

doi.org/10.36073/1512-0902-2026-139-95-100

უკ. 551.50.501.7

## კლიმატის თანამედროვე ცვლილების ზეგავლენით აფხაზეთის მცინვარების ფირნის ხაზის სიმაღლის ცვლილება ბოლო 60 წლის განმავლობაში

ლარისა შენგელია\*, გენადი თვაური\*\*, მარიამ შენგელია\*

\*სტუ-ის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი

[Larisa.shengelia@gmail.com](mailto:Larisa.shengelia@gmail.com)

\*\*ივ. ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის ელ. ანდრონიკაშვილის ფიზიკის ინსტიტუტი,

### რეზიუმე

ფირნის ხაზის სიმაღლის გამოთვლა ყოფილი საბჭოთა კავშირის მცინვარების კატალოგისათვის (შემდგომში „კატალოგი“) ძირითადად ხდებოდა გეფერის მეთოდით. ჩვენ მიერ გეფერის ფორმულა იქნა ტრანსფორმირებული თანამგზავრული დისტანციური ზონდირების მონაცემებით (თდზ) მთის მცინვარის ფირნის ხაზის სიმაღლის განსაზღვრისათვის. ამ ფორმულის გამოყენებით დათვლილია აფხაზეთის ტერიტორიაზე მდებარე მცინვარულ აუზებში ფირნის ხაზის სიმაღლეები. გამოთვლილია ბოლო 60 წლის განმავლობაში მათი ცვლილება კატალოგის, ტოპოგრაფიული რუკის, 2010, 2015 და 2020 წლების თდზ-ის მონაცემების გამოყენებით. მიღებულია დასკვნა, რომ ბოლო 60 წლის განმავლობაში (კატალოგი და ტოპოგრაფიული რუკა შედგენილია 60-იანი წლების მონაცემებით) აფხაზეთის ტერიტორიაზე ფირნის ხაზის სიმაღლის მინიმალურმა ნიშნულმა 61 მ-ით აიწია, ხოლო მაქსიმალურმა 114 მ-ით. მაშასადამე ფირნის ხაზის სიმაღლის ქვედა საზღვარი მიახლოებით წელიწადში 1 მ-ით იწევს ზევით, ხოლო ზედა საზღვარი – 2 მ-ით. ეს უდაოდ კლიმატის თანამედროვე ცვლილებას უკავშირდება.

**საკვანძო სიტყვები:** აფხაზეთის მცინვარები, კლიმატის ცვლილება, ფირნის ხაზი.

### შესავალი

მნიშვნელოვანი სასაზღვრო დონე, რომელიც განსაზღვრავს მცინვარების არსებობას თოვლის ხაზია. თოვლის ხაზი ანუ მუდმივი თოვლის საფრის ქვედა საზღვარი – ეს არის მიჯნა, რომლის ზემოთ დედამიწის ზედაპირზე მყარი ატმოსფერული ნალექების დაგროვება ჭარბობს მათ დნობასა და აორთქლებას ანუ მარტივად, რომ ვთქვათ, ეს არის საზღვარი, რომლის ზემოთ დევს თოვლი.

ქემმარიტი თოვლის ხაზი არის თოვლის ხაზის უმაღლესი მდებარეობა აბლაციის მიწურულს. მცინვარის ზედაპირზე მდებარე ქემმარიტი თოვლის ხაზს, ფირნის ხაზს უწოდებენ.

მცინვარებზე დაკვირვება თდზ-ის გამოყენებით უნდა წარმოებდეს დროის ისეთ შუალედში, როცა მინიმალურია თოვლის საფარი ანუ პერიოდისათვის აბლაციის მიწურულიდან ხელახალ გათოვებამდე. თანამედროვე კლიმატურ პირობებში საქართველოსათვის ეს დროითი ინტერვალა აგვისტოს ბოლოდან დაახლოებით ოქტომბრის დასაწყისამდე. მაშასადამე თდზ-ის გამოყენებით მცინვარების აბლაციის მიწურულს მიღებული ფირნის ხაზი შეესაბამება ქემმარიტი თოვლის ხაზს. აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ მუდმივი [თოვლნარი](#)<sup>1</sup> ქვედა საზღვარი – ოროგრაფიული თოვლის მიჯნა, ზოგან ქემმარიტი თოვლის მიჯნაზე ბევრად უფრო დაბლაა.

