

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი
ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი

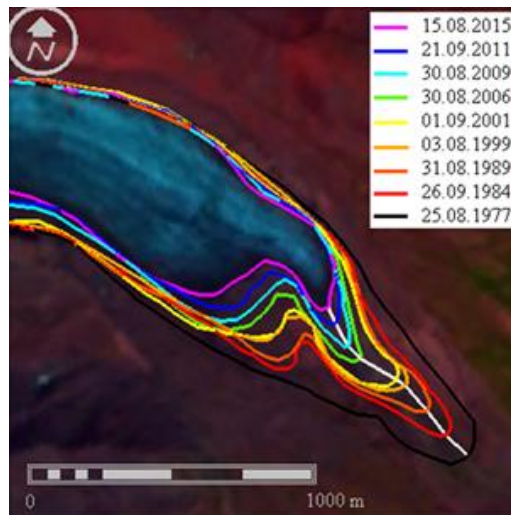
შიშრო № IHM-20-43- GTU-CD-5702

” ვ ა მ ტ კ ი ც ე ბ “

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის
ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის

დირექტორი ----- თ. ცინცაძე

” 25 “ დეკემბერი 2020 წ.



საქართველოს მყინვარების დებრადაციის შესწავლა
და მათი ღნობის პროგნოზირება კლიმატის თანამედროვე
ცვლილებების გამო
(დასკვნითი ანგარიში)

ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის
სამეცნიერო საბჭოს თავჯდომარე

გივი მელაძე

პროექტის ხელმძღვანელი

ლარისა შენგელია

თბილისი
2020

ანგარიშის რეზიუმე

პროექტის პროგრამით გათვალისწინებული ყველა სამუშაო შესრულებულია.

კლიმატის მიმდინარე ცვლილება მნიშვნელოვან ნეგატიურ გავლენას ახდენს საქართველოს მყინვარებზე და იწვევს მათ სწრაფ დეგრადაციას. ეს ნათლად ვლინდება:

1. მცირე მყინვარების (ფართობი 0.1-დან 0.5 კმ²-მდე) დნობის სტატისტიკაში;
2. მყინვარული აუზების მახასიათებლების (მყინვართა რაოდენობა და ფართობი) ცვლილებებში;
3. დიდი მყინვარების (ფართობი > 2 კმ²-ზე) დეგრადაციასა და უკანდახევაში.

შესაბამისად დეტალურად იქნა შესწავლილი კლიმატის თანამედროვე ცვლილებით გამოწვეული მცირე მყინვარების დნობის სტატისტიკა აღმოსავლეთ და დასავლეთ საქართველოს მყინვარებისათვის (თავი 4), მყინვარული აუზების მახასიათებლების ცვლილება (თავი 5) და დიდი მყინვარების დეგრადაცია (თავი 6).

პროექტის განხორციელების შედეგად დადგინდა საქართველოს მყინვარების ფაქტიურად ყველა მნიშვნელოვანი მახასიათებელი. გამოკვლეული იქნა საქართველოს მყინვარების დეგრადაცია კლიმატის მიმდინარე ცვლილების გავლენით. დაწერილებით არის განხილული დიდი მყინვარების დნობა და მოცემულია მათი სრული დნობის პროგნოზირების მეთოდოლოგია.

Report Summary

The current climate change has the significant negative impact on Georgia's glaciers and causes their rapid degradation. This is clearly manifested in:

1. Melting statistics of small glaciers (area from 0.1 to 0.5 km²);
2. Changes in the characteristics of glacial basins (number and area of glaciers);
3. Degradation and retreat of large glaciers (area > 2 km²).

Accordingly, the melting statistics of small glaciers in eastern and western Georgia (chapter 4), changes in the characteristics of glacial basins (chapter 5) and degradation of large glaciers (chapter 6) due to modern climate change have been studied in detail.

Based on the project outcomes about all major characteristics of the glaciers of Georgia were identified. The degradation of the glaciers in Georgia due to the influence of the current climate change has been investigated. The melting of large glaciers is discussed thoroughly and the methodology has been developed to predict their complete melting.

Резюме отчета

Текущее изменение климата оказывает значительное негативное влияние на ледники Грузии и вызывает их быструю деградацию. Это ярко проявляется благодаря изучению:

1. Статистики таяния малых ледников (площадь от 0,1 до 0,5 км²);
2. Изменения характеристик ледниковых бассейнов (количество и площадь ледников);
3. Деградации и отступлении больших ледников (площадь > 2 км²).

Соответственно, была подробно изучена статистика таяния малых ледников для восточной и западной Грузии (глава 4) изменения характеристик ледниковых бассейнов (глава 5) и деградация больших ледников (глава 6) из-за текущего изменения климата.

В результате выполнения проекта были выявлены практически все основные характеристики ледников Грузии. Изучена деградация ледников Грузии под влиянием текущего изменения климата и разработана методика прогнозирования таяния до их полного исчезновения.

შემსრულებელთა სია

პასუხისმგებელი შემსრულებელი

გიორგი კორძაია

შემსრულებელი (კონსულტანტი)

ვასილ ცომაია

შინაარსი

შესავალი	4
1. გლაცოლოგიის განვითარების მოკლე ისტორია საქართველოსთან მიმართებაში	5
2. პროექტის მიზანი და ამოცანები	12
3. მყინვარების კვლევის მეთოდოლოგია და გამოყენებული მასალა	13
4. მცირე მყინვარების ღნობის სტატისტიკა	16
4.1. აღმოსავლეთ საქართველო მცირე მყინვარები	16
4.2. დასავლეთ საქართველო მცირე მყინვარები	52
5. მყინვარული აუზების მახასიათებლების (მყინვართა რაოდენობისა და ფართობების) ცვლილება	64
6. კლიმატის თანამედროვე ცვლილების ბამო ღიღი მყინვარების დებრადაცია	71
6.1. ღიღი მყინვარების უკანდახევის რაოდენობრივი მახასიათებლები	72
6.2. ღიღი მყინვარების სრული ღნობის პროგნოზირება	83
დასკვნა	85
ლიტერატურა	87

შესავალი

მყინვარები კლიმატის ცვლილების ერთ-ერთი ყველაზე მგრძობიარე და საიმედო მაჩვენებელია. მყინვარები შეიძლება განხილული იყოს, როგორც **მონაცემთა ღია ბაზა, ბუნებრივი არქივი**, რომელშიც დაცულია გარემოს წარსული და ასახულია მიმდინარე მდგომარეობა, რაც თანამედროვე კლიმატური სიტუაციისა და მისი დროში ევოლუციის შესწავლის საშუალებას იძლევა.

კლიმატის ცვლილების ზემოქმედების შესასწავლად დიდი მნიშვნელობა ენიჭება მყინვარების ცვლილების სამეცნიერო კვლევას. მყინვარებზე დაკვირვება, როგორც წესი, ტრადიციულად მიწისპირა დაკვირვებებით წარმოებდა ერთ ან რამდენიმე მყინვარზე. მაღალი გარჩევადობის თანამგზავრული დისტანციური ზონდირების (თღზ) მონაცემების გამოყენებით კი შესაძლებელია საქართველოს ტერიტორიაზე არსებული ყველა მყინვარის გამოკვლევა დროის გაცილებით მცირე პერიოდში.

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

პროექტის განხორციელების შედეგად დადგინდა საქართველოს მყინვარების ფაქტიურად ყველა მნიშვნელოვანი მახასიათებელი. გამოკვლეული იქნა საქართველოს მყინვარების დეგრადაცია კლიმატის მიმდინარე ცვლილების გავლენით, დამუშავდა დიდი მყინვარების დნობის პროგნოზირების მეთოდოლოგია და განისაზღვრა მათი სრული დნობის სავარაუდო თარიღები.

კლიმატის თანამედროვე ცვლილება მნიშვნელოვან, ნეგატიურ გავლენას ახდენს მყინვარებზე და იწვევს მათ **დეგრადაციას, ეს ნათლად ვლინდება:**

1. მცირე მყინვარების (ფართობი 0.1-დან 0.5 კმ²-მდე) დნობის სტატისტიკაში;
2. მყინვარული აუზების მახასიათებლების (მყინვართა რაოდენობა და ფართობი) ცვლილებებში და
3. დიდი მყინვარების (ფართობი > 2 კმ²-ზე) დეგრადაციასა და უკანდახევაში.

მყინვარები ბუნების ყველაზე დინამიურად ცვალებადი ელემენტია და ისინი შესაბამისად ყველაზე მგრძობიერედ რეაგირებენ ბუნებრივ და ანტროპოგენურ ცვლილებებზე. ამიტომ გლობალური ცვლილებების ეპოქაში მყინვარების დეგრადაციის შესწავლა მომავალზე ორიენტირებული ამოცანაა.

1. გლაციოლოგიის განვითარების მოკლე ისტორია საქართველოსთან მიმართებაში

მსოფლიოში მთიან რაიონებში ადამიანებს სჭირდებოდათ მყინვარების შესწავლა. ეს განპირობებული იყო მყინვარით დაფარულ გადასასვლელებზე ორიენტირების აუცილებლობით, რათა შესაძლებელი ყოფილიყო მეზობელ ხეობებში გადასვლა. სამეცნიერო ინტერესი მყინვარების შესწავლის მიმართ, მხოლოდ ორი-სამი საუკუნის წინათ გაჩნდა, რაც ძირითადად განპირობებული იყო ბევრი სხვადასხვა ფაქტორით, რომელთა შორის ძირითადი იყო ტრანსპორტირების უსაფრთხოება, წყლის ჩამონადენისა და მყინვარების დინამიკის (გამყინვარება-დათბობის პერიოდები) კვლევა.

გლაციოლოგიის მნიშვნელობაზე მეტყველებს, ის რომ მყინვარებს დედამიწაზე ხმელეთის ფართობის დაახლოებით 11% უკავია (16 მლნ კმ²). ამასთან მყინვარები დიდი რაოდენობით შეიცავენ მტკნარ წყალს (30 მლნ კმ³), რაც დედამიწაზე მტკნარი წყლის მარაგის 2/3 შეადგენს.

თანამედროვე გლაციოლოგიას, როგორც მეცნიერებას საფუძველი ჩაეყარა **XVIII საუკუნის ბოლოს შვეიცარიაში** ალპების შესწავლით. შვეიცარიელი მეცნიერი ორას ბენედიქტ დე სოსიური (1840–1899) 1960 წლიდან მოგზაურობდა ალპებში. 1787 წელს პირველად ავიდა ალპების უმაღლეს მწვერვალ – მონბლანზე, ხოლო 1779, 1786, 1796 წწ. გამოაქვეყნა ნაშრომი „მოგზაურობა ალპებში“, სადაც მოცემულია ალპებში ჩატარებული 30-წლიანი კვლევის შედეგები. იგი ითვლება გლაციოლოგიის და ალპინიზმის ფუძემდებლად.

გლაციოლოგიის ჩამოყალიბებაში დიდი როლი ითამაშა ლუი აგასისის, ფრანსუა ფორელის, დევიდ ფორბისისა და სხვ. შრომებმა. აგასისმა შეისწავლა მყინვარული ნალექები, დაასაბუთა იმ დროისათვის ახალი და ძირითადად სწორი იდეა მყინვარული ეპოქების არსებობის შესახებ. ფორელმა კი საფუძვლიანად შეისწავლა ალპური მყინვარები. ფორბზი შვეიცარიასა და ნორვეგიაში მოგზაურობისას სწავლობდა მყინვარების მოძრაობას და დაკვირვებებს ატარებდა მათ შიდა სტრუქტურებზე.

XVIII საუკუნის პირველ ნახევარში საქართველოს გამოჩენილი მეკვლევარი იყო **ვახუშტი ბატონიშვილი-ბაგრატიონი** [1]. ნაშრომში „აღწერა საქართველოსა“, (1745 წ) მან მოგვცა საქართველოს თოვლ-მყინვარული საფრის შესახებ პირველი მეცნიერული ცნობები. ვახუშტი ბატონიშვილი არამარტო აღწერს თოვლ-მყინვარულ საფარს, არამედ იძლევა მოვლენათა თვისობრივ და ოდენობრივ დახასიათებას. იგი აგრეთვე გვაძლევს ინფორმაციას საქართველოს მყინვარების ენის ფერზე, თოვლის საფრის ხანგრძლივობაზე.

1813 წელს აკადემიკოსმა ბ. კ. ვიშნევსკიმ პირველად განსაზღვრა ელბრუსის სიმაღლე (5421 მ).

1829 წელს შედგა სანკტ-პეტერბურგის მეცნიერებათა აკადემიის ექსპედიცია ელბრუსზე, რომელშიც სხვებთან ერთად მონაწილეობდა აკადემიკოსი, ადოლფ კუპფერი. ამ ექსპედიციის კულმინაცია იყო იალბუზის აღმოსავლეთ მწვერვალზე პირველი ასვლა გამყოლის, კილარ ხაშიროვის მიერ [2].

1815 წლიდან რუსი სპეციალისტები აწარმოებდნენ ზუსტ გეოდეზიურ გაზომვებს, ხოლო **1849 წელს** დაიწყო **ტრიანგულაციის** (გეოდეზიური ქსელი, ჩვ. შენიშვ.) სამუშაოები ამიერკავკასიაში (სამხრეთ კავკასიაში, ჩვ. შენიშვ.). მალე გამოიცა **ათვერსიანი რუკა**, ხოლო მოგვიანებით **ხუთვერსიანი** (1 დიუმში 5 ვერსი ანუ 1 : 210 000, ჩვ. შენიშვ.).

1851 წელს თბილისში შეიქმნა რუსეთის გეოგრაფიული საზოგადოების კავკასიის განყოფილება. აღნიშნული განყოფილების დანიშნულება იყო კავკასიის მხარის სისტემატური გეოგრაფიული, გეოლოგიური, ეთნოგრაფიული კვლევა, მისი ფლორისა და ფაუნის შესწავლა, რითაც საფუძველი ჩაეყარა კავკასიაში საბუნებისმეტყველო მეცნიერებას.

განყოფილება გამოსცემდა „რუსეთის საიმპერატორო გეოგრაფიული საზოგადოების კავკასიის განყოფილების ჩანაწერებს“ – რუსეთის საიმპერატორო გეოგრაფიული საზოგადოების კავკასიის განყოფილების პერიოდული სამეცნიერო ბეჭდვითი ორგანო.

1872 წლიდან გამოიცემოდა „რუსეთის საიმპერატორო გეოგრაფიული საზოგადოების კავკასიის განყოფილების მაცნე“. განყოფილების საქმიანობაში აქტიურად მონაწილეობდნენ ქართველი მკვლევარები: პლატონ იოსელიანი, დიმიტრი ბაქრაძე, ვ. სარაჯიშვილი, რაფიელ ერისთავი, მოსე ჯანაშვილი, გრიგოლ წულუკიძე, მ. გარსევანიშვილი, გიორგი ყაზბეგი, ალექსანდრე ხახანაშვილი და სხვა. განყოფილების ბაზაზე 1924 წლის 22 იანვარს შეიქმნა საქართველოს გეოგრაფიული საზოგადოება.

დიდი წვლილი კავკასიის გეოგრაფიის შესწავლაში მიუძღვის აკადემიკოსს კ. ვ. აბისს. მას ეკუთვნის პირველი კრებთი ნაშრომი კავკასიის ოროგრაფიასა და გეოლოგიაში, რომელიც გამოიცა 1858 და 1859 წლებში. მნიშვნელოვანია, რომ ის დიდ ყურადღებას უთმობდა კავკასიის თანამედროვე და უძველესი გამყინვარების საკითხებს.

მყინვარების მეცნიერული შესწავლა საქართველოში 1860 წლიდან დაიწყო. ეს მნიშვნელოვანი იყო მყინვარული ხასიათის სტიქიური მოვლენების რისკების განსაზღვრისათვის, მოსახლეობისა და სატრანსპორტო გადაზიდვების უსაფრთხოებისათვის.

პირველი ეტაპი კავკასიის შესწავლაში უშუალოდ უკავშირდება საქართველოს სამხედრო გზის ექსპლუატაციას. დედოფარაკის მყინვარის ჩამოქცევები მყინვარწვერის მასივში, რომელსაც თან ახლდა თოვლისა და წყლის ღვარცოფები, პერიოდულად ანგრევდა სავალ გზას. ეს მოვლენები შეისწავლებოდა ჯერ კიდევ XIX საუკუნის დასაწყისში, ხოლო 60-70 წლებში ორგანიზებული იქნა დაკვირვებები მყინვარებზე [3–8]

კავკასიის რუსეთთან „შეერთებამ“, რომელიც დასრულდა XIX საუკუნის 60-იან წლებში, შესაძლებელი გახდა და დააჩქარა დიდი კავკასიონის მაღალმთიანი რაიონების ტოპოგრაფიული აგეგმვა მასშტაბით 1 : 42 000 (1 დუიმში 1 ვერსი). ამან შესაძლებელი გახდა შექმნილიყო რელიეფის და გამყინვარების დეტალური სურათები, რასაც დიდი მნიშვნელობა ჰქონდა მყინვარების შესწავლისათვის და გეოგრაფიული რუკების შესაქმნელად.

1885 წელს რუსული გეოგრაფიული საზოგადოების ფიზიკური გეოგრაფიის განყოფილების თავმჯდომარემ ივანე მუშეკეტოვმა რუსეთის გეოგრაფიული საზოგადოებასთან დააარსა მყინვარული კომისია, რომელიც რუსეთის იმპერიის ტერიტორიაზე იწყებს ძველი და თანამედროვე მყინვარების შესწავლას.

კავკასიის მყინვარების შესწავლაში დიდი წვლილი მიუძღვით ნ. ი. დინნიკს, რომლის ნაშრომებიდან აღსანიშნავია „კავკასიის თანამედროვე და ძველი მყინვარები“, რომელიც გამოიცა თბილისში 1890 წელს რუსული გეოგრაფიული საზოგადოების კავკასიის განყოფილების მიერ. იგი განმეორებით გამოიცა 2010 წელს [9]. XIX საუკუნეში არსებული დაკვირვებები და კვლევები, შედარებულია ალპების კვლევის მეცნიერულ შედეგებთან. ეს ნაშრომი მეტად საინტერესოა კავკასიის მყინვარების შესწავლის, როგორც ისტორიული თვალსაზრისით, ასევე იმ

დროის სამეცნიერო მიღწევების და კავკასიის მყინვარების იმ დროისთვის არსებული მდგომარეობის შესასწავლად.

ცნობილია, რომ ზოგადად ყველა მყინვარი ზაფხულში გარკვეული სიგრძით მოკლდება და ზამთარში გრძელდება. ამიტომ მაქსიმალურ სიგრძეს ისინი აღწევენ გაზაფხულზე და მინიმალურს ზაფხულში (ზაფხულის ბოლოს შემოდგომის დასაწყისში, ჩვ. შენიშვ.). მყინვარების სიგრძის წლიური ცვლილების დასადგენად ზუსტი გაზომვები არ არსებობს, რადგან ისინი სრულიად ინიღბება იმ ცვლილებებით, რომელსაც განიცდიან მყინვარები წლის განმავლობაში. ი.ა. გეიმის აზრით ყინულის სიგრძის წლიური ცვლილება დაახლოებით 10 მეტრს შეადგენს.

მყინვარების ცვლილება ხანგრძლივი დროის განმავლობაში შეიძლება მოიცავდეს 5, 10, 20 და 30 წლიან პერიოდებს. იმის გამო, რომ ზოგჯერ მყინვარები აღწევენ ტყეებამდე, სადაც ხეები ხელის შემოხვევაზე მეტი სისქისაა, უნდა ვივარაუდოთ, რომ მყინვარების წინსვლისა და უკუქცევის პერიოდები შეიძლება გრძელდებოდეს 70 წელი და მეტიც. სანამ მყინვარი მიაღწევს ასეთ ძველ ტყეს, მან შესაძლებელია რამდენჯერმე განიცადოს მცირე წინსვლა ან უკუქცევა. რაც შეეხება 19-ე საუკუნეს, მის დასაწყისში შვეიცარიის მყინვარების უმრავლესობაში მიმდინარეობდა შემცირების პროცესი. 1812 წლიდან მათ დაიწყო ზრდა და უდიდეს სიდიდეს მიაღწიეს 1817-დან 1826 წლამდე. ზრდის ამ პერიოდის შემდეგ დაიწყო საკმაოდ ხანგრძლივი შემცირების პერიოდი, ხოლო 50-იან და 60-იან წლებში მყინვარები ისევ მნიშვნელოვნად იზრდებიან და ამის შემდეგ ისევ მცირდებიან. მაგალითად, მონბლანის უმეტესმა მყინვარებმა 1854 წლიდან შეაჩერეს ზრდა და დაიწყო უკუქცევა: მყინვარმა ჰიუგმა დაიწყო უკუქცევა 1850 წელს; ბოსსონმა 1854 წელს, გიეტროზმა 1855-ში, ალენმა 1860 და ფემ 1864; ფიშმა და გეორნერმა 1870 წელს. ზოგიერთი მყინვარი განსაკუთრებით შემცირდა 70-იანი წლების ბოლოს, ხოლო რამდენიმე, მაგალითად მომინგი საერთოდ არ შეცვლილა. 1872–1875 წლებში ალპების ყველა მყინვარი შემცირდა, ხოლო 70-იანი წლების ბოლოს კი ზოგიერთმა მათგანმა ისევ დაიწყო ზრდა. მაგალითად, ბოსსონმა დაიწყო წინსვლა 1875, შელიმ 1878 წელს, ზედააარის მყინვარმა და გიეტროზმა 1880 წელს და ა.შ. მყინვარების უმრავლესობა კი, 1880 წელსაც განაგრძობდა შემცირებას. 1884 წელს ალპებში იყო 12 მყინვარი, რომლებიც იყვნენ ზრდის პერიოდში.

ზოგადი წესიდან გადახრას წარმოადგენდა ქვემოაარის მყინვარი. 1870 წელს ის მიებჯინა და კიდევ გადაატრიალა ქვემო მორენა და ამგვარად მიაღწია ისეთ ზომებს, როგორიც არცერთხელ არ ჰქონია მიმდინარე გეოლოგიური ეპოქის განმავლობაში. 1871 წელს მყინვარმა დაიწყო უკუქცევა.

მყინვარების სიდიდის ცვლილება რამდენად მნიშვნელოვანია, შეიძლება ვიმსჯელოთ შემდეგი მონაცემებით. მყინვარი რონი 1856–1880 წლებში შემცირდა 854 მ-ით ანუ საშუალოდ წელიწადში 35 მ-ით, თუმცა ავტორს მოჰყავს უფრო მნიშვნელოვანი ცვლილებების მაგალითები: მყინვარი ვალ ფერრეტი 1865–1880 წლებში შემცირდა 780 მ-ით ანუ ყოველწლიურად 50 მეტრით, მერ დე გლასე 1896-დან 1878 წლამდე ყოველწლიურად საშუალოდ 73 მ-ით, ხოლო ბოსსონის მყინვარმა 1853 წლის მაისისა და ივნისის განმავლობაში წინ წაიწია 30 მეტრით.

XIX საუკუნის II ნახევრიდან კავკასიის მყინვარებზე, მათ შორის საქართველოს მყინვარებზეც ტარდებოდა **სპორადული დაკვირვებები** (პ. ვ. აბიხი, ი. ხოძკო, ნ. დინიკი, ა. კრასნოვი, ა. პასტუხოვი, გ. მერცხაბერი და სხვ.).

გლაციოლოგიის შემდგომ განვითარებას ხელი შეუწყო **პირველმა საერთაშორისო პოლარულმა წელმა (1882-1883 წწ.)**.

XX ს. დასაწყისში მსხვილმასშტაბიანი სამხედრო ტოპოგრაფიული რუკების საფუძველზე აღინუსხა კავკასიონის ყველა მყინვარი და შედგა კატალოგი (კ. ი. პოდოზერსკი, 1911).

1931 წელს (3653 მეტრ სიმაღლეზე) მყინვარწვერზე – ყაზბეგზე ("ბეთლემის ქოხი" *) და იალბუზზე აშენდა მაღალმთიანი მეტეოროლოგიური სადგურები.

1932 წელს განხორციელდა რაჭის, ზემო სვანეთისა და ხევის მყინვართა ენების ტოპოგრაფიული აგეგმვა (მელენტი სანებლიძე, ალექსანდრე ასლანიკაშვილი, დავით წერეთელი და სხვ.).

შემდგომში გლაციოლოგიის განვითარებას დიდად შეუწყო ხელი **მეორე საერთაშორისო პოლარულმა წელმა (1932-1933 წწ.)**. გლაციოლოგიური კვლევა ფართოდ გაიშალა **საერთაშორისო გეოფიზიკურ წელს (1957-1958 წწ.)** და **საერთაშორისო ჰიდროლოგიური ათწლეულის პერიოდში (1965-1975)**, სადაც წამოიჭრა ახალი მოსაზრებანი მყინვარების წარმოქმნისა და მოქმედების შესახებ. ამ წლებში ხდებოდა დაკვირვება მყინვარების უკანდახევის სიჩქარეზე, აბლაციაზე და კვების არეებში მასის დაგროვების პროცესებზე.

დადგინდა კავკასიონის ძველი გამყინვარების პერიოდების სინქრონულობა ალპურ გამყინვარებასთან (ვ. რენგარტენი, ა. რეინგარდი), რამაც გამოიწვია გამყინვარების ალპური სქემის უცვლელად გადმოტანა კავკასიაში. **1950-იან წწ. ეს სქემა კრიტიკულად გადაისინჯა ქართველი გეოგრაფის ლევან მარუაშვილის მიერ. 1930-იან წწ. დაიწყო კავკასიონის ძველი და თანამედროვე მყინვარების თანმიმდევრული შესწავლა**, დადგინდა მყინვართა დეგრადაციის ფაქტი (დავით წერეთელი). **1950-იანი წწ. დაიწყო კავკასიონის სამხრეთ კალთის მყინვარების გავრცელების გეოგრაფიული თავისებურებების, რეჟიმისა და ზედაპირული ჩამონადენის შესწავლა** (ვ. ცომაია, შ. ინაშვილი). მომზადდა მასალა ამიერკავკასიის მყინვართა კატალოგისათვის.

მყინვარების შესწავლის შემდგომი, პირობითად მესამე ეტაპი დაიწყო **1960 წელს** და წარმატებით გრძელდებოდა **1990 წლამდე**. ამ პერიოდში საფუძველი ჩაეყარა ახალ გამოკვლევებს „საერთაშორისო ჰიდროლოგიურ ათწლეულთან“ დაკავშირებით. მსოფლიოს ყველა მხარეში შერჩეული იქნა სამოდულო მყინვარები სტაციონარული დაკვირვებებისათვის. მათზე წარმოებდა მყინვარის ენის, ასევე ფირნის ზედაპირის კომპლექსური დაკვირვებები. საქართველოში ასეთი მყინვარებია ბუბა და თბილისა.

* "ბეთლემის ქოხი" საქართველოში ყველაზე მაღლა (3653 მ.) მდებარე შენობაა. მისი ისტორია ჯერ კიდევ XX საუკუნის 20-იან წლებში დაიწყო, როცა მყინვარწვერზე პირველი ქართული ასვლების დროს, მთამსვლელების თავშესაფრის, მთის ქოხის აშენება გადაწყდა. 1933 წელს 3653 მეტრ სიმაღლეზე აშენდა ხის შენობა, რომელსაც 1929 წელს მწვერვალ თეთნულდზე დაღუპული ალპინისტის სიმონ ჯაფარიძის სახელობის ქოხი ეწოდა. 1941 წელს ამავე ადგილზე დასრულდა ქვის მტკიცე ნაგებობის მშენებლობა ეს გახლდათ მთამსვლელების თავშესაფარი, რომელიც რამდენიმე წლის განმავლობაში (1931 წლიდან, ევროპაში ყველაზე მაღალი მდებარეობით, ჩვ. შენიშვ.) მეტეოროლოგიური სადგურის ფუნქციასაც ითავსებდა. თავშესაფარს 1998 წლიდან "ბეთლემის ქოხი" ეწოდა. იგი ყოველწლიურად ათასობით ქართველი და უცხოელი ტურისტისა და ალპინისტის ღამის სათევი ადგილია მყინვარწვერის მწვერვალისაკენ მიმავალ გზაზე (<http://www.bethlehemhut.ge/>).

აღმოსავლეთ საქართველოს და დაღესტანის მყინვარების შესწავლა დაევალა ამიერკავკასიის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტს (ამჟამად საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი) ხოლო დასავლეთ საქართველოს მყინვარების კვლევაზე პასუხისმგებლობა დაეკისრა საქართველოს ვახუშტი ბაგრატიონის გეოგრაფიის ინსტიტუტს.

უნდა აღინიშნოს, რომ **1951 წლიდან საქართველოს ჰიდრომეტეოროლოგიის სამმართველოში სისტემატურად მიმდინარეობდა მყინვარებზე გლაციოლოგიური დაკვირვებები**. მყინვარებზე დაკვირვებები ძირითადად **საველე სამუშაოებით** ხორციელდებოდა. სხვადასხვა ინსტიტუციების (ამიერკავკასიის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი, საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის გეოგრაფიის ინსტიტუტი, საქართველოს ჰიდრომეტეოროლოგიის სამსახური) მკვლევარების მიერ ხორციელდებოდა მნიშვნელოვანი სამუშაოები [10–13]. საქართველოს მყინვარების შესახებ **საუკუნოვანი კვლევის შედეგები შეჯამდა** და მოყვანილია ყოფილი საბჭოთა კავშირის მყინვარების კატალოგის (შემდგომში კატალოგი) სხვადასხვა გამოცემაში [14–17].

ამ კატალოგის მნიშვნელობიდან გამომდინარე ის შემდგომ განთავსდა, მყინვარების მსოფლიო კატალოგში. მყინვარების შესახებ სტანდარტიზებული ინფორმაცია მოყვანილია **მყინვარების მსოფლიო კატალოგში** (World Glacier Inventory /WGI/), რომელიც დაცული და წარმოდგენილია **მსოფლიო მყინვარების მონიტორინგის სამსახურის** (World Glacier Monitoring Service /WGMS/) ვებ გვერდზე: www.wgms.ch. WGMS მდებარეობს **შვეიცარიაში**. მას მჭიდრო ურთიერთობა აქვს ქ. **ბოჟუდერში** (აშშ) **თოვლისა და ყინულის ეროვნულ ცენტრში** (National Snow and Ice Data Center /NSIDC/) არსებულ გლაციოლოგიის მსოფლიო მონაცემთა ცენტრთან და პროექტთან, რომლის სახელწოდებაცაა „**მიწისპირა ყინულების გლობალური გაზომვები კოსმოსიდან**“ (Global Land Ice Measurements from Space /GLIMS/).

1990 წლიდან საქართველოში შექმნილი პოლიტიკური და სოციალურ-ეკონომიკური მდგომარეობის გამო გლაციოლოგიურ-ექსპედიციური სამუშაოები პრაქტიკულად შეწყდა. 2000-2002 წელს შეერთებული შტატების საერთაშორისო განვითარების სააგენტოს – USAID-ის ფინანსური დახმარებით ჩატარდა შემოკლებული პროგრამით გლაციოლოგიური სამუშაოები ენგურის, რიონის და მყინვარწვერის ზოგიერთ მყინვარზე.

2011 წელს საქართველოს გარემოს ეროვნული სააგენტოს ჰიდრომეტეოროლოგიის დეპარტამენტის სპეციალისტებმა **განაახლეს გლაციოლოგიური ექსპედიციური სამუშაოები** საქართველოს მყინვარებზე. ექსპედიციური სამუშაოების შედეგები მოწმობს, რომ მსგავსად მსოფლიოს სხვა რეგიონებისა, გლობალური დათბობის შედეგად საქართველოს მყინვარებიც განიცდიან მნიშვნელოვან დეგრადაციას.

ამჟამად გარემოს ეროვნულ სააგენტოში საქართველოს 17 მყინვარზე მიმდინარეობს სამი ტიპის გლაციოლოგიური დაკვირვება:

- 1) სტაციონარული (გერგეთი და დევდორაკი);
- 2) სრული პროგრამით (მყინვარის დნობამდე და დნობის შემდეგ), რომელიც მიმდინარეობს ყოველწლიურად რამდენიმე მყინვარის შემოვლით;
- 3) შემოკლებული პროგრამით – ზოგიერთ მყინვარზე, რომლებიც პირველი ორი პროგრამით არ იქნა შესწავლილი (ხუთ წელიწადში ერთხელ).

აღმოსავლეთ საქართველოსა და დაღესტანის კატალოგიზაცია განხორციელდა ვ. ცომაიას და ო. დრობიშევის ხელმძღვანელობით [14–16], ხოლო

დასავლეთ საქართველოს კატალოგიზაცია ლ. მარუაშვილის, გ. კურდღელაიძის, ტ. ლაშის, შ. ინაშვილის და დ. ტაბიძის ხელმძღვანელობით [17].

80-იან წლებში სსრ კავშირში დამთავრდა მყინვარების კატალოგიზაცია, სადაც შევიდა იმ დროისათვის არსებული მონაცემები მყინვარების შესახებ.

გარდა ჩამოთვლილი მეცნიერებისა საქართველოში მყინვარებს იკვლევდნენ: თეოფანე დავითაია, დავით წერეთელი, მელენტი სანებლიძე, რეზო შენგელია, გიორგი აბულაძე, რეზო ხაზარაძე, რამინ გობეჯიშვილი და სხვები.

აკადემიკოს თეოფანე დავითაიას გამორჩეული ადგილი უკავია მსოფლიო მასშტაბით მწვავე სამეცნიერო პრობლემების შესწავლაში. ჯერ კიდევ XX ს-ის 60-იანი წლების დასაწყისში, მან წამოაყენა **ატმოსფეროს გლობალური დატუტყვიანების ჰიპოთეზა**, როგორც კლიმატისა და მყინვართა რეჟიმის ცვლილების მნიშვნელოვანი ფაქტორი, რაც ექსპერიმენტით დაამტკიცა. მყინვარ გერგეთის ენაზე ექსპერიმენტული დაკვირვებისას. მან დაადგინა, რომ მყინვარის ზედაპირის ტემპერატურა უფრო მაღალია, ვიდრე მყინვარზედა ჰაერის ტემპერატურა, რაც ანტროპოგენული ზემოქმედების შედეგია. დღესდღეობით კლიმატის თანამედროვე ცვლილება, კერძოდ გლობალური დათბობა, რომელსაც თ. დავითაია წარმატებით იკვლევდა, „გაეროს“ მიერ მიჩნეულია კაცობრიობის ერთ-ერთ მწვავე პრობლემად, რადგან მას შეიძლება მოჰყვეს პლანეტარული მასშტაბის ეკოლოგიური კატასტროფები.

1989 წელს რ. გობეჯიშვილის მიერ გამოქვეყნებულ მყინვარულ კატალოგში [18] ყურადღება გამახვილებულია მყინვარების მორფოლოგიურ ტიპებზე, მათ ზომებზე, ენის სიმაღლესა და აუზების მიხედვით მყინვარების მორფოლოგიური ტიპების და ფართობების განაწილებაზე. მასში არ არის განხილული მყინვარების აბლაციის/აკუმულაციის ფართობები, წონასწორობის და ფირნის ხაზების სიმაღლეები.

აღსანიშნავია რამინ გობეჯიშვილისა და ვლადიმერ კოტლიაკოვის შრომები გლაციოლოგიის დარგში. მნიშვნელოვანია მათი ავტორობით გამოცემული „გლაციოლოგია“ პირველი მონოგრაფია ქართულ ენაზე, რომელშიც მოცემულია მყინვარების წარმოქმნის, კვებისა და დინამიკის საკითხები [19].

2006-2008 წლებში ვახუშტი ბაგრატიონის გეოგრაფიის ინსტიტუტში შესრულდა INTAS-ის გრანტი „კავკასიაში კლიმატის ცვლილება, მყინვარის დინამიკა და მდინარეული ჩამონადენი“. ამ ნაშრომის გაგრძელებაა შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდის მიერ დაფინანსებული პროექტი „მყინვარების მონიტორინგი კლიმატის ცვლილების ფონზე“ (2009-2012). რომლის ძირითადი მიზანი იყო საქართველოში გლაციოლოგიური კვლევების გაგრძელება, რომელიც შეწყვეტილი იყო გასული საუკუნის 90-იან წლებში. 2009-2010 წლებში ჩატარდა ექსპედიციები მყინვარ ზოფხიტოზე (რაჭის კავკასიონი), ხოლო 2011 წელს მყინვარ ჭალაათზე (სვანეთის კავკასიონი). დაკვირვება ძირითადად წარმოებდა მყინვარის აუზში კლიმატის ელემენტებზე, მყინვარულ ჩამონადენსა და აბლაციაზე [20].

უნდა აღინიშნოს, რომ რ. გობეჯიშვილის მონაცემების საფუძველზე ლ. ტიელიძემ გამოსცა „საქართველოს მყინვარების კატალოგი“ [21] და „საქართველოს მყინვარები“ [22], სადაც დამატებით თანამგზავრული ინფორმაცია არის გამოყენებული, თუმცა, მხოლოდ მყინვარების ფართობების დასადგენად და ისიც შეზღუდული რაოდენობის მყინვარებისათვის.

განსაკუთრებით აღსანიშნავია ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის პროფესორის **ვასილ ცომაიას** დვაწლი საქართველოს მყინვარების შესწავლაში. მის მიერ მყინვარების ანალიზისა და განზოგადოების შედეგები დაიბეჭდა სხვადასხვა

მონოგრაფიებში. მისი წვლილი აისახა საბჭოთა კავშირის ჰიდროლოგიური ათწლეულის მასალებში (ორ ტომად 1965–1969 და 1969–1974 წწ) და მსოფლიოს თოვლ-მყინვარების რესურსების ატლასში (1997 წ., მთ. რედ. ვ. მ. კოტლიაკოვი).

ყოფილი სსრკ-ის ჰიდრომეტეოროლოგიური სამმართველოს განკარგულების საფუძველზე ამიერკავკასიის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი (თბილისი) ითვლებოდა მეთოდურ ხელმძღვანელად გლაციოლოგიის (თოვლის საფრის, ნამქერების, თოვლის ზვავებისა და მყინვარების შესწავლის) დარგში საკავშირო (1956–1975 წწ.) და კავკასიის (1976–1990 წწ.) ჰიდრომეტეოროლოგიის სისტემაში. ამიერკავკასიის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის ჰიდროლოგიის განყოფილების უფროსი, პროფესორი ვასილ ცომაია წარმოადგენდა ხელმძღვანელს ჰიდრომეტეოროლოგიური სამმართველოს და ინსტიტუტის მიერ წარმოებული გლაციოლოგიური სამუშაოების დარგში.

გასულ საუკუნეში მყინვარების შესასწავლად ძირითადად გამოიყენებოდა მიწისპირა დაკვირვებები. როგორც შედეგი შეიქმნა მყინვარების მახასიათებლების სხვადასხვა დროითი ჭრილების რიგები. ამ პერიოდში მყინვარებთან მიახლოება და მით უმეტეს მათზე გადაადგილება არ იყო ხელმისაწვდომი. ამდენად არაა გასაკვირი, რომ **მყინვარების დისტანციური კვლევა ანუ მყინვარებზე შორიდან დაკვირვებები** ფართოდ გამოიყენებოდა, რაც ძლიერ ამცირებდა ამ კვლევებთან დაკავშირებულ რისკებს. გარდა ამისა, მყინვარები, ყინულის ქუდები და ყინულის ფენები ზომებში ძალიან დიდია. ეს ართულებს და თანაც **შეუძლებელს ხდის** მიწისპირა დაკვირვებების საფუძველზე **მიღებული იყოს საჭირო სივრცითი გარჩევადობის მონაცემები**. დისტანციური ზონდირება საპაერო საფრენი აპარატებიდან და აერო-ფოტო სურათები წარმოადგენენ საიმედო წყაროს მყინვარების მახასიათებლების განსაზღვრისათვის.

დღესდღეობით დედამიწის ხელოვნური თანამგზავრები გამოიყენება დედამიწის ზედაპირის კვლევებისათვის. **მაღალი გარჩევადობის თანამგზავრები** ფართოდ გამოიყენებიან მაღალი დროითი და სივრცითი გარჩევადობის დაკვირვებების წარმოებისათვის მყინვარებზე.

უნდა აღინიშნოს, რომ მყინვარების შესასწავლად **საველე ექსპედიციების მოწყობა დიდ თანხებთან** არის დაკავშირებული. ამავდროულად საველე დაკვირვების შედეგებით **ყოველწლიურად** შეიძლება გაშუქდეს **მხოლოდ რამდენიმე მყინვარული აუზი**.

თდზ-ის მასალები (უშუალოდ თდზ-ის მონაცემები, ინტერნეტ პორტალები და სხვადასხვა ორგანიზაციის მონაცემთა ბაზები) შესაძლებელს ხდის მოცემული იყოს ყოველწლიურად ინფორმაცია ფაქტიურად **საქართველოს ყველა მყინვარული აუზისათვის**.

XX საუკუნის მეორე ნახევრიდან მყინვარების კვლევას მეტი ყურადღება ეთმობა კლიმატის მიმდინარე ცვლილების გამო, რამაც გამოიწვია მყინვარების მნიშვნელოვანი დეგრადაცია და მყინვარული ხასიათის სტიქიური მოვლენების გამძაფრება. საკმარისია გავიხსენოთ გლაციოლოგიური ჩამოქცევები 2014 წლის 17 მაისს და 20 აგვისტოს ამალი-დევდორაის ხეობაში (მდ. თერგის აუზი), ნენსკრას ხეობაში 2018 წლის 5 ივლისს (მდ. ენგურის აუზი), და 2019 წლის 25 ივლისს მესტიაჭალას ხეობაში (მდ. ენგურის აუზი), რასაც თან ახლდა ადამიანთა მსხვერპლი და მნიშვნელოვანი მატერიალური ზარალი. აუცილებელია ამ მოვლენების რისკების შეფასება მათი პრევენცია/შემცირებისათვის. მნიშვნელოვანია მყინვარებთან დაკავშირებული სხვა სახიფათო მოვლენების განსაზღვრა, რაც გამოიხატება ზღვის/ოკეანეების დონის მატებაში, მყინვარული წყლის ჩამონადენის ცვლილებაში და სხვა.

ეროვნულ დონეზე მყინვარების კვლევა ქვეყნისათვის მნიშვნელოვან სტრატეგიულ საქმიანობას წარმოადგენს, რისი კარგი მაგალითებია ბოლო წლებში გარემოს ეროვნულ სააგენტოში მყინვარებზე მიწისპირა გლაციოლოგიური დაკვირვებების გაძლიერება და საქართველოს კლიმატის ცვლილების ჩარჩო კონვენციის მეოთხე ეროვნულ მოხსენებაში მყინვარების კვლევისათვის გარკვეული პრიორიტეტების მინიჭება.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოლოგიის ინსტიტუტში 2014–2017 წწ-ში განხორციელდა შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდის საგრანტო პროექტი №FR/586/9-110/13 „თანამგზავრული დისტანციური ზონდირების საფუძველზე საქართველოს მყინვარების კვლევა“ (პროექტის ხელმძღვანელი ლარისა შენგელია, მკვლევარები: გიორგი კორძახია და გენადი თვაური). შედეგები წარმოდგენილია როგორც საზღვარგარეთის, ისე ადგილობრივ მაღალრეიტინგულ ჟურნალებში [23–28].

