

## საქართველოს მცინვარული აუზების თანამედროვე მდგომარეობა

გ. კორძაზია\*, ლ. შენგელია\*, გ. თვაური\*\*, მ. ძაძამია\*\*\*, გ. გულიაშვილი\*\*\*

\*საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი, თბილისი, საქართველო.

\*\*ივ. ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი, ე. ანდრონიკაშვილის სახელობის ფიზიკის ინსტიტუტი, თბილისი, საქართველო.

\*\*\*გარემოს დაცვისა და სოფლის მეურნეობის სამინისტრო, გარემოს ეროვნული სააგენტო, თბილისი, საქართველო.

**აბსტრაქტი:** სტატიაში წარმოდგენილია საქართველოს მცინვარული აუზების დეტალური შესწავლის შედეგები. კვლევის მთავარი მიზანია არა მხოლოდ ამ აუზების საერთო დეგრადაციის შეფასება, არამედ ყველა მცინვარულ აუზში არსებული მცინვარებისა, რომლებიც კლასიფიცირებულია ფართობით. კვლევა მოიცავს როგორც დასავლეთ, ასევე აღმოსავლეთ საქართველოს, რაც ხელს უწყობს შედეგების რეგიონულ შედარებას მით უმეტეს ქვეყნის ამ ნაწილებს შორის კლიმატის მკვეთრი განსხვავების გამო. ანალიზი ეფუძნება დისტანციური ზონდირების მონაცემებს, გეოგრაფიული საინფორმაციო სისტემის (GIS) ტექნოლოგიების და მცინვარების სავსე დაკვირვებების კომბინაციას, რაც უზრუნველყოფს მცინვარული დეგრადაციის სიჩქარისა და მასშტაბის სანდო შეფასებას.

**საკვანძო სიტყვები:** თანამგზავრული დისტანციური ზონდირება; კლიმატის ცვლილება; საქართველოს მცინვარული აუზები.

### შესავალი

ტექნოლოგიურმა მიღწევებმა შესაძლებელი გახადა გლაციოლოგიაში დისტანციური ზონდირების მეთოდების გამოყენება, რაც აეროფოტოგრაფიიდან ინოვაციური მაღალი გარჩევადობის თანამგზავრული გამოსახულებების გამოყენებამდე განვითარდა. ამ ინსტრუმენტების გამოყენებით შესაძლებელი გახდა მცინვარული აუზების მონიტორინგის წარმოება გაუმჯობესებული სიზუსტითა და ეფექტურობით. მცინვარებზე ტრადიციული სახმელეთო დაკვირვებების წარმოება საჭიროა, თუმცა მაღალი ხარჯების გამო მათი წარმოების მასშტაბი კვლავაც შეზღუდული რჩება.

გლობალურმა დათბობამ, რომელიც დაიწყო დაახლოებით მე-20 საუკუნის შუა ხანებში, მნიშვნელოვნად იმოქმედა დედამიწის კრიოსფეროზე. დედამიწის ყველაზე მოწყვლადი მცინვარული რეგიონებია ანდეზი, ალპები, პირენეები და კავკასია. გლაციოლოგიურ კვლევებში შემდგომი ინოვაციური განვითარება დაფუძნებულია მაღალი გარჩევადობის თანამგზავრებული დისტანციური ზონდირების (თდზ) გამოყენებაზე, რომლებიც უზრუნველყოფენ აუცილებელ დროით და სივრცით გარჩევადობას. თდზ-ის მონაცემები და მიწისპირა დაკვირვებები უზრუნველყოფენ მცინვარებზე კლიმატის ცვლილების გავლენის მაღალი სანდოობით განსაზღვრას. ამას ადასტურებს კლიმატის ცვლილების მთავრობათაშორისი პანე-

ლის (IPCC) მეცნიერთა და წამყვანი ექსპერტების მიერ ჩატარებული კვლევები კრიოსფეროს დარგში [1, 2].

