

საქართველოს ზოგიერთი დიდი მყინვარის უკანდახევა და სრული დნობის განსაზღვრა კლიმატის მიმდინარე ცვლილების ფონზე

ლარისა შენგელია, გიორგი კორძახია, გენადი თვაური, მურმან ძაძამია

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

რეზიუმე: ნაშრომში განხილულია საქართველოს ოთხი დიდი მყინვარის მდგომარეობა კლიმატის მიმდინარე ცვლილების ფონზე. დადგენილია, რომ მათი უკანდახევა არაწრფივი ხასიათისაა. კლიმატის ცვლილების ერთ-ერთი სცენარის მიხედვით განსაზღვრულია მათი სრული დნობის სავარაუდო თარიღები.

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

შესავალი

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.

დადგენილია, რომ კლიმატის თანამედროვე ცვლილების გამო მიმდინარეობს მყინვარების სწრაფი დეგრადაცია. მყინვარის დნობა დაკავშირებულია გლაციოლოგიური და ჰიდროლოგიური ხასიათის სტიქიური მოვლენების სიხშირისა და ინტენსიურობის ზრდასთან, ზღვის დონის მატებასა და მდინარეთა ჩამონადენის ცვლილებასთან.

კლიმატის თანამედროვე ცვლილების ზემოქმედება იწვევს დიდი მყინვარების (ფართობი – 2 კმ²-ზე მეტი) უკანდახევას, მცირე მყინვარების (ფართობი – 0.1-დან 0.5 კმ²-მდე) დნობას და მყინვარული აუზების მახასიათებლების (მყინვართა რაოდენობა და ფართობი) ცვლილებას, რაც კლიმატის რეგიონალური ცვლილების ეფექტური ინდიკატორია.

კვლევის მიზანია დიდი მყინვარების უკანდახევა და მათი სრული დნობის სავარაუდო თარიღების განსაზღვრა კლიმატის ცვლილების ერთ-ერთი სცენარის მიხედვით.

ძირითადი ნაწილი

დიდი მყინვარების უკანდახევა. საბჭოთა კავშირის დაშლის შემდეგ საქართველოში შეწყდა სტაციონარული და საკვლე გლაციოლოგიური მონიტორინგი. ბოლო წლებში მყინვარებზე მხოლოდ ეპიზოდური დაკვირვებები მიმდინარეობს. 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 შეხლულული რესურსებისა და დროის პირობებში სწორედ თდმ იძლევა დიდი რეგიონების მყინვარების ერთდროულად შესწავლის საშუალებას.

საქართველოს მყინვარების მახასიათებელი პარამეტრების განსაზღვრა შესაძლებელია ისტორიული მონაცემების, მყინვარების კატალოგში დაცული მყინვარების სქემების [1–4], არსებული საველე სამუშაოების მასალების, საექსპერტო ცოდნისა და თანამგზავრული დისტანციური ზონდირების (თდზ) კომპლექსური გამოყენების საფუძველზე [5–9]. მნიშვნელოვანია, რომ მეთოდოლოგია ითვალისწინებს თდზ-ის მონაცემების შეფასებისა და ხარისხის კონტროლის განხორციელებას, რაც წარმატებული შედეგების მიღების წინაპირობაა.

1960–1970 წლებში ყოფილ საბჭოთა კავშირში დიდი მოცულობის გლაციოლოგიური სამუშაოები ჩატარდა, რის საფუძველზეც შეიქმნა სსრ კავშირის მყინვარების კატალოგი (შემდგომში კატალოგი). დასავლეთ საქართველოს მყინვარები განხილულია კატალოგში [1], ხოლო აღმოსავლეთ საქართველოს მყინვარები ცალკე არ არის გამოყოფილი. ისინი ყოფილი საბჭოთა კავშირის კავკასიის მყინვარულ სისტემაშია მოქცეული და სამ სხვადასხვა გამოშვებაშია სისტემატიზებული [2–4].

კლიმატის მიმდინარე ცვლილება გარკვეულ ნეგატიურ გავლენას ახდენს მყინვარებზე და იწვევს მათ დეგრადაციას, რაც კლიმატის რეგიონალური ცვლილების ეფექტური ინდიკატორია.

დიდი მყინვარების უკანდახვევის დინამიკა დადგენილია 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 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.

1-ლ 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 მყინვარისა კი – წელიწადში საშუალოდ 16 მ-ით.