2. პროექტის მიზანი და ამოცანები

პროექტის მიზანია საქართველოს მყინვარების დეგრადაციის შესწავლა და მათი დნობის პროგნოზირება კლიმატის თანამედროვე ცვლილების გამო. კლიმატის მიმდინარე ცვლილების ზემოქმედებით მყინვარების დეგრადაციის პრობლემას მეცნიერულად დასაბუთებული პასუხი, რომ გაეცეს საჭიროა მაღალი გარჩევადობის თდზ-ის გამოყენება, რადგან იგი დიდი რეგიონებისათვის მყინვარების ერთდროული შესწავლის საშუალებას იძლევა საჭირო დეტალიზაციითა და სიზუსტით შეზღუდული რესურსებისა და დროის პირობებში. დღესდღეობით მყინვარების უკანდახვეის და დნობის გამო მნიშვნელოვნადაა შეცვლილია მყინვარების კონტურები, ფართობები და სხვა მახასიათებლები. ყოველივე აღნიშნული მყინვარების და მათი ცვლილების დაწვრილებით შესწავლას მოითხოვს. ამავდროულად კატალოგში არაა აღრიცხული ყველა მცირე მყინვარი, ზოგჯერ ზუსტი არაა მყინვარების ფართობების მონაცემები, რაც დაზუსტებას მოითხოვს და ჩვენს მიერ არის განხორციელებული.

ზომების მიხედვით მყინვარები სამ ჯგუფად იყოფა: მცირე* (ფართობი – 0,1-დან 0,5 კმ²-მდე), საშუალო (ფართობი – 0,5-დან 2,0 კმ²-მდე) და დიდ (ფართობი – 2,0 კმ²-ზე მეტი) მყინვარებად [19]. 0.1 კმ² ფართობზე ნაკლები ზომის მყინვარები განიხილება თოვლნარებად**.

* [19]-ში მოცემული საქართველოს მყინვარების სამ ჯგუფად დაყოფის ქვედა საზღვარი ავტორების მიერ არის დამატებული გამომდინარე იქიდან, რომ კატალოგში აღრიცხული ყველა მყინვარის ფართობი 0.1 კმ²-ზე მეტია, ხოლო თოვლნარები არ განიხილება.

**თოვლნარი ქარისა და მზის სხივებისაგან მოფარებულ ადგილებში შემორჩენილი თოვლის, ფირნისა და ყინულის გროვაა. თოვლნარი სეზონურია, თუ ირგვლივ დადებულ თოვლზე უფრო მეტხანს ინახება, ხოლო მუდმივია, თუ მთელი წლის განმავლობაში არ დნება. თოვლნარი შეიძლება იყოს მყინვარის დეგრადაციით მიღებული ნარჩენი.

კლიმატის მიმდინარე ცვლილების მყინვარებზე ნეგატიური გავლენის შესაფასებლად საჭიროა მცირე მყინვარების დნობის სტატისტიკის (თავი 4), მყინვარული აუზების მახასიათებლების (მყინვართა რაოდენობისა და ფართობების) ცვლილების (თავი 5) და დიდი მყინვარების უკანდახევის რაოდენობრივი მახასიათებლებისა განსაზღვრა (თავი 6), რაც მყინვარების დეგრადაციის ეფექტური ინდიკატორებია.

მნიშვნელოვანია მყინვარების არამარტო თანამედროვე მდგომარეობის შესწავლა, არამედ მათი დეგრადაციის სამომავლო ტენდენციების განსაზღვრა კლიმატის მიმდინარე ცვლილების ერთი-ორი სცენარის მიხედვით IPCC-ის სახელმძღვანელო დოკუმენტების შესაბამისად. ეს სცენარები სავარაუდოდ იქნება პირველი ე.წ. ჩვეულებრივი ბიზნესი ანუ ის შემთხვევა, როდესაც დედამიწაზე არავითარი კარდინალური მოქმედებები არ ხორციელდება სათბური გაზების ემისიების შესაზღვრავად და მეორე - კლიმატის GCM მოდელის საფუძველზე საქართველოსათვის განსაზღვრული კლიმატის ცვლილების ყველაზე სავარაუდო სცენარი.

ბუნებრივია ამ პრობლემების შესწავლა უნდა მოხერხდეს შეზღუდულ დროში ეფექტური სამეცნიერო დასკვნების გამოსატანად, რაც მიწისპირა დაკვირვებების წარმოებით შეუძლებელია მით უმეტეს, როდესაც საბჭოთა კავშირის დაშლის შემდეგ საქართველოში მყინვარებზე მხოლოდ ეპიზოდური დაკვირვებები მიმდინარეობდა. დღესდღეობით საქართველოსათვის მყინვარების კვლევისათვის ძვირადღირებული სავსე დაკვირვებების ალტერნატიულ მეთოდოლოგიას წარმოადგენს თღზ, რომელიც საშუალებას იძლევა მივიღოთ მყინვარების შესახებ მონაცემები საჭირო რეგულარობით, როგორც დროში ასევე სივრცეში. სამუშაოში დაწვრილებით განხილულია დიდი მყინვარების დეგრადაციის მოდელირება და სრული დნობის პროგნოზი კლიმატის ცვლილების სცენარების მიხედვით.

3. მყინვარების კვლევის მეთოდოლოგია და გამოყენებული მასალა

საქართველოს მყინვარების პარამეტრების განსასაზღვრავად ჩატარებული კვლევების და მიღებული შედეგების ხარისხის კონტროლისა და ხარისხის შეფასების პროცედურების განხორციელებით ჩამოყალიბდა ეფექტური მეთოდოლოგია ერთი მხრივ მყინვარების სხვადასხვა პარამეტრების განსასაზღვრავად და მეორე მხრივ ეფექტური საკმაოდ სანდო შედეგების მისაღწევად. ამ მეთოდოლოგიის ძირითადი არსი მდგომარეობს თღზ-თან ერთად ისტორიული მონაცემების, მყინვარების კატალოგში დაცული მყინვარების სქემების [14–17], არსებული სავსე სამუშაოების მასალების და საექსპერტო ცოდნის კომპლექსურ, ინტეგრალურ გამოყენებაში [24–28].

XX საუკუნის 60 – 70 წლებში ყოფილ საბჭოთა კავშირში დიდი მოცულობის გლაციოლოგიური სამუშაოები ჩატარდა, რის საფუძველზეც, როგორც ზემოთ აღინიშნა, შეიქმნა სსრ კავშირის მყინვარების კატალოგი. დასავლეთ საქართველოს მყინვარები კატალოგში თანმიმდევრულადაა განხილული [17], ხოლო აღმოსავლეთ საქართველოს მყინვარები ცალკე არ არის გამოყოფილი. ისინი ყოფილი საბჭოთა კავშირის კავკასიის მყინვარულ სისტემაში იყო მოქცეული და სამ სხვადასხვა გამოშვებაშია სისტემატიზირებული [14–16]. ფაქტობრივად კატალოგი 50 წლის წინათაა შექმნილი, ხოლო დედამიწის თანამგზავრული დაკვირვებებით მყინვარების კვლევა მხოლოდ XX საუკუნის მიწურულის და ამ საუკუნის მონაცემებითაა შესაძლებელი. დროში ეს სხვაობა წინაპირობას ქმნის მყინვარების ევოლუციის,

მათი დეგრადაციის შესასწავლად თღზ-ის საფუძველზე და მათი სრული დნობის პროგნოზირებისათვის.

პროექტის ავტორთა მიერ მყინვარების კვლევის ტექნოლოგიურ-მეთოდოლოგიური მიდგომები ეფექტური აღმოჩნდა მყინვარების კვლევისათვის. ამიტომაც დაგეგმილი ამოცანების, მიზნებისა და შეფასებების გადასაწყვეტად გამოყენებული იქნა როგორც სხვა ავტორების მიერ აპრობირებული [29–34], ისე პროექტის ავტორების მიერ შემუშავებული მეთოდები [24–28], რომლებიც ეფუძნება მაღალი გარჩევადობის თანამგზავრების მონაცემების მიღებას და დამუშავებას.

კატალოგის ციფრული ვერსია დაცულია რუსეთის მეცნიერებათა აკადემიის გეოგრაფიის ინსტიტუტის გეოგრაფიულ პორტალზე (<http://webgeo.ru>, Раздел: Каталог ледников СССР), რომლითაც სარგებლობა საკმაოდ კომფორტულია. ცნობისათვის 1980-იან წლებში ამ კატალოგის ნაწილი გამოყენებულ იქნა მყინვარების მსოფლიო კატალოგის ნაწილის შესაქმნელად და იგი ხელმისაწვდომია აშშ-ს ყინულისა და თოვლის მონაცემთა ნაციონალური ცენტრის NSIDC-ის ვებ-საიტზე (<http://nsidc.org>).

კლიმატის თანამედროვე ცვლილების გამო მყინვარების დეგრადაციის კვლევისათვის ვიყენებთ პროექტის „მიწისპირა ყინულების გლობალური გაზომვები კოსმოსიდან“ (Global Land Ice Measurements from Space – GLIMS) მონაცემთა ბაზებს. ეს ბაზები შექმნილია თანამგზავრ TERRA-ს ASTER (Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer) სენსორის მონაცემთა საფუძველზე [32, 33]. ეს სენსორი ხილულ და ინფრაწითელ დიაპაზონებში მოიპოვებს მონაცემებს და მისი მაქსიმალური სივრცითი გარჩევადობა 15 მ-ს შეადგენს.

სენსორ ASTER-ის მონაცემების საშუალებით შესაძლებელია 30 მ სივრცითი გარჩევადობის რელიეფის ციფრული მოდელის (Digital Elevation Model – DEM) გენერირება. მულტისპექტრულ თანამგზავრულ მონაცემებთან ერთად ASTER DEM მყინვარების შესწავლის საუკეთესო საშუალებად იქცა [34].

თანამგზავრული მონაცემების დამუშავებისათვის გამოვიყენეთ GIS-ის სხვადასხვა აპლიკაცია, კერძოდ Google Earth, BEAM Visat და Quantum GIS Lisboa.

მაღალი სივრცითი გარჩევადობის თანამგზავრული სურათების ხელმისაწვდომი წყაროა Google-ის ვებ-პროგრამა Google Earth. საქართველოს ტერიტორიის უმეტესი ნაწილისათვის ეს პროგრამა 0.5–0.8 მ-ის სივრცითი გარჩევადობის სურათებს გვთავაზობს, რაც მყინვარების კონტურების დიდი სიზუსტით დიგიტალიზაციის საშუალებას იძლევა. Google Earth-ის გამოყენებით შესაძლებელია მაღალი სივრცითი გარჩევადობის დედამიწის ხელოვნური თანამგზავრების (Spot, IKONOS, Quickbird, RapidEye) მონაცემების მიღება. პროგრამა Google Earth-ის საშუალებით დავამუშავეთ NSIDC-ის მყინვარების მსოფლიო კატალოგის მონაცემები.

შესასწავლი მყინვარებისათვის პროგრამა Google Earth-ის მონაცემთა ბაზაში არსებული თანამგზავრული მონაცემები არ იძლევა ზოგიერთი მყინვარის შესწავლის შესაძლებლობას და უპირატესობა მივანიჭეთ Landsat-ის თანამგზავრულ სურათებს. ვისარგებლეთ Landsat 8, Landsat 7 და Landsat 5 სენსორების მონაცემებით, რომელიც ხელმისაწვდომი აღმოჩნდა.

მყინვარების კვლევისათვის აქტუალურია მაღალი გარჩევადობის თანამგზავრული მონაცემების გამოყენება. თანამგზავრული მონაცემები ხელმისაწვდომია დედამიწის რესურსებზე დაკვირვების სისტემის (Earth Resources Observation Systems /EROS/) საშუალებით. ამ არქივში, რომელიც აშშ-ის შს სამინისტროს დაქვედებარებაში იმყოფება, დაცულია Landsat-ის თანამგზავრებით

მოპოვებული მონაცემები, აგრეთვე NASA-ს განკარგულებაში არსებული თანამგზავრული სურათები.

თანამგზავრიდან დედამიწის ზედაპირის მონიტორინგზე მნიშვნელოვან ზეგავლენას ახდენს ამინდის პირობები, კერძოდ ღრუბლიანობის შემთხვევაში თანამგზავრული სურათების გამოყენება სხვადასხვა მონაცემების მისაღებად ფაქტიურად შეუძლებელია.

მყინვარებზე დაკვირვებისას ამ შეზღუდვას ემატება თვით მყინვარის ზედაპირის მდგომარეობა. აღსანიშნავია, რომ ამ დროს მყინვარი მაქსიმალურად თავისუფალი უნდა იყოს თოვლის საფრისაგან, კერძოდ დისტანციური მონიტორინგი უნდა განხორციელდეს აბლაციის დამთავრებიდან პირველი თოვლის მოსვლამდე. ეს პერიოდი ძლიერ არის დამოკიდებული მყინვარის ადგილმდებარეობაზე, სიმაღლეზე, კლიმატზე და ამინდის პირობებზე.

თანამედროვე კლიმატურ პირობებში საქართველოსათვის ეს დროითი ინტერვალია იენისის ბოლოდან დაახლოებით ოქტომბრის დასაწყისამდე.

ჩატარდა თღზ-ის გამოყენებით მყინვარების თანამგზავრული სურათების მიღება, GIS ტექნოლოგიების გამოყენებით მათი ვიზუალიზაცია და კონტურების პირველადი ასახვა. განხორციელდა კატალოგში მოცემული სქემების საფუძველზე მყინვარების იდენტიფიცირება.

თღზ-ის მონაცემებით, მყინვარების მახასიათებლების დასადგენად პირველ რიგში საჭიროა მათი კონტურების დადგენა. მყინვარების კონტურების გავლება განხორციელებულია მანუალური დიგიტალიზაციით, რომლის დროსაც გათვალისწინებულია საექსპერტო ცოდნა. შესასწავლი მყინვარების იდენტიფიკაციისათვის და კონტურების დასაზუსტებლად გამოყენებულია ASTER DEM რელიეფის ციფრული მოდელი და გასული საუკუნის 60-იანი წლების სსრ კავშირის ტოპოგრაფიული რუკები (1:50000), რომლებსაც თავის დროზე კატალოგის შექმნისას იყენებდნენ.

რელიეფის ციფრული მოდელის საშუალებით განხორციელდა მყინვარების 3D ვიზუალიზაცია რელიეფის ანალიზის, და რიგ შემთხვევაში, მყინვარების გეოგრაფიული მიზმის მიზნით. აგრეთვე 3D ვიზუალიზაციის გამოყენებით დაზუსტდა მყინვარის მდებარეობა მდინარეთა აუზების მიხედვით და მყინვარის მახასიათებლები.

კონტურების დაზუსტება განხორციელდა თანამგზავრული სურათისა და რელიეფის ციფრული მოდელის საფუძველზე შექმნილი სიმაღლის იზოხაზების ზედდებით. 3D გამოსახულების გამოყენებით მაღალი სიზუსტით განისაზღვრა წყალგამყოფები, რაც გადამწყვეტია მყინვარების კონტურების ზუსტი დადგენისათვის. გამოყენებულია საექსპერტო ცოდნაც.

თღზ-ის მონაცემებით მიღებული საქართველოს მყინვარების კონტურებისა და გასული საუკუნის 60-იანი წლების ტოპოგრაფიულ რუკებზე ასახული მყინვარების კონტურებთან შედარებამ ცხადყო, რომ დაახლოებით ბოლო 50 წლის განმავლობაში საქართველოს ყველა მყინვარის ფართობი შემცირდა. ცალკეული მყინვარებისათვის კატალოგში მოყვანილი ფართობის მონაცემები უფრო ნაკლები აღმოჩნდა, ვიდრე თღზ-ით განსაზღვრული, რაც ქმნიდა ყალბ სურათს, რომ მყინვარების ფართობი 60-იან წლებთან შედარებით გაიზარდა. ჩვენ შევისწავლეთ იმავე პერიოდის ტოპოგრაფიულ რუკებზე მოყვანილი მყინვარების კონტურები, რამაც საშუალება მოგვცა მოგვეხდინა კატალოგის არასანდო მონაცემების კორექტირება, ანუ ფართობის შესახებ იმ მონაცემების შესწორება, რომლებიც უფრო ნაკლები იყო, ვიდრე თღზ-ით მიღებული მონაცემები.

ამგვარად, 60-იანი წლების სსრ კავშირის ტოპოგრაფიული რუკების (1:50000), საშუალებით განხორციელდა მყინვარების მნიშვნელოვანი მახასიათებლის – ფართობის შესახებ კატალოგის არასანდო მონაცემების შესწორება, რაც მომდევნო თავშია განხილული.

4. მცირე მყინვარების ფლობის სტატისტიკა

მცირე მყინვარების კვლევისათვის თდზ-ის გამოყენებით შესაძლებელია დავადგინოთ, თუ როგორ შეიცვალა მათი ზომები, რომელი მყინვარი უფრო მეტად შემცირდა ზომებში ან საერთოდ გაქრა.

მცირე მყინვარების კვლევა მიწისპირა დაკვირვებების საფუძველზე საკმაოდ შეზღუდული იყო, ბოლო წლების განმავლობაში კი, ფაქტობრივად სრულიად შეწყდა. დღეს მათ შესასწავლად ეფექტურად გამოიყენება თანამგზავრული დისტანციური ზონდირება, რომლის მეშვეობით შესაძლებელი გახდა მცირე მყინვარების მაღალი სივრცითი გარჩევადობის სურათების მოპოვება და შემდგომ ამ სურათებისა და ავტორთა შრომებში [35–39] აღწერილი მეთოდოლოგიისა, ხარისხის კონტროლისა და ხარისხის შეფასების პროცედურების განხორციელების საფუძველზე მათი კონტურებისა და მახასიათებლების დადგენა.

თდზ-ის საფუძველზე მცირე მყინვარების შესწავლა დაიწყო აღმოსავლეთ საქართველოდან. აღმოსავლეთ საქართველოს მყინვარების შესახებ ისტორიული მონაცემები დაცულია კატალოგში [14–16].

4.1. აღმოსავლეთ საქართველოს მცირე მყინვარები

აღმოსავლეთ საქართველოს მცირე მყინვარები შესწავლილია იმ თანმიმდევრობით, როგორც ისინი წარმოდგენილია მყინვარების კატალოგის ცხრილში, ანუ აღმოსავლეთიდან დასავლეთისაკენ. განსახილველი მყინვარები მათი მცირე ზომის გამო GLIMS-ის მონაცემთა ბაზაში შეტანილი არ არის და, შესაბამისად, არც მათი კონტურებია მოცემული. მცირე მყინვარების შესასწავლად პირველ რიგში საჭირო გახდა მათი იდენტიფიცირება. დიდი ზომის მყინვარების შემთხვევაში იდენტიფიცირების პრობლემა არ არსებობს. მყინვარების კონტურების გასაველებად გამოვიყენეთ Google Earth-ის მონაცემთა ბაზაში დაცული მაღალი სივრცითი გარჩევადობის თანამგზავრული სურათები.

პროგრამა Google Earth-ში მოცემულია მხოლოდ ზოგიერთი მყინვარის საიდენტიფიკაციო კოდები მყინვარების მსოფლიო კატალოგის – WGI-ის მიხედვით. ამან შესაძლებელი გახდა ამ მყინვარების საორიენტაციოდ გამოყენება.

აღმოსავლეთ საქართველოს მცირე მყინვარების იდენტიფიცირებისათვის (აღმოსავლეთიდან დასავლეთისაკენ განლაგების მიხედვით) გამოვიყენეთ მყინვარების კატალოგებში მოყვანილი სქემები (ნახ. 1–6).

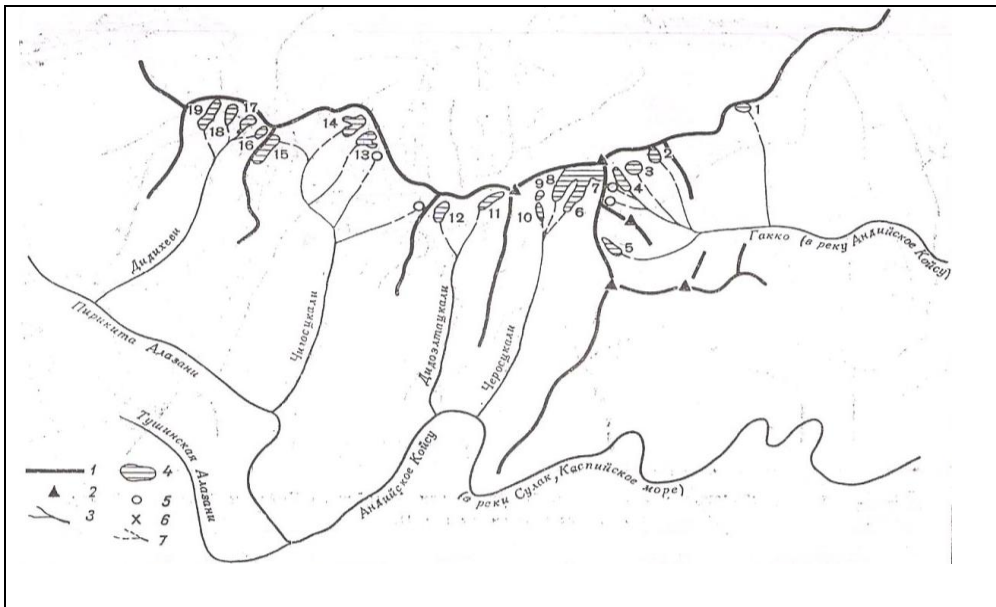
აღმოსავლეთ საქართველოს საიდენტიფიკაციო მყინვარები მყინვარების კატალოგის ექვს სქემაზეა დატანილი [14–16]:

- 1-ლ (ნახ. 1) და მე-2 (ნახ. 2) სქემაზე დატანილია მდ. პირიქითი ალაზნის აუზის მყინვარები №6–33. №6–19 მდებარეობს გაკოსა და პირიქითი ალაზნის მდინარეთა აუზში (ნახ. 1), ხოლო №20–33 მყინვარები პირიქითი ალაზნის აუზის, პირიქითი ქედის სამხრეთი კალთის და აცუნტას ქედის აღმოსავლეთ კალთაზე (ნახ. 2);

- მე-3 სქემაზე მოყვანილია მდ. ასას (საქართველოში მდ. არხოტისწყლის) აუზის მყინვარები (№1–№3) (ნახ. 3);
- მე-4 სქემაზე ნაჩვენებია მდ. მტკვრის მარცხენა შენაკადების აუზების მყინვარები № 1–27. № 1 – 22 მდებარეობს მდ. ლიახვის, ხოლო № 23–27 მდ. არაგვის აუზში (ნახ. 4);
- მე-5 სქემაზე დატანილია მდინარეების ფიაგდონის, გიზელდონის და თერგის ზემო წელის აუზების მყინვარები. აქედან საქართველოს ტერიტორიაზეა მდ. თერგის აუზის მყინვარები №44–111 (ნახ 5);
- მე-6 სქემაზე მოყვანილია მდ. არღუნის აუზის მყინვარები №10–15 (ნახ 6). ამგვარად, აღმოსავლეთ საქართველოს მყინვარები მდებარეობენ ექვს მყინვარულ აუზში:

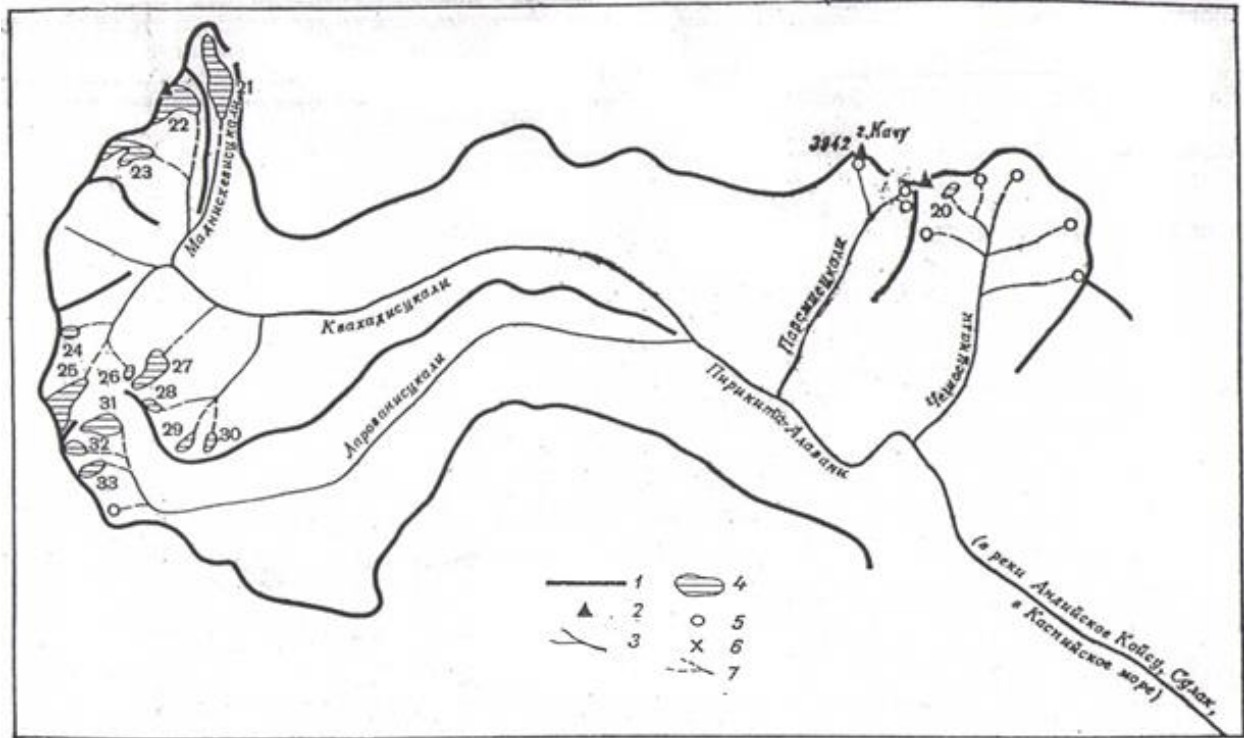
1. პირიქითი ალაზნის (ნახ. 1, ნახ. 2, ცხრ. 1);
2. ასას (ნახ. 3, ცხრ. 2);
3. ლიახვის (ნახ. 4, ცხრ. 3);
4. არაგვის (ნახ. 4, ცხრ. 4);
5. თერგის (ნახ. 5 ცხრ. 5) და
6. არღუნის აუზში (ნახ. 6, ცხრ. 6)

პირიქითი ქედის (თუშეთის ქედის) მდინარეების ჩეროსწყლის და დიდოელთაწყალის ხეობებში მდებარე მყინვარების, აგრეთვე მდინარეების ჩიგოსწყლის და დიდიხევის ხეობებში მდებარე მყინვარების იდენტიფიკაციისათვის, გამოვიყენეთ სქემა, რომელიც მოცემულია სსრ კავშირის კატალოგში (ნახ. 1). ამ სქემის მიხედვით განსახილველი მყინვარებია №6-დან №19-ის ჩათვლით (სულ 14), რომლებიც მიეკუთვნებიან მდინარე პირიქითი ალაზნის აუზის მყინვარებს (ეს სქემა წარმოდგენილია კატალოგში, გვ. 50, ნახ. 11) [14].



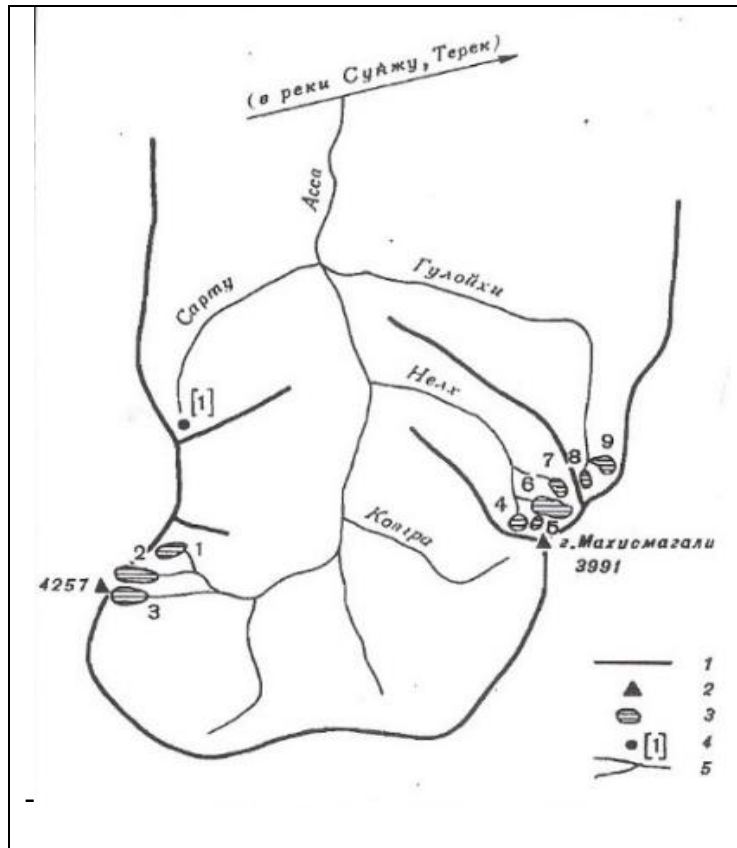
ნახ. 1. მყინვარების განლაგების სქემა მდინარეების გაკოსა და პირიქითი ალაზნის აუზებში; № 6–19 საიდენტიფიკაციო მყინვარები მდებარეობს მდინარე პირიქითი ალაზნის აუზში. 1 – წყალგამყოფები, 2 – მწვერვალი, 3 – მდინარე, 4 – მყინვარი თავისი ნომრით, 5 – 0,1 კმ²-ზე ნაკლები ფართობის მქონე მყინვარი, 6 – უღელტეხილები, 7 – წყლის დინებები, რომლებსაც არა აქვს მუდმივი ნაკადი

პირიქითი ალაზნის აუზის მყინვარებს მიეკუთვნებიან აგრეთვე, პირიქითი ქედის სამხრეთი კალთის და აცუნტას ქედის აღმოსავლეთ კალთის №20-დან №33-ის ჩათვლით მყინვარები. მათი განლაგების სქემა მოცემულია მე-2 ნახ-ზე (ეს სქემა წარმოდგენილია კატალოგში, გვ. 51, ნახ. 12) [14]. სქემაზე ასახული ყველა მყინვარი მიეკუთვნება მცირე მყინვარების კატეგორიას.



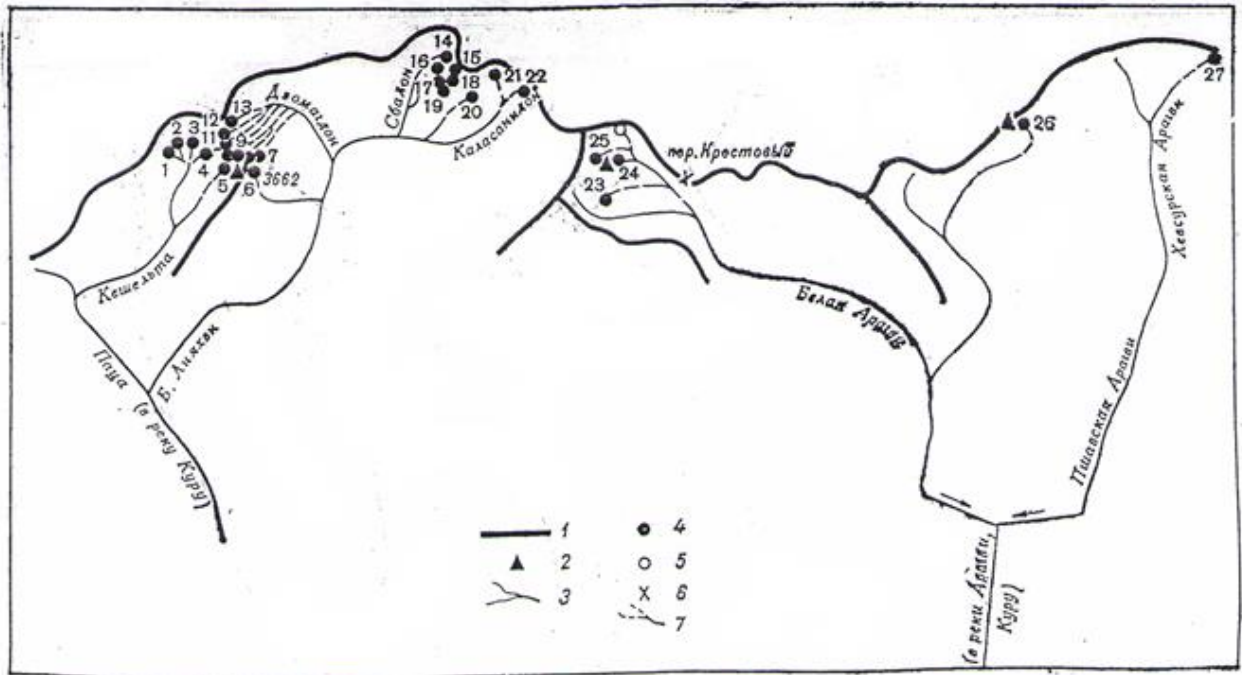
ნახ. 2. პირიქითი ალაზნის აუზის, პირიქითი ქედის სამხრეთი კალთის და აცუნტას ქედის აღმოსავლეთ კალთის მყინვარების განლაგების სქემა; № 20–33 საიდენტიფიკაციო მყინვარები მდებარეობს მდინარე პირიქითი ალაზნის აუზში. 1–წყალგამყოფები, 2–მწვერვალი, 3–მდინარე, 4–მყინვარი თავისი ნომრით, 5–0,1 კმ²-ზე ნაკლები ფართობის მქონე მყინვარი, 6–უღელტეხილები, 7–წყლის დინებები, რომლებსაც არა აქვს მუდმივი ნაკადი

მდ. ასას (საქართველოში მდ. არხოტისწყლის) აუზის მყინვარების (№1-№3) სქემა მოცემულია მე-3 ნახ-ზე (ეს სქემა წარმოდგენილია კატალოგში, გვ. 20, ნახ. 10) [16].



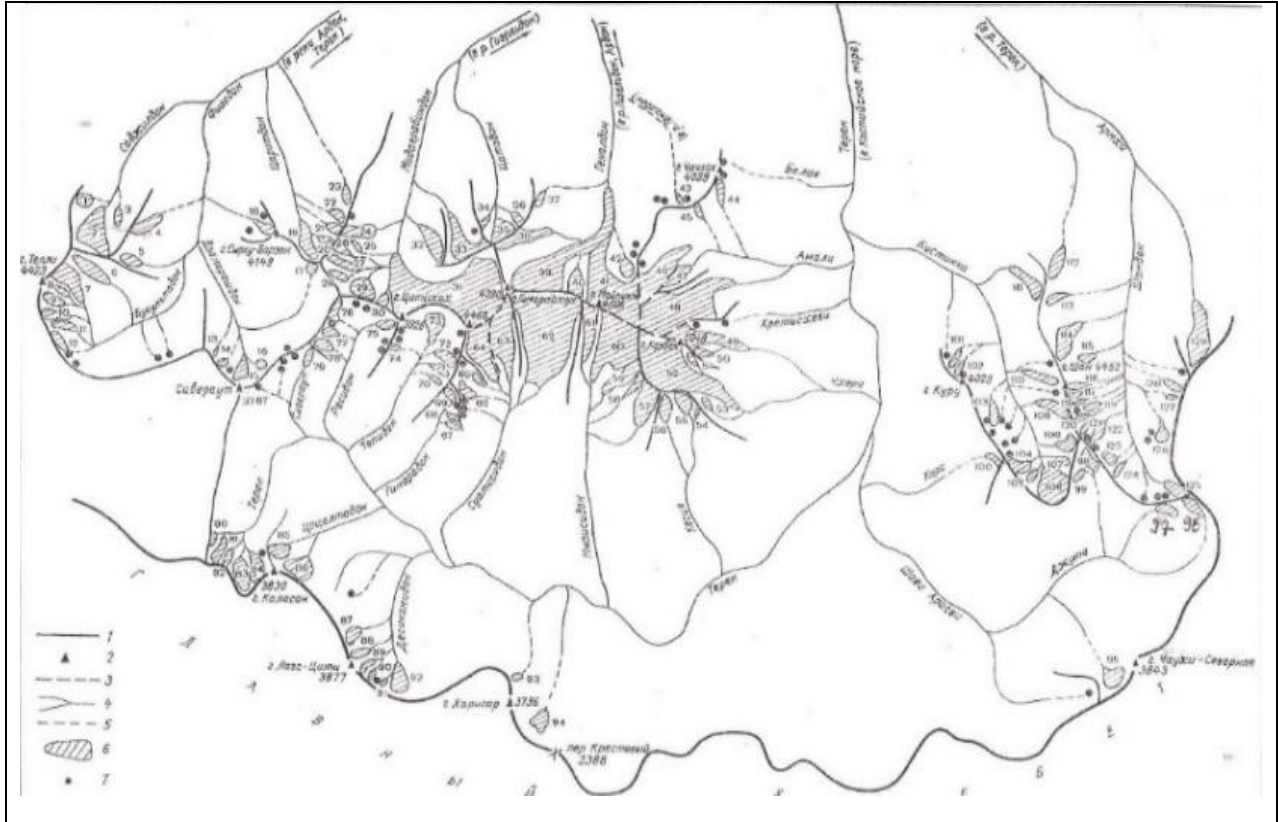
ნახ. 3. მყინვარების განლაგების სქემა მდინარე ასას (საქართველოში – არხოტისწყალი) აუზში; № 1–3 საიდენტიფიკაციო მყინვარები. 1 – ქედი, 2 – მწვერვალი, 3 – 0,1 კმ²-ზე მეტი ფართობის მქონე მყინვარი და მისი ნომერი, 4 – 0,1 კმ²-ზე ნაკლები ფართობის მქონე მყინვარი თავისი ნომრით, 5 – მდინარე

მე-4 ნახ-ზე წარმოდგენილია მდინარე მტკვრის მარცხენა შენაკადების აუზების მყინვარები (№1-№27), რომლებიც მდებარეობენ ლიახვისა (№1-22) და არაგვის (№23-27) აუზებში (ეს სქემა წარმოდგენილია კატალოგში, გვ. 17, ნახ. 8) [14].



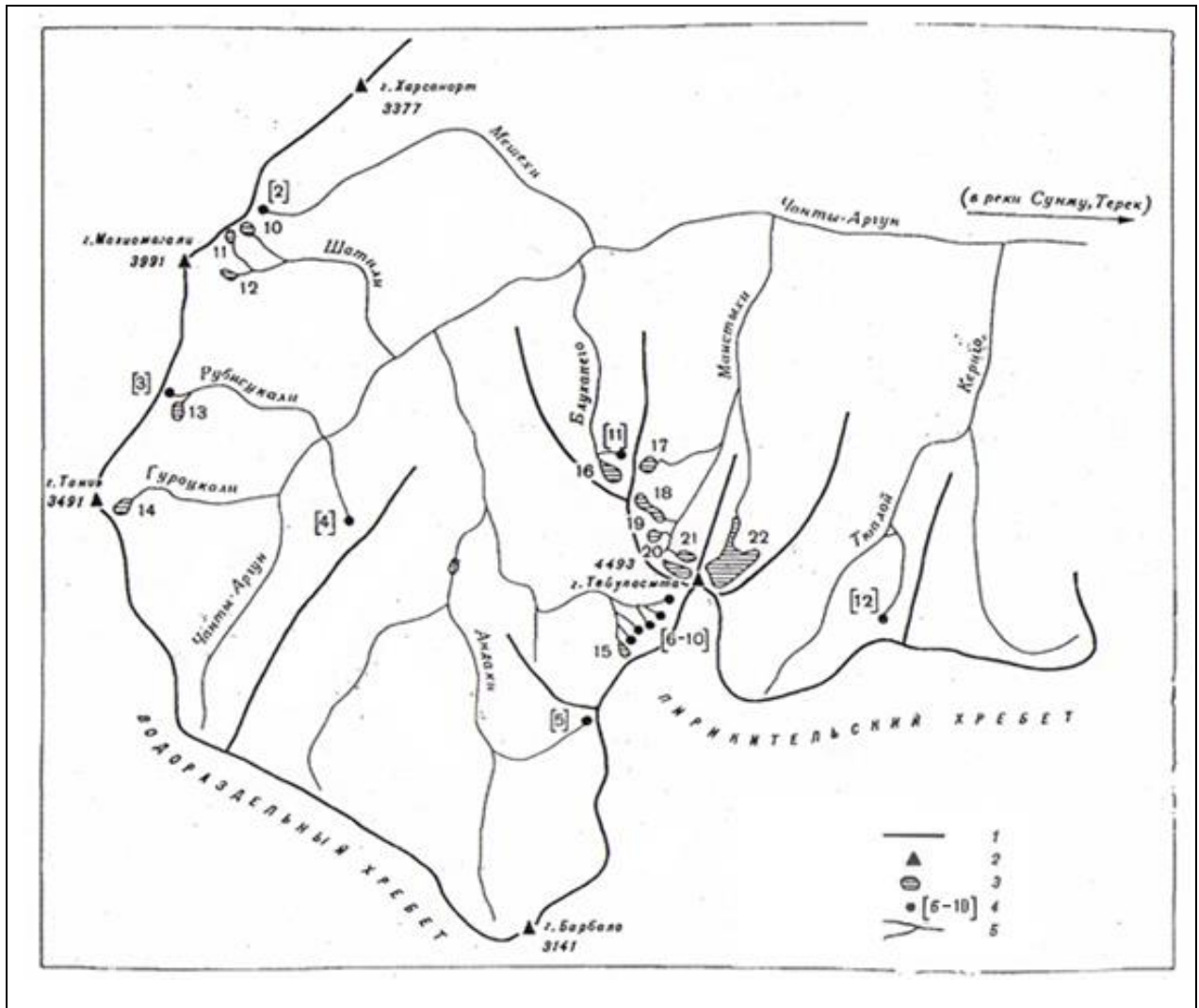
ნახ. 4. მტკვრის მარცხენა შენაკადების აუზების მყინვარები; №1-27 საიდენტიფიკაციო მყინვარები. 1 – წყალგამყოფები, 2 – მწვერვალი, 3 – მდინარე, 4 – მყინვარი თავისი ნომრით, 5 – 0,1 კმ²-ზე ნაკლები ფართობის მქონე მყინვარი, 6 – უღელტეხილები, 7 – წყლის დინებები, რომლებსაც არა აქვს მუდმივი ნაკადი

მე-5 ნახ-ზე მოცემულია მდინარეების ფიაგდონის, გიზელდონის და თერგის ზემო წელის აუზების მყინვარები. აქედან საქართველოს ტერიტორიაზე თერგის ზემო წელის აუზის მყინვარებია (№44–№111). № 96 და № 97 საიდენტიფიკაციო მყინვარები მდებარეობს თერგის აუზში, მდინარე ჯუთას ხეობაში (ეს სქემა წარმოდგენილია კატალოგში, გვ. 20, ნახ. 4) [15].



ნახ. 5. მყინვარების განლაგების სქემა მდინარეების ფიაგდონის, გიზელდონის და თერგის ზემო წელში; აქედან საქართველოს ტერიტორიაზე მდებარე საიდენტიფიკაციო მყინვარებია თერგის ზემო წელის აუზის მყინვარები №44-დან 111-ის ჩათვლით, № 96 და № 97 საიდენტიფიკაციო მყინვარები მდებარეობს თერგის აუზში, მდინარე ჯუთას ხეობაში. 1 – წყალგამყოფი, 2 – მწვერვალი, 3 – მყინვარგამყოფი, 4 – მდინარე, 5 – მიწისქვეშა დინება, 6 – მყინვარი თავისი ნომრით, 7 – 0,1 კმ-ზე ნაკლები ფართობის მქონე მყინვარი

მეინვარების №10–15 განლაგების სქემა მდინარე არღუნის აუზში მოცემულია მე-6 ნახ-ზე (ეს სქემა წარმოდგენილია კატალოგში, გვ. 21, ნახ. 11) [16].