ვინაიდან მყინვარები კლიმატის ცვლილების მგრძნობიარე ინდიკატორია, მათი შესწავლა ძალზედ მნიშვნელოვანია კლიმატის რეგიონალური ცვლილების ტენდენციების დასადგენად. საქართველოში მყინვარების დეგრადაციამ უკვე გამოიწვია მყინვარული წარმოშობის კატასტროფული მოვლენები, როგორცაა ბუბას მყინვარის ნგრევა 2023 წელს, რამაც დიდი ზიანი და ადამიანური მსხვერპლი გამოიწვია [3]. მსგავს მოვლენებს ადგილი ქონდა მესტიის მუნიციპალიტეტში 2019 წელს და ყაზბეგის მუნიციპალიტეტში 2014 წელს [4], რაც ხაზს უსვამს მყინვარების ინტენსიური კვლევის აუცილებლობას.

მყინვარების დეგრადაციის დეტალური კვლევის გზით შესაძლებელია კლიმატის ცვლილების ანალიზისა და მომავალი ტენდენციების განსაზღვრისთვის მნიშვნელოვანი ინფორმაციის მიღება, რადგან მყინვარები, როგორც ამინდის, კლიმატისა და მიწისპირა ზედაპირის დამახასიათებელი პროდუქტი, არა მხოლოდ მოწყვლადია კლიმატის ცვლილების მიმართ, არამედ პირდაპირ ახასიათებს კლიმატის მიმდინარე ცვლილებას.

ეროვნულ დონეზე, მყინვარების კვლევა საქართველოსთვის მნიშვნელოვან სტრატეგიულ საქმიანობას წარმოადგენს. ამ მიზნით, ბოლო წლებში ქვეყანაში დაინერგა თდზ-ის ინოვაციური ტექნოლოგიის გამოყენება, რომლის საფუძველზე შესაძლებელი გახდა კლიმატის ცვლილების შესახებ ჩარჩო კონვენციისადმი საქართველოს მეოთხე [5] და მეხუთე ეროვნულ შეტყობინებებში მყინვარების თანამედროვე მდგომარეობის გაშუქება.

## 1. კვლევის მეთოდები

საქართველოს მყინვარები კავკასიონის ქედის გასწვრივ მდებარეობს და 12 მყინვარულ აუზშია გადანაწილებული - ექვსი დასავლეთ საქართველოში (ბზიფი, კელასური, კოდორი, ენგური, ხობისწყალი, რიონი) და ექვსი აღმოსავლეთ საქართველოში (ლიახვი, არაგვი, თერგი, ასა [არხოტისწყალი], არგუნი, პირიქითი ალაზანი).

კვლევაში კომპლექსურადაა გამოყენებულია მაღალი გარჩევადობის თდზ ტექნოლოგიები, ისტორიული და ღია წყაროებიდან მიღებული მონაცემები, გეოგრაფიული საინფორმაციო ტექნოლოგიები [6–8] და ექსპერტული ცოდნა.

კვლევა მოიცავს კატალოგის ისტორიულ მონაცემებს (ერთი ვადა) და შერჩეულ სამ ძირითად ვადაზე, თდზ-ის გამოყენებით განსაზღვრულ ინფორმაციას, კერძოდ 2010 წ. (პირობითად თდზ 1); 2015 წ. (პირობითად თდზ 2) და 2020 წ. (პირობითად თდზ 3) მონაცემებს. ამ ვადებზე განსაზღვრულია მყინვარების მახასიათებელი პარამეტრები: მყინვარის ფართობი, მორფოლოგიური ტიპი, ექსპოზიცია, სიგრძე, მინიმალური და მაქსიმალური სიმაღლე, ფირნის ხაზის სიმაღლე და

აბლაციის ფართობი. მყინვარები კლასიფიცირებული არის ზომის მიხედვით: პატარა (0.1–0.5 კმ<sup>2</sup>), საშუალო (0.5–2.0 კმ<sup>2</sup>) და დიდი (>2.0 კმ<sup>2</sup>).