ცხრილი 1

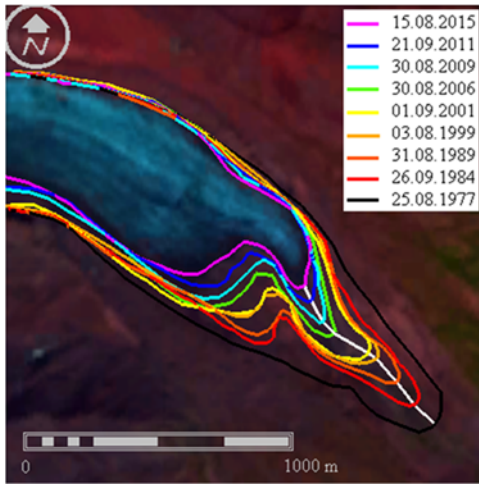
გერგეტისა და ადიშის მყინვარების მახასიათებლები

მყინვ. მახას.	სიგრძე, კმ		ფართობი, კმ ²		მინიმალური სიმაღლე, მ		მაქსიმალური სიმაღლე, მ		ფირნის ხაზის სიმაღლე, მ		აბლაციის არის ფართობი, კმ ²	
	თდზ	კატ.	თდზ	კატ.	თდზ	კატ.	თდზ	კატ.	თდზ	კატ.	თდზ	კატ.
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	–	–

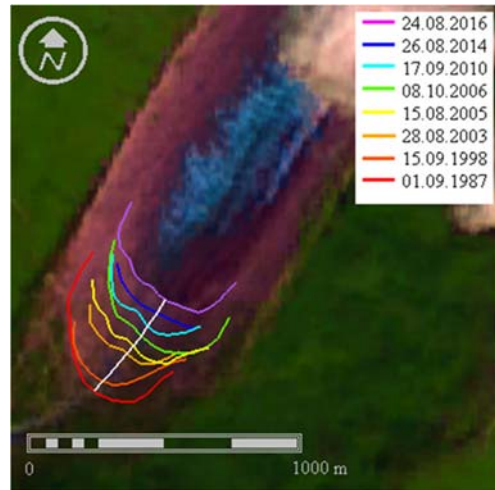
დიდი მყინვარებისათვის მყინვარის ენის ბოლოს უკანდახვევის სიჩქარის დადგენის მეთოდოლოგია მოყვანილია [7]-ში. ამ მიზნით გამოყენებულია თანამგზავრული Landsat-ის სხვადასხვა სენსორის მონაცემები, თუმცა შედეგებს მნიშვნელოვნად განაპირობებს თანამგზავრული მონაცემების დამუშავების დონე. გათვალისწინებულია თანამგზავრული მონაცემების

მიღების თარიღი და ღრუბლიანობა, თუმცა ზოგ შემთხვევაში საკმაოდ მაღალი ღრუბლიანობის სურათებიც რეპრეზენტაციულია.

1-ლ 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 მყინვარი გერგეტისათვის 2015 წლის 15 აგვისტოს თანამგზავრული სურათის ფონზე, ხოლო მყინვარი ადიშისათვის – 2016 წლის 24 აგვისტოს თანამგზავრული სურათის ფონზე.



ა



ბ

ნახ. 1. გერგეტისა (ა) და ადიშის (ბ) მყინვარების უკანდახევის სქემატური გამოსახულება

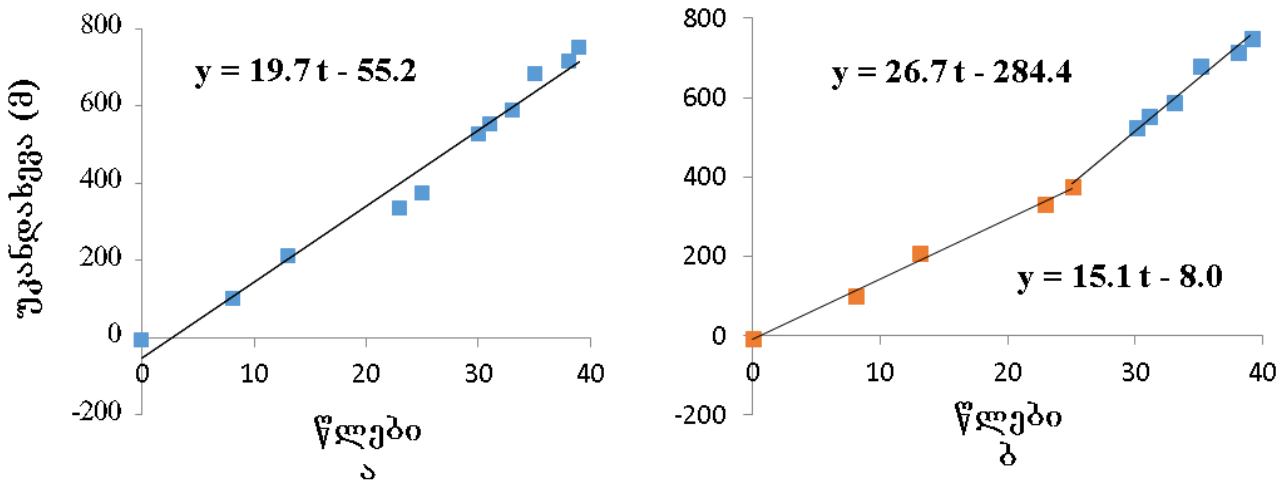
მე-2 ცხრილში მოყვანილია თღმ-ის მონაცემების საფუძველზე განსაზღვრული გერგეტის მყინვარის უკანდახევის სხვადასხვა მახასიათებელი.