ნახ. 6. მეინვარების განლაგების სქემა მდინარე არღუნის აუზში; საიდენტიფიკაციო მეინვარები №10–15. 1 – ქედი, 2 – მწვერვალი, 3 – 0,1 კმ²-ზე ნაკლები ფართობის მქონე მეინვარი და მისი ნომერი, 4 – 0,1 კმ²-ზე ნაკლები ფართობის მქონე მეინვარი თავისი ნომრით, 5 – მდინარე

მეინვარების იდენტიფიკაციის სიზუსტის დასადასტურებლად გამოყენებულია მეორე გზაც. ყველა მეინვარისათვის Google Earth-ის საშუალებით განისაზღვრა მათი მდებარეობის კოორდინატები, რომლებიც შედარდა მსოფლიო კატალოგში მოცემულ კოორდინატებს (სსრ კავშირის მეინვარების კატალოგში კოორდინატები არ არის მოცემული). მსოფლიო კატალოგში საორიენტაციო მეინვარების მახლობლად მითითებულია თითოეული მეინვარის საიდენტიფიკაციო კოდი, რის საფუძველზეც შესაძლებელია სსრ კავშირის მეინვარების კატალოგში მათი საიდენტიფიკაციო ნომრებისა და შესაბამისი მახასიათებლების განსაზღვრა.

Google Earth-ის მიხედვით შესასწავლი მყინვარების გეოგრაფიული კოორდინატები იდენტიური აღმოჩნდა მსოფლიო მყინვარების კატალოგის (WGI) მონაცემების, რამაც მყინვარების იდენტიფიკაციის სიზუსტე დაგვიდასტურა.

საქართველოს აღმოსავლეთი ნაწილის ტერიტორია ძირითადად გაშლილია კავკასიონის მთავარი წყალგამყოფი ქედის (კავკასიონის მთავარი წყალგამყოფი ქედი უწყვეტი ქედი, კავკასიონის სისტემის ოროჰიდროგრაფიული ღერძი, რომელიც ყოფს ჩრდილო და სამხრეთ კავკასიის მდინარეთა აუზებს) სამხრეთით, თუმცა მცირე ნაწილი მთავარი წყალგამყოფის ჩრდილოეთითაც გადადის. ეს არის საქართველოს ის ნაწილი, მთების ზილგახოხისა (დასავლეთით) და შავიკლდის (აღმოსავლეთით) შორის მონაკვეთზე წყალგამყოფის ჩრდილო ფერდობზეც რომ გადადის. ამ ნაწილს უჭირავს მდინარე პირიქითი ალაზნის (დაღესტანში ჰქვია ანდის ყოისუ) ზემო აუზი (თუშეთი), აგრეთვე მდინარეების: თერგის, ასას და არღუნის ზემო დინებათა აუზები.

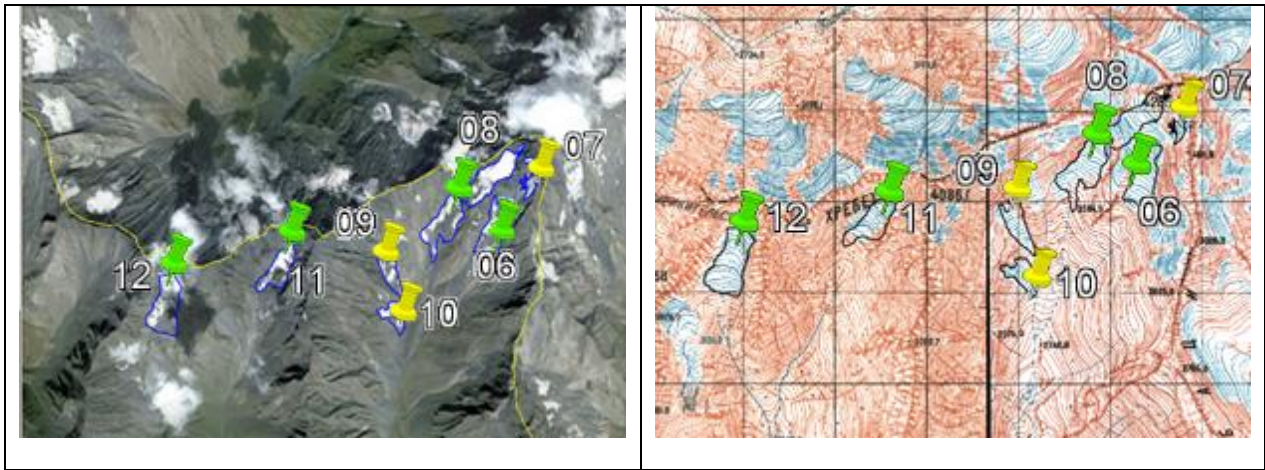
კავკასიონის ჩრდილოეთ გვერდით ქედზე და შტო ქედებზე (ტოტებზე) ფართოდ არის წარმოდგენილი მყინვარები და მუდმივი თოვლი, რაც საქართველოს ფარგლებში გამოსატყულებას ჰპოვებს ხოხისა და პირიქითის ქედებზე, აგრეთვე ყუროს, შავანის, კიდევანისა და ხევსურეთის მერიდიანულ ქედებზე.

განვიხილოთ აღმოსავლეთ საქართველოს აღმოსავლეთ ნაწილის მყინვარები, რომლებიც მდებარეობენ:

- თუშეთში, მდინარე პირიქითი ალაზნის აუზში, პირიქითი ქედის (თუშეთის ქედის) სამხრეთ ფერდობზე, დიკლოს მთის სამხრეთ-დასავლეთით, მდინარეების ჩეროსწყლის და დიდოელთაწყალის, აგრეთვე ჩიგოსწყლის და დიდხევის ხეობებში, მყინვარები №6–19 (ნახ. 1);
- პირიქითა ხევსურეთში, კიდევანის ქედის აღმოსავლეთ კალთაზე, მდინარე ახიელის (ასას აუზი, მდინარე ასას სათავეში არხოტისწყალი ეწოდება) ხეობაში, მყინვარები №1–3 (ნახ. 3); და
- ხევის კავკასიონის აღმოსავლეთ საზღვარზე მდებარე შავანის ქედის (შანის ქედი) კალთებზე, მდინარე ჯუთას (სნოსწყლის ზემო დინება, თერგის აუზი) ხეობაში, მყინვარები №96–97 (ნახ. 5);.

აღმოსავლეთ საქართველოს მცირე მყინვარების ვიზუალიზაცია Google Earth-ის მიხედვით და შესაბამისი ტოპოგრაფიული რუკები წარმოდგენილია მე-7–9 ნახებზე.

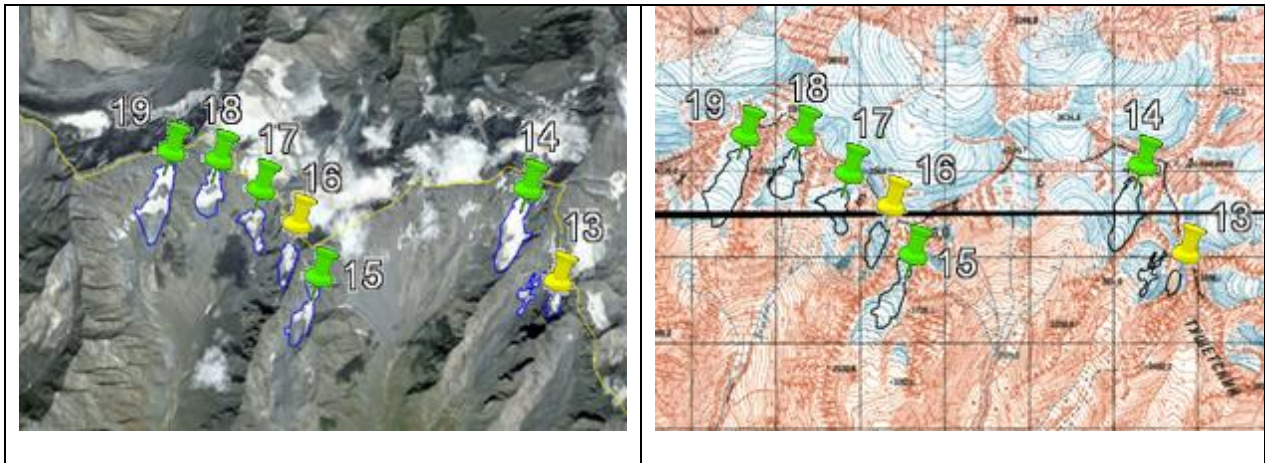
თანამგზავრულ სურათებზე წითელი ქინძისთავით აღნიშნულია გამქრალი მყინვარი, ყვითელი ქინძისთავით – თოვლნარად ქცეული მყინვარი, ხოლო მწვანე ქინძისთავით – მცირე მყინვარი (აგრეთვე საშუალო მყინვარები, რომლებიც ჩვენი კვლევის საგანს არ წარმოადგენენ).



ა

ბ

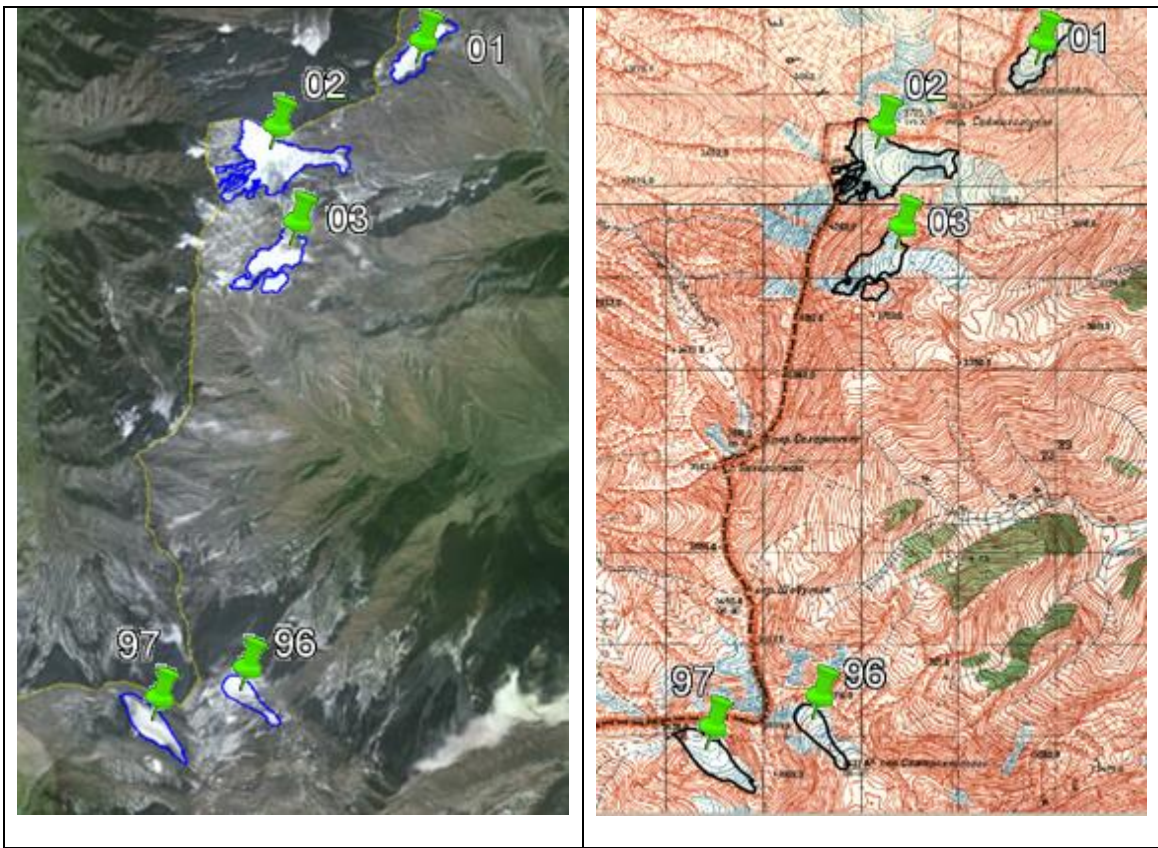
ნახ. 7. პირიქითი ქედის მდინარეების – ჩეროსწყლის, დიდოელთაწყლის ხეობებში მდებარე მყინვარები. ა – ვიზუალიზაცია და კონტურები, ბ – თღზ-ით მიღებული მყინვარების კონტურების შედარება ტოპოგრაფიულ რუკაზე არსებულ შესაბამის მყინვარების კონტურებთან



ა

ბ

ნახ. 8. პირიქითი ქედის მდინარეების – ჩიგოსწყლის და დიდიხევის ხეობებში მდებარე მყინვარები. ა – ვიზუალიზაცია და კონტურები, ბ – თღზ-ით მიღებული მყინვარების კონტურების შედარება ტოპოგრაფიულ რუკაზე არსებულ შესაბამის მყინვარების კონტურებთან



ა

ბ

ნახ. 9. მდინარეების – ასას (არხოტისწყლისა) (№1-3) და ჯუთას (№96, 97) ხეობებში მდებარე მყინვარები. ა – ვიზუალიზაცია და კონტურები, ბ – თღზ-ით მიღებული მყინვარების კონტურების შედარება ტოპოგრაფიულ რუკაზე არსებულ შესაბამის მყინვარების კონტურებთან

თღზ-ის საფუძველზე აღმოსავლეთ საქართველოს მყინვარების კონტურების და მახასიათებლების დადგენისას, გარდა Google Earth-ისა აგრეთვე გამოყენებულია Landsat 8 OLI სენსორის 2014 წლის 28 აგვისტოს (შემდგომში Landsat) თანამგზავრული სურათი.

განვიხილოთ მე-2 სქემაზე (ნახ. 2) მოცემული №20–33 მცირე მყინვარები. მე-10 ნახ-ზე წარმოდგენილია პირიქითი ალაზნის აუზის, პირიქითი ქედის სამხრეთი კალთის და აცუნტას ქედის აღმოსავლეთ კალთის თანამგზავრული სურათი და კონტურები, აგრეთვე მათი შედარება ტოპოგრაფიულ რუკაზე არსებულ შესაბამის მყინვარების კონტურებთან. ყვითელი მრუდით აღნიშნულია საზღვარი რუსეთის ფედერაციასთან.



ა



ბ

ნახ. 10. პირიქითი ალაზნის აუზის, პირიქითი ქედის სამხრეთი კალთის და აცუნტას ქედის აღმოსავლეთ კალთის მყინვარები. ა – Landsat-ის თანამგზავრული სურათი და კონტურები, ბ – მათი შედარება ტოპოგრაფიულ რუკაზე არსებულ შესაბამის მყინვარების კონტურებთან

1-ლ ცხრილში მოყვანილია 1-ლ (ნახ. 1) და მე-2 (ნახ. 2) სქემაზე ასახული მდ. პირიქითი ალაზნის აუზის №6–33. მყინვარების კოორდინატებით დაზუსტებული საიდენტიფიკაციო კოდები და ფართობების მნიშვნელობები თღზ-ის და კატალოგის მიხედვით. მონაცემები 1–6 ცხრილებში დალაგებულია კატალოგის სქემებში მათი ნომრის და მყინვარების მსოფლიო კატალოგში (WGI) საიდენტიფიკაციო კოდის (ID) მიხედვით. ცხრილებში თღზ-ის მიხედვით გამჭრალი მყინვარების ფართობების გრაფაში წერია ნული და მისი კოორდინატები არ განიხილება. ცხადია, დანაწევრების შედეგად მიღებული მყინვარებისა და თოვლნარებისათვის კატალოგის ფართობის გრაფაც, აგრეთვე, ცარიელია.

ცხრილი 1. მდ. პირიქითი ალაზნის აუზის მცირე მყინვარების საიდენტიფიკაციო კოდები, გეოგრაფიული კოორდინატები, ფართობების მნიშვნელობები თღზ-ის და კატალოგის მიხედვით

№	№ კატალოგის სქემის მიხედვით.	კატალოგის მიხედვით მყინვარის სახელწოდება და/ან №	ID WGI-ის მიხედვით	№ თღზ-ის მიხედვით	განედი Google Earth-ის მიხედვით	განედი WGI-ის მიხედვით	გრძედი Google Earth-ის მიხედვით	გრძედი WGI-ის მიხედვით	ფართ. თღზ-ის მიხედვით (კმ²)	ფართ. კატალოგის მიხედვით (კმ²)
1	6	92a	SU4G09301006	6	42,479404	42,48	45,769522	45,78	0.2	0.4
2	7	92b	SU4G09301007	7	42,484983	42,48	45,768290	45,78	0.02	0.1
3	8	ჩერო 92	SU4G09301008	8	42,479497	42,48	45,769748	45,77	0.4	0.6
4	9	92c	SU4G09301009	9	42,484983	42,48	45,768290	45,77	0.1	0.1
5	10	92d	SU4G09301010	10	42,475403	42,48	45,752128	45,75	0.1	0.2
6	11	აღმ. დიკლო 93	SU4G09301011	11	42,475186	42,48	45,733515	45,73	0.1	0.2
7	12	დას. დიკლო 94	SU4G09301012	12	42,472363	42,47	45,715043	45,72	0.2	0.3
8	13	ჩიგოს მყინვარი №5, 96	SU4G09301013	13a	42,492794	42,50	45,681857	45,68	0.3	0.4
				13b	42,493194	42,50	45,685110	45,68	0.04	
9	14	ჩიგოს მყინვარი №4, 97	SU4G09301014	14	42,502027	42,50	45,675265	45,68	0.2	0.3
10	15	ჩიგოს მყინვარი №1, 100	SU4G09301015	15	42,491326	42,50	45,648129	45,65	0.1	0.3
11	16	სამხ.-დას. დიდიხევი, 101a	SU4G09301016	16	42,496920	42,50	45,645728	45,65	0.08	0.1
12	17	აღმ. დიდიხევი, 101b	SU4G09301017	17	42,500871	42,50	45,639702	45,63	0.1	0.1
13	18	ცენტ. დიდიხევი, 101c	SU4G09301018	18	42,504329	42,50	45,633127	45,63	0.1	0.2
14	19	დას. დიდიხევი, 101	SU4G09301019	19	42,503331	42,50	45,624558	45,62	0.3	0.3

ცხრილი 1-ის გაგრძელება

№	№ კატალოგის სქემის მიხედვით.	კატალოგის მიხედვით მყინვარის სახელწოდება და/ან №	ID WGI-ის მიხედვით	№ თღზ-ის მიხედვით	განედი Google Earth-ის მიხედვით	განედი WGI-ის მიხედვით	გრძედი Google Earth-ის მიხედვით	გრძედი WGI-ის მიხედვით	ფართ. თღზ-ის მიხედვით (კმ ²)	ფართ. კატალოგის მიხედვით (კმ ²)
15	20	დასავლეთ კომიტო, 104	SU4G09301020	20	42.534923	42.53	45.541663	45.57	0,04	0,3
16	21	დაკევის მყინვარი, 106	SU4G09301021	21a	42.561116	42.57	45.321204	45.32	0,17	0,9
				21b	42.567893	42.57	45.315342	45.32	0,22	
17	22	დასავლეთ თებულო, 106a	SU4G09301022	22	42.551873	42.57	45.303438	45.30	0,35	0,5
18	23	აფუნტა, 107	SU4G09301023	23	42.541572	43.55	45.286465	45.28	0,3	0,4
19	24	პირნიტას მყინვარი, 108	SU4G09301024	24	42.496734	42.50	45.272142	45.27	0,03	0,2
20	25	ჩრდილოეთ ამუგო 109	SU4G09301025	25	42.475774	42.48	45.272420	45.27	0,08	0,6
21	26	109a	SU4G09301026	26	42.487941	42.48	45.293730	45.30	0,01	0,1
22	27	ვახიდის მყინვარი, 110ა	SU4G09301027	27	42.485548	42.48	45.297908	45.30	0,142	0,5
23	28	ვახიდის მყინვარი, 110ბ	SU4G09301028	28	42.478885	42.48	45.302122	45.30	0,005	0,1
24	29	ვახიდის მყინვარი, 110ც	SU4G09301029	29					0,0	0,2
25	30	ვახიდის მყინვარი, 110დ	SU4G09301030	30	42.469780	42.47	45.318678	45.32	0,01	0,1
26	31	აღმოსავლეთ ამუგო	SU4G09301031	31	42.473510	42.47	45.279433	45.28	0,06	0,5
27	32	ლაროვანის მყინვარი, 112	SU4G09301032	31					0,0	0,2
28	33	ლაროვანის მყინვარი, 112ბ	SU4G09301033	33					0,0	0,2

ჩვენ ვსწავლობთ თღზ-ის მიხედვით იმ მცირე მყინვარებს, რომლებიც კატალოგითაც მცირე მყინვარების კატეგორიას მიეკუთვნებიან. 1-6 ცხრილებში მცირე მყინვარი აღნიშნულია მწვანე ფერით, ხოლო ნაცრისფერით – საშუალო ზომის მყინვარი (ამ პროექტში არ შეისწავლება), ყვითელით – თოვლნარი და წითელი ფერით – გამქრალი მყინვარები.

მყინვარების იდენტიფიკაციისათვის, სქემებზე მათი ვიზუალურად მოძიების შემდეგ, მეტი სიზუსტისათვის, მყინვარების გეოგრაფიული კოორდინატები Google

Earth-ის მიხედვით შედარებულია მსოფლიო კატალოგის, WGI-ის მონაცემებთან. გეოგრაფიული კოორდინატებს შორის განსხვავება არ აღემატება ერთ მეასედს, განსხვავებულია მხოლოდ რამდენიმე მონაცემში, რაც კოორდინატების გაზომვის სიზუსტის ფარგლებშია და ადასტურებს ჩატარებული იდენტიფიკაციის სისწორეს.

მდ. პირიქითი ალაზნის აუზის მცირე მყინვარებისათვის ცხრილ 1-ში Google Earth-ის მიხედვით მოყვანილი გეოგრაფიული კოორდინატები, რომლებიც ზემოთაღნიშნული იდენტიფიკაციის სიზუსტიდან გამომდინარე, როგორც ამ მდინარის აუზში ასევე ყველა დანარჩენში ემთხვევა მსოფლიო კატალოგის (WGI)-ის მონაცემებს. განსხვავება მხოლოდ რამდენიმე მონაცემშია (ცხრილში ეს მონაცემები გაწითლებულია), ისიც ერთ მეასედში, რაც კოორდინატების გაზომვის სიზუსტის ფარგლებშია. ამდენად შესასწავლი მყინვარებისათვის მსოფლიო კატალოგის (WGI) მიხედვით მინიჭებული საიდენტიფიკაციო კოდები სინამდვილეს შეესაბამება. (№13 და №21 მყინვარი ორ მყინვარად დანაწევრდა.)

ამგვარად, მდ. პირიქითი ალაზნის აუზის მცირე მყინვარების იდენტიფიცირებისათვის:

- ვისარგებლეთ მყინვარების კატალოგებში მოყვანილი სქემებით;
- მოვახდინეთ მყინვარების ზუსტი გეოგრაფიული მიბმა, რისთვისაც განვსაზღვრეთ მათი მდებარეობის კოორდინატები Google Earth-ის საშუალებით და შევადარეთ მსოფლიო კატალოგში მოცემულ გეოგრაფიულ კოორდინატებს, რაც მყინვარების იდენტიფიკაციის სიზუსტის დასადასტურებლად გამოვიყენეთ.

უნდა აღინიშნოს, რომ ყველა სხვა მცირე მყინვარის იდენტიფიკაციისათვის გამოყენებულია ზემოთ აღწერილი მეთოდიკა.

მე-2 ცხრილში მოყვანილია მდ. ასას აუზის №1–3 (ნახ. 9) მცირე მყინვარების კოორდინატებით დაზუსტებული საიდენტიფიკაციო კოდების ცხრილი და ფართობების მნიშვნელობები თღზ-ის და კატალოგის მიხედვით.

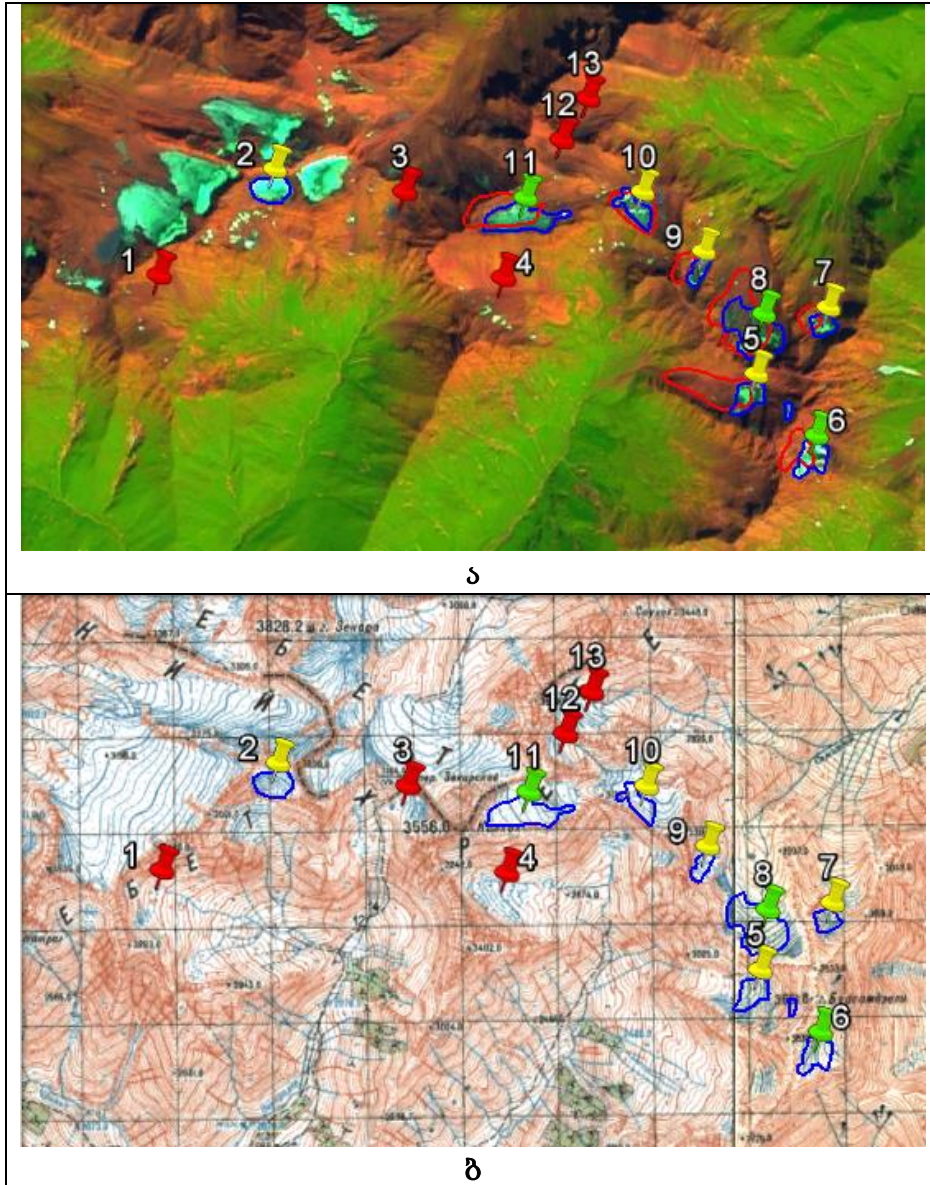
ცხრილი 2. მდ. ასას აუზის მცირე მყინვარების საიდენტიფიკაციო კოდები, გეოგრაფიული კოორდინატები, ფართობების მნიშვნელობები თღზ-ის და კატალოგის მიხედვით

№	№ კატალოგის სქემის მიხედვით	კატალოგის მიხედვით მყინვარის სახელწოდება და/ან №	ID WGI-ის მიხედვით	№ თღზ-ის მიხედვით	განედი Google Earth-ის მიხედვით	განედი WGI-ის მიხედვით	გრძედი Google Earth-ის მიხედვით	გრძედი WGI-ის მიხედვით	ფართ. თღზ-ის მიხედვით (კმ²)	ფართ. კატალოგის მიხედვით (კმ²)
1	1	170	SU4G08012001	1	42,683965	42,68	44,865422	44,87	0.2	0.3
2	2	169	SU4G08012002	2	42,670947	42,67	44,847976	44,85	0.5	0.6
3	3	168	SU4G08012003	3	42,661115	42,67	44,842662	44,85	0.3	0.5

მე-4 სქემაზე (ნახ. 4) წარმოდგენილია მდ. მტკვრის მარცხენა შენაკადების აუზების მყინვარები № 1–27. № 1–22 მდებარეობს მდ. ლიახვის, ხოლო № 23–27 მდ. არაგვის აუზში სქემაზე ასახული მყინვარები ყველა მიეკუთვნება მცირე მყინვარების კატეგორიას.

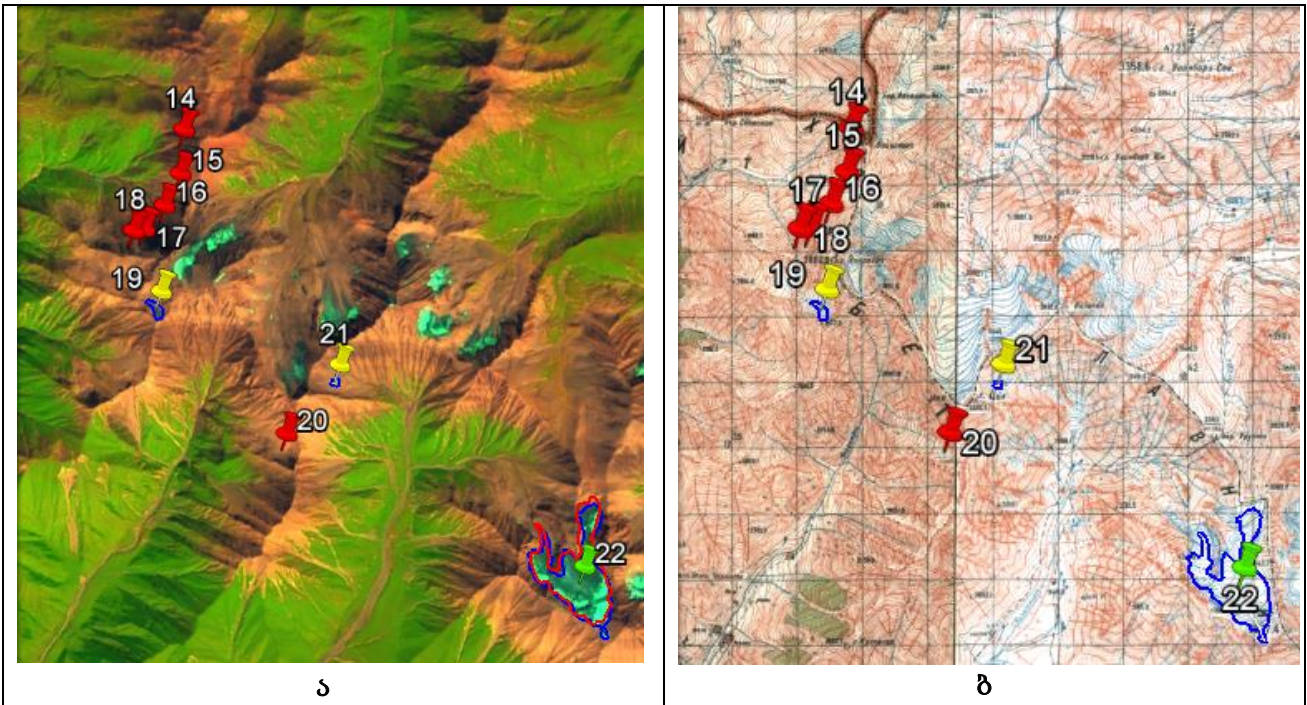
მდ. მტკვრის მარცხენა შენაკადების აუზების მცირე მყინვარების ვიზუალიზაცია და თღზ-ით მიღებული მყინვარების კონტურების შედარება ტოპოგრაფიულ რუკაზე არსებულ შესაბამის მყინვარების კონტურებთან წარმოდგენილია ოთხ ნაწილად (ნახ. 11-14). მყინვარების კონტურები განსაზღვრულია Landsat-ის თანამგზავრული სურათის (ლურჯი ფერის) საფუძველზე და GLIMS-ის მონაცემთა ბაზის (წითელი ფერის) მიხედვით.

მე-11 ნახ-ზე წარმოდგენილია მტკვრის მარცხენა შენაკადის, დიდი ლიახვის აუზის შენაკადების ქეშელთასა და ძომავდონის ხეობაში მდებარე კატალოგის მიხედვით №1-დან №13-ის ჩათვლით.



ნახ. 11. მტკვრის მარცხენა შენაკადის, დიდი ლიახვის აუზის შენაკადების ქეშელთასა და ძომავდონის ხეობაში მდებარე №1-13 მყინვარები. ა – GLIMS-ის მონაცემთა ბაზის (წითელი ფერის) და Landsat-ის თანამგზავრული სურათის (ლურჯი ფერის) მიხედვით დაზუსტებული კონტურები, ბ – მათი შედარება ტოპოგრაფიულ რუკაზე არსებულ შესაბამის მყინვარების კონტურებთან

მე-12 ნახ-ზე მოცემულია მდ. მტკვრის მარცხენა შენაკადის, მდინარე დიდი ლიახვის შენაკადების სბადონისა და კალასანიდონის ხეობაში მდებარე მყინვარები №14-დან №22-ის ჩათვლით.



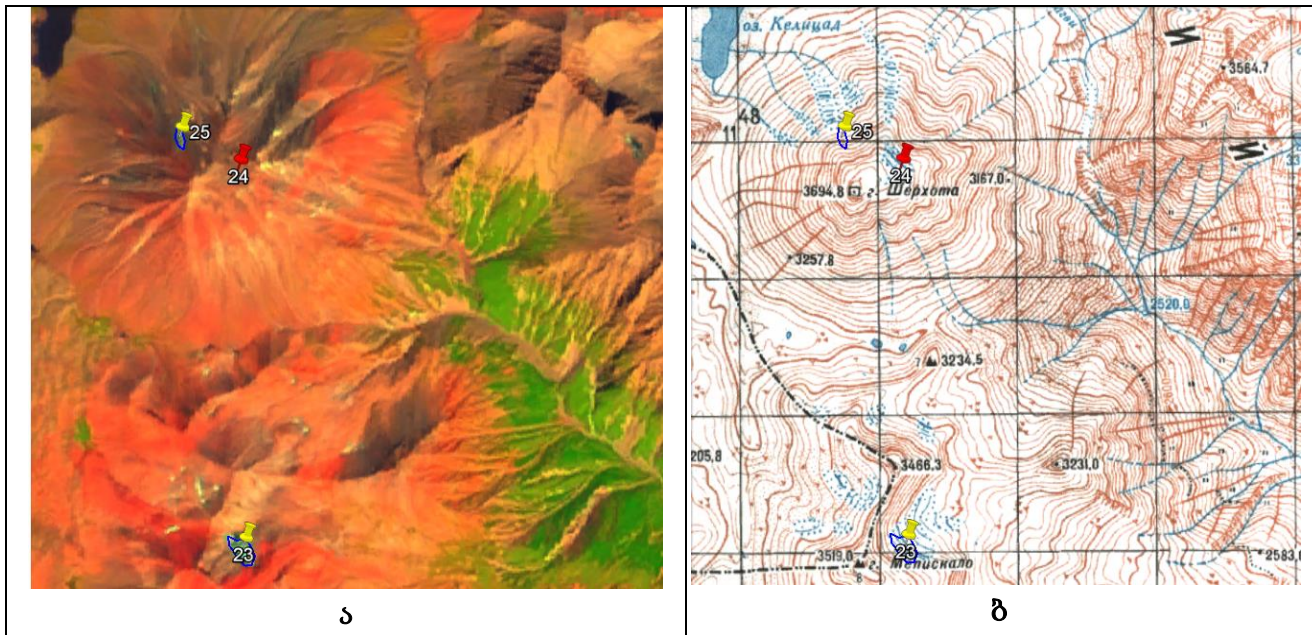
ნახ. 12. მტკვრის მარცხენა შენაკადის, მდინარე დიდი ლიახვის შენაკადების სბადონისა და კალასანიდონის ხეობაში მდებარე №14–22 მყინვარები. ა – Landsat-ის თანამგზავრული სურათის საფუძველზე განსაზღვრული კონტურები, ბ – მათი შედარება ტოპოგრაფიულ რუკაზე არსებულ შესაბამის მყინვარების კონტურებთან

მე-3 ცხრილში მოყვანილია მდ. ლიახვის აუზის №1-22 (ნახ. 11 და 12), მცირე მყინვარების კოორდინატებით დაზუსტებული საიდენტიფიკაციო კოდების ცხრილი და ფართობების მნიშვნელობები თღზ-ის და კატალოგის მიხედვით.

ცხრილი 3. მდ. ლიახვის აუზის მცირე მყინვარების საიდენტიფიკაციო კოდები, გეოგრაფიული კოორდინატები, ფართობების მნიშვნელობები თღზ-ის და კატალოგის მიხედვით

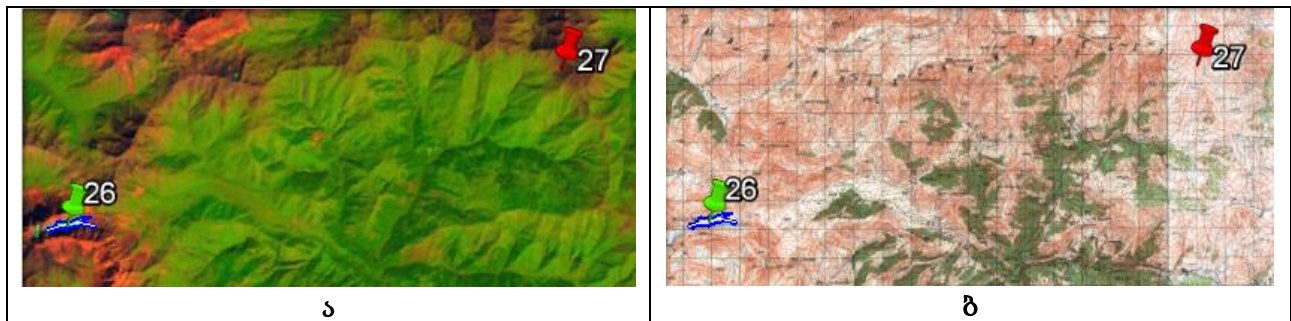
№	№ კატალოგის სქემის მიხედვით	კატალოგის მიხედვით მყინვარის სახელწოდება და/ან №	ID WGI-ის მიხედვით	№ თღზ-ის მიხედვით	განელი Google Earth-ის მიხედვით	განელი WGI-ის მიხედვით	გრძედი Google Earth-ის მიხედვით	გრძედი WGI-ის მიხედვით	ფართ. თღზ-ის მიხედვით (კმ²)	ფართ. კატალოგის მიხედვით (კმ²)
1	1	386a	SU5V09107001	1					0.0	0.1
2	2	386	SU5V09107002	2	42.551331	52.55	43.939758	43.97	0.09	0.2
3	3	387	SU5V09107003	3					0.0	0.3
4	4	4	SU5V09107004	4					0.0	0.1
5	5	5	SU5V09107005	5	42.531861	42.55	44.001359	43.98	0.08	0.4
6	6	6	SU5V09107006	6	42.526017	42.52	44.009036	44.00	0.1	0.2
7	7	393	SU5V09107007	7	42.538178	42.52	44.010580	44.02	0.05	0.2
8	8	391	SU5V09107008	8	42.537556	42.53	44.002308	44.02	0.3	0.7
9	9	392	SU5V09107009	9	42.543520	42.53	43.994645	44.00	0.05	0.1
10	10	388a	SU5V09107010	10	42.549175	42.53	43.986811	44.00	0.08	0.4
11	11	388	SU5V09107011	11	42.548611	42.53	43.971827	44.00	0.2	0.5
12	12	389	SU5V09107012	12					0.0	0.1
13	13	390	SU5V09107013	13					0.0	0.1
14	14	395a	SU5V09107014	14					0.0	0.1
15	15	395b	SU5V09107015	15					0.0	0.3
16	16	395c	SU5V09107016	16					0.0	0.1
17	17	395d	SU5V09107017	17					0.0	0.1
18	18	395e	SU5V09107018	18					0.0	0.1
19	19	395	SU5V09107019	19	42.603978	42.60	44.223382	44.22	0.04	0.3
20	20	20	SU5V09107020	20					0.0	0.1
21	21	21	SU5V09107021	21	42.593898	42.58	44.256467	44.27	0.01	0.3
22	22	396	SU5V09107022	22	42.566271	42.57	44.301740	44.30	1.0	1.8

მე-13 ნახ-ზე წარმოდგენილია მტკვრის მარცხენა შენაკადის, თეთრი არაგვის აუზში მდებარე მყინვარების Landsat-ის თანამგზავრული სურათის საფუძველზე განსაზღვრული კონტურები, და მათი შედარება ტოპოგრაფიულ რუკაზე არსებულ შესაბამის მყინვარების კონტურებთან.



ნახ. 13. მტკვრის მარცხენა შენაკადის, თეთრი არაგვის აუზში მდებარე მყინვარები. ა – Landsat-ის თანამგზავრული სურათის საფუძველზე განსაზღვრული კონტურები, ბ – მათი შედარება ტოპოგრაფიულ რუკაზე არსებულ შესაბამის მყინვარების კონტურებთან

მე-14 ნახ-ზე მოცემულია მტკვრის მარცხენა შენაკადის, ხევსურეთის არაგვის მარჯვენა შენაკადის აბუდელაურის ხეობაში მდებარე №26 აბუდელაურის და №27 მყინვარების თანამგზავრული სურათი, რომელზეც დატანილია აბუდელაურის მყინვარის კონტური. მოყვანილია შესაბამისი ტოპოგრაფიული რუკა. №27 მყინვარი გამჭრალია.



ნახ. 14. №26 აბუდელაურის და №27 მყინვარები. ა – Landsat-ის თანამგზავრული სურათი და აბუდელაურის მყინვარის კონტური, ბ – თდზ-ით აბუდელაურის მყინვარის კონტურის შედარება ტოპოგრაფიულ რუკაზე არსებულ შესაბამის მყინვარის კონტურთან

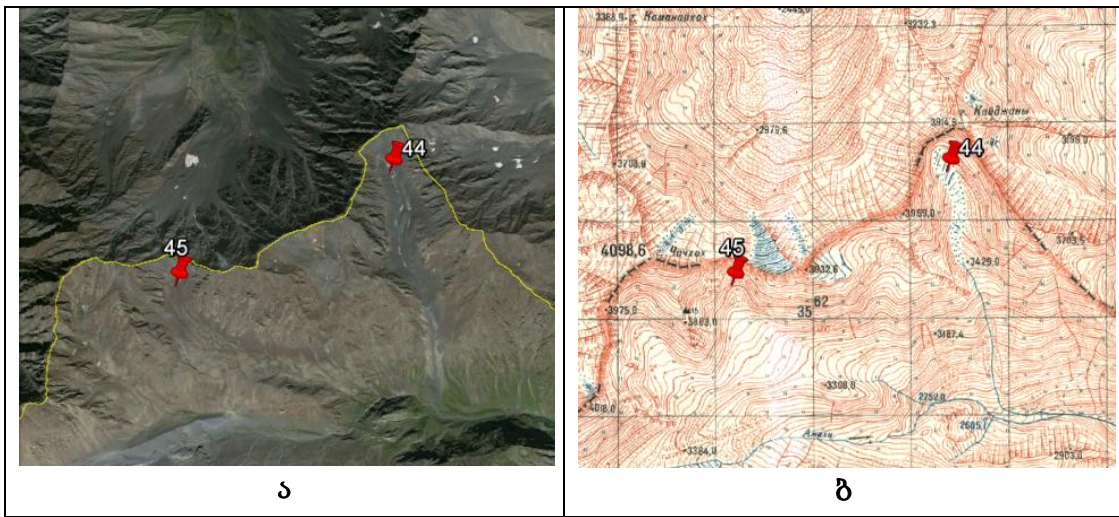
მე-4 ცხრილში მოყვანილია მდ. არაგვის აუზის №23–27 (ნახ. 13 და 14), მცირე მყინვარების კოორდინატებით დაზუსტებული საიდენტიფიკაციო კოდების ცხრილი და ფართობების მნიშვნელობები თღზ-ის და კატალოგის მიხედვით.