გამოწვევები, როგორცაა ღრუბლის საფარი, ისტორიული მონაცემების და ღია მონაცემთა ბაზებში კონტურების გავლების უზუსტობები, მოგვარდა ხარისხის კონტროლის ღონისძიებების, 3D ვიზუალიზაციისა და მყინვარების კონტურების დიგიტალიზაციის გამოყენებით.

ავტორების კვლევის მეთოდოლოგია [9, 10] შესაბამისობაშია საუკეთესი პრაქტიკებთან [8, 11, 12], რაც შესაძლებელს ხდის მყინვარების მდგომარეობის ერთდროულად განსაზღვრას დიდ ფართობებზე საჭირო გარჩევადობითა და მაღალი საიმედოობით.

მონაცემთა ძირითადი წყაროებია:

- Landsat 5, 7 და 8-ის სურათები (15–30 მ გარჩევადობა);
- მაღალი გარჩევადობის SPOT 6 სურათები (1–1.5 მ), Azercosmos-ის მეშვეობით [13];
- 1960-იანი წლების ისტორიული მყინვარების ინვენტარიზაცია და ტოპოგრაფიული რუკები;
- NASA-ს ღია წყაროს მონაცემები და კოსმოსიდან გლობალური ყინულის გაზომვების (GLIMS) მონაცემთა ბაზა;
- Google Earth-ის სურათები (0.5–0.8 მ გარჩევადობა).

## **2. საქართველოს მყინვარული აუზების თანამედროვე მდგომარეობა**

ზემოთმოყვანილი ტექნოლოგიური ბაზისის გამოყენებით ჩატარდა დასავლეთ და აღმოსავლეთ საქართველოს მყინვარული აუზებისათვის ფართო მასშტაბის კვლევითი სამუშაოები.

- განისაზღვრა მყინვარების ძირითადი მახასიათებლები სამ ძირითად ვადაზე, რასაც დაემატა კატალოგისა და ტოპოგრაფიული რუკების მონაცემები.
- დადგენილ იქნა მყინვარული აუზებში შემავალი ყველა მყინვარის (დიდი, საშუალო, მცირე) დინამიკა რიცხობრივად კლასიფიკაციის შესაბამისად, ანუ განსაზღვრულ იქნა მყინვარული აუზების უკანდახევის დინამიკა დასავლეთ (ცხრილი 1) და აღმოსავლეთ (ცხრილი 2) საქართველოსათვის ცალ-ცალკე.

ცხრილი 1

დასავლეთ საქართველოს მცენარეების ფართობების და რაოდენობის განაწილება მცენარულ აუზებში ზომების, კატალოგის და თღზ-ის მონაცემების მიხედვით