ცხრილი 2

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

მე-2 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 ნაწილად. პირველი მოიცავს 1977–2001 წლებს და მეორე – 2001–2015 წლებს.



ნახ. 2. გერგეტის მყინვარის უკანდახვევის დინამიკა თდმ-ის მონაცემების (1977–2015 წწ.) მიხედვით (ა); გერგეტის მყინვარის უკანდახვევის ტენდენცია 1977–2001 და 2001–2015 წლების პერიოდებისათვის (ბ)

ანალიზი გვიჩვენებს, რომ გერგეტის მყინვარის უკანდახვევის სიჩქარე მთლიან პერიოდში შეადგენს დაახლოებით 19.7 მ/წელს; პირველ პერიოდში – დაახლოებით 15.1 მ/წელს და მეორე პერიოდში – დაახლოებით 26.7 მ/წელს. ბოლო პერიოდში უკანდახვევა მნიშვნელოვნად აღემატება პირველ პერიოდში განსაზღვრულ ტენდენციას, ე. ი. მყინვარის უკანდახვევა არაწრფივი ხასიათისაა, რაც მყინვარზე კლიმატის რეგიონალური ცვლილების გაზრდილ ზემოქმედების ხარისხზე მიუთითებს.

გერგეტის მყინვარის უკანდახვევის (1977–2013 წწ.) მიწისპირა დაკვირვებების მონაცემები (ცხრილი 3) გამოიყენება თდზ-ის საფუძველზე განსაზღვრული გერგეტის მყინვარის უკანდახვევის მონაცემების ხარისხის კონტროლისათვის.

ცხრილი 3

გერგეტის მყინვარის ენის ბოლოს მდებარეობის საველე დაკვირვებების მონაცემები

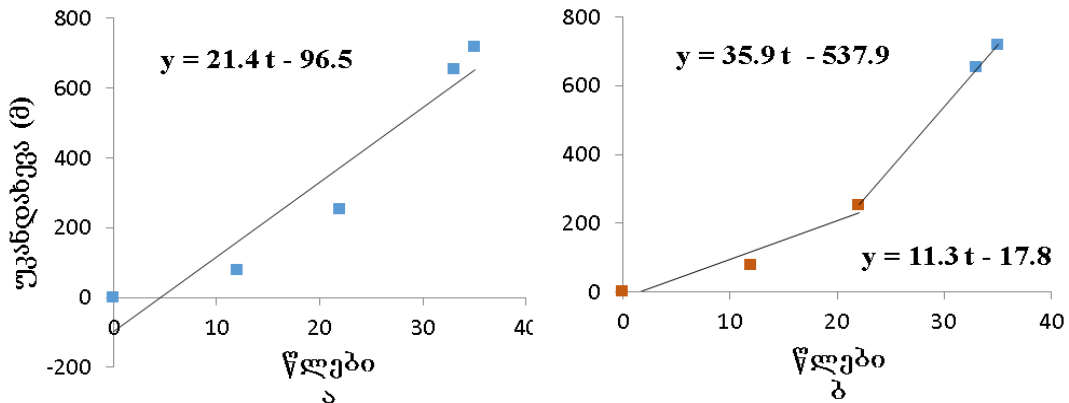
№	თარიღი	კოორდინატები		უკანდახვევა წინა ნიშნულის მიმართ, მ	ჯამური უკანდახვევა, მ
		განედი	გრძელი		
1	1978	42.664162	44.558194	0	0
2	1990	42.664746	44.557606	79	79
3	2000	42.665922	44.556443	174	253
4	2011	42.668103	44.553074	400	653
5	2013	42.668567	44.5527	65	718

მიწისპირა საველე დაკვირვებების მონაცემების საფუძველზე განისაზღვრა გერგეტის მყინვარის უკანდახვევის დინამიკა (ნახ. 3, ა). მეტი ინფორმაციულობისათვის სადამკვირვებლო

პერიოდი გაიყო ორ პერიოდად: 1977–2000 და 2000–2013 წლებად. შესაბამისი ტრენდები მოცემულია მე-3 ბ ნახ-ზე.

ამ მონაცემების ანალიზმა ცხადყო, რომ გერგეტის მყინვარის უკანდახევის 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.