ცხრილი 4. მდ. არაგვის აუზის მცირე მყინვარების საიდენტიფიკაციო კოდები, გეოგრაფიული კოორდინატები, ფართობების მნიშვნელობები თღზ-ის და კატალოგის მიხედვით

№	№ კატალოგის სქემის მიხედვით	კატალოგის მიხედვით მყინვარის სახელწოდება და/ან №	ID WGI-ის მიხედვით	№ თღზ-ის მიხედვით	განედი Google Earth-ის მიხედვით	განედი WGI-ის მიხედვით	გრძედი Google Earth-ის მიხედვით	გრძედი WGI-ის მიხედვით	ფართ. თღზ-ის მიხედვით (კმ²)	ფართ. კატალოგის მიხედვით (კმ²)
1	23	23	SU5V09107023	23	42.505254	42.50	44.380461	44.38	0.02	0.1
2	24	397	SU5V09107024	24					0.0	0.3
3	25	25	SU5V09107025	25	42.532116	42.53	44.374850	44.37	0.01	0.2
4	26	აბუღელაური, 399	SU5V09107026	26	42.544889	42.55	44.802943	44.83	0.3	0.8
5	27	27	SU5V09107027	27					0.0	0.2

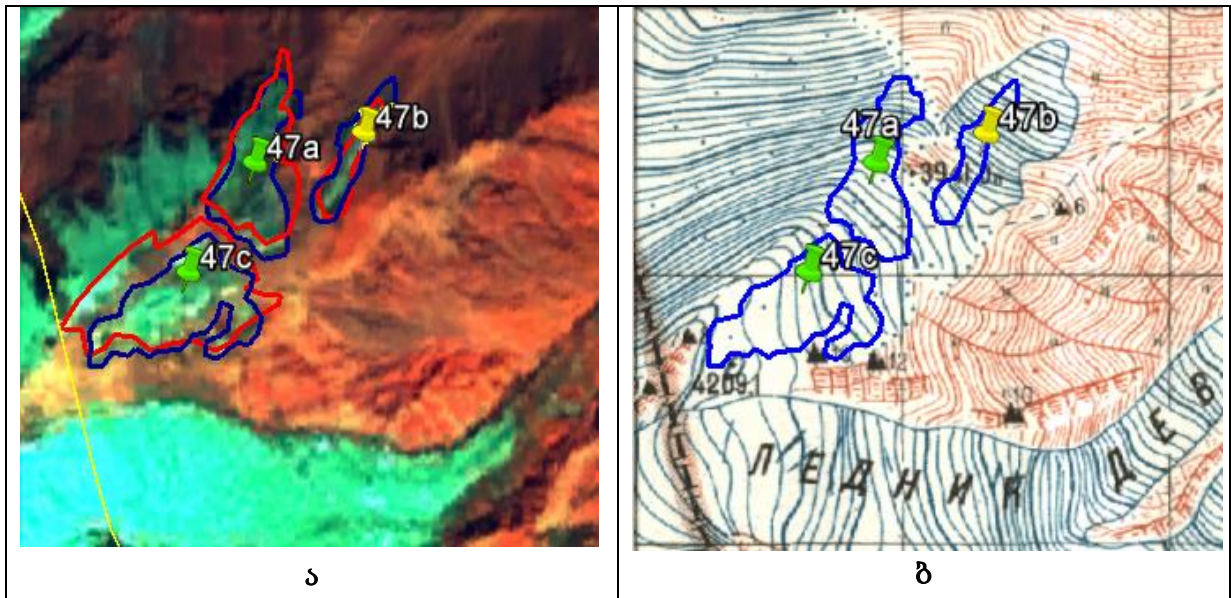
თერგის აუზის მცირე მყინვარების შესწავლისას გამოვიყენეთ მე-5 სქემა (ნახ. 5). მყინვარების შესწავლას ვიწყებთ №44 და №45 მყინვარებით. მე-15 ნახ-ზე მოცემულია Google Earth-ის თანამგზავრული სურათი, სადაც წითელი ქინძისთავეებით დაფიქსირებულია №44 და №45 გამქრალი მყინვარების ადრეული მდებარეობა მე-5 სქემის მიხედვით და შესაბამისი მდებარეობა ტოპოგრაფიულ რუკაზე.

ეს მყინვარები უკვე აღარ არსებობენ, მეტიც საბჭოთა ტოპოგრაფიულ რუკაზეც №45 მყინვარი დატანილი არ არის. მე-15 ნახ-ზე წარმოდგენილია Google Earth-ის თანამგზავრული სურათი, სადაც წითელი ქინძისთავეებით დაფიქსირებულია ამ მყინვარების ადრინდელი მდებარეობა მე-5 ნახ-ზე მოცემული სქემის და მყინვარების მსოფლიო კატალოგის (WGI) კოორდინატების მიხედვით.



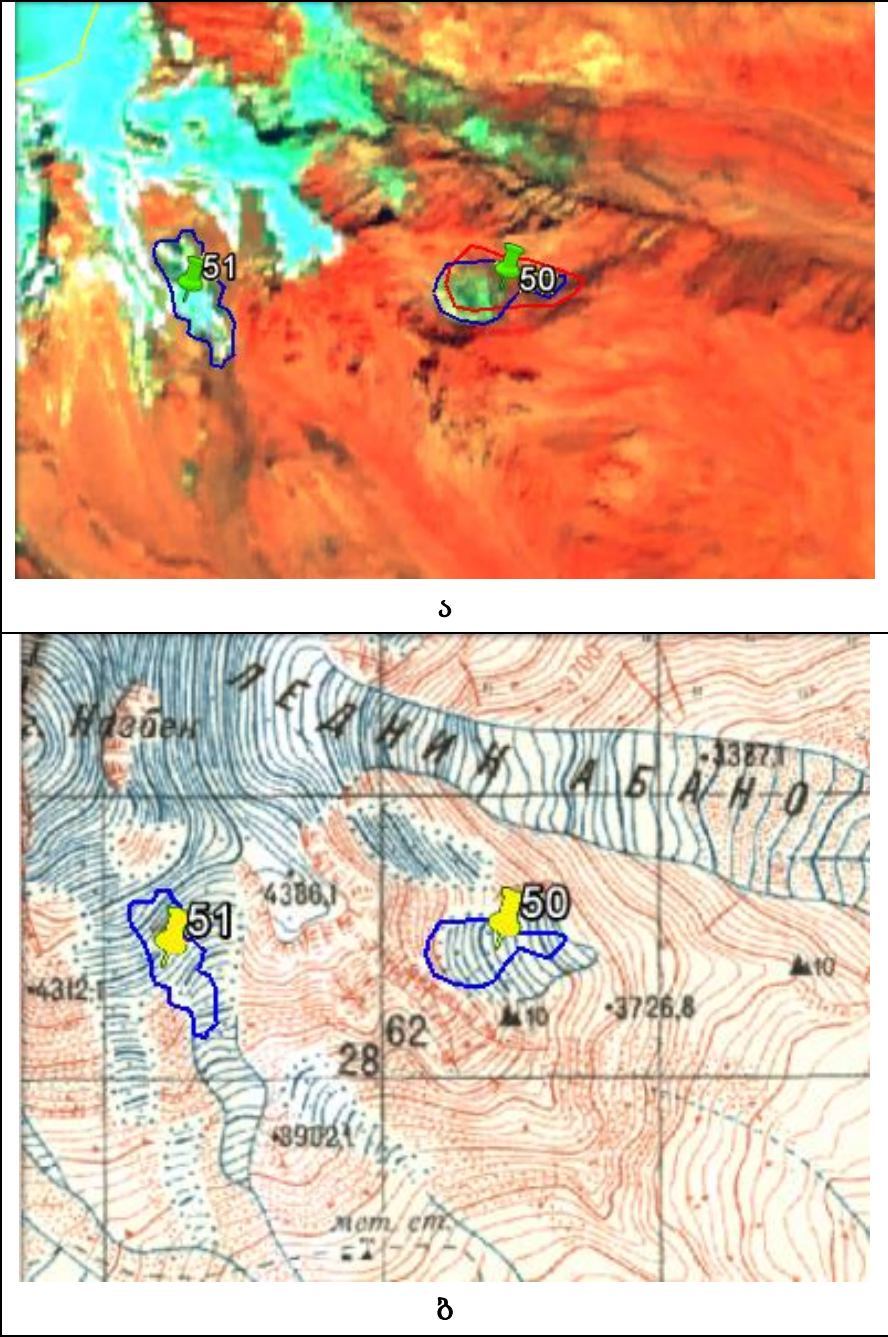
ნახ. 15. №44 და №45 მყინვარები. ა – ვიზუალიზაცია Google Earth-ის თანამგზავრული სურათის მიხედვით, სადაც წითელი ქიხისთაგებით დაფიქსირებულია №44 და №45 გამქრალი მყინვარების ადრეული მდებარეობა მსოფლიო კატალოგის (WGI) კოორდინატების მიხედვით, ბ – თღზ-ით იდენტიფიცირებული მყინვარები ტოპოგრაფიულ რუკაზე.

მე-16 ნახ-ზე წარმოდგენილია №47 დანაწევრებული მყინვარის GLIMS-ის მონაცემთა ბაზის კონტურების (წითელი ფერის) ჩვენს მიერ (Landsat-ის თანამგზავრული სურათის მიხედვით) დაზუსტებული კონტურები (ლურჯი ფერის) და მათი შედარება ტოპოგრაფიულ რუკაზე არსებულ შესაბამის მყინვარის კონტურებთან.



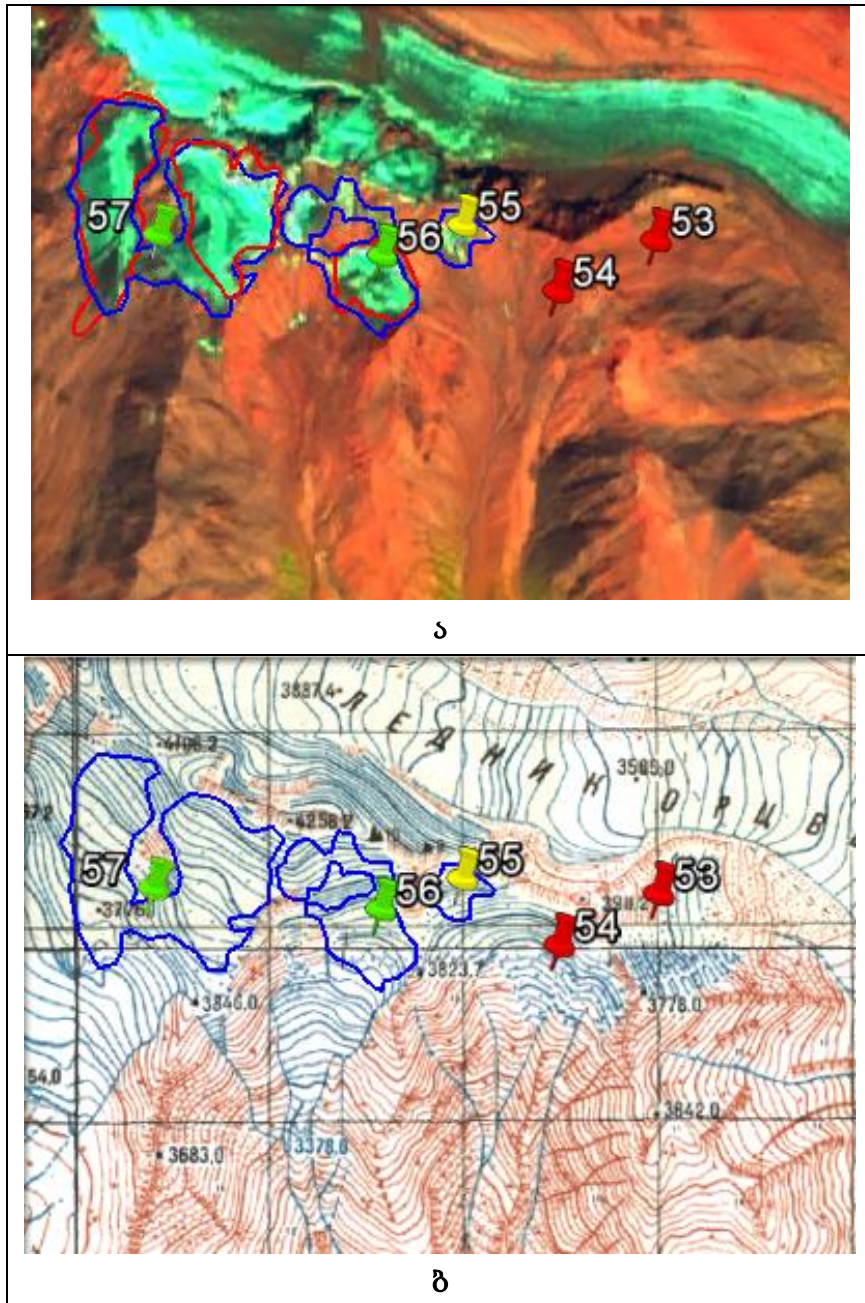
ნახ. 16. №47 დანაწევრებული მყინვარი. ა – GLIMS-ის მონაცემთა ბაზაში დაცული მყინვარის კონტური (წითელი ფერის) და ჩვენს მიერ (Landsat-ის თანამგზავრული სურათის მიხედვით) დაზუსტებული კონტურები (ლურჯი ფერის), ბ – თღზ-ით მიღებული დანაწევრებული მყინვარის კონტურების შედარება ტოპოგრაფიულ რუკაზე არსებულ შესაბამის მყინვარის კონტურთან

№50 და №51 მყინვარების Landsat-ის თანამგზავრული სურათის მიხედვით გავლებული კონტურები და მათი შედარება ტოპოგრაფიულ რუკაზე არსებულ შესაბამის მყინვარების კონტურებთან მოცემულია მე-17 ნახ-ზე. №50 მყინვარისათვის მოცემულია GLIMS-ის მონაცემთა ბაზის (წითელი ფერის) და Landsat-ის თანამგზავრული სურათის (ლურჯი ფერის) მიხედვით დაზუსტებული კონტური.



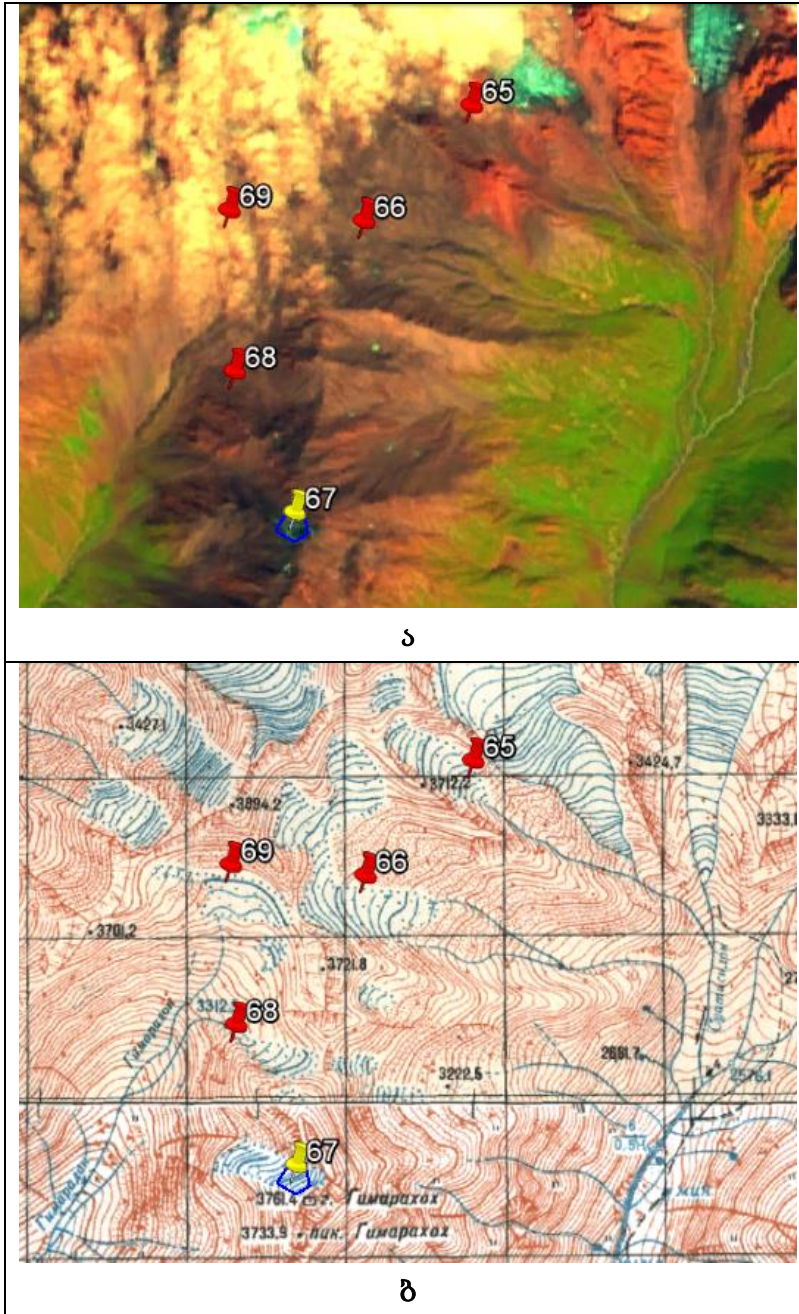
ნახ. 17. №50 და №51 მყინვარები. ა – GLIMS-ის მონაცემთა ბაზაში დაცული №50 მყინვარის კონტური (წითელი ფერის) და ჩვენს მიერ (Landsat-ის თანამგზავრული სურათის მიხედვით) დაზუსტებული კონტურები (ლურჯი ფერის) ბ – მათი შედარება ტოპოგრაფიულ რუკაზე არსებულ შესაბამის მყინვარების კონტურებთან

მე-18 ნახ-ზე წარმოდგენილია №53–56 მყინვარების GLIMS-ის მონაცემთა ბაზაში დაცული კონტურები (ღურჯი ფერის), Landsat-ის თანამგზავრული სურათის მიხედვით დაზუსტებული კონტურები (ღურჯი ფერის) და მათი შედარება ტოპოგრაფიულ რუკაზე არსებულ შესაბამის მყინვარების კონტურებთან



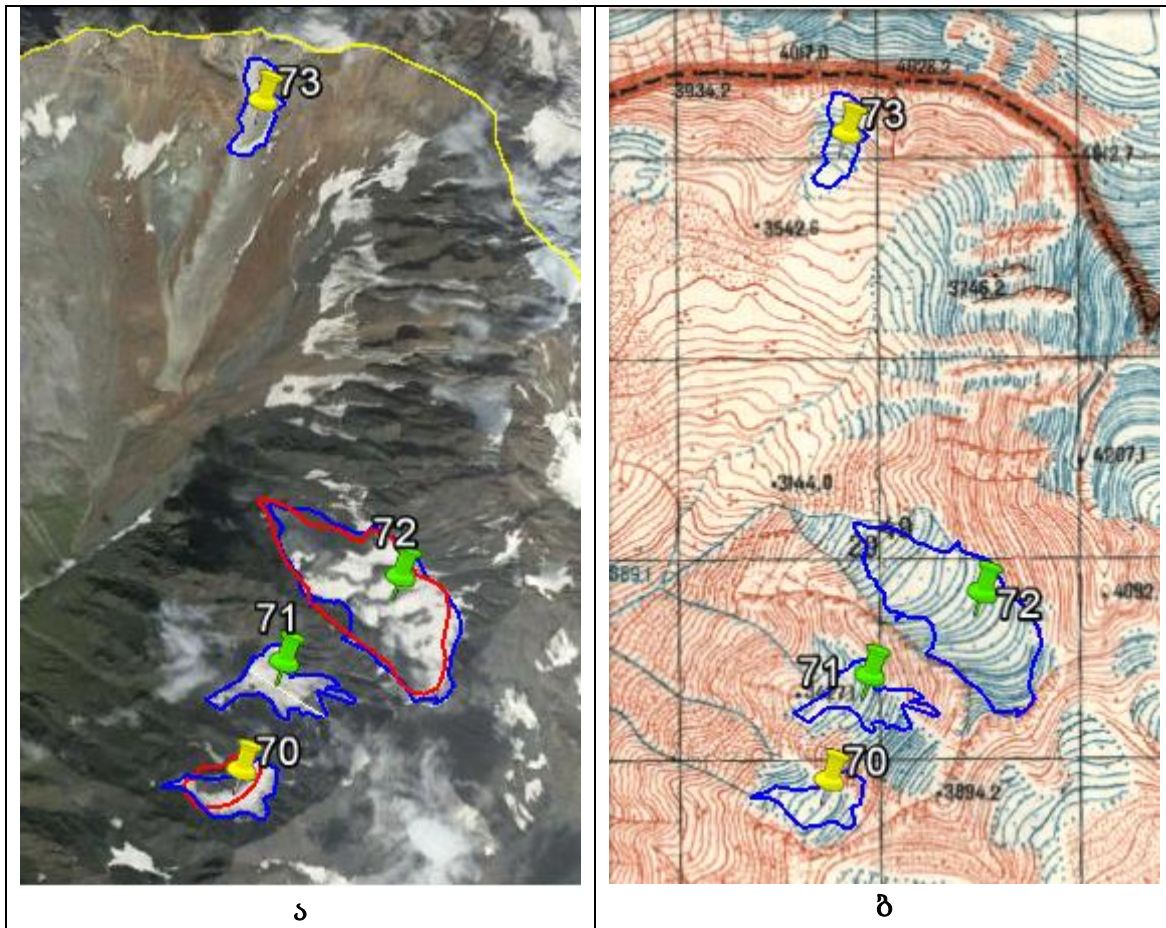
ნახ. 18. №53 – 56 მყინვარები. ა – GLIMS-ის მონაცემთა ბაზაში დაცული მყინვარების კონტურები (წითელი ფერის) და ჩვენს მიერ (Landsat-ის თანამგზავრული სურათის მიხედვით) დაზუსტებული კონტურები (ღურჯი ფერის), ბ – მათი შედარება ტოპოგრაფიულ რუკაზე არსებულ შესაბამის მყინვარების კონტურებთან

მე-19 ნახ-ზე წარმოდგენილია №65–69 მყინვარების ვიზუალიზაცია Landsat-ის თანამგზავრული სურათის მიხედვით. №65, №66, №68 და №69 მყინვარები გამჭრალია. შესაბამისად, თანამგზავრული სურათის მიხედვით ამ მყინვარებიდან მხოლოდ №67 მყინვარის კონტურია გავლებული და მოცემულია მისი შედარება ტოპოგრაფიულ რუკაზე არსებულ შესაბამის მყინვარის კონტურთან.



ნახ. 19. №65–69 მყინვარები. ა – Landsat-ის თანამგზავრული სურათის მიხედვით მყინვარების ვიზუალიზაცია და №67 მყინვარის კონტური (ლურჯი ფერის), ბ – მისი შედარება ტოპოგრაფიულ რუკაზე არსებულ შესაბამის მყინვარის კონტურთან

ნახ. 20-ზე წარმოდგენილია №70-დან №73-მდე მყინვარების GLIMS-ის მონაცემთა ბაზაში დაცული კონტურები (წითელი ფერის), Google Earth DigitalGlobe თანამგზავრული სურათის მიხედვით დაზუსტებული კონტურები (ლურჯი ფერის) და მათი შედარება ტოპოგრაფიულ რუკაზე არსებულ შესაბამის მყინვარების კონტურებთან. მყინვარების კატალოგის მიხედვით №70–73 მყინვარების კონტურების დაზუსტება Google Earth-ის თანამგზავრული სურათის მიხედვით მოხდა, რადგან Landsat-ის სურათზე მყინვარის იდენტიფიცირება ვერ მოხერხდა დრუბლიანობის გამო. ამ მყინვარებიდან GLIMS-ის მონაცემთა ბაზაში №70 მყინვარი G044372E42683N, ხოლო №72 მყინვარი G044381E42692N ნომრით არის რეგისტრირებული.

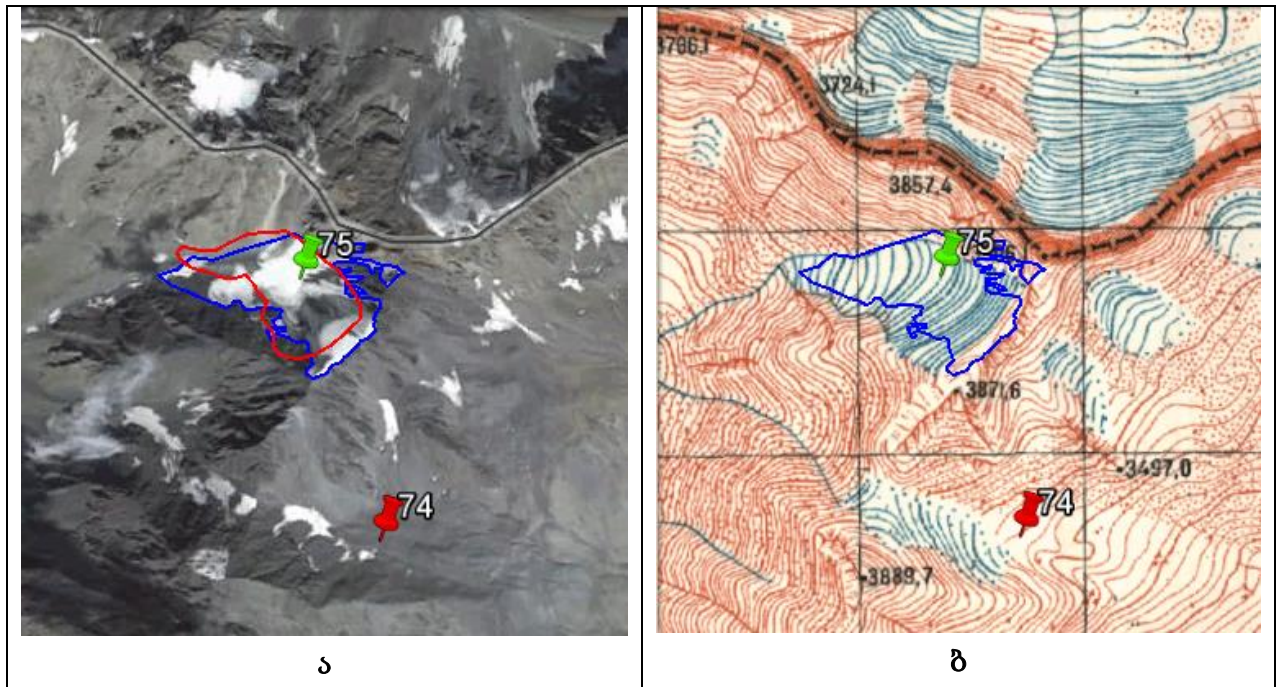


ნახ. 20. №70-დან №73-მდე მყინვარები. ა – GLIMS-ის მონაცემთა ბაზაში დაცული კონტურები (წითელი ფერის) და Google Earth თანამგზავრული სურათის მიხედვით დაზუსტებული კონტურები (ლურჯი ფერის), ბ – მათი შედარება ტოპოგრაფიულ რუკაზე არსებულ შესაბამის მყინვარების კონტურებთან

№74 მყინვარი ისეთივე მცირე ზომის თოვლნარით არის წარმოდგენილი, როგორც ეს იყო №65, №66, №68 მყინვარების შემთხვევაში, რის საფუძველზეც შეიძლება ვივარაუდოთ, რომ ეს მყინვარები უკვე აღარ არსებობენ.

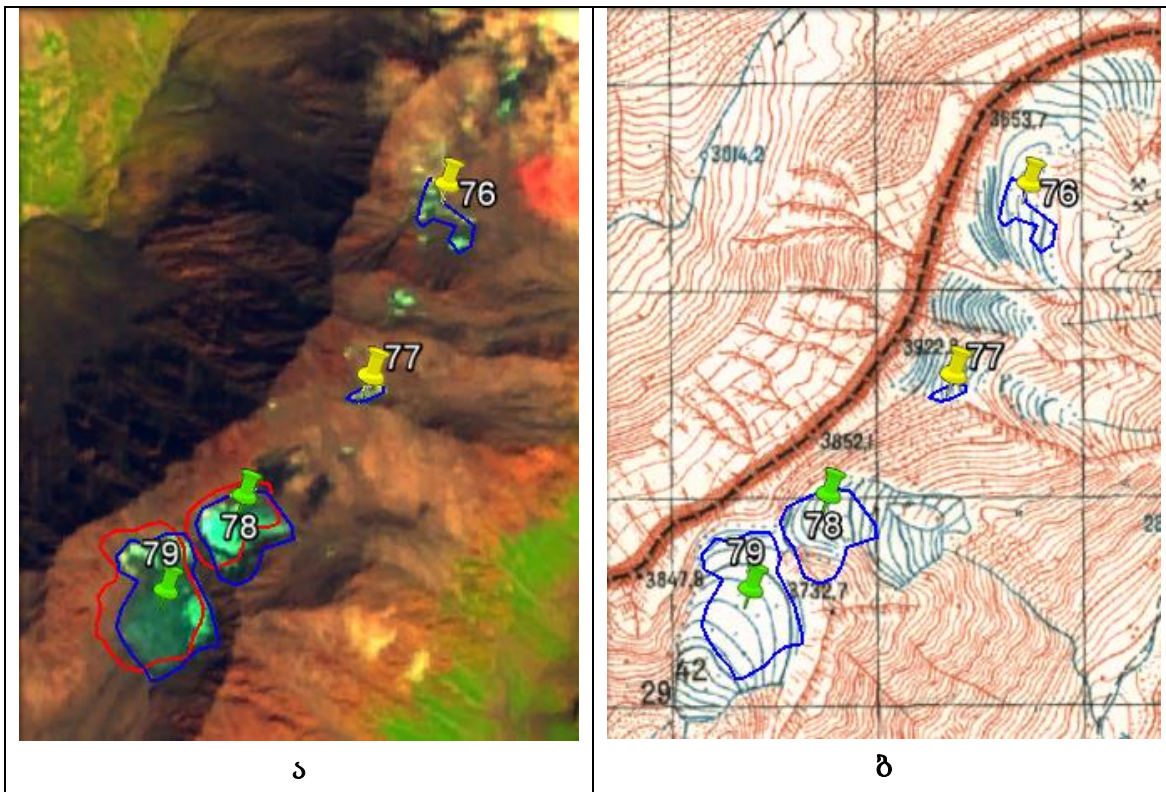
Google Earth არ იძლევა №75 მყინვარის კონტურის დაზუსტების შესაძლებლობას, ამიტომ გამოვიყენეთ პროგრამა Google Earth-ში უფასო ონლაინ რუკების ჩართვის შესაძლებლობა. სპეციალური ფაილის Google Earth-ში გახსნის შემდეგ მომხმარებელს პროგრამაში შესაბამისი რუკის ჩამოტვირთვის შესაძლებლობა ეძლევა. ამ ფაილის ჩამოტვირთვის შემდეგ საინტერესო უბნის მაღალი გარჩევადობის სურათი აღმოჩნდა Nokia Here Maps მონაცემთა ბაზაში.

ნახ. 21-ზე წარმოდგენილია №74 გამქრალი მყინვარი და №75 მყინვარის GLIMS-ის მონაცემთა ბაზაში დაცული კონტური (წითელი ფერის). აგრეთვე მოცემულია Nokia Here Maps-ის თანამგზავრული სურათის მიხედვით დაზუსტებული კონტური (ლურჯი ფერის) და მისი შედარება რუკაზე არსებულ შესაბამის მყინვარის კონტურთან.



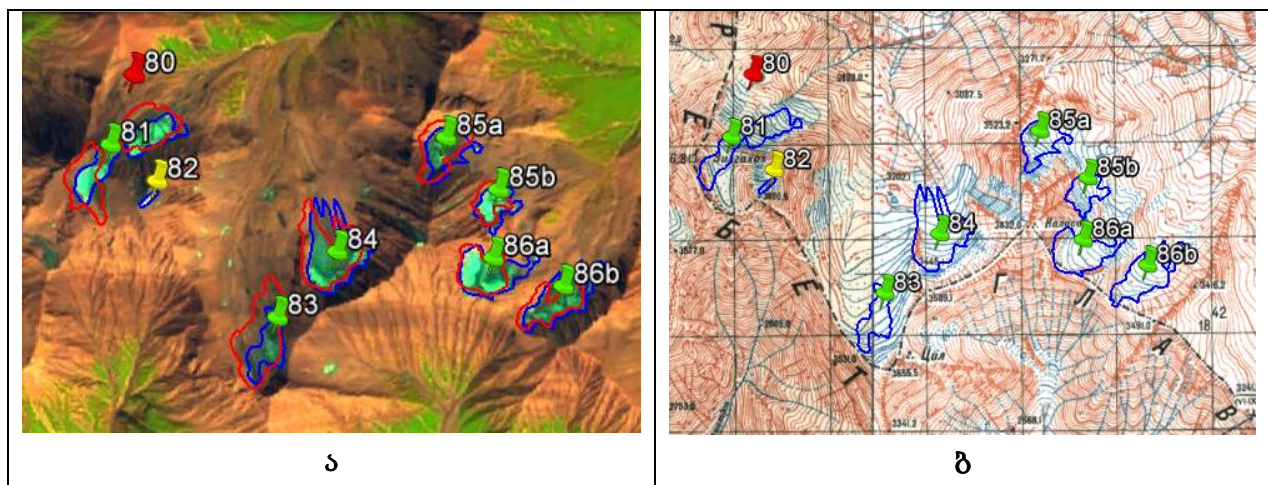
ნახ. 21. №74 და №75 მყინვარები. ა – GLIMS-ის მონაცემთა ბაზაში დაცული №75 მყინვარის კონტური (წითელი ფერის) და Nokia Here Maps-ის თანამგზავრული სურათის მიხედვით დაზუსტებული კონტური (ლურჯი ფერის), №74 მყინვარი გამქრალია, ბ – №74 მყინვარის კონტურის შედარება ტოპოგრაფიულ რუკაზე არსებულ შესაბამის მყინვარის კონტურთან

№76–79 მყინვარების GLIMS-ის მონაცემთა ბაზაში დაცული კონტურები (წითელი ფერის), Landsat -ის თანამგზავრული სურათის მიხედვით დაზუსტებული კონტურები (ლურჯი ფერის) და მათი შედარება ტოპოგრაფიულ რუკაზე არსებულ შესაბამის მყინვარების კონტურებთან მოცემულია ნახ-22-ზე.



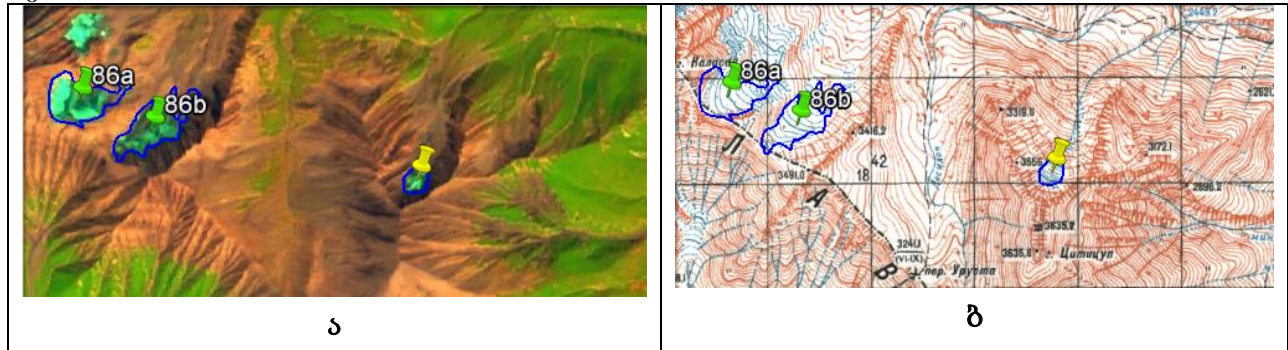
ნახ. 22. №76–79 მყინვარები. ა – Landsat-ის თანამგზავრული სურათის საფუძველზე განსაზღვრული კონტურები, (ღურჯი ფერის) და GLIMS-ის მონაცემთა ბაზაში დაცული მყინვარების კონტურები (წითელი ფერის), ბ – მათი შედარება ტოპოგრაფიულ რუკაზე არსებულ შესაბამის მყინვარების კონტურებთან

№80–86 მყინვარების GLIMS-ის მონაცემთა ბაზაში დაცული კონტურები (წითელი ფერის), Landsat-ის თანამგზავრული სურათის მიხედვით დაზუსტებული კონტურები (ღურჯი ფერის) და მათი შედარება ტოპოგრაფიულ რუკაზე არსებულ შესაბამის მყინვარების კონტურებთან მოცემულია ნახ-23-ზე.



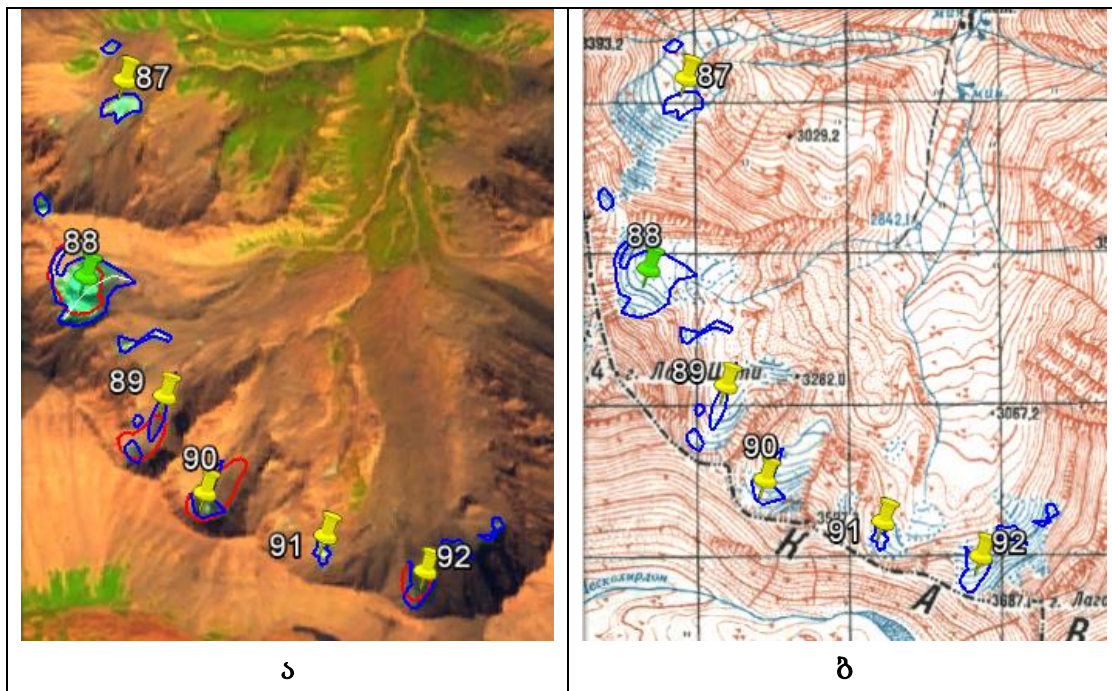
ნახ. 23. №80–86 მყინვარები. ა – Landsat-ის თანამგზავრული სურათის საფუძველზე განსაზღვრული კონტურები, (ღურჯი ფერის) და GLIMS-ის მონაცემთა ბაზაში დაცული მყინვარების კონტურები (წითელი ფერის), ბ – მათი შედარება ტოპოგრაფიულ რუკაზე არსებულ შესაბამის მყინვარების კონტურებთან

კვლავაც შემორჩენილია მყინვარი, რომელიც არ არის იდენტიფიცირებული სსრ კავშირის მყინვარების კატალოგში და სქემის (ნახ. 5) თანახმად 0,1 კმ²-ზე ნაკლებია. იგი მდებარეობს №86 და №87 მყინვარებს შორის და მისი თანამგზავრული სურათი და კონტური, აგრეთვე მათი შედარება ტოპოგრაფიულ რუკაზე არსებულ შესაბამის მყინვარების კონტურებთან წარმოდგენილია 24-ე ნახ.ზე.



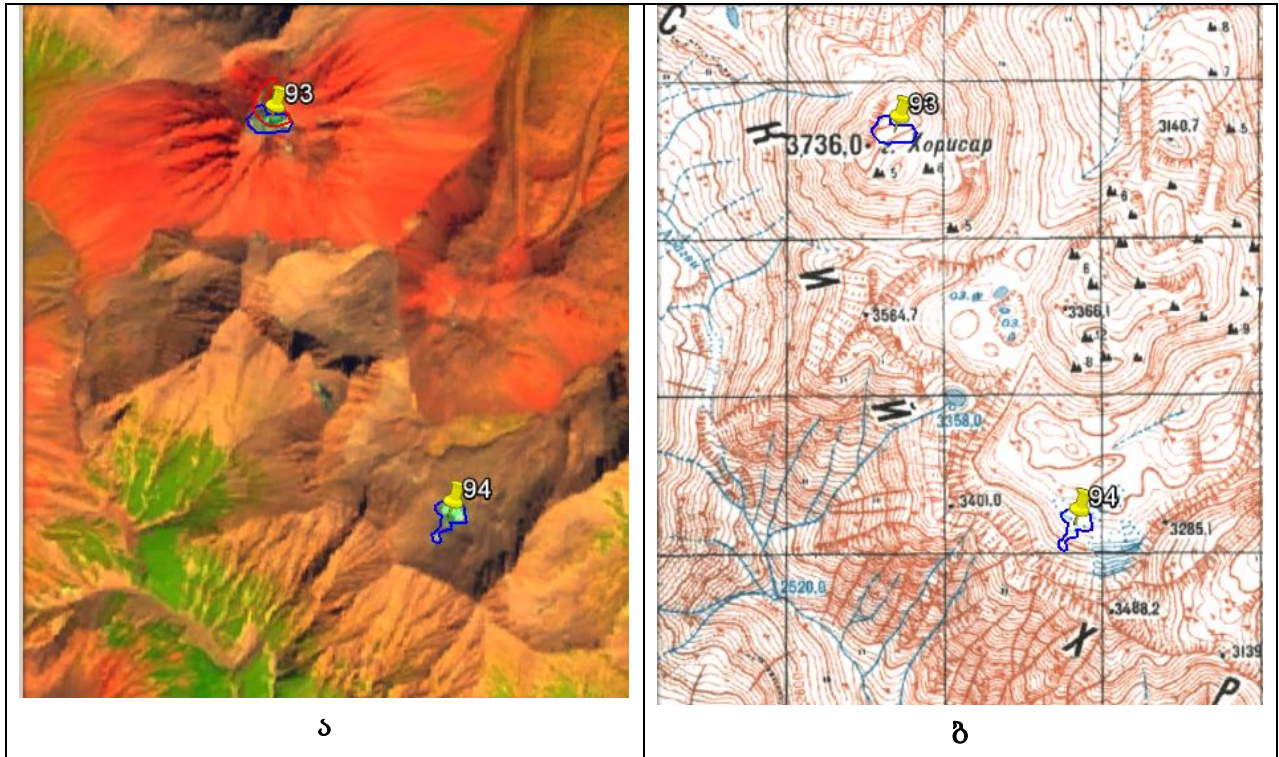
ნახ. 24. №86 და №87 მყინვარებს შორის მდებარე არაიდენტიფიცირებული მყინვარი. ა – Landsat-ის თანამგზავრული სურათის საფუძველზე განსაზღვრული კონტურები, ბ – მათი შედარება ტოპოგრაფიულ რუკაზე არსებულ შესაბამის მყინვარების კონტურებთან

25-ე ნახ.-ზე მოცემულია №87 – №92 მყინვარების GLIMS-ის მონაცემთა ბაზაში დაცული კონტურები (წითელი ფერის), Landsat-ის თანამგზავრული სურათის მიხედვით დაზუსტებული კონტურები (ლურჯი ფერის) და მათი შედარება ტოპოგრაფიულ რუკაზე არსებულ შესაბამის მყინვარების კონტურებთან.