დადგინდა, მცინვარების შესწავლა თდზ-ის გამოყენებით ეფექტური ალტერნატივაა მათი კვლევა-დაკვირვებისათვის და სხვადასხვა სამეცნიერო ამოცანის გადაჭრისათვის, მათ შორის ფირნის ხაზის განსაზღვრისათვის, რაც საფუძველია მცინვარების აბლაციის და აკუმულაციის ფართობების დაანგარიშებისათვის. ეს კი, თავის მხრივ, ბაზისია მცინვარებში არსებული მტკნარი წყლის მარაგის დადგენისათვის.

როგორც ცნობილია, ფირნის ხაზის სიმაღლის გამოთვლა მცინვარების კატალოგისათვის ძირითადად ხორციელდებოდა გეფერის მეთოდით [1]. ჩვენ მიერ ტრანსფორმირებულია გეფერის ფორმულა და მიღებულია კატალოგის და თდზ-ის მონაცემებით ფირნის ხაზის გამოთვლის მათემატიკური ფორმულა [2, 3]:

$$T_i = (2T - M + M_i) / 2,$$

<sup>1</sup> 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 ხშირად მიიღება მცინვარის დეგრადაციით.

სადაც  $T_1$  არის ფირნის ხაზის სიმაღლე,  $T$  ფირნის ხაზის სიმაღლე კატალოგის (ან ტოპოგრაფიული რუკის) მიხედვით,  $M$  - მყინვარის მინიმალური სიმაღლე კატალოგის მიხედვით,  $M_1$  - მყინვარის მინიმალური სიმაღლე თდზ-ის მიხედვით.

**ძირითადი ნაწილი**

**კვლევის ობიექტი და მეთოდოლოგია**

კვლევის ობიექტია აფხაზეთის მყინვარები. აფხაზეთის მყინვარები მნიშვნელოვან ზემოქმედებას ახდენენ გარემოზე, კერძოდ, მათ დიდი წვლილი შეაქვთ მდინარეების წყლის რეჟიმის, რეგიონალური კლიმატური პირობების ფორმირებაში, უნიკალური ლანდშაფტების დეგრადაციაში და შავი ზღვის სანაპირო ზოლის ზღვის დონის მატების საკითხებში. თდზ ერთადერთი საშუალებაა აფხაზეთის ავტონომიურ რესპუბლიკაში მდებარე მყინვარების თანამედროვე მდგომარეობის შესასწავლად, რადგან ერთი მხრივ არ არსებობს ადგილობრივი გლაციოლოგიური სკოლა და მეორე მხრივ, დღევანდელი პოლიტიკური მდგომარეობა არ იძლევა ექსპედიციების ჩატარების და მყინვარების სავსე პირობებში შესწავლის საშუალებას. ეს განაპირობებს ჩატარებული კვლევის განსაკუთრებულ აქტუალობას, მის ღირებულებას და მნიშვნელობას. სტატიაში წარმოდგენილია აფხაზეთის მყინვარების კომპლექსური კვლევის ზოგიერთი შედეგი. კვლევა კომპლექსურია, რადგან თდზ-ის მონაცემების გარდა გამოყენებულია საბჭოთა კავშირის მყინვარების კატალოგის მონაცემები, ტოპოგრაფიული რუკები, ოკუპაციამდე (გასული საუკუნის 90-იან წლებამდე) დაგროვებული საექსპერტო ცოდნა.