| დასავლეთ საქართველო |                           |       |                       |       |       |       |                       |       |       |       |
|---------------------|---------------------------|-------|-----------------------|-------|-------|-------|-----------------------|-------|-------|-------|
| მცენარული აუზები    |                           |       | მცენარეების ფართობები |       |       |       | მცენარეების რაოდენობა |       |       |       |
| №                   | სახელწოდება და მცენარის № | ზომა  | კატ.                  | თღზ 1 | თღზ 2 | თღზ 3 | კატ.                  | თღზ 1 | თღზ 2 | თღზ 3 |
| 1                   | ბზიფი<br>1-13             | მცირე | 2,3                   | 2,4   | 2,3   | 1,9   | 8                     | 12    | 9     | 9     |
|                     |                           | საშ.  | 5,7                   | 2,3   | 0,8   | 0,8   | 5                     | 3     | 1     | 1     |
|                     |                           | დიდი  | 0                     | 0     | 0     | 0     | 0                     | 0     | 0     | 0     |
|                     |                           | სულ   | 8,0                   | 4,7   | 3,1   | 2,7   | 13                    | 15    | 10    | 10    |
| 2                   | კელასური<br>14-16         | მცირე | 0,4                   | 0,1   | 0     | 0     | 2                     | 1     | 0     | 0     |
|                     |                           | საშ.  | 0,8                   | 0,8   | 0,7   | 0,6   | 1                     | 1     | 1     | 1     |
|                     |                           | დიდი  | 0                     | 0     | 0     | 0     | 0                     | 0     | 0     | 0     |
|                     |                           | სულ   | 1,2                   | 0,9   | 0,7   | 0,6   | 3                     | 2     | 1     | 1     |
| 3                   | კოდორი<br>17-136          | მცირე | 20,7                  | 23,4  | 19,8  | 17,2  | 82                    | 125   | 106   | 96    |
|                     |                           | საშ.  | 34,5                  | 20,4  | 18,0  | 12,5  | 35                    | 23    | 18    | 13    |
|                     |                           | დიდი  | 9,1                   | 6,2   | 3,9   | 3, 6  | 3                     | 2     | 1     | 1     |
|                     |                           | სულ   | 64,3                  | 50,0  | 41,7  | 33,3  | 120                   | 150   | 125   | 110   |
| 4                   | ენგური<br>137-332         | მცირე | 27,9                  | 33,3  | 26,5  | 22,1  | 102                   | 169   | 150   | 122   |
|                     |                           | საშ.  | 80,1                  | 59,4  | 43,8  | 39,7  | 70                    | 57    | 44    | 38    |
|                     |                           | დიდი  | 213,3                 | 178,7 | 157,0 | 135,2 | 24                    | 25    | 23    | 19    |
|                     |                           | სულ   | 321,3                 | 271,4 | 227,3 | 197,0 | 196                   | 251   | 217   | 179   |
| 5                   | ზობისწყ.<br>333-334       | მცირე | 0,2                   | 0,2   | 0,1   | 0,1   | 2                     | 2     | 1     | 1     |
|                     |                           | საშ.  | 0                     | 0     | 0     | 0     | 0                     | 0     | 0     | 0     |
|                     |                           | დიდი  | 0                     | 0     | 0     | 0     | 0                     | 0     | 0     | 0     |
|                     |                           | სულ   | 0,2                   | 0,2   | 0,1   | 0,1   | 2                     | 2     | 1     | 1     |
| 6                   | რიონი<br>335-409          | მცირე | 7,8                   | 13,7  | 11,8  | 9,6   | 36                    | 66    | 56    | 53    |
|                     |                           | საშ.  | 27,9                  | 14,5  | 13,3  | 11,4  | 29                    | 15    | 14    | 13    |
|                     |                           | დიდი  | 35                    | 29,0  | 20,7  | 20,2  | 10                    | 9     | 8     | 8     |
|                     |                           | სულ   | 70,7                  | 57,2  | 45,8  | 41,2  | 75                    | 90    | 78    | 74    |
| 7                   | სულ                       |       | 465,7                 | 384,4 | 318,7 | 274,9 | 409                   | 510   | 432   | 375   |

ცხრილი 2

აღმოსავლეთ საქართველოს მყინვარების ფართობების და რაოდენობის განაწილება მყინვარულ აუზებში ზომების, კატალოგის და თდზ-ის მონაცემების მიხედვით