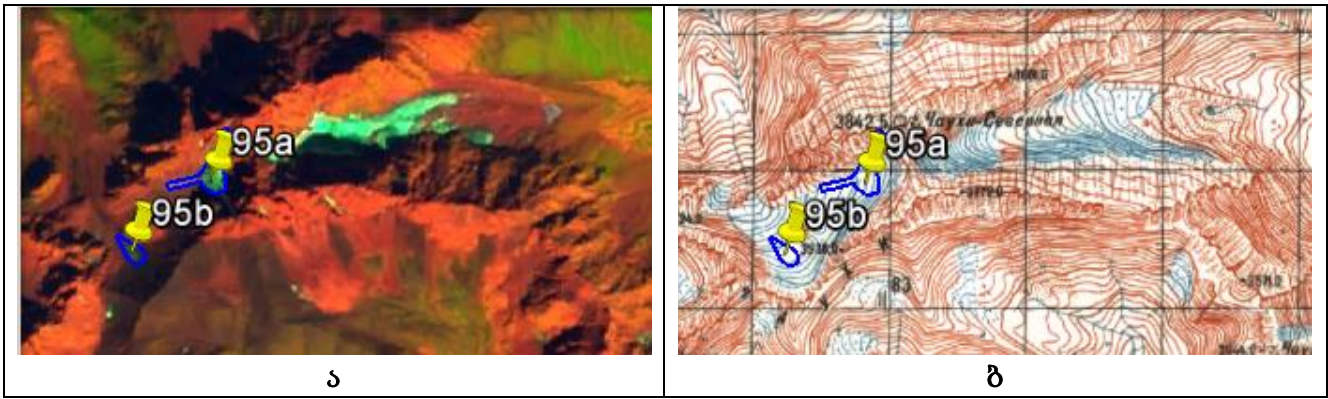
ნახ. 25. №87–92 მყინვარები. ა – Landsat-ის თანამგზავრული სურათის საფუძველზე განსაზღვრული კონტურები, (ლურჯი ფერის) და GLIMS-ის მონაცემთა ბაზაში დაცული მყინვარების კონტურები (წითელი ფერის), ბ – მათი შედარება ტოპოგრაფიულ რუკაზე არსებულ შესაბამის მყინვარების კონტურებთან

№93 და №94 მყინვარების Landsat-ის თანამგზავრული სურათის საფუძველზე განსაზღვრული კონტურები და მათი შედარება ტოპოგრაფიულ რუკასთან მოცემულია 26-ე ნახ-ზე. №93 მყინვარისათვის მოცემულია Landsat-ის თანამგზავრული სურათის საფუძველზე განსაზღვრული კონტურები, (ლურჯი ფერის) და GLIMS-ის მონაცემთა ბაზაში დაცული მყინვარების კონტურები (წითელი ფერის), აგრეთვე შედარება ტოპოგრაფიულ რუკასთან.



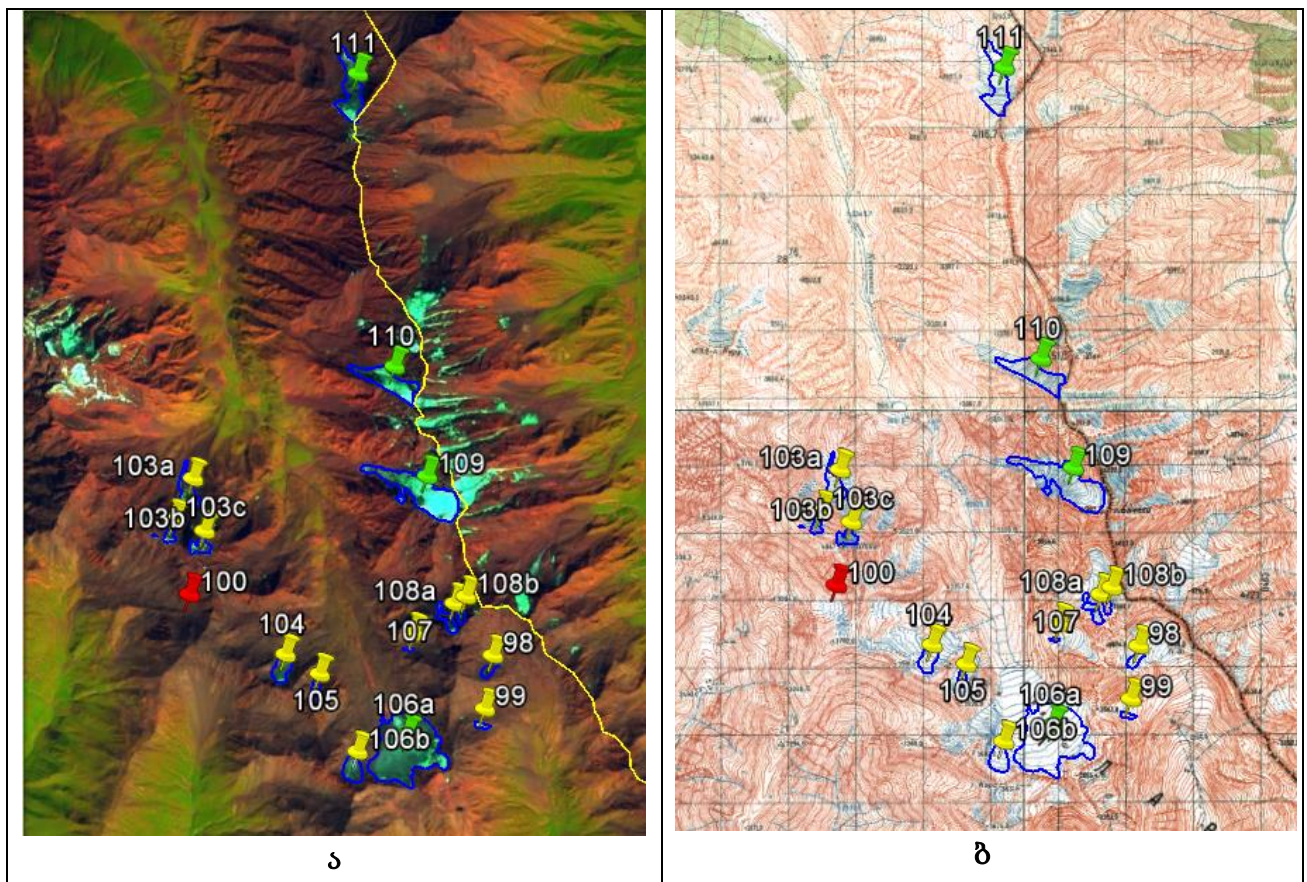
ნახ. 26. №93 და №94 მყინვარები. ა – Landsat-ის თანამგზავრული სურათის საფუძველზე განსაზღვრული კონტურები, (ლურჯი ფერის) და GLIMS-ის მონაცემთა ბაზაში დაცული №93 მყინვარის კონტური (წითელი ფერის), ბ – მათი შედარება ტოპოგრაფიულ რუკაზე არსებულ შესაბამის მყინვარების კონტურებთან

დანაწევრებული №95 მყინვარის (№95ა და №95ბ) Landsat-ის თანამგზავრული სურათის საფუძველზე განსაზღვრული კონტურები და მათი შედარება ტოპოგრაფიულ რუკაზე არსებულ შესაბამის მყინვარების კონტურებთან მოცემულია 27-ე ნახ-ზე.



ნახ. 27. №95a და №95b მყინვარები. ა – Landsat-ის თანამგზავრული სურათის საფუძველზე განსაზღვრული კონტურები, ბ – მათი შედარება ტოპოგრაფიულ რუკაზე არსებულ შესაბამის მყინვარების კონტურებთან

და ბოლოს, 28-ე ნახ-ზე წარმოდგენილია №98–111 მყინვარების Landsat-ის თანამგზავრული სურათის საფუძველზე განსაზღვრული კონტურები და შედარება ტოპოგრაფიულ რუკასთან.



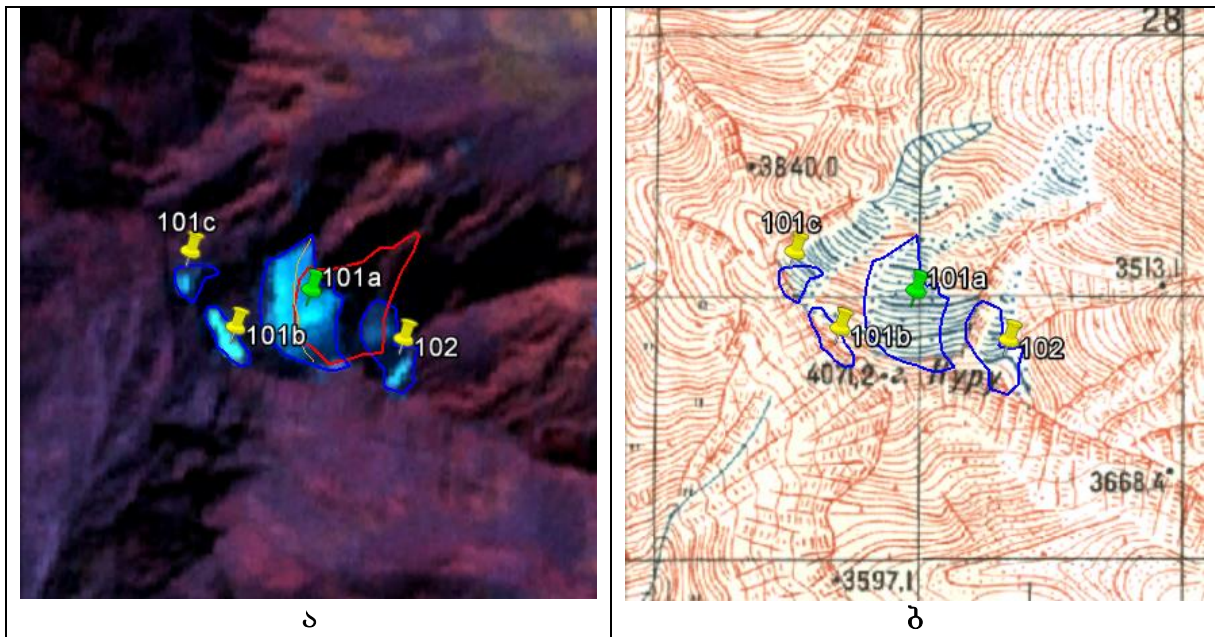
ნახ. 28. №98–111 თერგის აუზის მყინვარები. ა – Landsat-ის თანამგზავრული სურათის საფუძველზე განსაზღვრული კონტურები, ბ – მათი შედარება ტოპოგრაფიულ რუკაზე არსებულ შესაბამის მყინვარების კონტურებთან

მყინვარების კატალოგის მიხედვით მყინვარები №101-დან №111-მდე მდინარე ხდესწყლის (ქისტინკა) აუზში მდებარეობენ. 28-ე ნახ-ზე წარმოდგენილია მდინარე თერგის აუზის მყინვარები №98-დან №111-მდე. №100 მყინვარი გამქრალია, ხოლო №101 და №102-ის თანამგზავრული სურათი არ იძლევა კონტურის დაზუსტების საშუალებას. მყინვარი №103 დანაწევრდა სამ თოვლნარად. №106 და №108, თითოეული წარმოდგენილია ორი თოვლნარის სახით.

როგორც აღვნიშნეთ, ამ თანამგზავრული სურათის მიხედვით №101 და №102 მყინვარის იდენტიფიცირება ვერ მოხერხდა. №101-ე და №102-ე მყინვარის იდენტიფიცირებისათვის ვისარგებლეთ Landsat 7 ETM+ სენსორის 2015 წლის 8 სექტემბრით დათარიღებული თანამგზავრული მონაცემებით და სსრ კავშირის ტოპოგრაფიული რუკით, აგრეთვე სსრ კავშირის მყინვარების კატალოგში მოცემული სქემით.

ქვემოთ მოყვანილია №101 და №102 მყინვარების თანამგზავრული სურათის მიხედვით დაზუსტებული კონტურები და მათი შედარება ტოპოგრაფიულ რუკაზე არსებულ შესაბამის მყინვარების კონტურებთან.

როგორც 29-ე ნახ-დან ჩანს, 101 მყინვარი ძლიერაა ფრაგმენტირებული. ყველაზე დიდი ფრაგმენტის №101a-ს ფართობია 0,11 კმ². შემდეგ მოდის მეორე №101b ფრაგმენტის ფართობია 0,018 კმ² და მესამე, №101c-ს – 0,014 კმ². №102-ე მყინვარის ფართობია 0,042 კმ². წითელი კონტური გლიმსის კატალოგში რეგისტრირებულია როგორც G044695E42677N და მიკუთვნებულია SU4G08011101 მყინვარს, ანუ №101-ს.



ნახ. 29. №101 და №102 თერგის აუზის მყინვარები. ა – Landsat-ის თანამგზავრული სურათის საფუძველზე განსაზღვრული კონტურები, ბ – მათი შედარება ტოპოგრაფიულ რუკაზე არსებულ შესაბამის მყინვარების კონტურებთან

მე-5 ცხრილში მოცემულია მდ. თერგის აუზის მცირე მყინვარების საიდენტიფიკაციო კოდები, გეოგრაფიული კოორდინატები, ფართობების მნიშვნელობები თდზ-ის და კატალოგის მიხედვით.

ცხრილი 5. მდ. თერგის აუზის მცირე მყინვარების საიდენტიფიკაციო კოდები, გეოგრაფიული კოორდინატები, ფართობების მნიშვნელობები თღზ-ის და კატალოგის მიხედვით

№	№ კატალოგის სქემის მიხედვით	კატალოგის მიხედვით მყინვარის სახელწოდება და/ან №	ID WGI-ის მიხედვით	№ თღზ-ის მიხედვით	განული Google Earth-ის მიხედვით	განული WGI-ის მიხედვით	გრძელი Google Earth-ის მიხედვით	გრძელი WGI-ის მიხედვით	ფართ. თღზ-ის მიხედვით (კმ²)	ფართ. კატალოგის მიხედვით (კმ²)
1	44	ბრზ-შა, 244	SU4G0811044	44					0.0	0.1
2	45	243	SU4G0811045	45					0.0	0.1
3	47a	242	SU4G0811047	47a	42.721004	42.72	44.517976	44.50	0.17	0.6
				47b	42.724667	42.72	44.521047	44.50	0.12	
				47c	42.725671	42.72	44.526091	44.50	0.05	
4	50	240b	SU4G0811050	50	42.689767	42.68	44.540056	44.53	0.07	0.1
5	51	239	SU4G0811051	51	42.689189	42.68	44.525408	44.53	0.08	0.1
6	53	237	SU4G0811053	53					0.0	0.2
7	54	236a	SU4G0811054	54					0.0	0.1
8	55	236	SU4G0811055	55	42.668628	42.67	44.522471	44.53	0.06	0.4
9	56	235	SU4G0811056	56	42.667218	42.67	44.517360	44.53	0.26	0.7
10	65	229b	SU4G0811065	65					0.0	0.2
11	66	228	SU4G0811066	66					0.0	0.5
12	67	227	SU4G0811067	67	42.662130	42.67	44.384654	44.38	0.03	0.1
13	68	225	SU4G0811068	68					0.0	0.1
14	69	224	SU4G0811069	69					0.0	0.2
15	70	223a	SU4G0811070	70	42.682873	42.68	44.372898	44.37	0.08	0.2
16	71	223	SU4G0811071	71	42.687580	42.68	44.375369	44.37	0.1	0.3
17	72	222	SU4G0811072	72	42.687580	42.70	44.382211	44.38	0.4	0.6
18	73	ტეპი, 221	SU4G0811073	73	42.711959	42.72	44.373936	44.38	0.06	0.5
19	74	223d	SU4G0811074	74					0.0	0.2
20	75	217a	SU4G0811075	75	42.709844	42.72	44.344076	44.33	0.3	0.4
21	76	217	SU4G0811076	76	42.709844	42.72	44.344076	44.32	0.04	0.5

ცხრილი 5. გაგრძელება 1

№	№ კატალოგის მიხედვით	კატალოგის მიხედვით მეინვარის სახელწოდება და/ან №	ID WGI-ის მიხედვით	№ თღზ-ის მიხედვით	განედი Google Earth-ის მიხედვით	განედი WGI-ის მიხედვით	გრძედი Google Earth-ის მიხედვით	გრძედი WGI-ის მიხედვით	ფართ. თღზ-ის მიხედვით (კმ ²)	ფართ. კატალოგის მიხედვით (კმ ²)
22	77	217e	SU4G0811077	77	42.707366	42.72	44.308121	44.30	0.01	0.1
23	78	216	SU4G0811078	78	42.701765	42.70	44.299764	44.30	0.1	0.3
24	79	სივერაუტი, 215	SU4G0811079	79	42.697662	42.70	44.295173	44.30	0.2	0.4
25	80	213a	SU4G0811080	80					0.0	0.1
26	81	213	SU4G0811081	81	42.611325	42.62	44.230126	44.23	0.2	0.6
27	82	212a	SU4G0811082	82	42.608260	42.62	44.235577	44.25	0.01	0.3
28	83	212	SU4G0811083	83	42.596684	42.60	44.249720	44.25	0.1	1.1
29	84	212b	SU4G0811084	84	42.602249	42.60	44.256736	44.25	0.3	0.8
30	85	211a	SU4G0811085	85a	42.611935	42.62	44.269517	44.27	0.2	0.4
				85b	42.607522	42.62	44.275676	44.27	0.1	
31	86	211	SU4G0811086	86a	42.601713	42.62	44.275055	44.28	0.2	1.4
				86b	42.599326	42.62	44.283280	44.28	0.2	
32	87	208	SU4G0811087	87	42.576921	42.58	44.315517	44.32	0.03	0.4
33	88	207	SU4G0811088	88	42.565556	42.57	44.312508	44.32	0.2	0.3
34	89	206	SU4G0811089	89	42.558631	42.57	44.318712	44.32	0.02	0.3
35	90	205	SU4G0811090	90	42.553037	42.57	44.321858	44.33	0.03	0.2
36	91	91	SU4G0811091	91	42.550546	42.57	44.331333	44.33	0.01	0.1
37	92	92	SU4G0811092	92	42.550818	42.55	44.342347	44.33	0.01	0.3
38	93	203	SU4G0811093	93	42.547222	42.57	44.410541	44.40	0.03	0.2
39	94	204	SU4G0811094	94	42.524701	42.52	44.424573	44.43	0.03	0.2
40	95	191	SU4G0811095	95a	42.541536	42.55	44.789557	44.78	0.06	0.5
				95b	42.536914	42.55	44.782477	44.78	0.02	

ცხრილი 5. გაგრძელება 2

№	№ კატალოგის სქემის მიხედვით	კატალოგის მიხედვით მყინვარის სახელწოდება და/ან №	ID WGI-ის მიხედვით	№ თღზ-ის მიხედვით	განედი Google Earth-ის მიხედვით	განედი WGI-ის მიხედვით	გრძედი Google Earth-ის მიხედვით	გრძედი WGI-ის მიხედვით	ფართ. თღზ-ის მიხედვით (კმ²)	ფართ. კატალოგის მიხედვით (კმ²)
41	96	193	SU4G08011096	96	42,616036	42,62	44,834045	44,83	0.1	0.3
42	97	197	SU4G08011097	97	42,612081	42,62	44,821881	44,82	0.2	0.3
43	98	198	SU4G08011098	98	42.632918	42.63	44.768546	44.77	0.03	0.4
44	99	99	SU4G08011099	99	42.625853	42.63	44.767124	44.77	0.02	0.2
45	100	100	SU4G08011100	100					0.0	0.1
46	101	187a	SU4G08011101	101a	42.676820	42.68	44.693329	44.68	0.1	0.2
				101b	42.675527	42.68	44.689816	44.68	0.02	
				101c	42.678146	42.68	44.687678	44.68	0.01	
47	102	187	SU4G08011102	102	42.675121	42.68	44.697641	44.68	0.04	0.1
48	103	186	SU4G08011103	103a	42.656378	42.67	44.714530	44.72	0.09	0.3
				103b	42.649402	42.67	44.716608	44.72	0.09	
				103c	42.650891	42.67	44.711124	44.72	0.03	
49	104	185b	SU4G08011104	104	42.633034	42.63	44.731195	44.73	0.08	0.5
50	105	185c	SU4G08011105	105	42.630446	42.63	44.737367	44.73	0.03	0.1
51	106	კობიშა, 185	SU4G08011106	106a	42.622423	42.63	44.753170	44.75	0.1	1.9
				106b	42.619840	42.63	44.744121	44.75	0.09	
52	107	185d	SU4G08011107	107	42.635878	42.63	44.754263	44.75	0.01	0.2
53	108	108	SU4G08011108	108a	42.639818	42.65	44.761665	44.77	0.05	0.5
				108b	42.640761	42.65	44.763701	44.77	0.03	
54	109	184	SU4G08011109	109	42.656714	42.67	44.756715	44.75	0.6	0.7
55	110	183	SU4G08011110	110	42.671269	42.67	44.750821	44.75	0.2	0.4
56	111	182	SU4G08011111	111	42.710160	42.72	44.744130	44.73	0.2	0.5

მე-6 სქემაზე (ნახ. 6) მოყვანილი მდ. არღუნის აუზის მყინვარების განხილვისას (№10–15) გამოვლინდა, რომ საქართველოს ამ ტერიტორიაზე ექვსივე მცირე მყინვარია (ცხრ. 6).

ცხრილი 6. მდ. არღუნის აუზის მცირე მყინვარების საიდენტიფიკაციო კოდები, გეოგრაფიული კოორდინატები, ფართობების მნიშვნელობები თღზ-ის და კატალოგის მიხედვით

№	№ კატალოგის სქემის მიხედვით	კატალოგის მიხედვით მყინვარის სახელწოდება და/ან №	ID WGI-ის მიხედვით	№ თღზ-ის მიხედვით	განვლი Google Earth-ის მიხედვით	განვლი WGI-ის მიხედვით	გრძელი Google Earth-ის მიხედვით	გრძელი WGI-ის მიხედვით	ფართ. თღზ-ის მიხედვით (კმ ²)	ფართ. კატალოგის მიხედვით (კმ ²)
1	10	151	SU4G08012010	10	42.706452	42.70	45.084134	45.08	0.09	0.2
2	11	150	SU4G08012011	11a	42.704447	42.70	45.075425	45.08	0.1	0.2
				11b	42.702792	42.70	45.072673	45.08	0.01	
				11c	42.699801	42.70	45.074566	45.08	0.01	
3	12	149	SU4G08012012	12a	42.695145	42.68	45.073027	45.07	0.02	0.1
				12b	42.694551	42.68	45.068118	45.07	0.02	
4	13	144a	SU4G08012013	13	42.632224	42.63	45.052213	45.05	0.055	0.2
5	14	142	SU4G08012014	14	42.594703	42.60	45.019897	45.02	0.096	0.2
6	15	140	SU4G08012015	15	42.540124	42.55	45.279211	45.27	0.056	0.2

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

შესასწავლი მყინვარების საიდენტიფიკაციო კოდების დადგენის შემდგომ განისაზღვრა მცირე მყინვარების კონტურები და მათი ძირითადი მახასიათებლები. მცირე მყინვარების დეგრადაციის კვლევისათვის მნიშვნელოვანია მათი ფართობის განსაზღვრა, რაც 1 – 6 ცხრილშია მოცემული.

ცხადია მიღებული შედეგები ასახავს კლიმატის თანამედროვე ცვლილების ზეგავლენას მცირე მყინვარების მდგომარეობაზე. თღზ-ის მონაცემებით მიღებული საქართველოს მყინვარების კონტურებისა და გასული საუკუნის 60-იანი წლების ტოპოგრაფიულ რუკებზე ასახული მყინვარების კონტურებთან შედარებამ ცხადყო, რომ დაახლოებით ბოლო 50 წლის განმავლობაში საქართველოს ყველა მყინვარის ფართობი შემცირდა. ცალკეული მყინვარებისათვის კატალოგში მოყვანილი ფართობის მონაცემები უფრო ნაკლები აღმოჩნდა, ვიდრე თღზ-ით განსაზღვრული, რაც ქმნიდა ყალბ სურათს, რომ მყინვარების ფართობი 60-იან წლებთან შედარებით გაიზარდა. ჩვენ შევისწავლეთ იმავე პერიოდის ტოპოგრაფიულ რუკებზე მოყვანილი მყინვარების კონტურები, რამაც საშუალება მოგვცა მოგვეხდინა კატალოგის არასანდო მონაცემების კორექტირება, ანუ ფართობის შესახებ იმ მონაცემების შესწორება, რომლებიც უფრო ნაკლები იყო, ვიდრე თღზ-ით მიღებული მონაცემები.

აღმოსავლეთ საქართველოში კატალოგის მიხედვით 132 მყინვარიდან კატალოგის მიხედვით 105 მცირე მყინვარია. აქედან №58-ის ფართობი კატალოგით 0.2 კმ²-ის ტოლია, ხოლო თღზ-ით 0.6 კმ²-ის ანუ მყინვარის ფართობის

მნიშვნელობა გაზრდილია. ეს უზუსტობა დადასტურებული იქნა ტოპოგრაფიული რუკით, რომლის მიხედვით №58 მყინვარის ფართობი ყოფილა 0.92 კმ². მაშასადამე №58 მყინვარის ფართობი შემცირებულია და იგი აღარ მიეკუთვნება მცირე მყინვარების კატეგორიას. ამგვარად აღმოსავლეთ საქართველოში მცირე მყინვარების რაოდენობა 104-ია.

სულ აღმოსავლეთ საქართველოში შესწორდა 6 მცირე მყინვარის ფართობის შესახებ კატალოგის მონაცემების მნიშვნელობა (ცხრ. 7).

ცხრილი 7. აღმოსავლეთ საქართველოს მცირე მყინვარების ფართობების შესახებ კატალოგის მონაცემების კორექცია

№	აუზი	მყინვარის №	თღზ-ით	კატალოგით	ტოპორუკით
1	პირიქითი	17	0.1	0.1	0.32
2	აღაზანი, ცხრ. 1	19	0.3	0.3	0.53
3	ასა, ცხრ. 2	3	0.3	0.3	0.46
4	თერგი, ცხრ. 5	58	0.6	0.2	0.92
5		101	0.1	0.1	0.21
6	არღუნი, ცხრ. 6	11	0.1	0.1	0.24

ამგვარად დათვლილი იქნა აღმოსავლეთ საქართველოს ყველა მცირე მყინვარის ფართობის მნიშვნელობა, როგორც კატალოგის (შესწორებების გათვალისწინებით), ისე თღზ-ის მიხედვით. ამის საფუძველზე შეიქმნა **აღმოსავლეთ საქართველოს მცირე მყინვარების ფართობების შესახებ მონაცემთა გენერალური ერთობლიობა – მონაცემთა სრული სიმრავლე.**

თღზ-ის და კატალოგის მიხედვით მიღებული აღმოსავლეთ საქართველოს მცირე მყინვარების გენერალური ერთობლიობის საფუძველზე დათვლილი იქნა სტატისტიკური მონაცემები, რომლებიც ასახულია 1–6 ცხრილებში. მიღებული სტატისტიკური მონაცემები შეჯამებულია და წარმოდგენილია მე-8 ცხრილში.

ცხრილი 8. აღმოსავლეთ საქართველოს მცირე მყინვარების რაოდენობა მყინვარების კატალოგის და თღზ-ის მიხედვით

სქემის №	მცირე მყინვარი კატალოგის მიხედვით	თღზ-ის მონაცემებით იდენტიფიცირებული მცირე მყინვარები			
		მცირე მყინვარი	თოვლნარები	გამქრალი მყინვარები	სულ
1	25	14	9	3	26
2	2	2	0	0	2
3	20	3	6	3	20
4	4	2	9	13	4
5	47	12	31	11	54
6	6	1	8	0	9
სულ	104	30	58	27	115

მე-8 ცხრილის ანალიზის საფუძველზე შეიძლება დავასკვნათ, რომ აღმოსავლეთ საქართველოში მყინვარების კატალოგის მიხედვით აღრიცხულია 104 მცირე მყინვარი, ყველა მათგანი იდენტიფიცირებულია. მყინვარების დანაწევრებისა და გაღობის შედეგად მცირე მყინვარების რაოდენობა შეიცვალა. თანამგზავრული მონაცემებით აღმოსავლეთ საქართველოში იდენტიფიცირებულია 115 მცირე მყინვარი, თოვლნარი და გამქრალი მყინვარი. ამ მყინვარებიდან:

- დარჩენილია 30 მცირე მყინვარი, ანუ იდენტიფიცირებულის 26.1 %;
- გაღნა და თოვლნარად იქცა 58, ანუ იდენტიფიცირებულის 50.4 %;
- გაქრა ანუ მთლიანად გაღნა 27, ანუ იდენტიფიცირებულის 23.5 %.

ასე რომ, მყინვარების კატალოგში აღრიცხული აღმოსავლეთ საქართველოს 104 მცირე მყინვარიდან, ამჟამად კლიმატის გლობალური დათბობის გამო, დარჩა მხოლოდ 30 მცირე მყინვარი ანუ **ადრე არსებულის 28,8%** რაც ნიშნავს, რომ **74 (71,2%) მცირე მყინვარი ან თოვლნარად იქცა, ან საერთოდ გაქრა.**

ჩატარებული კვლევა ნათლად მიუთითებს იმაზე, რომ კლიმატის გლობალური დათბობა ნეგატიურ ზემოქმედებას ახდენს აღმოსავლეთ საქართველოს მყინვარებზე. ეს ვითარება განსაკუთრებით ვლინდება მცირე მყინვარების შემთხვევაში, კერძოდ, აღმოსავლეთ საქართველოს მცირე მყინვარების 71,2% მთლიანად ან ნაწილობრივ გაღნა კლიმატის რეგიონული ზემოქმედების შედეგად.

თუ გავითვალისწინებთ კლიმატის ცვლილების შესახებ საქართველოს მესამე ეროვნული შეტყობინების შეფასებებს [40], რომელთა მიხედვითაც ბოლო 50 წლის განმავლობაში ხდება ჰაერის ტემპერატურის აქსელერაცია დროში, კერძოდ აღნიშნულ რეგიონში ჰაერის ტემპერატურის მატება 1 °C-მდე დიაპაზონში, დიდი ალბათობით შეიძლება ითქვას, რომ აღმოსავლეთ საქართველოში დარჩენილი მცირე მყინვარები მთლიანად გაღნება, თუმცა მათ გარკვეულწილად ჩაანაცვლებს საშუალო და დიდი მყინვარების დანაწევრებით და დნობით მიღებული მცირე მყინვარები.

4.2. დასავლეთ საქართველოს მცირე მყინვარები

დასავლეთ საქართველოს მყინვარების შესასწავლად გამოყენებულია თანამგზავრული სურათები, რომლებიც წარმოადგენენ ფსევდოფერად კომპოზიციურ სურათებს შედგენილს Landsat-8 OLI სენსორის მონაცემების საფუძველზე. ამ სურათების შედგენისას ვისარგებლეთ მე-6, მე-5 და მე-4 არხების სპექტრალური არხების კომბინაციით, რომელიც ჩვეულებრივ, მყინვარების შესწავლისათვის გამოიყენება. კერძოდ, წითელ ფერად მივიჩნიეთ OLI სენსორის მე-6 არხი (SWIR 1), მწვანე ფერად მე-5 არხი (NIR), ლურჯ ფერად მე-4 არხი (RED) (ცხრ. 9) თანამგზავრული მონაცემის დამუშავების შემდეგ თანამგზავრული სურათის სივრცითი გარჩევადობის 30 მ-დან 15 მ-მდე გაუმჯობესების მიზნით გამოყენებულია 15 მ სივრცითი გარჩევადობის პანქრომატული არხი. ამ კომბინაციის შერჩევას თოვლით დაფარული რეგიონები და მყინვარები იღებს ცისფერ-ლურჯ ფერებს, ღრუბლები გამოხატულია თეთრი ფერით, მცენარეული საფრით დაფარული უბნები იღებს მწვანე ფერს, ხოლო მცენარეული საფრისა და მყინვარებისაგან თავისუფალი კლდეები – რუხ-მოწითალო ფერს.

ცხრილი 9. Landsat-8-ზე განთავსებული OLI და TIRS სენსორების სპექტრალური არხები.

სპექტრალური არხები	ტალღის სიგრძე (მკმ)	სივრცითი გარჩევადობა (მ)	დანიშნულება
I არხი	0.43-0.45	30	აეროზოლის და სანაპირო ზოლის კვლევა
II არხი (blue)	0.45-0.51	30	ლურჯი
III არხი(green)	0.53-0.59	30	მწვანე
IV არხი(red)	0.64-0.67	30	წითელი
V არხი (NIR)	0.85-0.88	30	ახლო ინფრაწითელი, მცენარეული საფარის შესწავლა
VI არხი (SWIR1)	1.57-1.65	30	მოკლელტალღოვანი ინფრაწითელი I, მცენარეული საფარს, ნახანძრავების შესწავლა
VII არხი (SWIR2)	2.11-2.29	30	მოკლელტალღოვანი ინფრაწითელი II, მცენარეული საფარის, ნახანძრავების შესწავლა
VIII არხი (Pancromatic)	0.50-0.68	15	15 პანქრომატული. დანარჩენი არხების გარჩევადობის გაზრდა
IX არხი (Cirrus)	1.36-1.38	30	ღრუბლების კვლევა
X არხი (TIRS 1)	10.60-11.19	100 * (30)	თერმული ინფრაწითელი I, ზედაპირის ტემპერატურის შესწავლა
XI არხი (TIRS 2)	11.50-12.50	100 * (30)	თერმული ინფრაწითელი II, ზედაპირის ტემპერატურის შესწავლა

* შესაძლებელია 30 მ გარჩევადობაზე დაყვანა.

მყინვარების კონტურების გავლება ჩატარდა მანუალური დიგიტალიზაციით, რომლის დროსაც ფართოდაა გამოყენებული საექსპერტო ცოდნა. შესასწავლი მყინვარების იდენტიფიკაციისათვის და კონტურების დასაზუსტებლად გამოყენებულია ASTER DEM რელიეფის ციფრული მოდელი და გასული საუკუნის 60-იანი წლების საბჭოთა კავშირის ტოპოგრაფიული რუკები.

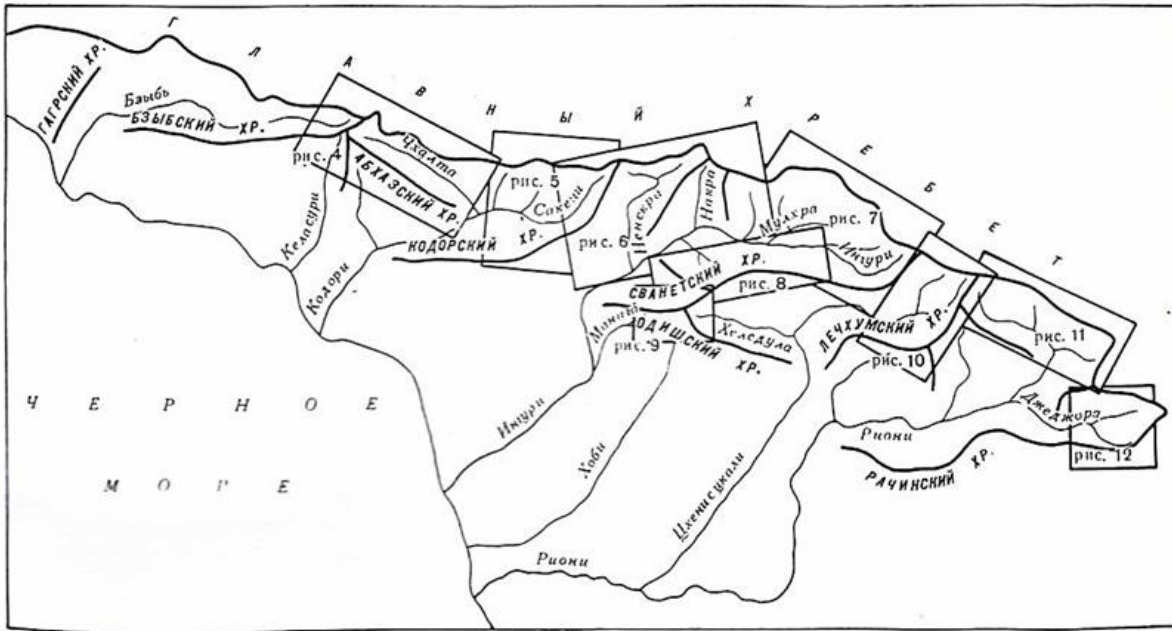
რელიეფის ციფრული მოდელის საშუალებით წარმოდგენილია მყინვარების 3D ვიზუალიზაცია. თანამგზავრული სურათის 3D ვიზუალიზაციის გამოყენებით რელიეფის ანალიზით დაზუსტდა მყინვარის მდებარეობა მდინარეთა აუზების მიხედვით, რიგ შემთხვევაში დაზუსტდა მყინვარის ძირითადი მახასიათებლებიც: ფართობი, მაქსიმალური სიგრძე, მინიმალური და მაქსიმალური სიმაღლე. ამ მონაცემების განსაზღვრისათვის თდზ-ის სურათებთან ერთად კომპლექსურად გამოიყენება მყინვარების ისტორიული მონაცემები სსრ კავშირის მყინვარების კატალოგიდან მყინვართა განლაგების სქემები, ექსპერტული დასკვნები. ყოველივე ამის საშუალებით განხორციელდა ხარისხის კონტროლისა და ხარისხის შეფასების პროცედურები.

ისევე, როგორც აღმოსავლეთ საქართველოს მცირე მყინვარებისათვის თანამგზავრულ სურათებზე მწვანე ფერის „ქინძისტავეებით“ ნაჩვენებია 0,1 კმ²-ზე და მეტი ფართობის მქონე მყინვარები, ყვითელი ქინძისტავეებით 0,1 კმ²-ზე ნაკლები ფართობის მყინვარები ანუ თოვლნარები, ხოლო წითელი ფერით გამქრალი მყინვარები. 0,1 კმ²-ზე ნაკლები ფართობის მყინვარები თოვლნარებია და მათი მახასიათებლები არ განიხილება. შესაბამისი ფერების ქინძისტავეების დამაგრება ჩატარდა მას შემდეგ, რაც მოვახდინეთ ამ მყინვარების იდენტიფიკაცია (მათ შორის გამქრალი მყინვარების) და დავადგინეთ მყინვარების მახასიათებლები. ასეთივე ფერებით აღინიშნა ცხრილებში მათი შესაბამისი საიდენტიფიკაციო ნომერი და ფართობის მნიშვნელობები.

დასავლეთ საქართველოს მყინვარების შესახებ ინფორმაცია წარმოდგენილია მყინვარების კატალოგის მე-9 ტომის 1 გამოშვების 2-6 ნაწილში №1-დან №409-მდე [17]. მყინვარების იდენტიფიცირებისათვის ძირითადად გამოყენებულია მყინვარების კატალოგში მოყვანილი სქემები, სადაც ნაჩვენებია მყინვარების და შესაბამის მდინარეთა აუზების მდებარეობა.

30-ე ნახ-ზე წარმოდგენილია დასავლეთ საქართველოს მყინვარული აუზების განლაგების საერთო სქემა, რომლის საზღვრებშიც განლაგებულია კატალოგში წარმოდგენილი 4–12 ნახ-ზე ნაჩვენები მყინვარები, სულ 409 მყინვარი.*

*კატალოგში საერთო სქემის ნახატის წარწერის ქვეშ მითითებაა: ნახ. 4 – მყინვარები №1–61, ნახ. 5 – მყინვარები №62–136, ნახ. 6 – მყინვარები №137–274, ნახ. 7 – მყინვარები №248–310, ნახ. 8 – მყინვარები №311– 341 და №351– 358, ნახ. 9 – მყინვარები №342– 350, ნახ. 10 – მყინვარები №359–376, ნახ. 11 – მყინვარები №377–418, ნახ. 12 – მყინვარები №419–427. ე.ი სულ სქემებზე წარმოდგენილია 427 მყინვარი. ეს არ შეესაბამება კატალოგის შესაბამის სქემებზე მოცემულ ნომრებს, სადაც საბოლოო ჯამში მყინვარების რაოდენობა არის 409. 30-ე ნახ-ზე წარწერის ქვეშ მითითება დაზუსტებულია ჩვენს მიერ.



ნახ. 30. მყინვარული აუზების განლაგების საერთო სქემა, რომლის საზღვრებშიც განლაგებული არიან კატალოგის 4-12 ნახ-ზე ნაჩვენები მყინვარები. 4 - მყინვარები №1-61, 5 - მყინვარები №62-136, 6 - მყინვარები №137-243, 7 - მყინვარები №244-295, 8 - მყინვარები №296-325 და №335-342, 9 - მყინვარები №326-334, 10 - მყინვარები №343-360, 11 - მყინვარები №361-400, 12 - მყინვარები №401-409

ამგვარად, 30-ე ნახ-ზე ნაჩვენებია დასავლეთ საქართველოს მყინვარული აუზების განლაგების საერთო სურათი, რომელიც მოიცავს 9 სქემას 409 მყინვარით.

გამარტივების თვალსაზრისით მე-7 სქემა მდინარეთა აუზების მიხედვით სამად დაიყო, ხოლო მე-8 სქემა - ორად და საბოლოოდ მივიღეთ 12 სქემა:

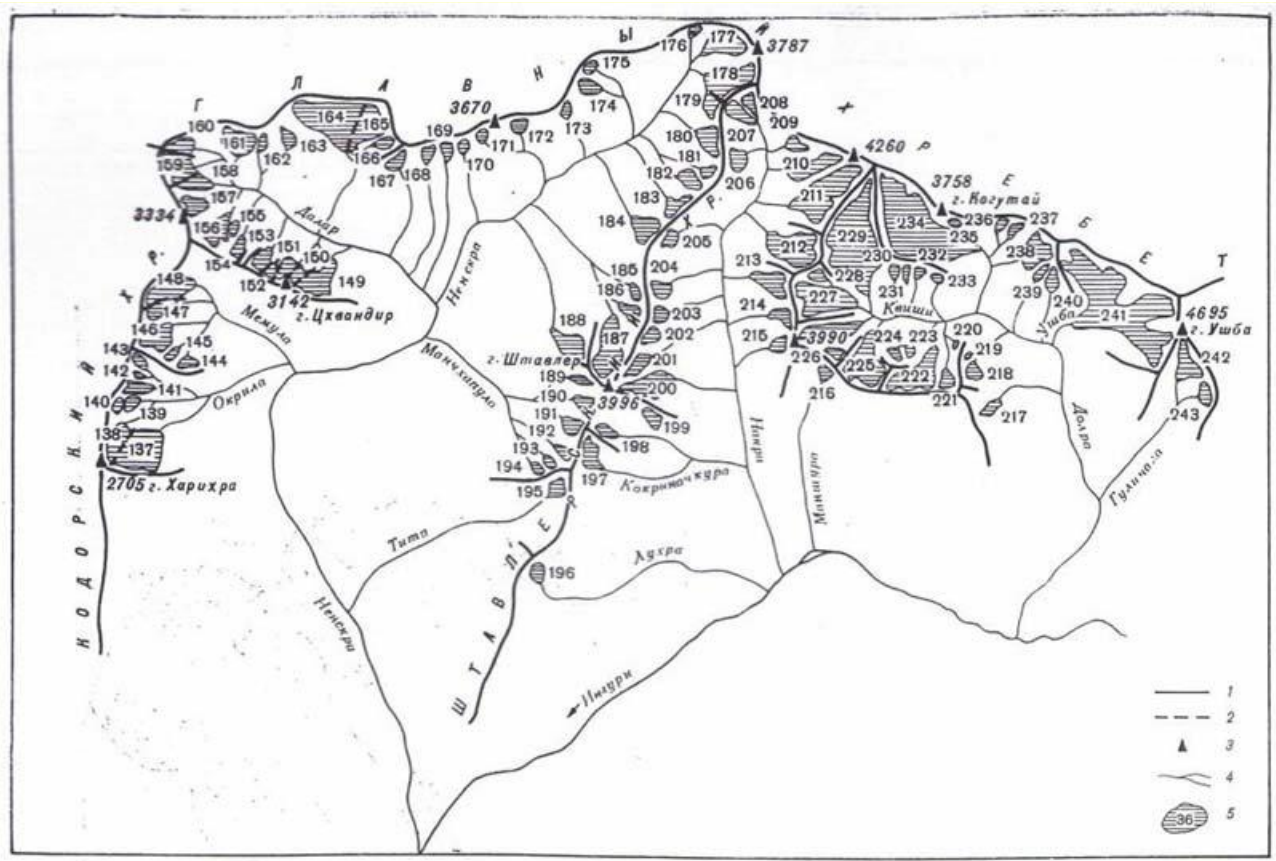
1. მდინარეების ბზიფის, კელასურის და კოდორი-ამტყელის შენაკადების და ჩხალთის აუზების მყინვარები №1-61;
2. მდინარე კოდორის ზემო წელის მყინვარები №62-136;
3. მდინარეების ნენსკრას, ნაკრას და დოღრას (მდინარე ენგურის მარჯვენა შენაკადი) აუზების მყინვარები №137-243.
4. მდინარეების მულხრასა და ენგურის აუზში მდებარე მდინარე მესტიაჭალის აუზის მყინვარები №244-259;
5. მდინარე ენგურის აუზში მესტიაჭალის შესართავის ზევით მდებარე მდინარე მულხრას აუზის მყინვარები №260-282;
6. მდინარე ენგურის მარჯვენა შენაკადების აუზების მყინვარები №283-295;
7. სვანეთის ქედის ჩრდილოეთ ფერდობის მყინვარები №296-325;
8. ადიშის ქედის ჩრდილოეთ კალთის მყინვარები №326-334;
9. სვანეთის ქედის სამხრეთ ფერდობის მყინვარები №335-342;
10. მდინარეების ყორულდაშის, ცხენისწყლის, მდინარე რიონის მარჯვენა შენაკადების აუზების მყინვარები №343-360;
11. მდინარე რიონის ზემო წელის აუზის მყინვარები №361-400;
12. მდინარე ჯეჯორის (მდინარე რიონის მარცხენა შენაკადი) აუზის მყინვარები №401-409.

