East Georgia//Bulletin of the Georgian National Academy of Sciences, vol. 10, №4, 2016, pp. 56-63.
14. Цомае В.Ш., Дробышев О. А. Каталог Ледников СССР, т. 8, ч. 11, Северный Кавказ, Л: Гидрометеиздат, 1977. - 71 с.
15. ლ. შენგელია, გ. კორძახია, გ. თვაური, მ. ძაძამია. საბჭოთა კავშირის მყინვარების კატალოგში მოცემული საქართველოს მყინვარების ფართობის მონაცემების კორექტირება. „მეცნიერება და ტექნოლოგიები“, , №1 (733), 2020, გვ. 9-15.
16. კლიმატის ცვლილების შესახებ საქართველოს მესამე ეროვნული შეტყობინება. მომზადებულია საქართველოს გარემოს და ბუნებრივი რესურსების სამინისტროს და გაეროს განვითარების პროგრამის მიერ. თბ., 2015. - 292 გვ.
17. ლ. შენგელია, გ. კორძახია, გ. თვაური, მ. ძაძამია. კლიმატის ცვლილების ზემოქმედება აღმოსავლეთ საქართველოს მცირე მყინვარებზე. „მეცნიერება და ტექნოლოგიები“, №1 (721), 2016, გვ. 9-14.
18. Шенгелия Л. Д., Кордзахия Г. И., Тваური Г. А. Влияние текущего изменения климата на большие ледники Грузии. „География: развитие науки и образования“. Коллективная монография по материалам Всероссийской, с международным участием, научно-практической конференции LXXII Герценовские чтения 18-21 апреля 2019 года, РГПУ им. А.И. Герцена, т. 1, С.-П., 2019, с. 218-226.
19. ლ. შენგელია, გ. კორძახია, გ. თვაური, მ. ძაძამია. საქართველოს ზოგიერთი დიდი მყინვარის უკანდახევა და სრული დნობის განსაზღვრა კლიმატის მიმდინარე ცვლილების ფონზე. „მეცნიერება და ტექნოლოგიები“, №2 (731), 2019, გვ. 926.
20. G. I. Kordzakhia, L. D. Shengelia, G. A. Tvauri, M. Sh. Dzadzamia. The climate change impact on the glaciers of Georgia // World science, vol. 1, № 4(44), Warsaw, Poland, 2019, pp. 29-34.

### INFLUENCE OF THE CURRENT CLIMATE CHANGE ON THE DEGRADATION OF TEREK RIVER BASIN GLACIERS

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

(Institute of Hydrometeorology of the Georgian Technical University, M. Nodia Institute of Geophysics of I. Javakhishvili Tbilisi State University, National Environmental Agency, Ministry of Environment Protection and Agriculture of Georgia)

**Resume:** The degradation of Terek river basin glaciers under influence of current climate change was studied on the basis of application of satellite remote sensing, GIS technologies, glacier catalog, field work results and expert knowledge. Analysis of remote sensing data reveals that number of Terek basin glaciers registered in catalog is reduced by 33 glaciers, i.e. by 45.4%, area of total glaciation – by 28 km<sup>2</sup>, i.e. 41.5%.

**Key words:** Catalogue; climate change; glaciers of Georgia; satellite remote sensing.

### ВЛИЯНИЕ ТЕКУЩЕГО ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА НА ДЕГРАДАЦИЮ ЛЕДНИКОВ БАСЕЙНА РЕКИ ТЕРЕК (ГРУЗИЯ)

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

(Институт гидрометеорологии Грузинского технического университета, Институт геофизики М. Нодия Тбилисского государственного университета им. И. Джавахишвили, Министерства защиты окружающей среды и сельского хозяйства Грузии, Национальное агентство окружающей среды)

**Резюме.** Детально исследовано деградация ледников бассейна реки Терек под воздействием текущего изменения климата с использованием методов спутникового дистанционного зондирования, ГИС технологии, данных каталога, полевых наземных наблюдений и экспертного знания. С помощью дистанционного зондирования было установлено, что количество ледников по сравнению с данными каталога уменьшилось на 33, т.е. на 45,4 %, а общая площадь ледников – на 28 км<sup>2</sup> т.е. на 41.5 %.

**Ключевые слова:** изменение климата; каталог; ледники Грузии; спутниковое дистанционное зондирование.