| აღმოსავლეთ საქართველო |                            |       |                       |       |       |       |                       |       |       |       |
|-----------------------|----------------------------|-------|-----------------------|-------|-------|-------|-----------------------|-------|-------|-------|
| მყინვარული აუზები     |                            |       | მყინვარების ფართობები |       |       |       | მყინვარების რაოდენობა |       |       |       |
| №                     | სახელწოდება და მყინვარის № | ზომა  | კატ.                  | თდზ 1 | თდზ 2 | თდზ 3 | კატ.                  | თდზ 1 | თდზ 2 | თდზ 3 |
| 1                     | ლიახვი<br>1-22             | მცირე | 3.8                   | 1.6   | 0.9   | 0.4   | 21                    | 12    | 7     | 3     |
|                       |                            | საშ.  | 1.7                   | 1.2   | 0.9   | 0.8   | 1                     | 1     | 1     | 1     |
|                       |                            | დიდი  | 0                     | 0     | 0     | 0     | 0                     | 0     | 0     | 0     |
|                       |                            | სულ   | 5.5                   | 2.8   | 1.8   | 1.2   | 22                    | 13    | 8     | 4     |
| 2                     | არაგვი<br>23-27            | მცირე | 0.5                   | 0.4   | 0.4   | 0.3   | 4                     | 1     | 1     | 1     |
|                       |                            | საშ.  | 0.7                   | 0     | 0     | 0     | 1                     | 0     | 0     | 0     |
|                       |                            | დიდი  | 0                     | 0     | 0     | 0     | 0                     | 0     | 0     | 0     |
|                       |                            | სულ   | 1.2                   | 0.4   | 0.4   | 0.3   | 5                     | 1     | 1     | 1     |
| 3                     | თერგი<br>44-111            | მცირე | 12.2                  | 11.2  | 6.6   | 4.2   | 48                    | 53    | 34    | 29    |
|                       |                            | საშ.  | 11.5                  | 4.5   | 6.9   | 8.1   | 12                    | 4     | 5     | 6     |
|                       |                            | დიდი  | 40.2                  | 36.3  | 28.9  | 24.5  | 8                     | 8     | 6     | 4     |
|                       |                            | სულ   | 63.9                  | 52.3  | 42.4  | 36.8  | 68                    | 65    | 45    | 39    |
| 4                     | ასა<br>1-3                 | მცირე | 0.8                   | 1.4   | 1.0   | 0.6   | 2                     | 3     | 3     | 2     |
|                       |                            | საშ.  | 0.9                   | 0     | 0     | 0     | 1                     | 0     | 0     | 0     |
|                       |                            | დიდი  | 0                     | 0     | 0     | 0     | 0                     | 0     | 0     | 0     |
|                       |                            | სულ   | 1.7                   | 1.4   | 1.0   | 0.6   | 3                     | 3     | 3     | 2     |
| 5                     | არღუნი<br>10-15            | მცირე | 1.3                   | 0.8   | 0.3   | 0     | 6                     | 6     | 3     | 0     |
|                       |                            | საშ.  | 0                     | 0     | 0     | 0     | 0                     | 0     | 0     | 0     |
|                       |                            | დიდი  | 0                     | 0     | 0     | 0     | 0                     | 0     | 0     | 0     |
|                       |                            | სულ   | 1.3                   | 0.8   | 0.3   | 0     | 6                     | 6     | 3     | 0     |
| 6                     | პირიქითი ალაზანი<br>6-33   | მცირე | 5.9                   | 5.4   | 3.0   | 1.0   | 23                    | 26    | 22    | 8     |
|                       |                            | საშ.  | 3.3                   | 0     | 0     | 0     | 5                     | 0     | 0     | 0     |
|                       |                            | დიდი  | 0                     | 0     | 0     | 0     | 0                     | 0     | 0     | 0     |
|                       |                            | სულ   | 9.2                   | 5.4   | 3.0   | 1.0   | 28                    | 26    | 22    | 8     |
| 7                     | სულ                        |       | 82.8                  | 63.1  | 48.9  | 39.9  | 132                   | 114   | 82    | 54    |

### 3. შედეგები:

ა. დასავლეთ საქართველოში კატალოგის მიხედვით სულ აღრიცხულია 409 მყინვარი, რომელთა ჯამური ფართობია 465,7 კმ<sup>2</sup>. 2010 წელს ამ მყინვარების ფართობი გახდა 384,4 კმ<sup>2</sup>, 2015 წელს – 318,7 კმ<sup>2</sup>, ხოლო 2020 წელს – 274.9 კმ<sup>2</sup>. რაც იმას ნიშნავს, რომ მყინვარების საერთო ფართობი 60 წლის განმავლობაში შემცირდა 81.3 კმ<sup>2</sup>-ით ანუ 17.5 %-ით, კიდევ 5 წლის შემდეგ შემცირდა კიდევ 17.1 %-ით, ხოლო კიდევ 5 წლის შემდეგ შემცირდა 47.5-ით ანუ 13.7 %-ით. ჯამური ფართობი (კატალოგით) 465.7 კმ<sup>2</sup> 2020 წლისათვის გახდა 274.9 კმ<sup>2</sup> ანუ შემცირდა 190.8 კმ<sup>2</sup>-ით

(41.0 %-ით) .