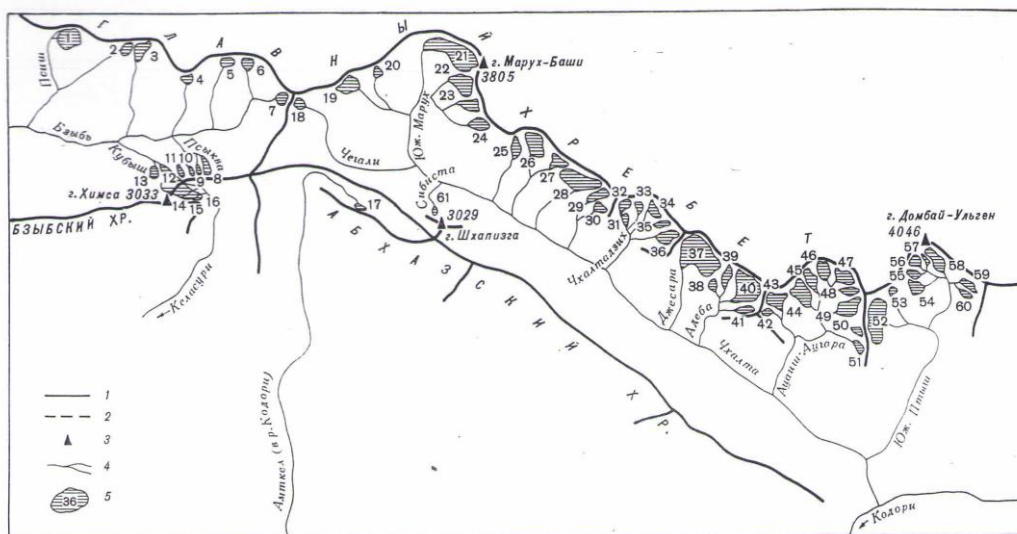
აფხაზეთის მყინვარების კვლევის შედეგად დადგენილია, რომ კლიმატის მიმდინარე ცვლილებას თან ახლავს მყინვარული აუზების დეგრადაცია, დიდი მყინვარების (ფართობი 2 კმ<sup>2</sup>-ზე მეტი) უკანდახევა (ხშირად მცირე ზომის მყინვარების გამოყოფით), საშუალო (ფართობი 0.5-დან 2 კმ<sup>2</sup>-მდე) და მცირე მყინვარების (ფართობი 0.1-დან 0.5 კმ<sup>2</sup>-მდე) დნობა და დანაწევრება.

აფხაზეთის მყინვარები განლაგებული არიან სამ მყინვარულ აუზში და დანომრილია კატალოგის მიხედვით (ბზიფი №1-13, კელასური №14-16, კოდორი №17-136). მყინვარების განლაგების სქემები მოცემულია კატალოგის ორ სქემაზე. ესენია:

1. მდინარეების ბზიფის, კელასურის და კოდორი-ამტყელის შენაკადების, ჩხალთის აუზების მყინვარების განლაგების სქემა (№1-61 მყინვარი);
2. მდინარე კოდორის ზემო წელის მყინვარების და შესაბამის მდინარეთა აუზების განლაგების სქემა (№62-136).

1-ლ სურ.-ზე მოცემულია პირველი სქემა, რომელზეც მოყვანილია მდინარეების ბზიფის, კელასურის და კოდორი-ამტყელის შენაკადების და ჩხალთის აუზების №1-61 მყინვარების და შესაბამის მდინარეთა აუზების განლაგების სქემა:

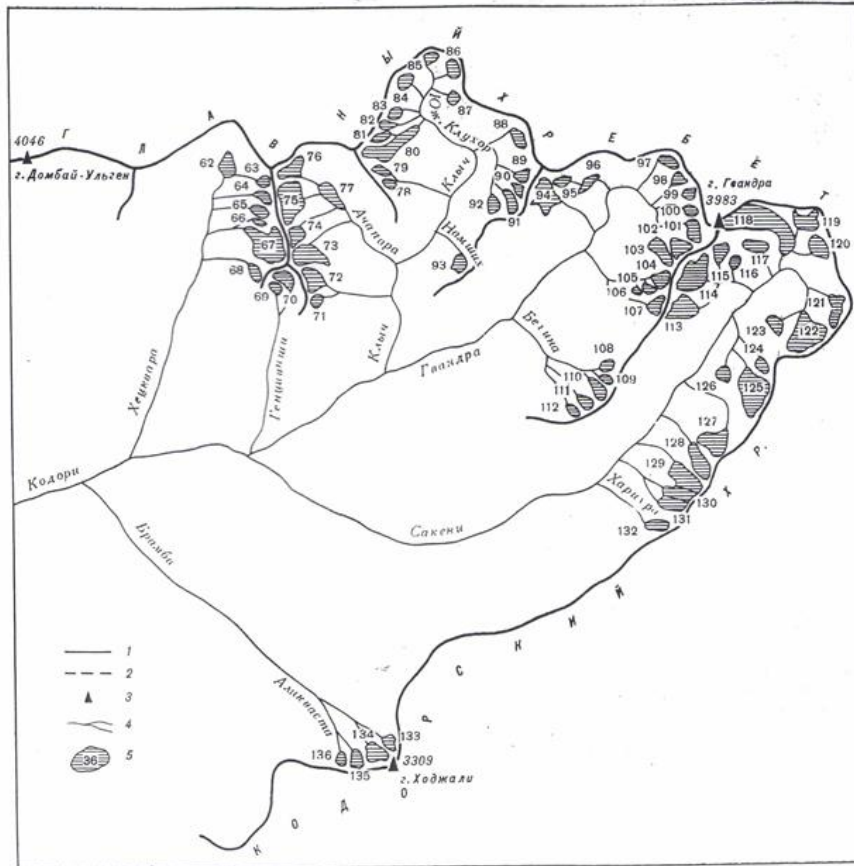
- მდინარე ბზიფის აუზის, მთავარი ქედის სამხრეთ ფერდობის №1-13 მყინვარები;
- მდინარე კელასურის აუზის, ბზიფის ქედის სამხრეთ ფერდობის №14-16 მყინვარები;
- მდინარე კოდორის აუზის მდინარე ამტყელის აუზის, ჩხალთის ქედის სამხრეთ ფერდობის №17, მდინარე ჩხალთის აუზის, მთავარი ქედის სამხრეთ ფერდობის №18-61 მყინვარები.