დასავლეთ საქართველოს მცირე მყინვარების შესასწავლად გამოყენებულია კომპლექსური მეთოდოლოგია, რომელიც ავტორების მიერ არის შემუშავებული [39]. მცირე მყინვარების კვლევისას ჩნდება სხვადასხვა ტიპის სირთულე, რომელთაგან ერთ-ერთი ძირითადია თღზ-ის საფუძველზე მიღებულ თანამგზავრულ სურათზე ასახული მცირე მყინვარების იდენტიფიცირება (მათი მცირე ზომების გამო). ამ პრობლემის გადასაჭრელად გამოყენებულია მყინვარების კატალოგში მოყვანილი სქემები, სადაც ნაჩვენებია მყინვარებისა და შესაბამის მდინარეთა აუზების მდებარეობა.

აღმოსავლეთ საქართველოს მყინვარების იდენტიფიკაციის სიზუსტის დასადასტურებლად გამოყენებულია მეორე გზაც. ყველა მყინვარისათვის Google Earth-ის საშუალებით განისაზღვრა მათი მდებარეობის კოორდინატები, რომლებიც შედარდა მსოფლიო კატალოგში მოცემულ კოორდინატებს (კატალოგში კოორდინატები არ არის მოცემული). მსოფლიო კატალოგში საორიენტაციო მყინვარების მახლობლად მითითებულია თითოეული მყინვარის საიდენტიფიკაციო კოდი, რის საფუძველზეც შესაძლებელია კატალოგში მათი საიდენტიფიკაციო ნომრებისა და შესაბამისი მახასიათებლების განსაზღვრა. Google Earth-ის მიხედვით შესასწავლი მყინვარების გეოგრაფიული კოორდინატები იდენტური აღმოჩნდა მსოფლიო მყინვარების კატალოგის (WGI) მონაცემების, რამაც მყინვარების იდენტიფიკაციის სიზუსტე დაგვიდასტურა.

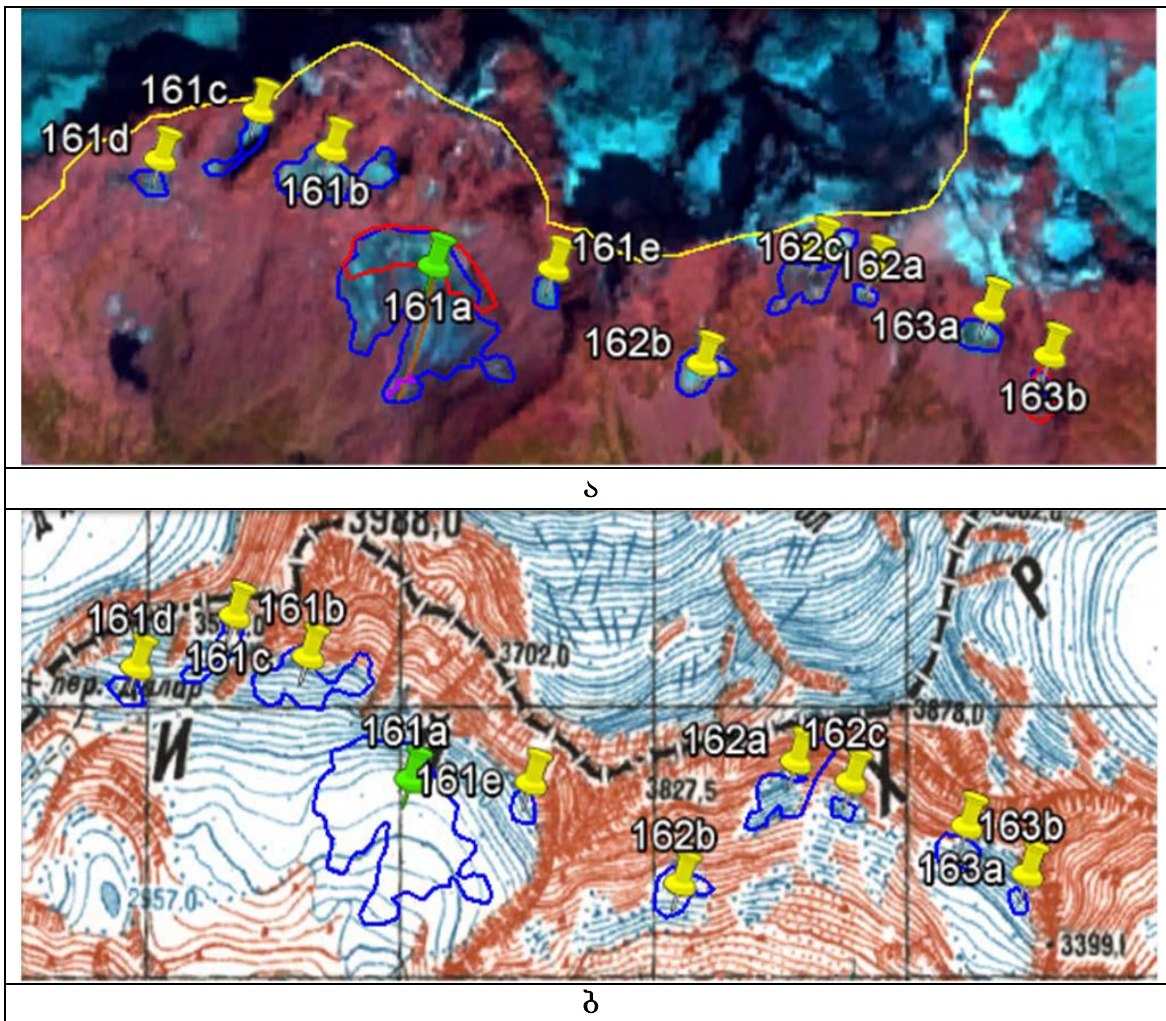
დასავლეთ საქართველოს მყინვარების შესწავლისას გამოყენებულია Landsat-ის თანამგზავრული სურათები. მცირე მყინვარების ცვლილების შეფასება შესაძლებელია 2012–2016 წლებში თანამგზავრული ინფორმაციით მიღებული მახასიათებლების შედარებით კატალოგის (1975–1977წწ.) მონაცემებთან.

თვალსაჩინოებისათვის 31-ე ნახ-ზე მოყვანილია მდინარეების ნენსკრას, ნაკრას და დოღრას აუზების მყინვარების განლაგების სქემა, რომელიც ასახავს მე-3 სქემის მყინვარების განლაგების იმდროინდელ მდგომარეობას.



ნახ. 31. მდინარეების ნენსკრას, ნაკრას და დოლრას (მდინარე ენგურის მარჯვენა შენაკადი) აუზების №137–243 მცენარეების განლაგების სქემა. 1 – წყალგამყოფი, 2 – მცენარეგამყოფი, 3 – მწვერვალი, 4 – მდინარე, 5 – მცენარე თავისი ნომრით

32-ე ნახ-ზე მოცემულია №161–163 მცენარეების მდგომარეობა. ა ნაწილში მოყვანილია იდენტიფიცირებული მცენარეების კონტურები Landsat 8 OLI TIRS სენსორის 2015 წლის 29 აგვისტოს თანამგზავრული სურათის მიხედვით, მწვანე ქინძისთავით ნაჩვენებია მცირე მცენარე, ხოლო ყვითელი ქინძისთავით – თოვლნარი. წითელი ფერით ნაჩვენებია GLIMS-ის მონაცემთა ბაზაში დაცული კონტურები, ღურჯით – ჩვენ მიერ გავლებული კონტურები. ბ ნაწილში მოყვანილია ტოპოგრაფიულ რუკა, რომელზეც შედარებისათვის დატანილია თანამგზავრული სურათის მიხედვით გავლებული კონტურები. როგორც ვხედავთ, №161 მცენარე, რომელიც კატალოგის მიხედვით საშუალო ზომის მცენარეა (1,3 კმ²) თანამგზავრული სურათის მიხედვით დაშლილია ერთ მცირე მცენარედ (161 a) და ოთხ თოვლნარად, ხოლო №162 და №163 მცენარეები (ორივე 0,1 კმ² ფართობის მცირე მცენარე) თოვლნარებად დანაწევრდა, პირველი სამ, ხოლო მეორე – ორ თოვლნარად.



ნახ. 32. №161–163 მყინვარები. ა – იდენტიფიცირებული მყინვარების კონტურები Landsat 8 OLI TIRS სენსორის 2015 წლის 29 აგვისტოს სურათის მიხედვით, ბ – ტოპოგრაფიულ რუკა, რომელზეც შედარებისთვის დატანილია თანამგზავრული სურათის მიხედვით გავლებული კონტურები

შემდგომი კვლევის შედეგად 12 სქემაზე წარმოდგენილი მყინვარები გადაანაწილდა დასავლეთ საქართველოს ექვს აუზში:

1. ბზიფი – №1–13;
2. კელასური – №14–16;
3. კოდორი – №17–136;
4. ენგური – №137–295, №297–331;
5. სობისწყალი – №332–334;
6. რიონი – №296, 335–409.

როგორც ავლნიშნეთ, თღზ-ის მონაცემებით მიღებული საქართველოს მყინვარების კონტურებისა და გასული საუკუნის 60-იანი წლების ტოპოგრაფიულ რუკებზე ასახული მყინვარების კონტურებთან შედარებამ ცხადყო, რომ დაახლოებით ბოლო 50 წლის განმავლობაში საქართველოს ყველა მყინვარის ფართობი შემცირდა. ცალკეული მყინვარებისათვის კატალოგში მოყვანილი ფართობის მონაცემები უფრო ნაკლები აღმოჩნდა, ვიდრე თღზ-ით განსაზღვრული, რაც ქმნიდა ყალბ სურათს, რომ მყინვარების ფართობი 60-იან წლებთან შედარებით

გაიზარდა. ჩვენ შევისწავლეთ იმავე პერიოდის ტოპოგრაფიულ რუკებზე მოყვანილი მყინვარების კონტურები, რამაც საშუალება მოგვცა მოგვეხდინა კატალოგის არასანდო მონაცემების კორექტირება, ანუ ფართობის შესახებ იმ მონაცემების შესწორება, რომლებიც უფრო ნაკლები იყო, ვიდრე თღზ-ით მიღებული მონაცემები [41].

დასავლეთ საქართველოში კატალოგის მიხედვით აღრიცხული 409 მყინვარიდან საექვო აღმოჩნდა 110 მყინვარის ფართობის მონაცემი (არსებულის 26,4 %), რომლებიც შესწორდა ტოპოგრაფიული რუკების გამოყენებით. მე-10 ცხრილში წარმოდგენილია დასავლეთ საქართველოს მყინვარები, რომელთა კატალოგის მიხედვით ფართობის მნიშვნელობა შესწორდა ტოპოგრაფიული რუკით.

ცხრილი 10. დასავლეთ საქართველოს მყინვარები, რომელთა კატალოგის მიხედვით ფართობის მნიშვნელობა შესწორდა ტოპოგრაფიული რუკით

№	აუზი	მყინვარის №	თღზ-ით	კატალოგით	ტოპორუკით
1	ბზიფი, ცხრ. 1	4	0.1	0.6	0.1
2	კოდორი, ცხრ. 3	24	0.5	0.4	1.0
3	კოდორი, ცხრ. 3	25	0.3	0.1	0.4
4	კოდორი, ცხრ. 3	26	0.5	0.3	0.7
5	კოდორი, ცხრ. 3	28	0.7	0.3	0.9
6	კოდორი, ცხრ. 3	32	0.2	0.2	0.3
7	კოდორი, ცხრ. 3	34	0.3	0.2	0.4
8	კოდორი, ცხრ. 3	37	3.9	3.2	4.5
9	კოდორი, ცხრ. 3	45	0.5	0.4	0.5
10	კოდორი, ცხრ. 3	46	0.5	0.5	0.6
11	კოდორი, ცხრ. 3	47	0.6	0.5	0.6
12	კოდორი, ცხრ. 3	48	0.2	0.2	0.3
13	კოდორი, ცხრ. 3	49	0.8	0.2	0.9
14	კოდორი, ცხრ. 3	51	0.1	0.8	0.1
15	კოდორი, ცხრ. 3	53	0.1	0.1	0.2
16	კოდორი, ცხრ. 3	54	0.4	0.4	1.1
17	კოდორი, ცხრ. 3	59	0.4	0.1	0.5
18	კოდორი, ცხრ. 3	64	0.1	0.1	0.4
19	კოდორი, ცხრ. 3	69	0.4	0.2	0.4
20	კოდორი, ცხრ. 3	72	0.5	0.5	0.7
21	კოდორი, ცხრ. 3	74	0.6	0.5	0.7
22	კოდორი, ცხრ. 3	79	0.3	0.2	0.5
23	კოდორი, ცხრ. 3	81	0.1	0.1	0.2
24	კოდორი, ცხრ. 3	82	0.2	0.2	0.3
25	კოდორი, ცხრ. 3	92	0.3	0.3	0.9

26	კოდორი, ცხრ. 3	93	0.2	0.2	0.3
27	კოდორი, ცხრ. 3	101	0.4	0.4	0.8
28	კოდორი, ცხრ. 3	121	0.2	0.2	0.8
29	კოდორი, ცხრ. 3	127	0.9	0.8	1.6
30	კოდორი, ცხრ. 3	129	0.8	0.8	1.0
31	კოდორი, ცხრ. 3	130	0.5	0.5	0.6
32	ენგური, ცხრ. 4	138	2.4	2.1	2.5
33	ენგური, ცხრ. 4	140	0.1	0.1	0.4
34	ენგური, ცხრ. 4	141	0.8	0.7	1.0
35	ენგური, ცხრ. 4	148	0.02	1.8	0.2
36	ენგური, ცხრ. 4	149	0.01	0.8	0.3
37	ენგური, ცხრ. 4	169	0.1	0.1	0.3
38	ენგური, ცხრ. 4	171	0.3	0.2	1.1
39	ენგური, ცხრ. 4	172	0.2	0.1	0.3
40	ენგური, ცხრ. 4	174	0.04	0.8	0.2
41	ენგური, ცხრ. 4	175	0.5	0.1	0.8
42	ენგური, ცხრ. 4	180	1.0	0.9	1.4
43	ენგური, ცხრ. 4	183	0.2	0.2	1.0
44	ენგური, ცხრ. 4	187	2.4	2.3	3.1
45	ენგური, ცხრ. 4	189	0.6	0.3	0.7
46	ენგური, ცხრ. 4	190	0.2	0.2	0.6
47	ენგური, ცხრ. 4	193	0.2	0.2	0.4
48	ენგური, ცხრ. 4	194	0.1	0.1	0.6
49	ენგური, ცხრ. 4	197	0.04	0.6	0.9
50	ენგური, ცხრ. 4	206	0.3	0.2	0.6
51	ენგური, ცხრ. 4	209	0.2	0.2	0.8
52	ენგური, ცხრ. 4	210	1.5	1.3	2.0
53	ენგური, ცხრ. 4	211	3.4	3.4	4.3
54	ენგური, ცხრ. 4	215	0.3	0.3	0.9
55	ენგური, ცხრ. 4	220	0.01	0.8	0.1

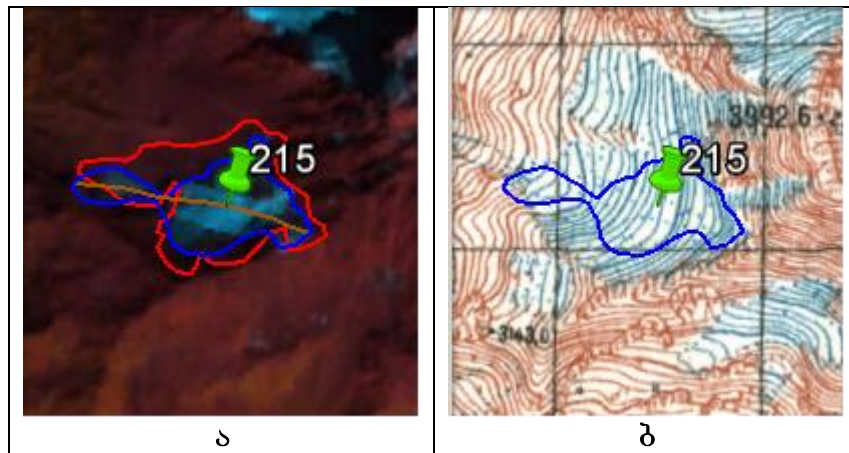
56	ენგური, ცხრ. 4	221	0.5	0.2	4.3
57	ენგური, ცხრ. 4	222	0.5	2.1	3.0
58	ენგური, ცხრ. 4	223	0.3	0.3	0.4
59	ენგური, ცხრ. 4	226	1.2	2.0	2.8
60	ენგური, ცხრ. 4	230	0.2	0.2	0.4
61	ენგური, ცხრ. 4	236	0.4	0.1	0.7
62	ენგური, ცხრ. 4	237	0.8	0.4	1.2
63	ენგური, ცხრ. 4	239	0.3	0.2	0.6
64	ენგური, ცხრ. 4	245	11.7	11.3	13.6
65	ენგური, ცხრ. 4	249	0.2	0.1	0.5
66	ენგური, ცხრ. 4	254	1.2	0.7	1.8
67	ენგური, ცხრ. 4	256	0.6	0.5	0.6
68	ენგური, ცხრ. 4	262	0.1	0.1	0.2
69	ენგური, ცხრ. 4	263	0.3	0.2	0.6
70	ენგური, ცხრ. 4	269	0.0	0.6	0.1
71	ენგური, ცხრ. 4	273	0.3	0.3	0.4
72	ენგური, ცხრ. 4	277	0.7	0.6	0.7
73	ენგური, ცხრ. 4	283	0.04	1.1	0.2
74	ენგური, ცხრ. 4	284	1.2	0.3	1.2
75	ენგური, ცხრ. 4	289	0.3	0.1	0.4
76	ენგური, ცხრ. 4	291	0.0	0.7	0.4
77	ენგური, ცხრ. 4	293	0.3	0.2	0.4
78	ენგური, ცხრ. 4	312	0.9	0.8	1.2
79	ენგური, ცხრ. 4	314	2.6	2.6	3.2
80	ენგური, ცხრ. 4	319	0.6	0.6	0.9
81	ენგური, ცხრ. 4	321	3.7	4.5	6.0
82	ენგური, ცხრ. 4	323	1.3	1.1	1.7
83	ენგური, ცხრ. 4	328	0.2	0.2	0.6
84	ენგური, ცხრ. 4	333	0.0	1.1	0.1
85	ენგური, ცხრ. 4	336	0.3	0.2	0.6

86	ენგური, ცხრ. 4	339	0.3	0.3	0.9
87	ენგური, ცხრ. 4	344	2.9	2.8	3.1
88	ენგური, ცხრ. 4	345	0.2	0.2	0.6
89	ენგური, ცხრ. 4	350	0.4	0.4	0.9
90	ენგური, ცხრ. 4	355	1.1	1.7	2.6
91	ენგური, ცხრ. 4	358	0.3	0.2	0.6
92	ენგური, ცხრ. 4	359	0.2	0.2	0.3
93	ენგური, ცხრ. 4	363	1.2	1.0	1.4
94	ენგური, ცხრ. 4	365	0.3	0.2	0.7
95	ენგური, ცხრ. 4	368	0.4	0.3	0.9
96	ენგური, ცხრ. 4	369	2.4	2.0	2.8
97	ენგური, ცხრ. 4	370	0.2	0.2	0.3
98	ენგური, ცხრ. 4	373	0.5	0.5	0.9
99	ენგური, ცხრ. 4	374	0.2	0.2	1.0
100	ენგური, ცხრ. 4	375	1.6	0.5	2.0
101	ენგური, ცხრ. 4	379	0.3	0.2	0.4
102	ენგური, ცხრ. 4	381	1.0	1.0	1.2
103	ენგური, ცხრ. 4	387	2.0	1.6	2.1
104	ენგური, ცხრ. 4	396	3.6	3.1	3.8
105	ენგური, ცხრ. 4	397	2.3	1.6	2.9
106	ენგური, ცხრ. 4	398	0.2	0.1	0.4
107	ენგური, ცხრ. 4	402	0.04	0.6	0.7
108	ენგური, ცხრ. 4	403	0.07	1.2	0.4
109	ენგური, ცხრ. 4	408	0.0	0.5	0.1
110	ენგური, ცხრ. 4	409	0.1	1.0	0.2

სულ ტოპოგრაფიული რუკის გამოყენებით შესწორდა კატალოგის მიხედვით ფართობის შესახებ დასავლეთ საქართველოს 110 მყინვარის მნიშვნელობა, მათ შორის 41 მცირე მყინვარის.

მაგალითისათვის 33-ე ნახ-ზე მოყვანილია №215 მყინვარის თანამგზავრული სურათი და შესაბამისი ტოპოგრაფიული რუკა. №215 მყინვარი კატალოგის მიხედვით 0.3 კმ² ფართობის მცირე მყინვარია. თანამგზავრული მონაცემის მიხედვით მისი ფართობი 0.287 კმ²-ია, რაც დამრგვალებით 0.3 კმ²-ია. ეს კატალოგის

მონაცემს საეჭვოს ხდის. ტოპოგრაფიულ რუკაზე ასახულ №215 მყინვარის ფართობი 0.9 კმ²-ია. №215 მყინვარის ფართობის დათბობის შედეგად შემცირებულია. №215 მყინვარი არ ყოფილა მცირე მყინვარი და ფართობის შესახებ კატალოგის მონაცემი ამის მიხედვით შესწორდა.



ნახ. 33. №215 მყინვარი. ა – Landsat 7 ETM+ სენსორის 2012 წლის 13 სექტემბრის სურათის მიხედვით, ბ – მყინვარის დაზუსტებული კონტურის შედარება ტოპოგრაფიულ რუკაზე ასახულ მყინვარის კონტურთან

ამგვარად დათვლილი იქნა დასავლეთ საქართველოს ყველა მცირე მყინვარის ფართობის მნიშვნელობა, როგორც კატალოგის (შესწორებების გათვალისწინებით), ისე თღზ-ის მიხედვით. ამის საფუძველზე შეიქმნა დასავლეთ საქართველოს მცირე მყინვარების ფართობების შესახებ მონაცემთა გენერალური ერთობლიობა – მონაცემთა სრული სიმრავლე.

თღზ-ის და კატალოგის მიხედვით მიღებული დასავლეთ საქართველოს მცირე მყინვარების გენერალური ერთობლიობის საფუძველზე დათვლილი იქნა სტატისტიკური მონაცემები, რომლებიც წარმოდგენილია მე-11 ცხრილში.

მე-11 ცხრილის ანალიზის საფუძველზე შეიძლება დავასკვნათ, რომ დასავლეთ საქართველოში კატალოგის მიხედვით აღრიცხულია 237 მცირე მყინვარი, ყველა მათგანი იდენტიფიცირებულია. მყინვარების დანაწევრებისა და გააღობის შედეგად მცირე მყინვარების რაოდენობა შეიცვალა. თანამეზავრული მონაცემებით დასავლეთ საქართველოში იდენტიფიცირებულია 403 მცირე მყინვარი, თოვლნარი და გამქრალი მყინვარი. ამ მყინვარებიდან:

- დარჩენილია 105 მცირე მყინვარი, ანუ იდენტიფიცირებულის 26,1 %;
- გადნა და თოვლნარად იქცა 283, ანუ იდენტიფიცირებულის 70,2 %;
- გაქრა ანუ მთლიანად გადნა 15, ანუ იდენტიფიცირებულის 3.7 %.

ასე რომ, მყინვარების კატალოგში აღრიცხული დასავლეთ საქართველოს 237 მცირე მყინვარიდან, ამჟამად კლიმატის გლობალური დათბობის გამო, დარჩა მხოლოდ 105 მცირე მყინვარი ანუ ადრე არსებულის 44.3% რაც ნიშნავს, რომ 132 (55.7%) მცირე მყინვარი ან თოვლნარად იქცა, ან საერთოდ გაქრა.

ჩატარებული კვლევა ნათლად მიუთითებს იმაზე, რომ კლიმატის გლობალური დათბობა ნეგატიურ ზემოქმედებას ახდენს დასავლეთ საქართველოს მყინვარებზე. ეს ვითარება განსაკუთრებით ვლინდება მცირე მყინვარების შემთხვევაში, კერძოდ, დასავლეთ საქართველოს მცირე მყინვარების 55.7%

მთლიანად ან ნაწილობრივ გადნა კლიმატის მიმდინარე ცვლილების ზემოქმედების შედეგად.

ცხრილი 11. დასავლეთ საქართველოს მცირე მყინვარების რაოდენობა მყინვარების კატალოგის და თღზ-ის მიხედვით

№	აუზი	მცირე მყინვარი კატალოგის მიხედვით	თღზ-ის მონაცემებით იდენტიფიცირებული მცირე მყინვარები			
			მცირე მყინვარი	თოვლნარი	გამქრალი მყინვარი	სულ
1	ბზიფი №1–13	8	4	12	0	16
2	კელასური №14–16	2	0	2	0	2
3	კოდორი №17–136	80	42	80	2	124
4	ენგური №137–295, №297–331	107	38	155	7	200
5	ხობისწყალი №332–334	3	1	6	2	9
6	რიონი №296, 335–409	37	20	28	4	52
სულ		237	105	283	15	403

ჩატარებული კვლევების საფუძველზე დადგინდა, რომ:

1. მცირე მყინვარების ძირითადი მახასიათებლების განსაზღვრისათვის თდზ ფრიად ეფექტურია. ეს დასკვნა უაღრესად მნიშვნელოვანია, რადგან ადრეც მცირე მყინვარების კვლევა მიწისპირა დაკვირვებების საფუძველზე ძლიერ შეზღუდული იყო, ხოლო ბოლო წლების განმავლობაში მცირე მყინვარების კვლევა ფაქტობრივად არ ხორციელდება;
2. რიგი მცირე მყინვარებისა, რომლებიც ტოპოგრაფიულ რუკებზეა დატანილი, აღარ არსებობს;
3. კლიმატის თანამედროვე დათბობის გამო მცირე მყინვარები ინტენსიურად დნება;
4. კატალოგში საქართველოს მყინვარების ფართობის მონაცემებში დაშვებულია უზუსტობები, რომლებიც აღმოჩენილია თდზ-ის საფუძველზე და დაზუსტდა ტოპოგრაფიული რუკების გამოყენებით;
5. ტოპოგრაფიული რუკით შესწორდა კატალოგის მიხედვით ფართობის შესახებ დასავლეთ საქართველოს მყინვარების 110 მნიშვნელობა, აქედან 41 მცირე მყინვარის; აღმოსავლეთ საქართველოს – 7 მნიშვნელობა, აქედან 6 მცირე მყინვარის;
6. აღმოსავლეთ საქართველოში მცირე მყინვარების დნობის პროცესი, უფრო ინტენსიურად მიმდინარეობს, ვიდრე დასავლეთ საქართველოში, რადგან აღმოსავლეთ საქართველოში მყინვარების კატალოგში აღრიცხული 104 მცირე მყინვარიდან, ამჟამად კლიმატის გლობალური დათბობის გამო, დარჩა მხოლოდ 30 მცირე მყინვარი ანუ ადრე არსებულის 28,8%, ხოლო დასავლეთ საქართველოს 237 მცირე მყინვარიდან, ამჟამად კლიმატის გლობალური დათბობის გამო, დარჩა მხოლოდ 105 მცირე მყინვარი ანუ ადრე არსებულის 44.3%. ეს შედეგი მიღებულია თდზ-ის მიხედვით იმ მცირე მყინვარების შესწავლის შედეგად, რომლებიც კატალოგითაც მცირე მყინვარების კატეგორიას მიეკუთვნებიან.
7. ზოგადად კლიმატის გლობალური დათბობა, ნეგატიურად მოქმედებს მყინვარებზე, რაც განსაკუთრებით ვლინდება მცირე მყინვარების შემთხვევაში და ხშირად იწვევს ამ მყინვარების დანაწევრებას, თოვლნარად გადაქცევას ან სრულ დნობას.

5. მყინვარული აუზების მახასიათებლების (მყინვართა რაოდენობისა და ფართობების) ცვლილება

კლიმატის მიმდინარე ცვლილების მყინვარებზე ზემოქმედების დასახასიათებლად ერთ-ერთი ეფექტური გზაა საქართველოს მყინვარული აუზების დეგრადაციის საკითხის განხილვა. ეს შესაძლებელია ისტორიული მონაცემების შედარებით ჩვენს მიერ მოპოვებულ ინფორმაციასთან, რომელთა შორის დროითი შუალედი დაახლოებით 50 წელიწადს შეადგენს. დეგრადაციის რიცხობრივად განსაზღვრისათვის გამოყენებულია არსებული და განსაზღვრული მყინვარული აუზების ფართობებისა და მყინვარების რაოდენობის მნიშვნელობები ამ დროითი პერიოდისათვის. განხორციელებულია ცვლილებების სტატისტიკური ანალიზი, რის საფუძველზეც გამოტანილია მნიშვნელოვანი დასკვნები [42–47].

საქართველოს მყინვარების ფართობებისა და მყინვარების რაოდენობის შესახებ ინფორმაცია მოცემულია კატალოგში.

მყინვარების თანამედროვე მდგომარეობის განსასაზღვრავად განხორციელდა GLIMS-ის და სხვა მონაცემთა ბაზებიდან Landsat-ის თანამგზავრული სურათების მოპოვება და დამუშავება. თღზ-ის მონაცემებისა და ავტორების მიერ შემუშავებული მეთოდოლოგიის საფუძველზე [24–28] განისაზღვრა თითოეული მყინვარის კონტური და ძირითადი მახასიათებლები (მაქსიმალური სიგრძე, ფართობი, მინიმალური სიმაღლე, მაქსიმალური სიმაღლე, ფირნის ხაზის სიმაღლე, აბლაციის არის ფართობი). როგორც ზემოთ აღინიშნა ამ კვლევისათვის საჭიროა მყინვარების ფართობებისა და მყინვარების რაოდენობის შესახებ ინფორმაცია.

თანამგზავრულ სურათებზე მოყვანილი მყინვარების იდენტიფიცირებისათვის ძირითადად გამოყენებულია მყინვარების კატალოგში მოყვანილი სქემები, სადაც ნახვენებია მყინვარების მდებარეობა შესაბამისი მდინარეთა აუზების მიხედვით და მე-20 საუკუნის 60-იანი წლების ტოპოგრაფიული რუკები. მყინვარების იდენტიფიცირების შემდგომ განისაზღვრა მყინვარების ფართობები და მყინვარების რაოდენობა.

ცალკეული მყინვარებისათვის კატალოგში მოყვანილი ფართობის მონაცემები უფრო ნაკლები აღმოჩნდა, ვიდრე თღზ-ით განსაზღვრული, რაც ქმნიდა არასწორ სურათს, რომ მყინვარების ფართობი 60-იან წლებთან შედარებით გაიზარდა, რაც გლობალური დათბობის ფაქტს ეწინააღმდეგება. თღზ-ის მონაცემებით მიღებული საქართველოს მყინვარების კონტურებისა და გასული საუკუნის 60-იანი 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 კორექტირება კატალოგიდან აღებული ფართობის შესახებ არასწორი მონაცემების [41].

დასავლეთ საქართველოში კატალოგის მიხედვით 409 მყინვარია, აქედან ტოპოგრაფიული რუკების გამოყენებით შესწორდა 110 მყინვარის ფართობის მონაცემი, ანუ არსებულის 26,9%. აღმოსავლეთ საქართველოში კატალოგის მიხედვით 132 მყინვარია, აქედან შესწორდა 7 მყინვარის ფართობის მნიშვნელობა ანუ არსებულის 5,3%-ის. მე-12 ცხრილში წარმოდგენილია აუზების მიხედვით აღმოსავლეთ საქართველოს მყინვარები, რომელთა ფართობის მნიშვნელობები შესწორდა ტოპოგრაფიული რუკებით (მხოლოდ მცირე მყინვარები, მოცემულია მე-7 ცხრილში).

ცხრილი 12. აღმოსავლეთ საქართველოს მყინვარები, რომელთა ფართობის მნიშვნელობები შესწორდა ტოპოგრაფიული რუკებით

№	აუზი	მყინვარის №	თღზ-ით	კატალოგით	ტოპორუკით
1	პირიქითი ალაზანი	17	0.1	0.1	0.3
2		19	0.3	0.3	0.5
3	ასა	3	0.3	0.3	0.5
4	თერგი	58	0.6	0.2	0.9
5		59	0.7	0.8	0.7
6		101	0.1	0.1	0.2
7	არღუნი	11	0.1	0.1	0.2

სულ შესწორდა კატალოგის მიხედვით საქართველოს 541 მყინვარიდან 117-ის ფართობის მნიშვნელობები ანუ არსებულის 21,6%-ის.

ამ შესწორებების გათვალისწინებით დასავლეთ და აღმოსავლეთ საქართველოს მყინვარების აუზების მიხედვით შედგენილია განაწილების ცხრილები.

მსოფლიო მყინვარების კატალოგის ელექტრონულ ვერსიაში **აუზები ხშირ შემთხვევაში არასწორადაა მითითებული**. მყინვარის ნომრის ცოდნის შემთხვევაში, ქვემოთ მოყვანილი ცხრილების საშუალებით დაზუსტებულად შეიძლება განისაზღვროს, თუ რომელ აუზში მდებარეობს მყინვარი.

საქართველოში 12 მყინვარული აუზია, აქედან 6 დასავლეთ საქართველოშია (ცხრ. 13), ხოლო 6 აღმოსავლეთ საქართველოში (ცხრ. 14). ამ ცხრილებში მოყვანილია მდინარის აუზების მიხედვით მყინვარულ აუზებში მყინვარების რაოდენობა და შესაბამისი ფართობები კატალოგის მიხედვით და დღევანდელი მდგომარეობით.

შესწორებების გათვალისწინებით ქვემოთმოყვანილ ცხრილებში მყინვარების ფართობების მონაცემები მოყვანილია მცირე (0,1-დან 0,5 კმ²), საშუალო (0,5-დან 2,0 კმ²) და დიდი (2,0 კმ² და მეტი) მყინვარების მყინვარების გრადაციით.

**ცხრილი 13. დასავლეთ საქართველოს მყინვარების განაწილება
მყინვარული აუზების მიხედვით**

დასავლეთ საქართველო								
მყინვარული აუზები			მყინვარების რაოდენობა			მყინვარების ფართობი		
№	სახელწოდება და მყინვარების № კატალოგით	ზომა	კატ.	თღზ	Δ	კატ	თღზ	Δ
1	ბზიფი 1-13	მცირე	8	7	1	2.3	1.8	0.5
		საშუალო	5	2	3	4.8	1.4	3.4
		დიდი	0	0	0	0	0	0
		სულ	13	9	4	7.1	3.2	3.9
2	კელასური 14-16	მცირე	2	0	2	0.7	0	0.7
		საშუალო	1	1	0	0.8	0.7	0.1
		დიდი	0	0	0	0	0	0
		სულ	3	1	2	1.5	0.7	0.8
3	კოდორი 17-136	მცირე	80	71	9	21.8	16.7	5.1
		საშუალო	36	19	17	35.1	18.4	16.7
		დიდი	4	1	3	11.6	3.9	7.7
		სულ	120	91	29	68.5	39	29.5
4	ენგური 137-295, 297-331	მცირე	107	82	25	25.5	21.3	4.2
		საშუალო	60	47	13	66.2	49.2	17
		დიდი	27	24	3	213.5	165.9	47.6
		სულ	194	153	41	305.2	236.4	68.8
5	ხობისწყალი 332-334	მცირე	3	1	2	0.4	0.1	0.3
		საშუალო	0	0	0	0	0	0
		დიდი	0	0	0	0	0	0
		სულ	3	1	2	0.4	0.1	0.3
6	რიონი 296, 335-409	მცირე	37	47	-10	9.0	11.3	-2.3
		საშუალო	28	13	15	27.2	14.6	12.6
		დიდი	11	8	3	36	25.9	10.1
		სულ	76	68	8	72.2	51.8	20.4
სულ			409	323	86	454.9	331.2	123.7

აღმოსავლეთ საქართველოს მყინვარები, როგორც ზემოთ ავღნიშნეთ, ცალკე არ არის გამოყოფილი. ისინი ყოფილი საბჭოთა კავშირის კავკასიის მყინვარულ სისტემაშია მოქცეული და სამ სხვადასხვა გამოშვებაშია სისტემატიზირებული [14-16]. მე-14 ცხრილში მყინვარული აუზების მიხედვით დაწვრილებით არის მითითებული: აუზის სახელწოდება და მყინვარების № კატალოგით; იმავე გრაფაში კვადრატულ ფრჩხილებში მითითებულია ლიტერატურა (კატალოგის გამოშვება); მრგვალ ფრჩხილებში – კატალოგის შესაბამისი გვერდი და ნახაზის ნომერი, რომელზეც გამოსახულია აუზის შესაბამისი მყინვარების სქემა. ასეთი დაწვრილებითი მონაცემები გაუადვილებს დაინტერესებულ პირს აღმოსავლეთ საქართველოს მყინვარის მონაცემების მოძიებას კატალოგში.

ცხრილი 14. აღმოსავლეთ საქართველოს მყინვარების განაწილება მყინვარული აუზების მიხედვით

აღმოსავლეთ საქართველო								
მყინვარული აუზები			მყინვარების რაოდენობა			მყინვარების ფართობი		
№	სახელწოდება და მყინვარების № კატალოგით	ზომა	კატ.	თღზ	Δ	კატ	თღზ	Δ
1	ლიახვი 1-22 [14] (გვ. 17, ნახ. 8)	მცირე	20	3	17	4.1	0.6	3.5
		საშუალო	2	1	1	2.5	1	1.5
		დიდი	0	0		0	0	0
		სულ	22	4	18	6.6	1.6	5
2	არაგვი 23-27 [14] (გვ. 17, ნახ. 8)	მცირე	4	1	3	0.8	0.3	0.5
		საშუალო	1	0	1	0.8	0	0.8
		დიდი	0	0	0	0	0	0
		სულ	5	1	4	1.6	0.3	1.3
3	თერგი 44-111 [15] (გვ. 20, ნახ. 4)	მცირე	47	22	25	12.5	4.2	8.3
		საშუალო	12	6	6	12.1	6.1	6.0
		დიდი	8	7	1	42.9	29.2	13.7
		სულ	68	35	33	67.5	39.5	28
4	ასა 1-3 [16] (გვ. 20, ნახ. 10)	მცირე	2	3	-1	0.8	1.0	-0.2
		საშუალო	1	0	1	0.6	0	0.6
		დიდი	0	0	0	0	0	0
		სულ	3	3	0	1.4	1.0	0.4
5	არღუნი 10-15 [16] (გვ. 21, ნახ. 11)	მცირე	6	1	5	1.0	0.1	0.9
		საშუალო	0	0	0	0	0	0
		დიდი	0	0	0	0	0	0
		სულ	6	1	5	1.0	0.1	0.9
6	პირიქითი ალაზანი 6-33 [14] (6-19, გვ. 50, ნახ. 11) (20-33, გვ. 51, ნახ. 12)	მცირე	25	16	9	6.7	3.3	3.4
		საშუალო	2	0	2	2.1	0	2.1
		დიდი	0	0	0	0	0	0
		სულ	28	16	12	8.8	3.3	5.5
სულ			132	60	72	86.9	45.8	41.1

ასევე წარმოდგენილია წარსულში (კატალოგის მონაცემები) და ამჟამად (თღზ-ის მონაცემები) მცირე, საშუალო და დიდი მყინვარების ფართობებისა და რაოდენობის განაწილება აუზების მიხედვით (ცხრილები 15-17).

ცხრილი 15. მცირე მყინვარების განაწილება აუზების მიხედვით

№	დასავლეთ საქართველო							აღმოსავლეთ საქართველო						
	მყინვარული აუზები	მყინვარების რაოდენობა			მყინვარების ფართობი კმ ²			მყინვარული აუზები	მყინვარების რაოდენობა			მყინვარების ფართობი კმ ²		
	სახელწოდ.	კატ.	თღზ	Δ	კატ.	თღზ	Δ	სახელწოდ.	კატ.	თღზ	Δ	კატ.	თღზ	Δ
1	ბზიფი	8	7	1	2.3	1.8	0.5	ღიახვი	20	3	17	4.1	0.6	3.5
2	კელასური	2	0	2	0.7	0	0.7	არაგვი	4	1	3	0.8	0.3	0.5
3	კოდორი	80	71	9	21.8	16.7	5.1	თერგი	47	22	25	12.5	4.2	8.3
4	ენგური	107	82	25	25.5	21.3	4.2	ასა	2	3	-1	0.8	1.0	-0.2
5	ხობისწყალი	3	1	2	0.4	0.1	0.3	არღუნი	6	1	5	1.0	0.1	0.9
6	რიონი	37	47	-10	9.0	11.3	-2.3	პირიქითი ალაზანი	25	16	9	6.7	3.3	3.4
სულ		237	208	29	59.7	51.2	8.5	სულ	104	46	58	25.9	9.5	16.4

როგორც მე-15 ცხრილიდან ჩანს დასავლეთ საქართველოში მცირე მყინვარების რაოდენობა შემცირდა 237-დან 208-მდე ანუ 12.2 %-ით, ხოლო აღმოსავლეთ საქართველოში 104-დან 46-მდე ანუ 55,8 %-ით. აგრეთვე შემცირდა მცირე მყინვარებით დაფარული ფართობები 59,9 კმ²-დან 51,2 კმ²-მდე ანუ 14,5 %-ით და აღმოსავლეთ საქართველოში 25,9 კმ²-დან 9,5 კმ²-მდე ანუ 63.3 %-ით.

დასავლეთ საქართველოში მხოლოდ რიონის აუზში გაიზარდა მცირე მყინვარების რაოდენობა (10-ით) და აღმოსავლეთ საქართველოში მხოლოდ ასას აუზში (1-ით) რაც დაკავშირებულია უფრო დიდი ზომის მყინვარების დეგრადაცია/დანაწევრებასთან.