განვიხილოთ მცენარეების რაოდენობრივი ცვლილება, რომელიც არცთუ რეპრეზენტაციული სიდიდეა, მაგრამ პროცესის განვითარებაზე წარმოდგენას გვიქმნის. მცენარეების რაოდენობა კატალოგით იყო 409, ხოლო 2020 წ. – 375, ანუ შემცირდა 8.3 %-ით. აღსანიშნავია, რომ 2010 წელს მცენარეების რაოდენობა 409-დან იზრდება 510-მდე (19 %). ეს მატება ხდება მცირე მცენარეების რაოდენობის ზრდის გამო, რაც უკავშირდება დიდი და საშუალო მცენარეების დანაწევრებას. ხოლო 2010 წლიდან შემდეგ ვადებზე იკლებს. 2010 წლისათვის მცენარეების რაოდენობა არის 432 და 2020 წლისათვის სულ დარჩენილია სხვადასხვა ზომის 375 მცენარი. შემცირება მთელი პერიოდისათვის შეადგენს 34-ს, რაც პროცენტულად არის 8.3 %.

**ბ. აღმოსავლეთ საქართველოში** კატალოგის მიხედვით სულ აღრიცხულია 132 მცენარი, რომელთა ჯამური ფართობია 82,8 კმ<sup>2</sup>. 2010 წელს ამ მცენარეების ფართობი გახდა 63,1 კმ<sup>2</sup>. 2015 წელს – 48,9 კმ<sup>2</sup>, ხოლო 2020 წელს – 39,9 კმ<sup>2</sup>. რაც იმას ნიშნავს, რომ მცენარეების საერთო ფართობი 2010 წლისათვის შემცირდა 19,7 კმ<sup>2</sup>-ით, ანუ 23,8 %-ით, 5 წლის შემდეგ შემცირდა – 14,2 კმ<sup>2</sup>-ით ანუ 22,5 %-ით, ხოლო კიდევ 5 წლის შემდეგ – 9,0- კმ<sup>2</sup>-ით ანუ 18,4 %-ით. ჯამური ფართობი (კატალოგით 82,8 კმ<sup>2</sup>) 2020 წლისათვის გახდა 39,9 კმ<sup>2</sup>, ანუ შემცირდა 42.9 კმ<sup>2</sup>-ით (51.8 %).

მცენარეების რაოდენობა კატალოგით იყო 132. 2010 წელს ამ მცენარეების რაოდენობა გახდა 114 ანუ შემცირდა 18-ით (13,6 %), 2015 წელს – 82 ანუ შემცირდა 32-ით (28,1 %) და კიდევ 5 წლის შემდეგ, ე.ი. 2020 წლისათვის შემცირდა 28-ით (34,1 %). ასე რომ 2020 წლისათვის 132 მცენარიდან სულ დარჩა სხვადასხვა ზომის 54 მცენარი, რაც იმას ნიშნავს, რომ მცენარეების საერთო რაოდენობა შემცირდა 78-ით (59,1 %). ფაქტიურად აღმოსავლეთ საქართველოში მცენარეების ფართობი და რაოდენობაც ორჯერ და მეტჯერ შემცირდა.

**დასკვნა.** მცენარეების დეგრადაციის კვლევა ცალ-ცალკეა ჩატარებული დასავლეთ და აღმოსავლეთ საქართველოსათვის, რაც განპირობებულია ქვეყნის ამ ნაწილების კლიმატში დიდი განსხვავებით. კერძოდ, აღმოსავლეთ საქართველოს კლიმატი იმ ქვერეგიონში, სადაც მცენარეები არის გავრცელებული, ხასიათდება ნამდვილ ზაფხულს მოკლებული, მაღალი მთიანეთის ზომიერად მშრალი ჰავით, ხოლო დასავლეთ საქართველოს ის ქვერეგიონი, სადაც მცენარეები არის, ხასიათდება მაღალმთის ნოტიო ჰავით მუდმივი თოვლით და მცენარეებით.