სურ. 1. მდინარეების ბზიფის, კელასურის და კოდორი-ამტყელის შენაკადების, ჩხალთის აუზების მყინვარების განლაგების სქემა. 1 - წყალგამყოფები, 2 - ყინულგამყოფები 3 - მწვერვალები, 4 - მდინარეები, 5 - მყინვარი თავისი ნომრით.

მე-2 სურ.-ზე წარმოდგენილია სქემა, რომელზეც მოყვანილია მდინარე კოდორის ზემო წელის მცინვარების №62–136 და შესაბამის მდინარეთა აუზების განლაგების სქემა:

- მდინარე კოდორის აუზის, მთავარი ქედის სამხრეთ ფერდობის მცინვარები: მდინარე ხეცკვარის აუზი №62–68, მდინარე გენცვიშის აუზი №69, №70, მდინარე კლიჩის აუზი №71–93, მდინარე გვანდრას აუზი №94–112;
- მდინარე კოდორის აუზის, კოდორის ქედის ჩრდილო-დასავლეთ ფერდობის მცინვარები: მდინარე საკენის აუზი №113–132, მდინარე ალიკვასტას აუზი №133–136.



სურ. 2. მდინარე კოდორის ზემო წელის მცინვარების და შესაბამის მდინარეთა აუზების განლაგების სქემა. 1 – წყალგამყოფები, 2 – ყინულგამყოფები 3 – მწვერვალები, 4 – მდინარეები, 5 – მცინვარი თავისი ნომრით.

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

აღსანიშნავია, რომ საბჭოთა კავშირის მცინვარების კატალოგის, როგორც სქემებს ისე მახასიათებლების მონაცემებს გააჩნიათ ხარვეზები, განსაკუთრებით დასავლეთ საქართველოს მცინვარებს. მაგალითად, მცინვარების კატალოგის ძირითად ცხრილში წერია, რომ №1–13 მცინვარები მდებარეობენ მთავარი ქედის სამხრეთ ფერდობზე მდინარე ბზიფის აუზში, მაგრამ ეს მდებარეობა გააჩნიათ მხოლოდ №1–7 მცინვარებს, ხოლო №8–13 მცინვარები მდებარეობენ კავკასიონის მთავარი ქედის პარალელურად, სამხრეთით მდებარე ბზიფის ქედის, ჩრდილოეთ ფერდობზე. კატალოგის ძირითადი ცხრილის მიხედვითაც ყველა მათგანი ჩრდილოეთის ექსპოზიციისა. სქემაზე ამ მცინვარების მდებარეობა სწორად არის ასახული. რაც შეეხება №14–16 მცინვარებს მცინვარების კატალოგის ძირითადი ცხრილის მიხედვით ისინი მდებარეობენ მდინარე კელასურის აუზში, ბზიფის ქედის სამხრეთ ფერდობზე, თუმცა მათ აქვთ ჩრდილო – აღმოსავლეთის ექსპოზიცია და რეალურად ისინი მდებარეობენ არა სამხრეთ, არამედ ჩრდილოეთ ფერდობზე. ასევე მცინვარების კატალოგის ძირითად ცხრილში წერია, რომ №17 მცინვარი მდებარეობს მდინარე კოდორის აუზის მდინარე ამტყელის აუზში, ჩხალთის ქედის (იგივე აფხაზეთის ქედის, ჩვ. შენიშვნა) სამხრეთ ფერდობზე, თუმცა მას აქვს ჩრდილოეთის ექსპოზიცია და რეალურად იგი მდებარეობს არა სამხრეთ, არამედ ჩრდილოეთ ფერდობზე. აგრეთვე №18–61 მცინვარები მცინვარების კატალოგის ძირითადი ცხრილის მიხედვით მდებარეობენ მდინარე ჩხალთის აუზში, მთავარი ქედის სამხრეთ ფერდობზე. №18–60 მცინვარები მართლაც მდებარეობენ მითითებულ ტერიტორიაზე, მათგან განსხვავებით №61 მცინვარი მდებარეობს ჩხალთის ქედის ჩრდილოეთ ფერდობზე.