ნახ. 3. გერგეტის მყინვარის უკანდახევის დინამიკა მიწისპირა მონაცემების მიხედვით 1978–2013 წლებში (ა); გერგეტის მყინვარის უკანდახევის ტენდენცია 1978–2000 და 2000–2013 წლებში (ბ)

აღნიშნული იმაზე მიუთითებს, რომ თღზ-ის და სავსე დაკვირვებების მიწისპირა მონაცემები ერთმანეთთან თანხვედრაშია. შედეგებში სხვაობა აიხსნება რეპერებსა და სადა-მკვირვებლო პერიოდებში განსხვავებით.

გერგეტის მყინვართან 3680 მ სიმაღლეზე მდებარეობს სტეფანწმინდის მეტეოროლოგიური სადგური. მე-4 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 4

ჰაერის საშუალო ტემპერატურის მონაცემები სტეფანწმინდის მეტეოსადგურის მიხედვით

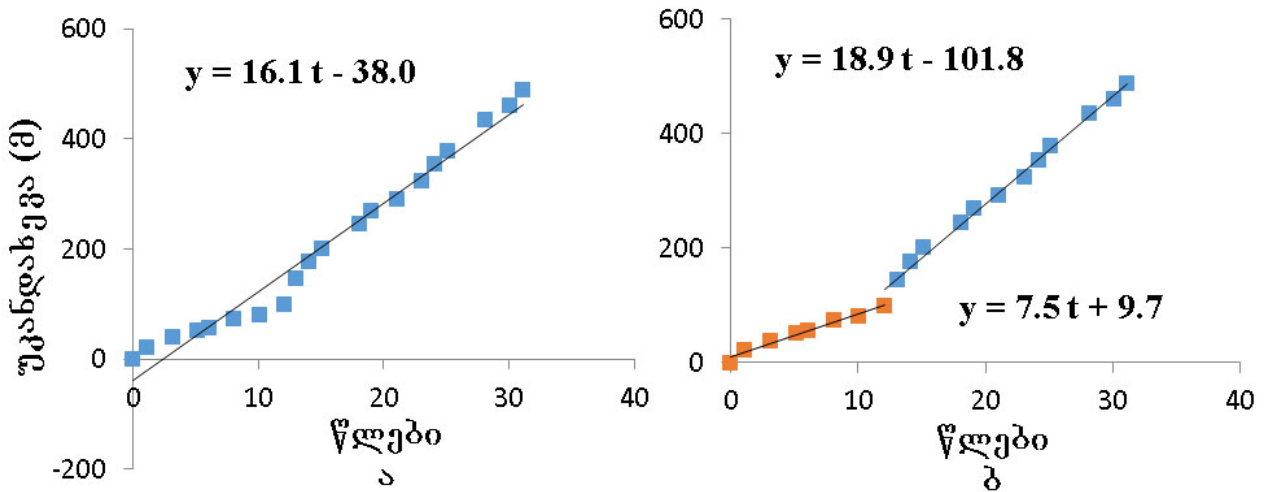
პერიოდი	ივნისი	ივლისი	აგვისტო	ზაფხული
$T_{mean} 1977-2000, ^\circ C$	11.8	14.7	14.2	13.6
$T_{mean} 2001-2015, ^\circ C$	13.1	15.2	15.7	14.7
$\Delta T_{mean}, ^\circ C$	1.3	0.5	1.5	1.1

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

აღიშის მყინვარისათვის 1987–2016 წლების თანამგზავრული სურათების მიხედვით (ნახ. 4) განისაზღვრა მყინვარის ენის ბოლოს მდებარეობები, შედგა უკანდახევის 30-წლიანი გრა-

ფიკები მთლიანი პერიოდისათვის (ნახ. 4, ა) და კლიმატის ცვლილების ზემოქმედების დეტალური აღწერისა ორი პერიოდისათვის (ნახ. 4, ბ), რომლებიც მოიცავს 1987–2000 და 2000–2016 წლებს.