მიღებული შედეგების შედარება გვარწმუნებს, რომ მცენარეების დეგრადაცია აჩქარებულია და ეს პროცესი გაცილებით სწრაფად მიმდინარეობს აღმოსავლეთ საქართველოში, ვიდრე დასავლეთ საქართველოში.

## მადლიერება

კვლევა განხორციელდა შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდის ფინანსური მხარდაჭერით [FR-21-1996].

## ლიტერატურა

1. M. Tignor et al. IPCC (2018). The Ocean and Cryosphere in a Changing Climate. A Special Working Group II Technical Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. IPCC Secretariat, Geneva, Switzerland. - 755 p.
2. B.C. Bates et al. IPCC (2008). Technical Paper of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Climate Change and Water. IPCC Secretariat, Geneva, Switzerland. - 210 pp.
3. Glacial disaster in Showi municipality. <https://nea.gov.ge/Ge/News/117>.
4. G. Kordzakhia, L. Shengelia, G. Tvaure, M. Dzadzamia.(2015). 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, pp. 14–21.
5. George Kordzakhia. Fourth National Communication of Georgia, Under the United Nations Framework Convention on Climate Change. 4.4 Glaciers (2021). Tbilisi, pp. 241-250.  
[https://unfccc.int/sites/default/files/resource/4%20Final%20Report%20-%20English%202020%2030.03\\_0.pdf](https://unfccc.int/sites/default/files/resource/4%20Final%20Report%20-%20English%202020%2030.03_0.pdf).
6. 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, 21-77.
7. Conrad, O., Bechtel, B., Bock, M., Dietrich, H., Fischer, E., Gerlitz, L., Wehberg, J., Wichmann, V., and Böhner, J. (2015): System for Automated Geoscientific Analyses (SAGA) v. 2.1.4, Geosci. Model Dev., 8, 1991-2007, doi: 10.5194/gmd-8-1991-2015
8. Gorelick N., Hancher M., Dixon M., Ilyushchenko S., Thau D., Moore R., 2017 Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone, Remote Sensing of Environment, ISSN 0034-4257
9. Kordzakhia G. I., Shengelia L. D., Tvaure G. A., Dzadzamia M. Sh. The climate change impact on the glaciers of Georgia. In Journal-World Science, vol. 1, № 4(44), Warsaw, Poland, 2019, pp. 29-34.
10. G. Kordzakhia, L. Shengelia, G. Tvaure, M. Dzadzamia, G. Guliashvili, S. Beridze. Study of Large Glacier Retreat in Rivers Enguri and Rioni Basins. IH SAS, Bratislava, Slovakia, E-Book, pp. 1–7.
11. Petri Pellikka, W. Gareth Rees - Remote Sensing of Glaciers Techniques for Topographic, Spatial and Thematic Mapping of Glaciers 2010, 330 p.
12. Xiaofei Wang, Yue Huang, Tie Liu, Weibing Du. Impacts of climate change on glacial retreat during 1990-2021 in the Chinese Altay Mountains. CATENA Volume 228, July 2023, article id 107156, pp. 1-15.
13. Azercosmos Space Agency of the Republic of Azerbaijan.  
<https://www.iafastro.org/membership/all-members/azercosmos.html>.

## **The Modern state of glacial basins of Georgia**

### **Summary**

This article presents the results of a comprehensive study of the glacial basins of Georgia. The primary objective is not only to assess the overall degradation of these basins, but also to analyse the dynamics of change in all constituent glaciers, categorised by size—large, medium, and small—across three time periods. The study encompasses both Western and Eastern Georgia, facilitating a regional comparison. The analysis is based on a combination of remote sensing data, geographic information system (GIS) technologies, and field-based glacier observations, offering a reliable assessment of the rate and extent of glacial degradation.

**Keywords:** climate change; glacial basins of Georgia, satellite remote sensing.