მიღებული გვაქვს აფხაზეთის მყინვარებზე თდზ-ით დაკვირვების სამი ვადის (2010წ., 2015წ., 2020წ.) და ტოპოგრაფიული რუკის მიხედვით მახასიათებლები: ფართობი, მორფოლოგიური ტიპები, ზოგადი ექსპოზიცია [4–8], მყინვარის მინიმალური და მაქსიმალური სიმაღლე, ფირნის ხაზის სიმაღლე, აბლაციის - არის ფართობი, რომელიც შედარებული გვაქვს კატალოგის მონაცემებთან. ფირნის ხაზის სიმაღლის საშუალებით შესაძლებელია აბლაციის და აკუმულაციის არეების დადგენა და შემდგომში მათი ფართობის განსაზღვრა.

მყინვარზე ფირნის ხაზის მდებარეობა დამოკიდებულია მყარი ატმოსფერული ნალექების რაოდენობაზე. ზღვიური ნოტიო ჰავის უხვნალექიან რეგიონებში ფირნის ხაზი დაბლა მდებარეობს, ხოლო კონტინენტური ჰავის რეგიონებში მაღლა. ამიტომ საქართველოს მყინვარების თოვლის ხაზი დასავლეთიდან აღმოსავლეთისაკენ მალდება, რაც დასავლეთიდან აღმოსავლეთისაკენ ნალექების შემცირებასა და ჰავის კონტინენტურობის ზრდასთან არის დაკავშირებული.

საქართველოში ყველაზე დაბლა ფირნის ხაზი ბზიფის ხეობაში მდებარეობს. ყოფილი საბჭოთა კავშირის მყინვარების კატალოგის მიხედვით დასავლეთ საქართველოში სულ 409 მყინვარია, რომლებიც ექვს მყინვარულ აუზში არიან განლაგებული [9].

ცხრილ 1-ში წარმოდგენილია აფხაზეთში (კატალოგით სულ 136 მყინვარი) მდებარე ბზიფის (№1-13), კელასურის (№14-16) და კოდორის აუზის (№17-136) მყინვარების ფირნის ხაზის სიმაღლეები კატალოგის, ტოპოგრაფიული რუკების, 2010 წლის თდზ-ის (თდზ1), 2015 წლის თდზ-ის (თდზ2) და 2020 წლის თდზ-ის (თდზ3) მონაცემების მიხედვით.

**ცხრილი 1. აფხაზეთის მყინვარების ფირნის ხაზის სიმაღლეები კატალოგის, ტოპოგრაფიული რუკის, 2010 წ. (თდზ1), 2015 წ. (თდზ2) და 2020 წ. (თდზ3) თდზ-ის მონაცემების მიხედვით.**