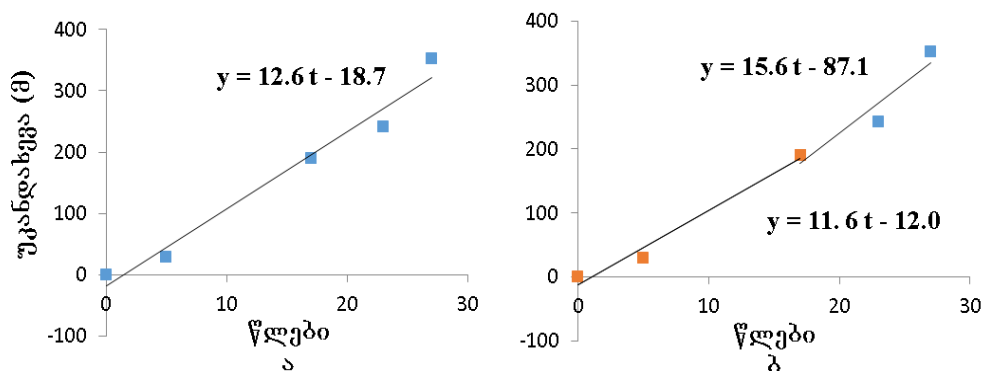
ადიშის მყინვარის თდმ-ის მონაცემების ანალიზით (ნახ. 4) დადასტურდა, რომ მყინვარის უკანდახევის სიჩქარე მთლიანი პერიოდისათვის შეადგენს დაახლოებით 16.1 მ/წელს, პირველი პერიოდისათვის – დაახლოებით 7.5 მ/წელს და მეორე პერიოდისათვის – დაახლოებით 18.9 მ/წელს. ორი პერიოდის განხილვა გვიჩვენებს, რომ ბოლო პერიოდში უკანდახევა აღემატება პირველ პერიოდში განსაზღვრულ ტენდენციას. მთლიანობაში მყინვარის უკანდახევა არაწრფივი ხასიათისაა.



ნახ. 4. ადიშის მყინვარის უკანდახევის დინამიკა თდმ-ის მონაცემების მიხედვით 1987–2016 წლებში (ა); ადიშის მყინვარის უკანდახევის ტენდენცია 1987–2000 და 2000–2016 წლებში (ბ)

თდმ-ის საფუძველზე განსაზღვრული ადიშის მყინვარის უკანდახევის მონაცემების ხარისხის კონტროლისათვის გამოყენებულია 1985–2012 წლების ადიშის მყინვარის უკანდახევის საველე დაკვირვებების მიწისპირა მონაცემები.

ამ მონაცემების საფუძველზე განისაზღვრა ადიშის მყინვარის უკანდახევის დინამიკა (ნახ. 5, ა), ხოლო მეტი ინფორმაციულობისათვის საველე დაკვირვებების პერიოდი გაიყო ორ პერიოდად: 1985–2002 და 2002–2012 წლებად. შესაბამისი ტრენდები მოცემულია მე-5 ბ ნახ-ზე.



ნახ. 5. ადიშის მყინვარის უკანდახევის დინამიკა საველე დაკვირვებების მიხედვით 1985–2012 წლებში (ა); ადიშის მყინვარის უკანდახევის ტენდენცია 1985–2002 და 2002–2012 წლებში (ბ)

ამ მონაცემების ანალიზმა ცხადყო (ნახ. 5), რომ ადიშის მყინვარის უკანდახევის სინქარე მთლიანი პერიოდისათვის შეადგენს დაახლოებით 12.6 მ/წელს; პირველი პერიოდისათვის – დაახლოებით 11.6 მ/წელს და მეორე პერიოდისათვის – დაახლოებით 15.6 მ/წელს.

სხვაობის მოდული მიწისპირა დაკვირვებებისა და თღზ-ის მონაცემებს შორის მთლიანი პერიოდისათვის შეადგენს დაახლოებით 2.5 მ/წელს; პირველი პერიოდისათვის – დაახლოებით 4.1 მ/წელს, ხოლო მეორე პერიოდისათვის – დაახლოებით 3.3 მ/წელს. აღნიშნული იმაზე მიუთითებს, რომ თღზ-ისა და საველე დაკვირვებების მიწისპირა მონაცემები ერთმანეთთან თანხვედრაშია. სხვაობები ძირითადად განპირობებულია თანამგზავრული და მიწისპირა დაკვირვებების პერიოდებსა და რეპერულ აზომებს შორის განსხვავებებით.

ადიშის მყინვარიდან 17 კმ-ში, 1500 მ სიმაღლეზე მდებარეობს მესტიის მეტეოროლოგიური სადგური. მე-5 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 5

ჰაერის საშუალო ტემპერატურის მონაცემები მესტიის მეტეოსადგურის მიხედვით

პერიოდი	ივნისი	ივლისი	აგვისტო	ზაფხული
Tmean1987–2000, °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.

მე-6 ცხრილში მოცემულია დასავლეთ საქართველოს ორი მყინვარის – ქვიშისა (ენგურის აუზი) და ბოყოს (რიონის აუზი) მყინვარების მახასიათებლები თღზ-ისა და კატალოგის მიხედვით.