ცხრილი 16. საშუალო მყინვარების განაწილება აუზების მიხედვით

№	დასავლეთ საქართველო							აღმოსავლეთ საქართველო						
	მყინვარული აუზები	მყინვარების რაოდენობა			მყინვარების ფართობი კმ ²			მყინვარული აუზები	მყინვარების რაოდენობა			მყინვარების ფართობი კმ ²		
	სახელწოდ.	კატ.	თღზ	Δ	კატ.	თღზ	Δ	სახელწოდ.	კატ.	თღზ	Δ	კატ.	თღზ	Δ
1	ბზიფი	5	2	3	4.8	1.4	3.4	ღიახვი	2	1	1	2.5	1	1.5
2	კელასური	1	1	0	0.8	0.7	0.1	არაგვი	1	0	1	0.8	0	0.8
3	კოდორი	36	19	17	35.1	18.4	16.7	თერგი	12	6	6	12.1	6.1	6.0
4	ენგური	60	47	13	66.2	49.2	17	ასა	1	0	1	0.6	0	0.6
5	ხობისწყალი	0	0	0	0	0	0	არღუნი	0	0	0	0	0	0
6	რიონი	28	13	15	27.2	14.6	12.6	პირიქითი ალაზანი	3	0	3	2.1	0	2.1
სულ		130	82	48	134.1	84.3	49.8	სულ	19	7	12	18.1	7.1	11

საშუალო ზომის მყინვარების რაოდენობა დასავლეთ საქართველოში 130-დან 82-მდე შემცირდა ანუ 36,9 %-ით, ხოლო აღმოსავლეთ საქართველოში 19-დან 7-მდე ანუ 63,2 %-ით. აგრეთვე შემცირდა საშუალო მყინვარებით დაფარული ფართობები დასავლეთ საქართველოში 135,1 კმ²-დან 84,3 კმ²-მდე ანუ 37,6 %-ით და აღმოსავლეთ საქართველოში 18,1 კმ²-დან 7,1 კმ²-მდე ანუ 60,8 %-ით.

ცხრილი 17. დიდი მყინვარების განაწილება აუზების მიხედვით

№	დასავლეთ საქართველო							აღმოსავლეთ საქართველო						
	მყინვარული აუზები		მყინვარების რაოდენობა			მყინვარების ფართობი კმ ²		მყინვარული აუზები		მყინვარების რაოდენობა			მყინვარების ფართობი კმ ²	
	სახელწოდ.	კატ.	თღზ	Δ	კატ.	თღზ	Δ	სახელწოდ.	კატ.	თღზ	Δ	კატ.	თღზ	Δ
1	ბზიფი	0	0	0	0	0	0	ლიახვი	0	0	0	0	0	0
2	კელასური	0	0	0	0	0	0	არაგვი	0	0	0	0	0	0
3	კოდორი	4	1	3	11.6	3.9	7.7	თერგი	9	7	2	42.9	29.2	13.7
4	ენგური	27	24	3	213.5	165.9	47.6	ასა	0	0	0	0	0	0
5	ხობისწყალი	0	0	0	0	0	0	არღუნი	0	0	0	0	0	0
6	რიონი	11	8	3	36	25.9	10.1	პირიქითი ალაზანი	0	0	0	0	0	0
სულ		42	33	9	261.1	195.7	65.4	სულ	9	7	2	42.9	29.2	13.7

დიდი მყინვარების რაოდენობა დასავლეთ საქართველოში 42-დან 33-მდე შემცირდა ანუ 21,4 %-ით, ხოლო აღმოსავლეთ საქართველოში 9-დან 7-მდე ანუ 22,2 %-ით. აგრეთვე შემცირდა დიდი მყინვარებით დაფარული ფართობები დასავლეთ საქართველოში 261,1 კმ²-დან 195,7 კმ²-მდე ანუ 25,1 %-ით და აღმოსავლეთ საქართველოში 42,9 კმ²-დან 29,2 კმ²-მდე ანუ 31,9 %-ით.

მე-18 ცხრილში წარმოგიდგინთ საქართველოს მყინვარების განაწილება აუზების მიხედვით.

ცხრილი 18. საქართველოს მყინვარების განაწილება აუზების მიხედვით

№	დასავლეთ საქართველო							აღმოსავლეთ საქართველო						
	მყინვარული აუზები		მყინვარების რაოდენობა			მყინვარების ფართობი კმ ²		მყინვარული აუზები		მყინვარების რაოდენობა			მყინვარების ფართობი კმ ²	
	სახელწოდ.	კატ.	თღზ	Δ	კატ.	თღზ	Δ	სახელწოდ.	კატ.	თღზ	Δ	კატ.	თღზ	Δ
1	ბზიფი	13	9	4	7.1	3.2	3.9	ლიახვი	22	4	18	6.6	1.6	5
2	კელასური	3	1	2	1.5	0.7	0.8	არაგვი	5	1	4	1.6	0.3	1.3
3	კოდორი	120	91	29	68.5	39	29.5	თერგი	68	35	33	67.5	39.5	28
4	ენგური	194	153	41	305.2	236.4	68.8	ასა	3	3	0	1.4	1.0	0.4
5	ხობისწყალი	3	1	2	0.4	0.1	0.3	არღუნი	6	1	5	1.0	0.1	0.9
6	რიონი	76	68	8	72.2	51.8	20.4	პირიქითი ალაზანი	28	16	12	8.8	3.3	5.5
სულ		409	323	86	454.9	331.2	123.7	სულ	132	60	72	86.9	45.8	41.1

ამგვარად, კატალოგით საქართველოში აღრიცხულია 541 მყინვარი, აქედან 409 დასავლეთ საქართველოში და 132 აღმოსავლეთ საქართველოში. ამჟამად საქართველოში სულ 383 მყინვარია, აქედან 323 დასავლეთ საქართველოში და 60 აღმოსავლეთ საქართველოში. მაშასადამე, საქართველოში მყინვარების რაოდენობა შემცირდა 158-ით ანუ 29.2%-ით.

კატალოგის მიხედვით მყინვარების საერთო ფართობია 541.8 კმ². აქედან დასავლეთ საქართველოში მყინვარებით დაფარული ფართობია 454,9 კმ² და აღმოსავლეთ საქართველოში 86,9 კმ². ამჟამად საქართველოში მყინვარების საერთო

ფართობია 377 კმ². აქედან დასავლეთ საქართველოში მყინვარებით დაფარული ფართობია 331,2 კმ² და აღმოსავლეთ საქართველოში 45,8 კმ². ამგვარად საქართველოში მყინვარით დაფარული ფართობი შემცირდა 164.8 კმ²-ით ანუ 30.4%.

კვლევის შედეგად დადგინდა, რომ:

1. მსოფლიო მყინვარების კატალოგის ელექტრონულ ვერსიაში აუზები ხშირ შემთხვევაში არასწორადაა მითითებული. მყინვარის ნომრის ცოდნის შემთხვევაში, ზემოაღნიშნული ცხრილების საშუალებით დაზუსტებულად შეიძლება განისაზღვროს, თუ რომელ აუზში მდებარეობს მყინვარი;
2. მყინვარული აუზებისათვის ჩატარებულმა გამოთვლებმა აჩვენა, რომ დაახლოებით 50 წლის განმავლობაში, კლიმატის მიმდინარე ცვლილების გამო საქართველოს მყინვარების დეგრადაციის შედეგად, მყინვარული აუზების ფართობები და მყინვარების რაოდენობა შემცირდა, როგორც დასავლეთ საქართველოში ისე აღმოსავლეთ საქართველოში;
3. მყინვარების ფართობის ზომების მიხედვით განაწილებისას გამოთვლებმა აჩვენა, რომ მყინვარულ აუზებში როგორც მცირე, ისე საშუალო და დიდი მყინვარების ფართობი და მყინვარების რაოდენობა შემცირდა;
4. მცირე მყინვარების შემთხვევაში, დასავლეთ საქართველოში მხოლოდ რიონის აუზში გაიზარდა მყინვარების რაოდენობა (10-ით) და აღმოსავლეთ საქართველოში მხოლოდ ასას აუზში (1-ით), რაც დაკავშირებულია უფრო დიდი ზომის მყინვარების დეგრადაცია/დანაწევრებასთან;
5. მყინვარულ აუზებში გამყინვარების ფართობის და მყინვარების რაოდენობის შემცირება უფრო ინტენსიურია აღმოსავლეთ საქართველოში ვიდრე დასავლეთ საქართველოში. ეს შეიძლება აიხსნას, აღმოსავლეთ და დასავლეთ საქართველოს ჰავაში განსხვავებით, კერძოდ, აღმოსავლეთ საქართველოს ჰავა კონტინენტურია, ხოლო დასავლეთ საქართველოს ჰავა ზღვიური ნოტიოა და ამიტომ გაცილებით ტენიანი;
6. კატალოგით საქართველოში აღრიცხულია 541 მყინვარი, აქედან 409 დასავლეთ საქართველოში და 132 აღმოსავლეთ საქართველოში. ამჟამად საქართველოს საზღვრებში მოქცეულია 383 მყინვარი, აქედან 323 დასავლეთ საქართველოში და 60 აღმოსავლეთ საქართველოში. მაშასადამე, საქართველოში მყინვარების რაოდენობა შემცირდა 158-ით ანუ 29.2%-ით;
7. კატალოგის მიხედვით მყინვარების საერთო ფართობია 541.8 კმ². აქედან დასავლეთ საქართველოში მყინვარებით დაფარული ფართობია 454,9 კმ² და აღმოსავლეთ საქართველოში 86,9 კმ². ამჟამად საქართველოში მყინვარების საერთო ფართობია 377 კმ². აქედან დასავლეთ საქართველოში მყინვარებით დაფარული ფართობია 331,2 კმ² და აღმოსავლეთ საქართველოში 45,8 კმ². ამგვარად საქართველოში მყინვარით დაფარული ფართობი შემცირდა 164.8 კმ²-ით ანუ 30.4%-ით.

6. კლიმატის თანამედროვე ცვლილების ბაზო დიდი მყინვარების დებრადაცია

საქართველოს მყინვარები ქვეყნის მნიშვნელოვანი კლიმატურ-ეკონომიკური რესურსია, რადგან მათში დიდი რაოდენობით მტკნარი წყალია. მყინვარები ქვეყანაში წყლის რეჟიმისა და რეგიონალური კლიმატის ფორმირების ერთ-ერთი ძირითადი ფაქტორია.

დადგენილი ფაქტია, რომ კლიმატის თანამედროვე ცვლილების გამო მიმდინარეობს მყინვარების სწრაფი დეგრადაცია. მყინვარის დნობა დაკავშირებულია გლაციოლოგიური და ჰიდროლოგიური ხასიათის სტიქიური

მოვლენების სიხშირისა და ინტენსიურობის ზრდასთან, და ზღვის დონის მატებასთან.

კლიმატის მიმდინარე ცვლილება გარკვეულ ნეგატიურ გავლენას ახდენს დიდ მყინვარებზე, იწვევს მათ დეგრადაციას და უკანდახევას [48–51]. საბჭოთა კავშირის დაშლის შემდეგ საქართველოში შეწყდა სტაციონარული და საველე გლაციოლოგიური მონიტორინგი.

როგორც ზემოთ ავღნიშნეთ 2011 წელს საქართველოს გარემოს ეროვნული სააგენტოს ჰიდრომეტეოროლოგიის დეპარტამენტის სპეციალისტებმა განაახლეს გლაციოლოგიური ექსპედიციური სამუშაოები საქართველოს მყინვარებზე. ექსპედიციური სამუშაოების შედეგები მოწმობს, რომ მსგავსად მსოფლიოს სხვა რეგიონებისა, გლობალური დათბობის შედეგად საქართველოს მყინვარებიც განიცდიან მნიშვნელოვან დეგრადაციას.

იმისათვის, რომ კლიმატის მიმდინარე ცვლილების ზემოქმედებით მყინვარების დნობის პრობლემა მეცნიერულად იქნეს შესწავლილი საჭიროა მაღალი გარჩევადობის თანამგზავრული დისტანციური მონიტორინგის (თდმ) გამოყენება, რადგან დღესდღეობით ძვირად ღირებული მიწისპირა დაკვირვებების განხორციელება ფართო მასშტაბით შეუძლებელია და შეზღუდული რესურსებისა და დროის პირობებში სწორედ თდმ იძლევა დიდი რეგიონების მყინვარების ერთდროულად შესწავლის შესაძლებლობას.

6.1. დიდი მყინვარების უკანდახევის რაოდენობრივი მახასიათებლები

ზემოთ აღინიშნა, რომ საქართველოს მყინვარების მახასიათებელი პარამეტრების განსაზღვრა, ეფექტურია თდზ-ის, ისტორიული მონაცემების, მყინვარების კატალოგში დაცული მყინვარების სქემების [14–17], არსებული საველე სამუშაოების მასალების, საექსპერტო ცოდნისა ინტეგრალური, კომპლექსური განხორციელებით და ამავდროულად მიღებული მონაცემების შეფასებისა და მონაცემების ხარისხის კონტროლის პროცედურების გამოყენებით [24–28]. მიღებული შედეგების შედარება საველე სამუშაოების მონაცემებთან ადასტურებს შედეგების მაღალ ხარისხს და შექმნილი მეთოდოლოგიის წარმატებას.

დიდი მყინვარების უკანდახევის დინამიკა შეისწავლება თდმ-ის საფუძველზე მყინვარის ენის ბოლოს გადაადგილების მდებარეობების განსაზღვრით. სიმარტივისათვის შერჩეულია ისეთი მყინვარები, რომელთა ენის ბოლო არ არის დაფარული ნაშალი მასალით. თდმ-ით მიღებული მყინვარის ენის ბოლოს გადაადგილების სიჩქარის მონაცემების განსაზღვრის ხარისხის შეფასებისა და ხარისხის კონტროლისათვის გამოყენებულია საველე დაკვირვებების მონაცემები. ასეთი მონაცემები აღმოსავლეთ და დასავლეთ საქართველოს ორი მყინვარისათვის, შესაბამისად გერგეტისა (თერგის აუზი) და ადიშისათვის (ენგურის აუზი), არსებობს გარემოს ეროვნულ სააგენტოში. მე-19 ცხრილში მოცემულია ამ მყინვარების მახასიათებლები თდზ-ისა და კატალოგის მიხედვით. გერგეტის მყინვარის მაქსიმალური სიგრძე თანამგზავრული მონაცემით 7.1 კმ-ია, ხოლო კატალოგის მიხედვით – 8.5 კმ. რაც იმას ნიშნავს, რომ დაახლოებით 50 წლის განმავლობაში მისი სიგრძე შემცირდა 1400 მ-ით, ანუ წელიწადში საშუალოდ 28 მ-ით. ადიშის მყინვარის მაქსიმალური სიგრძე თანამგზავრული მონაცემით 7.1 კმ-ია, ხოლო კატალოგის მიხედვით – 7.9 კმ. დაახლოებით 50 წლის განმავლობაში მისი სიგრძე შემცირდა 800 მ-ით, ანუ წელიწადში საშუალოდ 16 მ-ით.

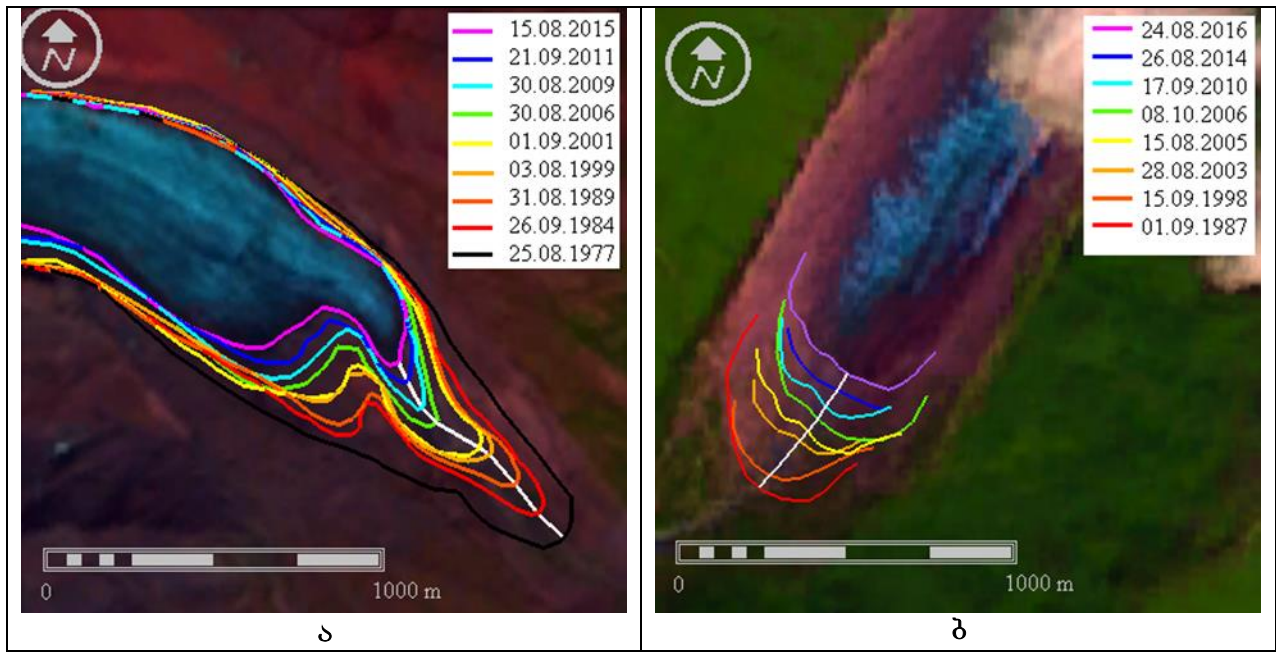
მე-19 ცხრილში მოცემულია გერგეტისა და ადიშის მყინვარების მახასიათებლები (თუ კატალოგში გრაფის შესაბამისი ინფორმაცია არ არსებობს მახასიათებლის გრაფაში წერია ტირე (-)).

ცხრილი 19. გერგეტისა და ადიშის მყინვარების მახასიათებლები

მყინვ. მახას.	სიგრძე, კმ		ფართობი, კმ ²		მინიმალური სიმაღლე, მ		მაქსიმალური სიმაღლე, მ		ფირნის ხაზის სიმაღლე, მ		აბლაციის არის ფართობი კმ ²	
	თღზ	კატ.	თღზ	კატ.	თღზ	კატ.	თღზ	კატ.	თღზ	კატ.	თღზ	კატ.
მყინვ. სახელი												
გერგეტი	7.1	8.5	5.2	8.3	3091	2870	4936	5030	3771	3650	1.5	2.3
ადიში	7.1	7.9	9.3	9.9	2400	2310	4931	4000	3475	3430	-	-

დიდი მყინვარებისათვის მყინვარის ენის ბოლოს უკანდახევის სიჩქარის დადგენის მეთოდოლოგია მოყვანილია [26,27]-ში. ამ მიზნით გამოყენებულია თანამგზავრი Landsat-ის სხვადასხვა სენსორის მონაცემები, თუმცა შედეგებს მნიშვნელოვნად განაპირობებს თანამგზავრული მონაცემების დამუშავების დონე. გათვალისწინებულია თანამგზავრული მონაცემების მიღების თარიღი და ღრუბლიანობა, თუმცა ზოგ შემთხვევაში საკმაოდ მაღალი ღრუბლიანობის სურათებიც რეპრეზენტატიულია.

34-ე ნახ-ზე ნაჩვენებია თღმ-ის საფუძველზე მიღებული გერგეტისა და ადიშის მყინვარების უკანდახევის სქემატური გამოსახულება. სხვადასხვა წელს მყინვარების მდებარეობა სხვადასხვა ფერის კონტურით არის ნაჩვენები. კონტურების გადამკვეთი თეთრი ფერის ტეხილი ხაზის საშუალებით გამოთვლილია მყინვარების უკანდახევის სიგრძე თანამგზავრული სურათების ფონზე, მყინვარი გერგეტისათვის 2015 წლის 15 აგვისტოს თანამგზავრული სურათის ფონზე, ხოლო მყინვარი ადიშისათვის – 2016 წლის 24 აგვისტოს.



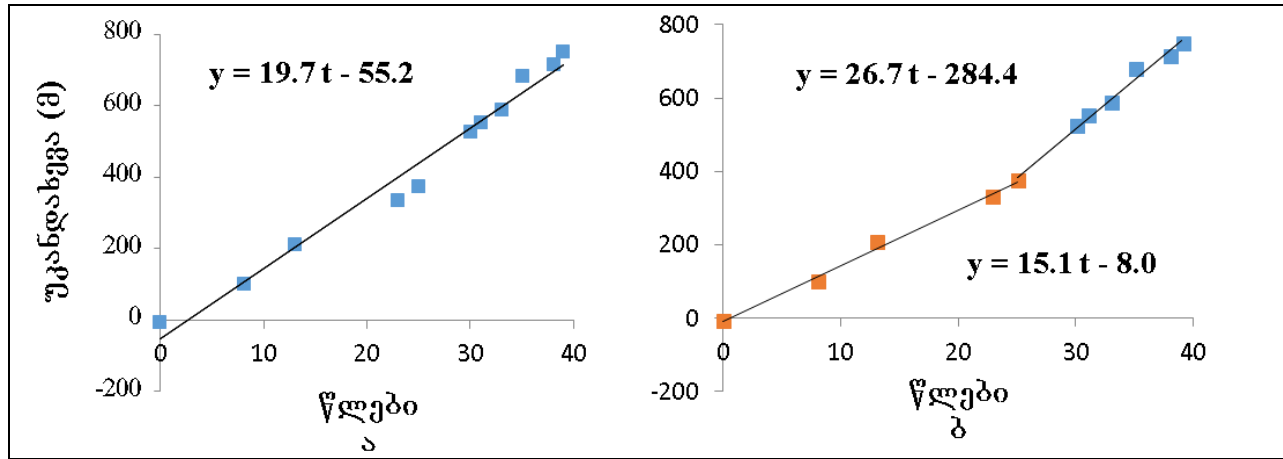
ნახ. 34. გერგეტისა (ა) და ადიშის (ბ) მყინვარების უკანდახევის სქემატური გამოსახულება

მე-20 ცხრილში მოყვანილია თდმ-ის მონაცემების საფუძველზე განსაზღვრული მყინვარი გერგეტის უკანდახევის სხვადასხვა მახასიათებელი.

ცხრილი 20. გერგეტის მყინვარის ენის უკანდახევის მდებარეობა და მანძილები თარიღების 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

35-ე ნახ-ზე წარმოდგენილია თდმ-ის მონაცემებით აგებული გერგეტის მყინვარის ცვლილების გრაფიკი და შესაბამისი ტრენდი. საწყისი მდგომარეობა შეესაბამება 1977 წელს. გერგეტის მყინვარზე კლიმატის ცვლილების ზემოქმედების უკეთ ასახვისათვის სადამკვირვებლო პერიოდი გაიყო ორ პერიოდად. პირველი მოიცავს 1977–2001 წლებს და მეორე – 2001–2015 წლებს.



ნახ. 35. გერგეტის მყინვარის უკანდახევის დინამიკა თდმ-ის მონაცემების (1977–2015 წლები) მიხედვით (ა); გერგეტის მყინვარის უკანდახევის ტენდენცია 1977–2001 და 2001–2015 წლების პერიოდებისათვის (ბ)

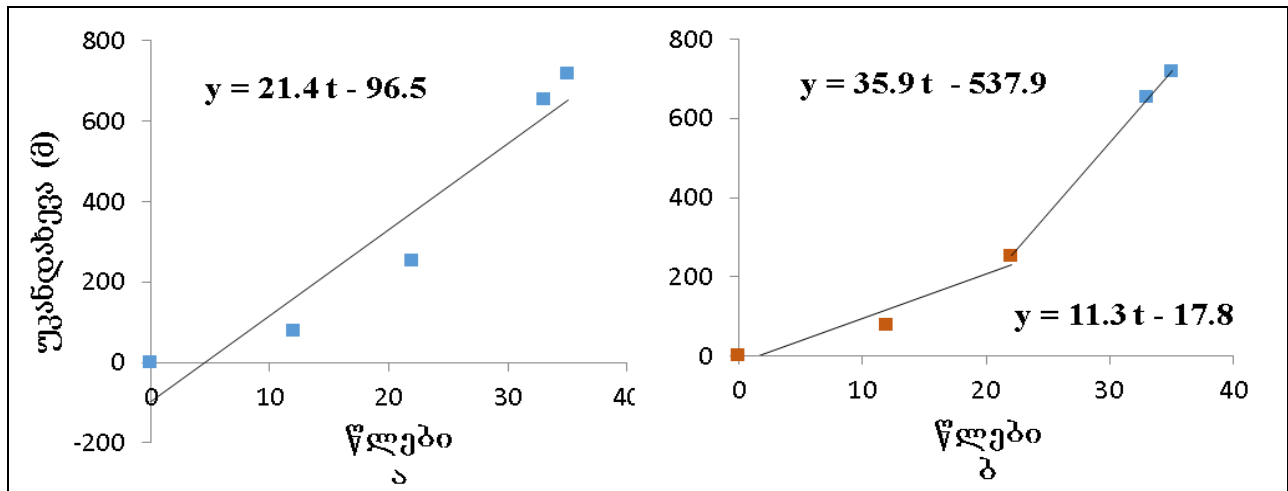
ანალიზი გვიჩვენებს, რომ გერგეტის მყინვარის უკანდახევის სიჩქარე მთლიან პერიოდში შეადგენს დაახლოებით 19,7 მ/წელს; პირველ პერიოდში – დაახლოებით 15,1 მ/წელს და მეორე პერიოდში – დაახლოებით 26,7 მ/წელს. მეორე პერიოდში უკანდახევის სიჩქარე მნიშვნელოვნად აღემატება სიჩქარის შესაბამის მნიშვნელობას პირველ პერიოდში ე.ი. **მყინვარის უკანდახევა არაწრფივი ხასიათისაა**, რაც მყინვარზე კლიმატის რეგიონალური ცვლილების გაზრდილ ზემოქმედების ხარისხზე მიუთითებს.

გერგეტის მყინვარის უკანდახევის (1977–2013 წწ.) მიწისპირა დაკვირვებების მონაცემები (ცხრილი 21) გამოიყენება თდზ-ის საფუძველზე განსაზღვრული გერგეტის მყინვარის უკანდახევის მონაცემების ხარისხის შეფასებისა და ხარისხის კონტროლისათვის.

ცხრილი 21. გერგეტის მყინვარის ენის ბოლოს მდებარეობის საველე დაკვირვებების მონაცემები

№	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

მიწისპირა საველე დაკვირვებების მონაცემების საფუძველზე განისაზღვრა გერგეტის მყინვარის უკანდახევის დინამიკა (ნახ. 36, ა). მეტი ინფორმაციულობისათვის სადამკვირვებლო პერიოდი გაიყო ორ პერიოდად: 1977–2000 და 2000–2013 წლებად. შესაბამისი ტრენდები მოცემულია 36-ე ბ ნახ-ზე.



ნახ. 36. გერგეტის მყინვარის უკანდახვევის დინამიკა მიწისპირა მონაცემების მიხედვით 1978–2013 წლებში (ა); გერგეტის მყინვარის უკანდახვევის ტენდენცია 1978–2000 და 2000–2013 წლებში (ბ)

ამ მონაცემების ანალიზმა ცხადყო, რომ გერგეტის მყინვარის უკანდახვევის სიჩქარე მთლიანი პერიოდისათვის შეადგენს დაახლოებით 21,4 მ/წელს; პირველი პერიოდისათვის – დაახლოებით 11,3 მ/წელს და მეორე პერიოდისათვის – 35,9 მ/წელს.

სხვაობის მოდული მიწისპირა დაკვირვებებისა და თღზ-ის მონაცემებს შორის მთლიანი პერიოდისათვის შეადგენს დაახლოებით 1,7 მ/წელს; პირველი პერიოდისათვის – დაახლოებით 3,8 მ/წელს; და მეორე პერიოდისათვის – დაახლოებით 9,2 მ/წელს.

აღნიშნული იმაზე მიუთითებს, რომ თღზ-ის და საველე დაკვირვებების მიწისპირა მონაცემები ერთმანეთთან კარგ თანხვედრაშია. შედეგებში სხვაობა აიხსნება რეპერებსა და სადამკვირვებლო პერიოდებში განსხვავებით.

გერგეტის მყინვართან 3653 მ სიმაღლეზე მდებარეობს სტეფანწმინდის მეტეოროლოგიური სადგური. 22-ე ცხრილში მოყვანილია ამ სადგურის მონაცემებით გამოთვლილი ზაფხულის საშუალო ტემპერატურები (T_{mean}) ორი პერიოდისთვის და მათ შორის სხვაობა (ΔT_{mean}). ზაფხულის სამივე თვეში აღინიშნება ტემპერატურის მატება საშუალოდ 1.1 °C-ით.

ცხრილი 22. ჰაერის საშუალო ტემპერატურის მონაცემები სტეფანწმინდის მეტეოსადგურის მიხედვით

პერიოდი	ივნისი	ივლისი	აგვისტო	ზაფხული
T_{mean} 1977–2000, °C	11.8	14.7	14.2	13.6
T_{mean} 2001–2015, °C	13.1	15.2	15.7	14.7
ΔT_{mean} , °C	1.3	0.5	1.5	1.1

ცხრილის ეს მონაცემები ერთი მხრივ ადასტურებს იმას, რომ გერგეტის მყინვარის სწრაფი დეგრადაცია გამოწვეულია კლიმატის თანამედროვე ცვლილებით და, მეორე მხრივ, რომ მყინვარის უკანდახვევის მონაცემები კლიმატის მიმდინარე ცვლილებისა და მისი დროში აქსელერაციის ეფექტური ინდიკატორია.

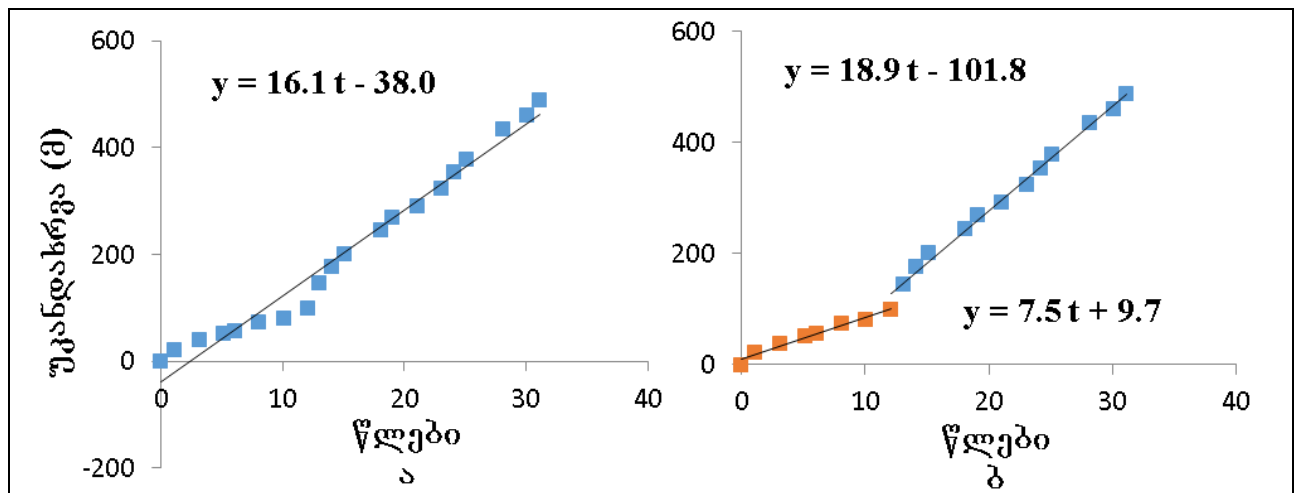
23-ე ცხრილში მოყვანილია თღმ-ის მონაცემების საფუძველზე განსაზღვრული მყინვარ ადიშის უკანდახევის სხვადასხვა მახასიათებელი.

ცხრილი 23. მყინვარ ადიშის ენის უკანდახევის მდებარეობა და მანძილები თარიღების მიხედვით

№	თარიღი	კოორდინატები		უკანდახევა წინა ნიშნულის მიმართ, მ	ჯამური უკანდახევა, მ
		განედი	გრძედი		
1	08/06/1986	42.984694°	42.989124°	0	0
2	09/10/1987	42.984850°	42.989217°	21	21
3	09/23/1989	42.985194°	42.989421°	17.8	38.8
4	10/07/1991	42.985233°	42.989440°	12.8	51.6
5	08/22/1992	42.985225°	42.989433°	4.3	55.9
6	08/28/1994	42.985278°	42.989460°	17.6	73.5
7	09/02/1996	42.985452°	42.989572°	6.3	79.8
8	09/08/1998	42.985860°	42.989948°	18.4	98.2
9	08/18/1999	42.748452°	43.696962°	46.8	145
10	09/05/2000	42.748477°	43.696988°	32	177
11	09/07/2001	42.986392°	42.990421°	24	201
12	08/15/2004	42.749407°	43.697853°	44	245
13	08//18/2005	42.749470°	43.697927°	24	269
14	08/16/2007	42.749628°	43.698107°	22	291
15	08/29/2009	42.749862°	43.698278°	33	324
16	09./17/2010	42.750072°	43.698735°	29	353
17	09/19/2011	42.991630°	42.987524°	25	378
18	08/26/2014	42.750437°	43.699260°	56	434
19	08/24/2016	42.750536°	43.699426°	26	460
20	09/12/2017	42.988469°	42.992491°	28	488

ადიშის მყინვარისათვის 1986–2017 წლების თანამგზავრული სურათების მიხედვით (ნახ. 37) განისაზღვრა მყინვარის ენის ბოლოს მდებარეობები, შედგა უკანდახევის 31-წლიანი გრაფიკები მთლიანი პერიოდისათვის (ნახ. 37, ა) და კლიმატის ცვლილების ზემოქმედების დეტალური აღწერისათვის ორი პერიოდისათვის (ნახ. 37, ბ), რომლებიც მოიცავს 1986–2000 და 2000–2017 წლებს.

ადიშის მყინვარის თღმ-ის მონაცემების ანალიზი (ნახ. 37) აჩვენებს, რომ მყინვარის უკანდახევის სიჩქარე მთლიანი პერიოდისათვის შეადგენს დაახლოებით 16,1 მ/წელს, პირველი პერიოდისათვის – დაახლოებით 7,5 მ/წელს და მეორე პერიოდისათვის – დაახლოებით 18,9 მ/წელს. ორი პერიოდის განხილვა გვიჩვენებს, რომ ბოლო პერიოდში უკანდახევის სიჩქარე მნიშვნელოვნად აღემატება სიჩქარის შესაბამის მნიშვნელობას პირველ პერიოდში და რომ მყინვარის უკანდახევა არაწრფივი ხასიათისაა, რაც მყინვარზე კლიმატის რეგიონალური ცვლილების გაზრდილ ზემოქმედების ხარისხზე მიუთითებს.



ნახ. 37. ადიშის მყინვარის უკანდახევის დინამიკა თდმ-ის მონაცემების მიხედვით 1987–2016 წლებში (ა); ადიშის მყინვარის უკანდახევის ტენდენცია 1987–2000 და 2000–2017 წლებში (ბ)

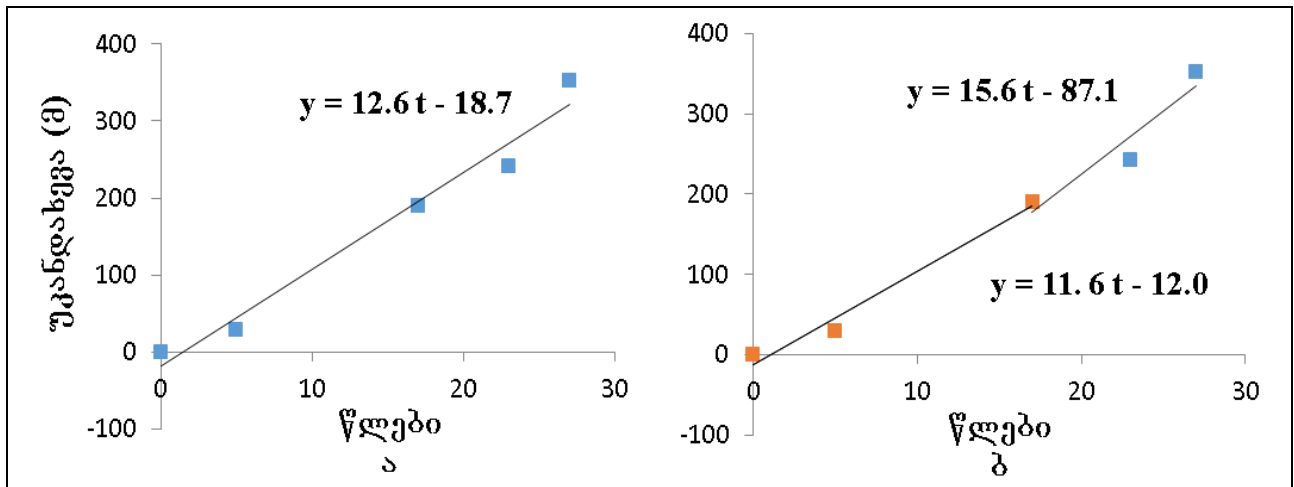
თდმ-ის საფუძველზე განსაზღვრული ადიშის მყინვარის უკანდახევის მონაცემების ხარისხის შეფასებისა და ხარისხის კონტროლისათვის გამოყენებულია 1985–2012 წლების ადიშის მყინვარის უკანდახევის საველე დაკვირვებების მიწისპირა მონაცემები (ცხრილი 24).

ცხრილი 24. ადიშის მყინვარის ენის ბოლოს მდებარეობის საველე დაკვირვებების მონაცემები

№	თარიღი	კოორდინატები		უკანდახევა წინა ნიშნულის მიმართ, მ	ჯამური უკანდახევა მ
		განედი	გრძელი		
1	1985	42.989886°	42.984383°	0	0
2	1990	42.990750°	2.985383°	29	29
3	2002	2.990950°	42.985617°	161	190
4	2008	–	–	51	242
5	2012	42.992308°	42.986439°	111	352

ამ მონაცემების საფუძველზე განისაზღვრა ადიშის მყინვარის უკანდახევის დინამიკა (ნახ. 38, ა), ხოლო მეტი ინფორმაციულობისათვის საველე დაკვირვებების პერიოდი გაიყო ორ პერიოდად: 1985–2002 და 2002–2012 წლებად. შესაბამისი ტრენდები მოცემულია 38-ე, ბ ნახ-ზე.

ამ მონაცემების ანალიზმა ცხადყო (ნახ. 38), რომ ადიშის მყინვარის უკანდახევის სიჩქარე მთლიანი პერიოდისათვის შეადგენს დაახლოებით 12,6 მ/წელს; პირველი პერიოდისათვის – დაახლოებით 11,6 მ/წელს და მეორე პერიოდისათვის – დაახლოებით 15,6 მ/წელს.



ნახ. 38. ადიშის მყინვარის უკანდახევის ტენდენცია საველე დაკვირვებების მიხედვით 1985–2012 წლებში (ა); ადიშის მყინვარის უკანდახევის დინამიკა 1985–2002 და 2002–2012 წლებში (ბ)

სხვაობის მოდული მიწისპირა დაკვირვებების და თდზ-ის მონაცემებს შორის მთლიანი პერიოდისათვის შეადგენს დაახლოებით 2,5 მ/წელი; პირველი პერიოდისათვის – დაახლოებით 4,1 მ/წელი, ხოლო მეორე პერიოდისათვის შეადგენს დაახლოებით 3,3 მ/წელს. აღნიშნული იმაზე მიუთითებს, რომ თდზ-ისა და საველე დაკვირვებების მიწისპირა მონაცემები ერთმანეთთან თანხვედრაშია. სხვაობები ძირითადად განპირობებულია თანამგზავრულ და მიწისპირა დაკვირვებების პერიოდებსა და რეპერულ აზომვებს შორის განსხვავებებით.

ადიშის მყინვარიდან 17 კმ-ში, 1500 მ სიმაღლეზე მდებარეობს მესტიის მეტეოროლოგიური სადგური. 25-ე ცხრილში მოყვანილია ამ სადგურის მონაცემების საფუძველზე გამოთვლილი ზაფხულის საშუალო ტემპერატურები ორი პერიოდისათვის და მათ შორის სხვაობა. საშუალოდ ზაფხულში სამივე თვეში აღინიშნება ტემპერატურის 0,6 °C-ით მატება.

ცხრილი 25. ჰაერის საშუალო ტემპერატურის მონაცემები მესტიის მეტეოსადგურის მიხედვით

პერიოდი	ივნისი	ივლისი	აგვისტო	ზაფხული
Tmean 1987–2000, °C	13.8	17.4	16.6	15.9
Tmean 2001–2016, °C	14.5	17.6	17.5	16.5
ΔTmean, °C	0.7	0.2	0.9	0.6

ეს მონაცემები, ერთი მხრივ, ადასტურებს იმას, რომ ადიშის მყინვარის დეგრადაცია გამოწვეულია კლიმატის თანამედროვე ცვლილებით და, მეორე მხრივ, მყინვარის უკანდახევის მონაცემები კლიმატის ცვლილებისა და მისი დროში აქსელერაციის ეფექტური ინდიკატორია.

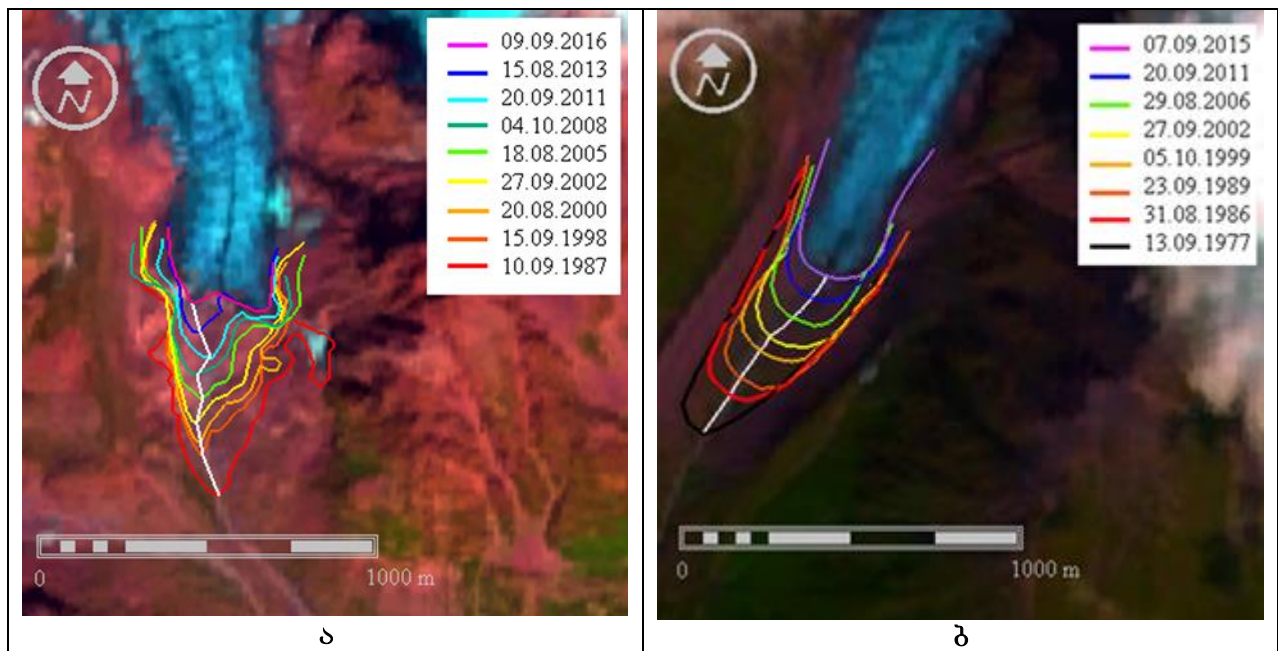
26-ე ცხრილში მოცემულია დასავლეთ საქართველოს ორი მყინვარის ქვიშისა (ენგურის აუზი) და ბოყოს (რიონის აუზი) მყინვარების მახასიათებლები თდზ-ის და კატალოგის მიხედვით.