აფხაზეთის მყინვარები									
ფირნის ხაზის სიმაღლე (მ)									
№	კატალოგის მიხედვით მყინვარის სახელწოდება და/ №	მყინვარების მსოფლიო კატალოგში საინდენტ. №, ID	№ კატალ. სქემის მიხედ.	№ თდზ-ის მიხედ.	კატალოგის მიხედვით	ტოპ. რუკის მიხედვით	თდზ 1-ის (2010 წ.) მიხედვით	თდზ 2-ის (2015 წ.) მიხედვით	თდზ 3-ის (2020 წ.) მიხედვით
1	ხიმსა, 13a	SU5T09102012	12	12	2700	2730	2768	2774	2780
2	კელასური, 13c	SU5T09103014	14	14	2800	2785	2777	2774	2787
3	ამტყელი, 53	SU5T09103017	17	17	2720	2710	2691	2718	0000
4	მარუხი, 21	SU5T09104021	21	21a	2700	2704	2743	2894	2761
5	სამხ. სოფრუჯუ, 25	SU5T09104037	37	37	3250	2995	3020	3035	3056
6	ხუტია, 67	SU5T09104067	67	67	2900	2893	2937	2943	3003
7	გენცივი, 69	SU5T09104069	69	69	3030	3073	3068	3107	3093
8	აჩაპარა, 73a	SU5T09104075	75	75	3000	2981	2984	3014	3069
9	კლიზი, 77	SU5T09104080	80	80a	2850	2851	3029	3070	3054
10	ნახარი, 88a	SU5T09104091	91	91	2930	2945	2963	2971	2990
11	გვანდრა, 100	SU5T09104102	102	102a	2960	2950	2981	3036	3042
12	სამხ. გვაგვა	SU5T09104111	111	111	2940	2960	2971	2972	2975
13	საკენი, 120a	SU5T09104118	118	118a	2900	2915	2960	2973	3072
14	ჩეპარა, 125	SU5T09104125	125	125a	3000	2966	3038	3047	3144
15	ხაჯალი, 132	SU5T09104134	134	134	2900	2965	2952	2978	2986

ცხრილ 1-ში (სტატის ელექტრონულ ვერსიაში) მწვანე ფერით ნაჩვენებია ფირნის ხაზის სიმაღლე მცირე მყინვარების (ფართობი 0,1 კმ<sup>2</sup>-დან 0,5 კმ<sup>2</sup>-მდე), ნაცრისფერით – საშუალო მყინვარების (ფართობი 0,5 კმ<sup>2</sup>-დან 2,0 კმ<sup>2</sup>-მდე), ცისფერით – დიდი მყინვარების (ფართობი 2,0 კმ და მეტი), ყვითელი ფერით – 0,1 კმ<sup>2</sup>-ზე ნაკლები ფართობის მყინვარები (თოვლნარები). კატალოგში 0.1 კმ<sup>2</sup>-ზე ნაკლები ფართობის მყინვარების მახასიათებლები არ არის მოცემული.

ტოპოგრაფიული რუკის მნიშვნელობები მოგვყავს ჩვენ მიერ შედგენილი მყინვარების ელექტრონული ატლასიდან <https://www.ecohydmnet.ge/Glaciers-atlas.html>, რადგან კატალოგის მნიშვნელობები ზოგჯერ არაა სანდო, აგრეთვე გვჭირდება საექსპერტო ცოდნა. ცხრილში შეტანილი ფირნის სიმაღლის საექვო მნიშვნელობები გაწითლებულია.

ცხრილი 1-ის მიხედვით, კატალოგით აფხაზეთის მყინვარებიდან ფირნის ხაზი ყველაზე დაბლა, 2700 მ-ის სიმაღლეზეა ბზიფის ( №12 ხიმსა) და კოდორის აუზში (№21 მარუხი). ყველაზე მაღლა ფირნის ხაზი

მდებარეობს 3250 მ-ზე კოდორის აუზში (№37 სამხ. სოფრუჯუ), თუმცა ეს მნიშვნელობა გადამოწმებულია ტოპოგრაფიული რუკის საშუალებით და იგი უდრის 2995 მ-ს. რაც არ არის ყველაზე მაღალი მნიშვნელობა. ყველაზე მაღლა ფირნის ხაზი მდებარეობს **3030** მ-ის სიმაღლეზე კოდორის აუზში (№69 გენცვიში).

ამავე ცხრილის მიხედვით 2020 წლის მონაცემებით აფხაზეთის მყინვარებიდან ფირნის ხაზი ყველაზე დაბლა, **2761** მ-ის სიმაღლეზეა კოდორის აუზში (№21 მარუხი), ხოლო ყველაზე მაღლა **3144** მ-ზე კოდორის აუზში (№125 ჩეპარა).

### დასკვნა

ამგვარად, მიახლოებით 60 წლის განმავლობაში (კატალოგი შედგენილია 60-იანი წლების მონაცემებით) აფხაზეთის ტერიტორიაზე ფირნის ხაზის სიმაღლის მინიმალურმა ნიშნულმა 61 მ-ით აიწია, ხოლო მაქსიმალურმა 114 მ-ით. მაშასადამე ფირნის ხაზი სიმაღლის ქვედა საზღვარი მიახლოებით წელიწადში 1 მ-ით იწევს ზევით, ხოლო ზედა საზღვარი – 2 მ-ით. ეს უდაოდ კლიმატის თანამედროვე ცვლილებას უკავშირდება.