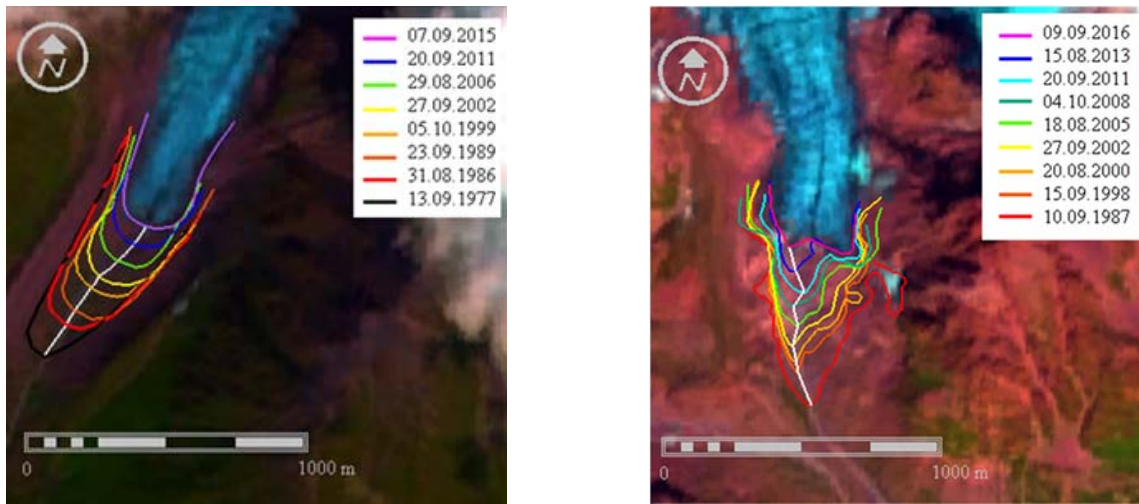
ქვიშის მყინვარის მაქსიმალური სიგრძე (თანამგზავრული მონაცემით) 5.8 კმ-ია, ხოლო კატალოგის მიხედვით 6.1 კმ. ეს იმას ნიშნავს, რომ დაახლოებით 50 წლის განმავლობაში მისი სიგრძე შემცირდა 300 მ-ით, რაც წელიწადში საშუალოდ 6 მ-ს შეადგენს. ანალოგიური გაანგარიშებით, ბოყოს მყინვარის უკანდახევაც წელიწადში საშუალოდ 6 მ-ია.

ცხრილი 6

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

მე-6 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 მყინვარი ბოყოსათვის 2015 წლის 7 სექტემბრის, ხოლო მყინვარი ქვიშისათვის – 2016 წლის 9 სექტემბრის თანამგზავრული სურათების ფონზე. განისაზღვრა მყინვარების ენის ბოლოს მდებარეობები და გამოთვლილია მყინვარების უკანდახევის მანძილები.

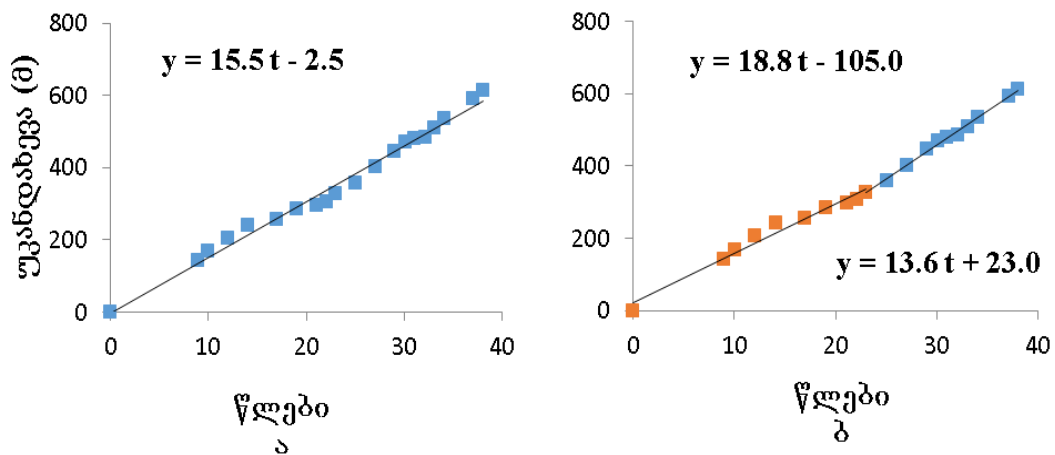


ა

ბ

ნახ. 6. ბოყოსა (ა) და ქვიშის (ბ) მყინვარების უკანდახევის სქემატური გამოსახულება

ბოყოს მყინვარისათვის შედგა უკანდახევის გრაფიკები მთლიანი პერიოდისათვის (ნახ. 7, ა) და კლიმატის ცვლილების ზემოქმედების დეტალური აღწერის ორი პერიოდისათვის (ნახ. 7, ბ), კერძოდ, 1977–2001 და 2001–2015 წლებისათვის, ხოლო ქვიშის მყინვარისათვის მთლიანი პერიოდის (ნახ. 8, ა) და კლიმატის ცვლილების ზემოქმედების დეტალური აღწერის ორი პერიოდისათვის (ნახ. 8, ბ), რომელიც მოიცავს 1987–2000 და 2000–2016 წლებს.