ქვიშის მყინვარის მაქსიმალური სიგრძე (თანამგზავრული მონაცემით) 5,8 კმ-ია, ხოლო კატალოგის მიხედვით 6,1 კმ. რაც იმას ნიშნავს, რომ დაახლოებით 50 წლის განმავლობაში მისი სიგრძე შემცირდა 300 მ-ით, რაც შეადგენს წელიწადში საშუალოდ 6 მ-ს. ანალოგიური გაანგარიშებით ბოყოს მყინვარისათვის უკანდახევაც წელიწადში საშუალოდ 6 მ-ია.

ცხრილი 26. ქვიშისა და ბოყოს მყინვარების მახასიათებლები

მყინვ. მახას.	სიგრძე, კმ		ფართობი, კმ ²		მინიმალური სიმაღლე, მ		მაქსიმალური სიმაღლე, მ		ფირნის ხაზის სიმაღლე, მ		აბლაციის არის ფართობი, კმ ²	
	თღზ	კატ.	თღზ	კატ.	თღზ	კატ.	თღზ	კატ.	თღზ	კატ.	თღზ	კატ.
ქვიში	5.8	6.1	7.2	8.4	2862	2460	4395	4090	3441	3240	2.2	2.7
ბოყო	4.2	4.5	3.7	4.6	2616	2450	3996	3900	3463	3380	0.8	1.6

39-ე ნახ-ზე ნაჩვენებია თღზ-ის საფუძველზე ქვიშისა და ბოყოს მყინვარების უკანდახევის სქემატური გამოსახულება 1987–2016 და 1977–2015 წლებში. სხვადასხვა წელს მდებარეობა სხვადასხვა ფერის კონტურით არის ნაჩვენები. კონტურების გადამკვეთი თეთრი ფერის ტეხილი ხაზების საშუალებით გამოთვლილია მყინვარების უკანდახევის სიგრძე მყინვარ მყინვარი ქვიშისათვის 2016 წლის 9 სექტემბრის, ხოლო მყინვარ ბოყოსათვის 2015 წლის 7 სექტემბრის თანამგზავრული სურათების ფონზე. განისაზღვრა მყინვარების ენის ბოლოს მდებარეობები და გამოთვლილია მყინვარების უკანდახევის მანძილები.



ნახ. 39. ქვიშისა (ა) და ბოყოს მყინვარების (ბ) უკანდახევის სქემატური გამოსახულება

27-ე ცხრილში მოყვანილია თდმ-ის მონაცემების საფუძველზე განსაზღვრული მყინვარ ქვიშის, ხოლო 28-ე ცხრილში მყინვარ ბოყოს უკანდახევის სხვადასხვა მახასიათებელი.

ცხრილი 27. მყინვარ ქვიშის ენის უკანდახევის მდებარეობა და მანძილები თარიღების მიხედვით

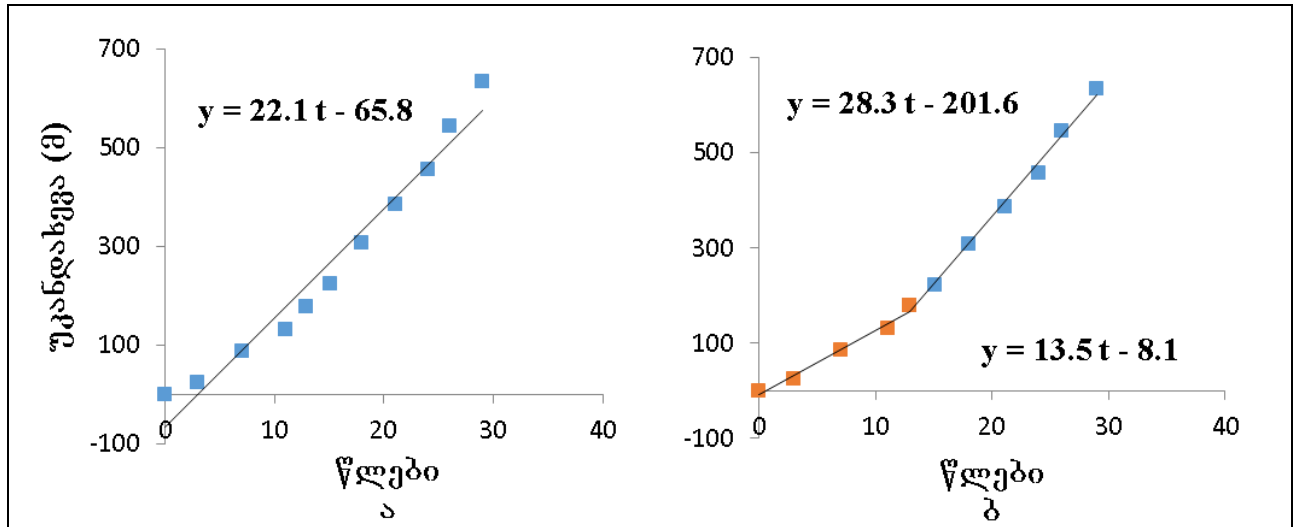
№	თარიღი	კოორდინატები		უკანდახევა წინა ნიშნულის მიმართ (მ)	ჯამური უკანდახევა (მ)
		განედი	გრძელი		
1	10.09.1987	43.145368°	42.497152°	0	0
2	09.09.1990	43.145616°	42.497076°	24.1	24.1
3	20.09.1994	43.146140°	42.496757°	62.8	86.9
4	15.09.1998	43.146502°	42.496455°	44.1	131
5	20.08.2000	43.146889°	42.496411°	47	178
6	27.09.2002	43.147404°	42.496271°	45	223
7	18.08.2005	43.148023°	42.496410°	84	307
8	04.10.2008	43.148701°	42.496195°	78	385
9	20.09.2011	43.149138°	42.496779°	71	456
10	18.08.2013	43.149878°	42.496254°	89	545
11	09.09.2016	43.150639°	42.496039°	89	634

ცხრილი 28. მყინვარ ბოყოს ენის უკანდახევის მდებარეობა და მანძილები თარიღების მიხედვით

№	თარიღი	კოორდინატები		უკანდახევა წინა ნიშნულის მიმართ (მ)	ჯამური უკანდახევა (მ)
		განედი	გრძელი		
1	09.13.1977	42.747233	43.695778	0	0
2	08.31.1986	42.748262	43.696815	143	143
3	09.10.1987	42.748452	43.696962	25	168
4	09.26.1987	42.748477	43.696988	3	171
5	09.23.1989	42.748734	43.697210	34	205
6	10.10.1998	42.749407	43.697853	93	298
7	08.18.1999	42.749470	43.697927	8	306
8	10.05.1999	42.749479	43.697938	1	307
9	09.05.2000	42.749628	43.698107	22	329
10	09.27.2002	42.749862	43.698278	29	358
11	09.16.2004	42.750072	43.698735	45	403
12	08.29.2006	42.750353	43.699124	46	449
13	10.08.2006	42.750437	43.699260	13	462
14	10.03.2007	42.750485	43.699335	8	470
15	08.26.2008	42.750536	43.699426	10	480
16	10.16.2009	42.750574	43.699486	6	486
17	09.01.2010	42.750659	43.699593	12	498
18	09.25.2010	42.750723	43.699683	10	508
19	09.20.2011	42.750911	43.699904	35	535
20	10.06.2014	42.751324	43.700284	56	591
21	10.14.2014	42.751349	43.700312	4	595
22	09.07.2015	42.751493	43.700417	18	613

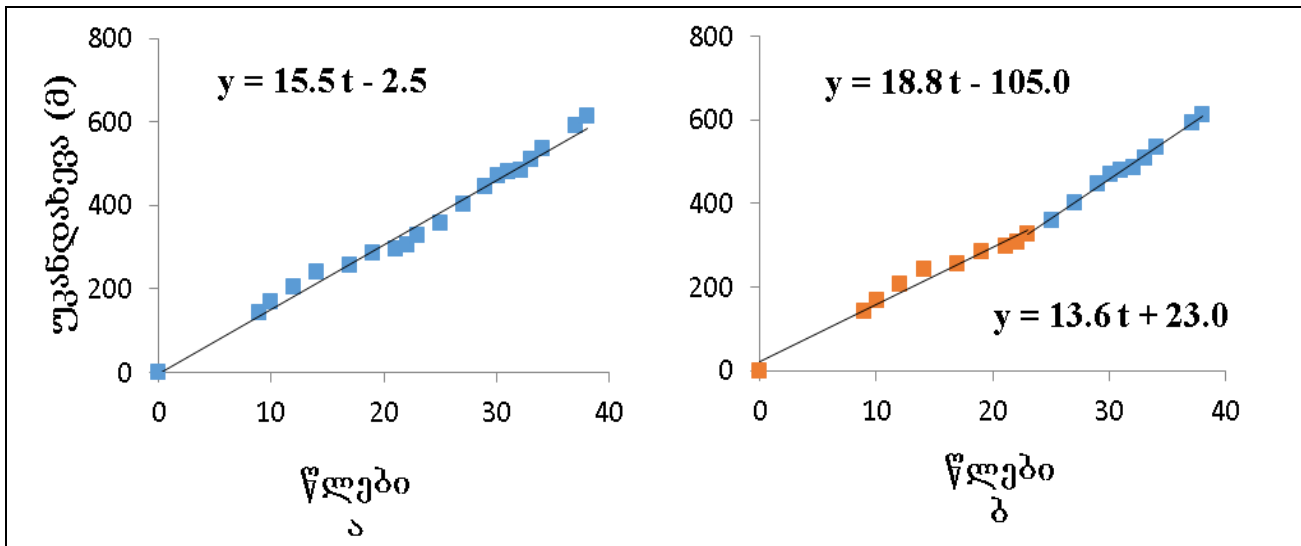
ქვიშის მყინვარის თღმ-ის მონაცემების ანალიზის მიხედვით (ნახ. 40) მყინვარის უკანდახევის სიჩქარე მთლიანი პერიოდისათვის შეადგენს დაახლოებით 22,1 მ/წელს. უკანდახევის სიჩქარე პირველ პერიოდში არის დაახლოებით 13,5 მ/წელი; 3. მეორე პერიოდში – დაახლოებით 28,3 მ/წელი.

მთლიანობაში ორივე მყინვარის უკანდახევა არაწრფივი ხასიათისაა და ბოლო პერიოდში მათი უკანდახევა მნიშვნელოვნად აღემატება პირველი პერიოდისათვის განსაზღვრულ ტენდენციას.



ნახ. 40. ქვიშის მყინვარის უკანდახევის დინამიკა თღზ-ის მიხედვით 1987–2016 წლებში (ა); ქვიშის მყინვარის უკანდახევის ტენდენცია 1987–2000 და 2000–2016 წლების პერიოდებისათვის (ბ)

ქვიშის მყინვარისათვის შედგა უკანდახევის გრაფიკები მთლიანი პერიოდისათვის (ნახ. 40, ა) და კლიმატის ცვლილების ზემოქმედების დეტალური აღწერის ორი პერიოდისათვის (ნახ. 40, ბ), რომელიც მოიცავს 1987–2000 და 2000–2016 წლებს, ხოლო ბოლოს მყინვარისათვის შედგა უკანდახევის გრაფიკები მთლიანი პერიოდისათვის (ნახ. 41, ა) და კლიმატის ცვლილების ზემოქმედების დეტალური აღწერის ორი პერიოდისათვის (ნახ. 41, ბ); კერძოდ, 1977–2001 და 2001–2015 წლებისათვის.



ნახ. 41. ბოყოს მყინვარის უკანდახვევის დინამიკა თღზ-ის მიხედვით 1977–2015 წლებში (ა); ბოყოს მყინვარის უკანდახვევის ტენდენცია 1977–2001 და 2001–2015 წლების პერიოდებისათვის (ბ)

ბოყოს მყინვარის თღზ-ის მონაცემების ანალიზი ცხადყოფს, რომ მყინვარის უკანდახვევის სიჩქარე მთლიანი პერიოდისათვის შეადგენს დაახლოებით 15,5 მ/წელს; პირველი პერიოდისათვის – დაახლოებით 13,6მ/წელს და მეორე პერიოდისათვის და მეორე პერიოდისათვის – დაახლოებით 18,8 მ/წელს. მყინვარის უკანდახვევა არაწრფივი ხასიათისაა და ბოლო პერიოდში აღემატება პირველი პერიოდის ტენდენციას.

ზემოაღნიშნულიდან გამომდინარე შეიძლება ითქვას, რომ საქართველოს დიდი მყინვარების უკანდახვევას არაწრფივი ხასიათი აქვს. ბოლო წლებში დიდი მყინვარების უკანდახვევა როგორც აღმოსავლეთ, ისე დასავლეთ საქართველოში აჩქარებულია; ამასთან მყინვარების დეგრადაციის პროცესი უფრო აქტიურია აღმოსავლეთ საქართველოში, რასაც აღმოსავლეთ და დასავლეთ საქართველოს განსხვავებული ჰავა განაპირობებს.

6.2 დიდი მყინვარების სრული დნობის პრობნოზირება

კვლევით დადგინდა, რომ საქართველოს დიდი მყინვარების უკანდახვევას არაწრფივი ხასიათი აქვს. დიდი მყინვარების სრული დნობის სავარაუდო თარიღების განსასაზღვრავად შემუშავებულია სცენარი, სადაც განხილულია კლიმატის ცვლილება ჩვეულებრივი ბიზნესის (Business as Usual /BaU) შესაბამისად [49–51]. შემდგომი კვლევებით დადგინდა, რომ განხილული მყინვარების უკანდახვევის აპროქსიმაცია ამ სცენარის პირობებში დიდი სიზუსტით შესაძლებელია პარაბოლის მრუდით. შესაბამისი განტოლებებია: მყინვარი გერგეტი: $y=0.2t^2+12.2t$; შესაბამისი საშუალო კვადრატული გადახრა $R^2=0.993$; მყინვარი ადიში: $y=0.2t^2+8.4t$; შესაბამისი საშუალო კვადრატული გადახრა $R^2=0.991$; მყინვარი ქვიში: $y=0.5t^2+8.0t$; შესაბამისი საშუალო კვადრატული გადახრა $R^2=0.998$; მყინვარი ბოყო: $y=0.1t^2+13.7t$; შესაბამისი საშუალო კვადრატული გადახრა $R^2=0.991$.

29-ე ცხრილში მოყვანილია საქართველოს ოთხი დიდი მყინვარის სრული დნობის გამოსაანგარიშებლად საჭირო მახასიათებლები.

ცხრილი 29. საქართველოს დიდი მყინვარების სრული დნობის სავარაუდო თარიღების გამოსათვლელი მახასიათებლები

a	b	c	d	e	f	g	h
სახელწ.	სიგრძე თდზ-ით ბოლო წელს, მ	ჯამური უკანდახევა ათვლის დაწყებიდან, მ	შესაძლო დნობის მანძილი $y=b+c$	განტოლების ამონახსენი t_1 წელი	ათვლის დაწყების წელი	ბოლო წელი	სრული დნობის წელი $[f+e]$
გერგეთი	7100	756	7856	168	1977	2015	2145
ადიში	7100	437	7537	159	1987	2016	2146
ქვიში	5800	639	6439	107	1987	2016	2094
ბოყო	4200	613	4839	198	1977	2015	2175

მაგალითისათვის, გამოვითვალოთ მყინვარ გერგეტის სრული დნობის სავარაუდო თარიღი. ამისათვის განტოლებაში $y=0.2344t^2+12.201t$ ჩავსვათ $y=7856$ მ და გამოვთვალოთ მისი შესაბამისი განტოლების დადებითი ფესვი, რომლის მნიშვნელობა არის $t_1=168$ წელი. მყინვარ გერგეტის სრული დნობის სავარაუდო თარიღი იქნება ათვლის დაწყების წელს დამატებული 168 წელი, ანუ მყინვარ გერგეტის სრული დნობის სავარაუდო თარიღია $t=t_1+1977 = 2145$ წელი.

ანალოგიური გამოთვლები დანარჩენი მყინვარებისათვის იძლევა სიდიდეებს, რომელთა მნიშვნელობებიც მოყვანილი 23-ე ცხრილის h გრაფაში, კერძოდ მყინვარი ადიში სრულად გადნება 2146 წელს, მყინვარი ქვიში – 2094 წელს, ხოლო მყინვარი ბოყო – 2175 წელს.

კლიმატის მიმდინარე ცვლილების შედეგად საქართველოს დიდი მყინვარების ცვლილების შესახებ შემდეგი დასკვნების ჩამოყალიბება შეიძლება, კერძოდ:

1. დიდი მყინვარების უკანდახევის დინამიკა და ტრენდები შესწავლილია რაოდენობრივად დასავლეთ და აღმოსავლეთ საქართველოში დაახლოებით 40-წლიანი პერიოდისათვის. ჩატარებულმა დეტალურმა ანალიზმა გამოავლინა, რომ როგორც დასავლეთ, ისე აღმოსავლეთ საქართველოს დიდი მყინვარები უკან იხევის;
2. დიდი მყინვარების უკანდახევის ტრენდების ანალიზი თდზ-ის ინფორმაციისა და სავლეთ დაკვირვებების მიწისპირა მონაცემების იმაზე მიუთითებს, რომ ეს მონაცემები ერთმანეთთან კარგ თანხმობაშია. ამიტომ შეგვიძლება დასაბუთებულად ვივარაუდოთ, რომ თდზ-ის საფუძველზე განსაზღვრული დიდი მყინვარების უკანდახევის რაოდენობრივი მახასიათებლები სანდოა;
3. დროის ორი პერიოდის ანალიზი (რომელიც სადამკვირვებლო პერიოდის ორად გაყოფით მიიღება) აჩვენებს, რომ დროის ბოლო შუალედში დიდი მყინვარების უკანდახევა როგორც აღმოსავლეთ, ისე დასავლეთ საქართველოში აჩქარებულია; ამასთან, დიდი მყინვარების დეგრადაციის პროცესი აღმოსავლეთ საქართველოში უფრო აქტიურია, ვიდრე დასავლეთ საქართველოში, რაც აღმოსავლეთ და დასავლეთ საქართველოს ჰავის განსხვავებით შეიძლება აიხსნას. კერძოდ, აღმოსავლეთ საქართველოს ჰავა

კონტინენტურია, ხოლო დასავლეთ საქართველოს ჰავა – ზღვიური ნოტიოა და ამიტომ გაცილებით ტენიანია;

4. დიდი მყინვარების უკანდახვევა არაწრფივი ხასიათისაა და ბოლო პერიოდში უკანდახვევა აღემატება პირველი პერიოდით განსაზღვრულ ტენდენციას, რაც მყინვარზე კლიმატის რეგიონალური ცვლილების გაზრდილ ზემოქმედების ხარისხზე მეტყველებს;
5. განსაზღვრულია საქართველოს ოთხი დიდი მყინვარის სრული დნობის სავარაუდო თარიღები. ეს უაღრესად მნიშვნელოვანია, რადგან ანალოგიური კვლევა საქართველოში არ ჩატარებულა. თავის მხრივ მიღებული შედეგები მნიშვნელოვანია შერბილების ღონისძიებებისა და ადაპტაციის სტრატეგიის დასახვისათვის.

დასკვნა

კლიმატის თანამედროვე ცვლილების გამო საქართველოს მყინვარების დეგრადაციის შესასწავლად გამოკვლეულია მცირე მყინვარების დნობის სტატისტიკა (თავი 4), მყინვარული აუზების მახასიათებლების (მყინვართა რაოდენობისა და ფართობების) ცვლილება (თავი 5) და დიდი მყინვარების უკანდახვევის რაოდენობრივი მახასიათებლები, აგრეთვე მოცემულია მათი სრული დნობის პროგნოზი (თავი 6). თავების ბოლოს ჩამოყალიბებულია დასკვნები.

მოგვყავს გაერთიანებული საბოლოო დასკვნები:

1. მცირე მყინვარების ძირითადი მახასიათებლების განსაზღვრისათვის თღზ ფრიად ეფექტურია. ეს დასკვნა უაღრესად მნიშვნელოვანია, რადგან ადრეც მცირე მყინვარების კვლევა მიწისპირა დაკვირვებების საფუძველზე ძლიერ შეზღუდული იყო, ხოლო ბოლო წლების განმავლობაში მცირე მყინვარების კვლევა ფაქტობრივად არ ხორციელდება;
2. რიგი მცირე მყინვარებისა, რომლებიც ტოპოგრაფიულ რუკებზეა დატანილი, აღარ არსებობს;
3. კლიმატის თანამედროვე დათბობის გამო მცირე მყინვარები ინტენსიურად დნება;
4. სსრ კავშირის მყინვარების კატალოგში საქართველოს მყინვარების ფართობის მონაცემებში დაშვებულია უზუსტობები, რომლებიც აღმოჩენილია თღზ-ის საფუძველზე და დაზუსტდა ტოპოგრაფიული რუკების გამოყენებით;
5. ტოპოგრაფიული რუკით შესწორდა კატალოგის მიხედვით ფართობის შესახებ დასავლეთ საქართველოს მყინვარების 110 მნიშვნელობა, აქედან 41 მცირე მყინვარის; აღმოსავლეთ საქართველოს – 7 მნიშვნელობა, აქედან 6 მცირე მყინვარის;
6. აღმოსავლეთ საქართველოში მცირე მყინვარების დნობის პროცესი, უფრო ინტენსიურად მიმდინარეობს, ვიდრე დასავლეთ საქართველოში., რადგან აღმოსავლეთ საქართველოში მყინვარების კატალოგში აღრიცხული 104 მცირე მყინვარიდან, ამჟამად კლიმატის გლობალური დათბობის გამო, დარჩა მხოლოდ 30 მცირე მყინვარი ანუ ადრე არსებულის 28,8%, ხოლო დასავლეთ საქართველოს 237 მცირე მყინვარიდან, ამჟამად კლიმატის გლობალური დათბობის გამო, დარჩა მხოლოდ 105 მცირე მყინვარი ანუ ადრე არსებულის 44,3%. ეს შედეგი მიღებულია თღზ-ის მიხედვით იმ მცირე მყინვარების შესწავლის შედეგად, რომლებიც კატალოგითაც მცირე მყინვარების კატეგორიას მიეკუთვნებიან.

7. ზოგადად კლიმატის გლობალური დათბობა, ნეგატიურად მოქმედებს მყინვარებზე, რაც განსაკუთრებით ვლინდება მცირე მყინვარების შემთხვევაში და ხშირად იწვევს ამ მყინვარების დანაწევრებას, თოვლნარად გადაქცევას ან სრულ დნობას. დიდი ალბათობით შეიძლება ითქვას, რომ საქართველოში დარჩენილი მცირე მყინვარები მთლიანად გადნება, თუმცა მათ გარკვეულწილად ჩაანაცვლებს საშუალო და დიდი მყინვარების დანაწევრებით და დნობით მიღებული მცირე მყინვარები;
8. მსოფლიო მყინვარების კატალოგის ელექტრონულ ვერსიაში აუზები ხშირ შემთხვევაში არასწორადაა მითითებული. მყინვარის ნომრის ცოდნის შემთხვევაში, შემოდინიშნული ცხრილების საშუალებით დაზუსტებულად შეიძლება განისაზღვროს, თუ რომელ აუზში მდებარეობს მყინვარი;
9. მყინვარული აუზებისათვის ჩატარებულმა გამოთვლებმა აჩვენა, რომ დაახლოებით 50 წლის განმავლობაში, კლიმატის მიმდინარე ცვლილების გამო საქართველოს მყინვარების დეგრადაციის შედეგად, მყინვარული აუზების ფართობები და მყინვარების რაოდენობა შემცირდა, როგორც დასავლეთ საქართველოში ისე აღმოსავლეთ საქართველოში;
10. მყინვარების ფართობის ზომების მიხედვით განაწილებისას გამოთვლებმა აჩვენა, რომ მყინვარულ აუზებში როგორც მცირე, ისე საშუალო და დიდი მყინვარების ფართობი და მყინვარების რაოდენობა შემცირდა;
11. მცირე მყინვარების შემთხვევაში, დასავლეთ საქართველოში მხოლოდ რიონის აუზში გაიზარდა მყინვარების რაოდენობა (10-ით) და აღმოსავლეთ საქართველოში მხოლოდ ასას აუზში (1-ით), რაც დაკავშირებულია უფრო დიდი ზომის მყინვარების დეგრადაცია/დანაწევრებასთან;
12. მყინვარულ აუზებში გამყინვარების ფართობის და მყინვარების რაოდენობის შემცირება უფრო ინტენსიურია აღმოსავლეთ საქართველოში ვიდრე დასავლეთ საქართველოში. ეს შეიძლება აიხსნას, აღმოსავლეთ და დასავლეთ საქართველოს ჰავაში განსხვავებით, კერძოდ, აღმოსავლეთ საქართველოს ჰავა კონტინენტურია, ხოლო დასავლეთ საქართველოს ჰავა ზღვიური ნოტიოა და ამიტომ გაცილებით ტენიანი;
13. კატალოგით საქართველოში აღრიცხულია 541 მყინვარი, აქედან 409 დასავლეთ საქართველოში და 132 აღმოსავლეთ საქართველოში. ამჟამად საქართველოს საზღვრებში მოქცეულია 383 მყინვარი, აქედან 323 დასავლეთ საქართველოში და 60 აღმოსავლეთ საქართველოში. მაშასადამე, საქართველოში მყინვარების რაოდენობა შემცირდა 158-ით ანუ 29.2%-ით;
14. კატალოგის მიხედვით მყინვარების საერთო ფართობია 541.8 კმ². აქედან დასავლეთ საქართველოში მყინვარებით დაფარული ფართობია 454,9 კმ² და აღმოსავლეთ საქართველოში 86,9 კმ². ამჟამად საქართველოში მყინვარების საერთო ფართობია 377 კმ². აქედან დასავლეთ საქართველოში მყინვარებით დაფარული ფართობია 331,2 კმ² და აღმოსავლეთ საქართველოში 45,8 კმ². ამგვარად საქართველოში მყინვარით დაფარული ფართობი შემცირდა 164.8 კმ²-ით ანუ 30.4%;
15. დიდი მყინვარების უკანდახვეის დინამიკა და ტრენდები შესწავლილია რაოდენობრივად დასავლეთ და აღმოსავლეთ საქართველოში დაახლოებით 40-წლიანი პერიოდისათვის. ჩატარებულმა დეტალურმა ანალიზმა გამოავლინა, რომ როგორც დასავლეთ, ისე აღმოსავლეთ საქართველოს დიდი მყინვარები უკან იხევის;
16. დიდი მყინვარების უკანდახვეის ტრენდების ანალიზი თდზ-ის ინფორმაციისა და საველე დაკვირვებების მიწისპირა მონაცემების იმაზე

მიუთითებს, რომ ეს მონაცემები ერთმანეთთან თანხმობაშია. ამიტომ შეგვიძლება დასაბუთებულად ვივარაუდოთ, რომ თდზ-ის საფუძველზე განსაზღვრული დიდი მყინვარების უკანდახევის რაოდენობრივი მახასიათებლები სანდოა;

17. დროის ორი პერიოდის ანალიზი (რომელიც სადამკვირვებლო პერიოდის ორად გაყოფით მიიღება) აჩვენებს, რომ დროის ბოლო შუალედში დიდი მყინვარების უკანდახევა როგორც აღმოსავლეთ, ისე დასავლეთ საქართველოში აჩქარებულია; ამასთან, დიდი მყინვარების დეგრადაციის პროცესი აღმოსავლეთ საქართველოში უფრო აქტიურია, ვიდრე დასავლეთ საქართველოში, რაც აღმოსავლეთ და დასავლეთ საქართველოს ჰავის განსხვავებით შეიძლება აიხსნას. კერძოდ, აღმოსავლეთ საქართველოს ჰავა კონტინენტურია, ხოლო დასავლეთ საქართველოს ჰავა – ზღვიური ნოტიოა და ამიტომ გაცილებით ტენიანია;
18. დიდი მყინვარების უკანდახევა არაწრფივი ხასიათისაა და ბოლო პერიოდში უკანდახევა აღემატება პირველი პერიოდით განსაზღვრულ ტენდენციას, რაც მყინვარზე კლიმატის რეგიონალური ცვლილების გაზრდილ ზემოქმედების ხარისხზე მეტყველებს;
19. განსაზღვრულია საქართველოს ოთხი დიდი მყინვარის სრული დნობის სავარაუდო თარიღები. ეს უადრესად მნიშვნელოვანია, რადგან ანალოგიური კვლევა საქართველოში არ ჩატარებულა. თავის მხრივ მიღებული შედეგები მნიშვნელოვანია შერბილების ღონისძიებებისა და ადაპტაციის სტრატეგიის დასახვისათვის.

ზოგადად კლიმატის გლობალური დათბობა, ნეგატიურად მოქმედებს მყინვარებზე, რაც განსაკუთრებით ვლინდება მცირე მყინვარების შემთხვევაში და ხშირად იწვევს ამ მყინვარების დანაწევრებას, თოვლნარად გადაქცევას ან სრულ დნობას. დიდი ალბათობით შეიძლება ითქვას, რომ საქართველოში დარჩენილი მცირე მყინვარები მთლიანად გადნება, თუმცა მათ გარკვეულწილად ჩაანაცვლებს საშუალო და დიდი მყინვარების დანაწევრებით და დნობით მიღებული მცირე მყინვარები. ეს პროცესი წინ უსწრებს დიდი მყინვარების სრულ დნობას, ანუ ჯერ გადნება ამჟამად არსებული მცირე მყინვარები, შემდეგ საშუალო და ბოლოს დიდი მყინვარები რაც სრულ ეკოლოგიურ კოლაფსს გამოიწვევს. ასეთი სცენარი არარეალურია, რადგან ბუნებაში ჩადებულია თვითაღდგენის უნარი. მაგალითად შეიძლება მოვიყვანოთ კასპიის ზღვის ამოშრობა და თვითაღდგენა, ტყეების თვითაღდგენის უნარი, ადამიანის ზოგიერთი ორგანოს თვითაღდგენის უნარი.

ლიტერატურა

1. მარუაშვილი ლ., საქართველოს გეოგრაფიული შესწავლის ფუძემდებელი ვახუშტი ბაგრატიონი, თბ., 1956.
2. Besse, Jean-Charle de. Voyage en Crimée, au Caucase, en Deorgie, en Armemenie, en Asie-Mineure et a Constantinopole en 1829 et 1830. Paris, Librairie Delaunay, 1838.
3. Коленати Ф. Восхождение на Казбек в 1844 году. // Журнал для чтения воспитанникам военно-учебных заведений. Том 59, № 236, 1846.
4. Статковский Б. И. Краткая записка о действиях в 1865 г. экспедиции для исследования причин происхождения периодического Казбекского завала//Зап. КОРГО, 1866, кн.7, вып.1, с. 1–28.
5. Статковский Б. И. О причинах происхождения Казбекского завала и о мерах для его предупреждения. Тифлис, 1877, 42 с.

6. Хатисян Г. С. Краткий очерк действий двух комиссий для исследования Казбекских ледников в 1862 и 1863 гг//Зап. КОРГО, 1864, кн. 6, № 2, с. 220–230.
7. Хатисян Г.С. Казбекские ледники в период с 1862 по 1887 г. – Изв. Русского геогр. об-ва, т. XXIV, вып. 5, 1888 (1889), с. 326-347.
8. 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.
9. Динник Н. Современные и древние ледники Кавказа. Нальчик: Издательство М. и В. Котляровых,– (Народы Кавказа: страницы прошлого), 2010, 120 с.
10. Маруашвили Л. И. Оледенение Кавказа // Природа. 1936. № 5. С. 52–61.
11. Маруашвили Л. И. Целесообразность пересмотра существующих представлений о палеогеографических условиях ледникового времени на Кавказе//Тбилиси, изд. Ан ГССР, 1956, 124 с.
12. Цомая В. Ш., Дробышев О. А. Результаты гляциологических наблюдений на ледниках Кавказа//Труды ЗапНИГМИ, вып. 45 (51), 1970, с. 141–146.
13. Цомая В.Ш. (ред.). Ледники Кавказа 1963–1973 гг., Тбилиси, 1975, 322 с.
14. В.Ш. Цомая. Каталог Ледников СССР, Т. 9, вып. 3, ч. 1, Закавказье и Дагестан, Л.: Гидрометеиздат, 1975, 95 с.
15. В.Ш. Цомая, О.А. Дробышев. Каталог Ледников СССР, Т. 8, ч. 11, Северный Кавказ, Л.: Гидрометеиздат, 1977, 71 с.
16. В.Д. Панов Э.С. Боровик. Каталог Ледников СССР, Т. 8, ч. 12, Северный Кавказ, Л.: Гидрометеиздат, 1977, 51 с.
17. Л.И. Маруашвили, Г. М. Курдгелайдзе, Т.А. Лашхи, Ш.В. Инашвили. Каталог Ледников СССР, Т. 9, вып. 1, ч. 2-6, Закавказье и Дагестан, Л.: Гидрометеиздат, 1975, 86 с.
18. Гобеджишвили Р. Г. Ледники Грузии. Тбилиси, 1989. Изд. „მეცნიერება“, 127 с.
19. რ. გობეჯიშვილი, ვ. კოტლიაკოვი. გლაციოლოგია (მეცნიერება). თბ.: „უნივერსალი“, 2006წ. გვ. 291.
20. რ. გობეჯიშვილი, ლ. ტიელიძე, ნ. ლომიძე, აღ. ჯავახიშვილი. მეცნიერების მონიტორინგი კლიმატის ცვლილების ფონზე (მეცნიერების ზოგადი და ჭაბაბის მაგალითზე). თსუ, ვახუშტი ბაგრატიონის გეოგრაფიის ინს-ტი, თბ. : უნივერსალი, 2012, 176 გვ.
21. ლ. ტიელიძე, საქართველოს მეცნიერების კატალოგი, თბ.: სამშობლო, 2016, 116 გვ.
22. L. Tielidze. *Glaciers of Georgia*, Springer, 2017, 167 p.
23. G. Kordzakhia, L. Shengelia, G. Tvauri, M. Dzadzamia. Research of Devdoraki Glacier Based on Satellite Remote Sensing Data and Devdoraki Glacier Falls in Historical Context//American Journal of Environmental Protection, Volume 4, Issue 3-1, 2015, pp. 14–21.
24. 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, Volume 18, Issue 1, 2015, pp. S1–S7.
25. Л.Д. Шенгелия, Г.И. Кордзахия, Г.А. Тваури. Методология и результаты исследования некоторых ледников Грузии. „География: развитие науки и образования“, Коллективная монография по материалам Международной научно-

- практической конференции LXVIII Герценовские чтения 22-25 апреля 2015 года, посвященной 70-летию создания ЮНЕСКО, Изд-во РГПУ им. А.И. Герцена, Россия, Санкт-Петербург, 2015, с. 117–124.
26. 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.
 27. G. Kordzakhia, L. Shengelia, G. Tvauri, M. Dzadzamia. Research of Glaciers Variation Dynamics in East Georgia Under the Impact of Modern Climate Change, Proceedings of the Fourth Plenary Conference and Field Trips of UNESCO–IUGS–IGCP 610 project „From the Caspian to Mediterranean: Environmental Change and Human Response during the Quaternary“(2013–2017), 2-9 October, 2016, pp. 96–100, Printed in Georgia, Georgian National Academy of Sciences, Georgia, Tbilisi, 2016, pp. 96–100.
 28. Л.Д. Шенгелия, Г.И. Кордзахия, Г.А. Тваури, М. Ш. Дзadzамия. Определение фирновой линии горных ледников по данным спутникового дистанционного зондирования. „География: развитие науки и образования“, коллективная монография по материалам Международной научно-практической конференции LXIX Герценовские чтения 21–23 апреля 2016 года, , Изд-во РГПУ им. А.И. Герцена, Россия, Санкт-Петербург, 2016, с. 199–205.
 29. Hall, D. K., Ormsby J.P. Characterization of Snow and Ice Reflectance Zones on Glaciers Using Landsat Thematic Mapper Data, Annals of Glaciology, 9, 1987, pp. 104–108.
 30. В.М. Котляков, Т.Е. Хромова, Г.А. Носенко, В.В. Попова, Л.П. Чернова, А.Я. Муравьев, О.В. Рототаева, С.А. Никитин, Н.М. Зверкова. Современные изменения ледников горных районов России. М. 2015, 573 с.
 31. Petri Pellikka, W. Gareth Rees - Remote Sensing of Glaciers Techniques for Topographic, Spatial and Thematic Mapping of Glaciers 2010, 330 p.
 32. A. Kääb, C. Huggel, F. Paul, R. Wessels, B. Raup, H. Kieffer, J. Kargel, Glacier Monitoring from Aster Imagery: accuracy and Applications, Proceedings of EARSeL-LISSIG-Workshop Observing our Cryosphere fromSpace, Bern, March 11 – 13, 2002.
 33. Khalsa, S.J.S. Dyurgerov, M.B.; Khromova, T.; Raup, B.H.; and Barry R. G. Space-Based Mapping of Glacier Changes Using ASTER and GIS Tools, IEEE Transactions on geoscience and remote sensing, 2004, vol. 42, No. 10, 2177.
 34. Bolch, T.; and Kamp, U.; Glacier Mapping in High Mountains Using DEMs, Landsat and ASTER Data, 8th International Symposium on High Mountain Remote Sensing Cartography, La Paz, Bolivia, 22 March, 2005.
 35. G. Kordzakhia, L. Shengelia, G. Tvauri, M. Dzadzamia. Satellite Earth Observations Processing to Determine Main Characteristics of Small Glaciers of East Georgia, The 4th International Geography Symposium Book of Proceedings, 23–26 May, 2016, Kemer-Antalya, Turkey, 2016, pp. 505–514.
 36. Л.Д. Шенгелия, Г.И. Кордзахия, Г.А. Тваури, М. Ш. Дзadzамия. Результаты исследования малых ледников Грузии на фоне изменения современного климата. „География: развитие науки и образования“ Коллективная монография по материалам Международной научно-практической конференции LXXI Герценовские чтения 18–21 апреля 2018 года. Изд-во РГПУ им. А.И. Герцена, климата., 2018, т. I, с. 206–212.
 37. ლ. შენგელია, გ. კორძახია, გ. თვაური, მ. ძაძამია. აღმოსავლეთ საქართველოს მცირე მყინვარების კვლევა თანამგზავრული დისტანციური ზონდირების და GIS ტექნოლოგიების გამოყენებით. „მეცნიერება და ტექნოლოგიები“, სამეცნიერო რეფერირებადი ჟურნალი, საგამომცემლო

- სახლი „ტექნიკური უნივერსიტეტი“, საქართველო, თბილისი. 2015, №2 (719), გვ. 9–18.
38. ლ. შენგელია, გ. კორძახია, გ. თვაური, მ. ძაძამია. კლიმატის ცვლილების ზემოქმედება აღმოსავლეთ საქართველოს მცირე მყინვარებზე. „მეცნიერება და ტექნოლოგიები“, სამეცნიერო რეფერირებადი ჟურნალი, საგამომცემლო სახლი „ტექნიკური უნივერსიტეტი“, საქართველო, თბილისი. 2016, №1 (721), გვ. 9–14.
 39. ლ. შენგელია, გ. კორძახია, გ. თვაური, მ. ძაძამია. დასავლეთ საქართველოს მცირე მყინვარების კვლევის შედეგები კლიმატის თანამედროვე ცვლილების ფონზე. „მეცნიერება და ტექნოლოგიები“, სამეცნიერო რეფერირებადი ჟურნალი, საგამომცემლო სახლი „ტექნიკური უნივერსიტეტი“, საქართველო, თბილისი. 2018, №1 (729), გვ. 14–21.
 40. კლიმატის ცვლილების შესახებ საქართველოს მესამე ეროვნული შეტყობინება. თბ., UNDP in Georgia, 2015, 292 გვ.
 41. ლ. შენგელია, გ. კორძახია, გ. თვაური, მ. ძაძამია. საბჭოთა კავშირის მყინვარების კატალოგში მოცემული საქართველოს მყინვარების ფართობის მონაცემების კორექტირება. „მეცნიერება და ტექნოლოგიები“, სამეცნიერო რეფერირებადი ჟურნალი, საგამომცემლო სახლი „ტექნიკური უნივერსიტეტი“, საქართველო, თბილისი. 2020, №1 (733), გვ. 9–15.
 42. G. I. Kordzakhia, L. D. Shengelia, G. A. Tvauri, M. Sh. Dzadzamia. The Climate Change Impact on the Glaciers of Georgia//Word Science, № 4(44) Vol.1, April 2019, Publisher – RS Global Sp. z O.O, Scientific Educational Center Warsaw, Poland, 2019, pp. 29–32.
 43. ლ. შენგელია, გ. კორძახია, გ. თვაური, მ. ძაძამია. საქართველოს მყინვარული აუზების დეგრადაცია კლიმატის ცვლილების გამო. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის სამეცნიერო რეფერირებადი შრომათა კრებული. 2020, ტ. 129, გვ. 34–40.
 44. G. Kordzakhia, L. Shengelia, G. Tvauri, M. Dzadzamia. Climate Change Impact on the Glaciers of the Rioni River Basin (Georgia) // Slovenia 2020 //
 45. 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 международной научно-практической конференции LXXIII Герценовские чтения, Санкт-Петербург РГПУ им. А.И. Герцена, Россия, 2020, т. I, с. 198–204.
 46. შენგელია, გ. კორძახია, გ. თვაური, მ. ძაძამია. კლიმატის მიმდინარე ცვლილების მოქმედება მდ. თერგის აუზის მყინვარების დეგრადაციაზე. „მეცნიერება და ტექნოლოგიები“, სამეცნიერო რეფერირებადი ჟურნალი, საგამომცემლო სახლი „ტექნიკური უნივერსიტეტი“, საქართველო, თბილისი. 2020, №2 (734), გვ. 9–15.
 47. G. Kordzakhia, L. Shengelia, G. Tvauri, M. Dzadzamia. Current Climate Change Impact on the Mtkvari (Kura) River Basin Glaciers Degradation. // Bulletin of the Georgian National Academy of Sciences, Vol. 14, №1, 2020, pp. 56–63.
 48. ლ. შენგელია, გ. კორძახია, გ. თვაური, მ. ძაძამია. საქართველოს მყინვარების ცვლილების ნეგატიური ტენდენციები კლიმატის თანამედროვე ცვლილების ფონზე. „მეცნიერება და ტექნოლოგიები“, სამეცნიერო რეფერირებადი ჟურნალი, საგამომცემლო სახლი „ტექნიკური უნივერსიტეტი“, საქართველო, თბილისი. 2016, №3 (723), გვ. 29–35.

49. ლ. შენგელია, გ. კორძახია, გ. თვაური, მ. ძაძამია. კლიმატის მიმდინარე ცვლილების ზეგავლენით საქართველოს ზოგიერთი დიდი მყინვარის უკანდახევა და მათი სრული დნობის სავარაუდო თარიღების განსაზღვრა. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის სამეცნიერო რეფერირებადი შრომათა კრებული. 2020, ტ. 127, გვ. 20–24.
50. Л.Д. Шенгелия, Г.И. Кордзахия, Г.А. Тваури, М. Ш. Дзадзамия. 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. Изд-во РГПУ им. А.И. Герцена, Россия, Санкт-Петербург, 2019, т. I, с. 218–226.
51. ლ. შენგელია, გ. კორძახია, გ. თვაური, მ. ძაძამია. საქართველოს ზოგიერთი დიდი მყინვარის უკანდახევა და სრული დნობის განსაზღვრა კლიმატის მიმდინარე ცვლილების ფონზე. „მეცნიერება და ტექნოლოგიები“, სამეცნიერო რეფერირებადი ჟურნალი, საგამომცემლო სახლი „ტექნიკური უნივერსიტეტი“, საქართველო, თბილისი. 2019, №2 (731), გვ. 9–26.