### ლიტერატურა - REFERENCES

1. R. Gobejishvili, V. Kotlyakov. Glaciology (2006). Tbilisi: Universal, - 291.
2. L. Shengelia, G. Kordzakhia, G. Tvauri, M. Dzadzamia. Determination of the firm line elevation of mountain glaciers based on satellite remote sensing data. Transactions of the Institute of Hydrometeorology at the Georgian Technical University. 2016, vol.123, pp. 77-82 (in Georgian).
3. L.D. Shengelia, G.I. Kordzakhia, G.A. Tvauri, M.SH. Dzadzamia. Determination of the firm line of mountain glaciers according to satellite remoute sensing. Collective monograph on the materials of International Scientific-Practical Conference LXIX Herzen readings 21-23 April 2016. Publishing house of the Russian State Pedagogical Univ. named after A.I. Herzen, Russia, St. Petersburg. 2016, pp.199-205 (in Russian).
4. Kordzakhia G., Shengelia L., Tvauri G., Dzadzamia M., Guliashvili G., Beridze S. Research of Abkhazian glacier retreat in the context of ongoing climate change using satellite remote sensing. Transactions IHM, GTU. 2023, vol. 133, pp. 38-43 (in Georgian).
5. G. Kordzakhia, L. Shengelia, G. Tvauri, M. Dzadzamia, G. Guliashvili, S. Beridze. Glacial basins degradation dynamics research in the Autonomous Republic of Abkhazia. Vitková, J., Botyanszká, L. (eds.), 2022. Interdisciplinary Approach in Current Hydrological Research. 29th POSTER DAY, International Conference, 09-17 November 2022. Institute of Hydrology, Slovak Academy of Sciences (IH SAS) Bratislava, Slovakia. E-Book, 2022, pp. 195-203.
6. Kordzakhia G. I., Shengelia L. D., Tvauri G. A., Guliashvili G. N, Beridze S. T. Complex study of the current state of glaciers in the occupied territory of Georgia (Autonomous Republic of Abkhazia) using satellite remout sensing. International Scientific Conference “Modern Problems of Ecology”, Procceeding, Batumi Shota Rustaveli State University, 2022, vol. 8, pp. 64-70. Publisher: Preisp Publishing, 2022, pp. 51-58, (in Georgian).
7. George Kordzakhia, Larisa Shengelia, Gennady Tvauri, Guguli Dumbadze Morphology and Exposure Studies in the Autonomous Republic of Abkhazia (West Georgia) on the Background of Modern Climate Change. 3<sup>RD</sup> international congress on engineering and life science, proceceedings book, 20-22 September 2023, Trabzon/TÜRKİYE Karadeniz Technical University. 2023, pp. 51-58.
8. Shengelia, G. Kordzakhia, G. Tvauri, G. Guliashvili, S. Beridze. The results of satellite remote observation on the morpfology and exposure of glaciers in the Autonomous Republic of Abkhazia in last decade. ”Science and technologies“ scientific reviewed magazine, Publishing House ”Technical University“, Tbilisi, Georgia, 2022, pp. 28-38, (in Georgian).
9. L. I. Maruashvili, G. M. Kurdgelaidze, T. A. Lashkhi, SH. V. Inashvili, Katalog lednikov SSSR, T. 9, vip. 1, ch. 2-6, L: Gidrometeoizdat, 1975, - 86 (in Russian).

[doi.org/10.36073/1512-0902-2026-139-95-100](https://doi.org/10.36073/1512-0902-2026-139-95-100)

UDC: 551.50.501.7

**Changes in the height of the firn line of Abkhazian glaciers over the last 60 years under the influence of modern climate change / Larisa Shengelia, Genadi Tvauri, Mariam Shengelia / Transactions IHM, GTU. -2026. -vol.139. - pp.bb-bb. - Georg., Summ. Georg., Eng.Rus.**

#### Abstract

The firn line elevation calculation for the glacier inventory of the former Soviet Union was conducted primarily using the Gefer method. Gefer's formula was transformed to determine the firn line elevation of mountain glaciers using satellite remote sensing (SRS) data. The firn line altitudes of glacier basins located in Abkhaz a were calculated using this formula. These calculations were performed over the past 60 years using the inventory, topographic maps and SRS data for 2010, 2015 and 2020 years. It has been concluded that over the past 60 years (the catalog and topographic map were compiled based on data from the 1960s), the minimum elevation of the firn line in Abkhazia has risen by 61 m, while the maximum has by 114 m. Thus, the lower boundary of the firn line is rising by approximately 1 m. per year, while the upper boundary is by 2 m. This is undoubtedly related to modern climate change.