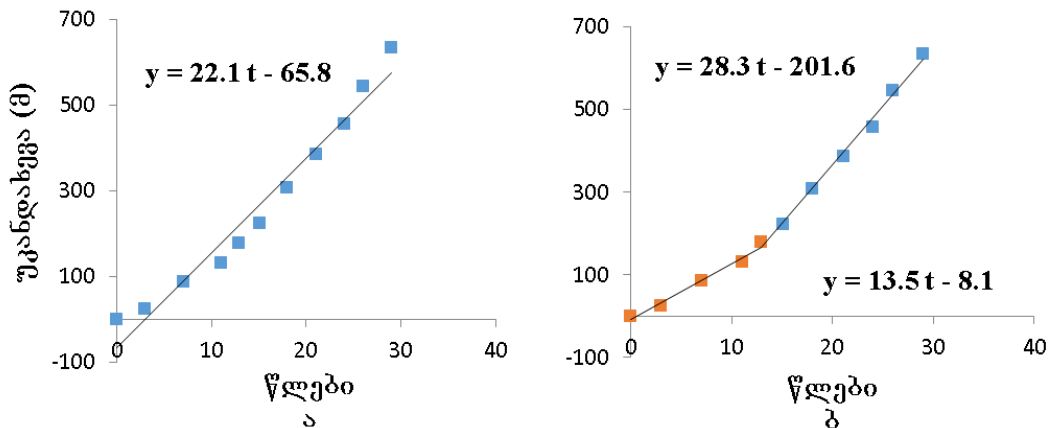
ა

ბ

ნახ. 7. ბოყოს მყინვარის უკანდახევის დინამიკა თღზ-ის მიხედვით 1977–2015 წლებში (ა); ბოყოს მყინვარის უკანდახევის ტენდენცია 1977–2001 და 2001–2015 წლების პერიოდებისათვის (ბ)

ბოლოს მყინვარის თღზ-ის მონაცემების ანალიზი ცხადყოფს, რომ მყინვარის უკანდახევის სიჩქარე მთლიანი პერიოდისათვის შეადგენს დაახლოებით 15.5 მ/წელს; პირველი პერიოდისათვის – დაახლოებით 13.6 მ/წელს და მეორე პერიოდისათვის – დაახლოებით 18.8 მ/წელს. მყინვარის უკანდახევა არაწრფივი ხასიათისაა და ბოლო პერიოდში აღემატება პირველი პერიოდის ტენდენციას.

ქვიშის მყინვარის თღმ-ის მონაცემების ანალიზის მიხედვით (ნახ. 8) მყინვარის უკანდახევის სიჩქარე მთლიანი პერიოდისათვის შეადგენს დაახლოებით 22.1 მ/წელს. უკანდახევის სიჩქარე პირველ პერიოდში არის დაახლოებით 13.5 მ/წელი; მეორე პერიოდში – დაახლოებით 28.3 მ/წელი.



ნახ. 8. ქვიშის მყინვარის უკანდახევის დინამიკა თღზ-ის მიხედვით 1987–2016 წლებში (ა); ქვიშის მყინვარის უკანდახევის ტენდენცია 1987–2000 და 2000–2016 წლების პერიოდებისათვის (ბ)

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

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

დიდი მყინვარების სრული დნობის სავარაუდო თარიღები. როგორც უკვე აღვნიშნეთ, საქართველოს დიდი მყინვარების უკანდახევას არაწრფივი ხასიათი აქვს. დიდი მყინვარების სრული დნობის სავარაუდო თარიღების განსასაზღვრავად შემუშავებულია სცენარი, სადაც განხილულია კლიმატის ცვლილება ჩვეულებრივი ბიზნესის (Business as Usual /BaU/) შესაბამისად. შემდგომი კვლევებით დადგინდა, რომ განხილული მყინვარების უკანდახევის აპროქსიმაცია ამ სცენარის პირობებში დიდი სიზუსტით შესაძლებელია პარაბოლის მრუდით. 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 $R^2 = 0,991$.

მე-7 ცხრილში მოყვანილია საქართველოს ოთხი დიდი მყინვარის სრული დნობის გამოსანგარიშებლად საჭირო მახასიათებლები.