[doi.org/10.36073/1512-0902-2026-139-95-100](https://doi.org/10.36073/1512-0902-2026-139-95-100)

უკ: 551.50.501.7

**კლიმატის თანამედროვე ცვლილების ზეგავლენით აფხაზეთის მყინვარების ფირნის ხაზის სიმაღლის ცვლილება ბოლო 60 წლის განმავლობაში/ლარისა შენგელია, გენადი თვაური, მარიამ შენგელია/სტუ-ის ჰიდრომეტეოროლოგიის შრომათა კრებული-2026.-ტ.139.-გვ.ბბ-ბბ. -ქართ., რეზ. ქართ., ინგლ., რუს.**

#### რეზიუმე

ფირნის ხაზის სიმაღლის გამოთვლა ყოფილი საბჭოთა კავშირის მყინვარების კატალოგისათვის ძირითადად ხდებოდა გეფერის მეთოდით. გეფერის ფორმულა იქნა ტრანსფორმირებული თანამედროვე დისტანციური ზონდირების მონაცემებით (თდზ) მთის მყინვარის ფირნის ხაზის სიმაღლის განსაზღვრისათვის. ამ ფორმულის გამოყენებით დათვლილია აფხაზეთის ტერიტორიაზე მდებარე მყინვარულ აუზებში ფირნის ხაზის სიმაღლეები. გამოთვლილია ბოლო 60 წლის განმავლობაში მათი ცვლილება კატალოგის, ტოპოგრაფიული რუკის, 2010, 2015 და 2020 წლების თდზ-ის მონაცემების გამოყენებით. მიღებულია დასკვნა, რომ ბოლო 60 წლის განმავლობაში (კატალოგი და ტოპოგრაფიული რუკა შედგენილია 60-იანი წლების მონაცემებით) აფხაზეთის ტერიტორიაზე ფირნის ხაზის სიმაღლის მინიმალური ნიშნული 61 მ-ით აიწია, ხოლო მაქსიმალური 114 მ-ით. მაშასადამე ფირნის ხაზის სიმაღლის ქვედა საზღვარი მიახლოებით წელიწადში 1 მ-ით იწევს ზევით, ხოლო ზედა საზღვარი - 2 მ-ით. ეს უდაოდ კლიმატის თანამედროვე ცვლილებას უკავშირდება.

[doi.org/10.36073/1512-0902-2026-139-95-100](https://doi.org/10.36073/1512-0902-2026-139-95-100)

УДК: 551.50.501.7

**Изменения высоты фирновой линии абхазских ледников за последние 60 лет под влиянием современных климатических изменений / Лариса Шенгелия, Геннадий Тваური, Мариам Шенгелия / Сб. Трудов ИГМ ГТУ. - 2026. - том 139. - с.ХХ-ХХ. - Груз.; Рез: Груз., Англ., Рус.**

#### Резюме

Расчет высоты фирновой линии для каталога ледников бывшего Советского Союза проводился в основном с использованием метода Гефера. Формула Гефера была трансформирована для определения высоты фирновой линии горного ледника по данным спутникового дистанционного зондирования (СДЗ). Используя эту формулу, были рассчитаны высоты фирновой линии в ледниковых бассейнах, расположенных на территории Абхазии. Их изменения за последние 60 лет были рассчитаны с использованием каталога, топографической карты и данных СДЗ за 2010, 2015 и 2020 годы. Сделан вывод, что за последние 60 лет (каталог и топографическая карта составлены на основе данных 1960-х годов) минимальная высота фирновой линии на территории Абхазии поднялась на 61 м, а максимальная на 114 м. Таким образом, нижняя граница фирновой линии примерно поднимается на 1 метр в год, а верхняя граница - на 2 м. Это, несомненно, связано с современным изменением климата.