ცხრილი 7

საქართველოს დიდი მყინვარების სრული დნობის სავარაუდო თარიღების გამოსათვლელი მახასიათებლები

a	b	c	d	e	f	g	h
მყინვარის სახელი	სიგრძე თღზ-ით ბოლო წელს, მ	ჯამური უკანდახევა ათვლის დაწყებიდან, მ	შესაძლო დნობის მანძილი $y=b+c$	განტოლების ამონახსნი t_1 წელი	ათვლის დაწყების წელი	ბოლო წელი	სრული დნობის წელი $[f+e]$
გერგეტის	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 მყინვარი გერგეტის სრული დნობის სავარაუდო თარიღი. ამისათვის განტოლებაში $y = 0,2t^2 + 12,2 t$ ჩავსვათ $y = 7856$ მ და გამოვთვალოთ მისი შესაბამისი განტოლების დადებითი ფესვი, რომლის მნიშვნელობაა $t_1 = 168$ წელი. მყინვარი გერგეტის სრული დნობის სავარაუდო თარიღი იქნება ათვლის დაწყების წელს დამატებული 168 წელი, ანუ მყინვარი გერგეტის სრული დნობის სავარაუდო თარიღია $t = t_1 + 1977 = 2145$ წელი.

ანალოგიური გამოთვლები დანარჩენი მყინვარებისათვის იძლევა სიდიდეებს, რომელთა მნიშვნელობებიც მოყვანილი მე-7 ცხრილის h გრაფაში, კერძოდ, მყინვარი ადიში სრულად გადნება 2146 წელს, მყინვარი ქვიში – 2094 წელს, ხოლო მყინვარი ბოყო – 2175 წელს.

დასკვნა

კლიმატის მიმდინარე ცვლილებისა და საქართველოს მყინვარების ცვლილების შესახებ შემდეგი დასკვნების ჩამოყალიბება შეიძლება, კერძოდ:

- 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 იხევს;
- დიდი მყინვარების უკანდახევის ტრენდების ანალიზის შედეგები და თღზ-ის ინფორმაციისა და სავსე დაკვირვებების მიწისპირა მონაცემები იმაზე მიუთითებს, რომ ისინი ერთმანეთთან თანხვედრაშია. ამიტომ შეიძლება დასაბუთებულად ვივარაუდოთ, რომ თღზ-ის საფუძველზე განსაზღვრული დიდი მყინვარების უკანდახევის რაოდენობრივი მახასიათებლები სანდოა;
- 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 (ნოტიო) და ამიტომ გაცილებით ტენიანია;

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

ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. Л. И. Маруашвили, Г. М. Курдгелаидзе, Т.А. Лашхи, Ш.В. Инашвили. Каталог Ледников СССР, т. 9, вып. 1, ч. 2–6, Закавказье и Дагестан, Л.: Гидрометеоиздат, 1975. - 86 с.
2. В. Ш. Цомая. Каталог Ледников СССР, т. 9, вып. 3, ч. 1, Закавказье и Дагестан, Л.: Гидрометеоиздат, 1975. - 95 с.
3. В. Ш. Цомая, О. А. Дробышев. Каталог Ледников СССР, т. 8, ч. 11, Северный Кавказ, Л.: Гидрометеоиздат, 1977. - 71 с.
4. В. Д. Панов Э. С. Боровик. Каталог Ледников СССР, т. 8, ч. 12, Северный Кавказ, Л.: Гидрометеоиздат, 1977. - 51 с.
5. L. Kordzakhia, G. 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, vol. 4, Issue 3-1, 2015, pp. 14-21.
6. G. Kordzakhia, L. Shengelia, G. Tvauri, V. Tsomaia, M. Dzadzamia. Satellite Remote Sensing Outputs of the Certain Glaciers in the Territory of East Georgia//The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Sciences – Elsevier, vol. 18, Issue 1, 2015, pp. S1–S7.
7. 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.
8. Шенгелия Л. Д., Кордзахия Г. И., Тваური Г. А., Дзадзамия М. Ш. 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, Россия, т. I, С.-П., 2018, с. 206-212.
9. ლ. შენგელია, გ. კორძახია, გ. თვაური, მ. ძაძამია. დასავლეთ საქართველოს მცირე მყინვარების კვლევის შედეგები კლიმატის თანამედროვე ცვლილების ფონზე//მეცნიერება და ტექნოლოგიები, №1 (729), 2018, გვ. 14-21.

RETREAT OF SOME LARGE GLACIERS OF GEORGIA AND DETERMINATION OF THEIR EXPECTED FULL MELTING DATA DUE TO CURRENT CLIMATE CHANGE

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

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

Resume: There is considered retreat of four large glaciers of Georgia. There is determined, that their melting is nonlinear. According to one of the scenarios of climate change expected dates for their complete melting are defined.

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

ОТСТУПЛЕНИЕ НЕКОТОРЫХ БОЛЬШИХ ЛЕДНИКОВ ГРУЗИИ И ПРОГНОЗ ИХ ПОЛНОГО ТАЯНИЯ В СВЯЗИ С ТЕКУЩИМ ИЗМЕНЕНИЕМ КЛИМАТА

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

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

Резюме. В работе рассмотрено отступление четырёх больших ледников Грузии. Установлено, что их таяние носит нелинейный характер. По одному из сценариев изменения климата определены предполагаемые даты их полного таяния.

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