

დასავლეთ საქართველოს მცირე მყინვარების კვლევის შედეგები კლიმატის თანამედროვე 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, გარემოს ეროვნული სააგენტო)

რეზიუმე: მცირე მყინვარების კვლევისას დადასტურდა თანამგზავრული დისტანციური ზონდირების (თღზ) გამოყენების ეფექტურობა, რადგან ტრადიციული მიწისპირა დაკვირვებების საფუძველზე მათი შესწავლა ძალზე შრომატევადია, დიდ მატერიალურ დანახარჯებთანა დაკავშირებული და მნიშვნელოვან დროსაც მოითხოვს. თანამგზავრული დისტანციური ზონდირების საფუძველზე დადგენილია მცირე მყინვარების ზომის შემცირება და მთელ რიგ შემთხვევებში მათი სრული გაქრობა. განსაზღვრულია მცირე მყინვარების დეგრადაცია გლობალური დათბობის ზეგავლენით და მოცემულია მათი რაოდენობრივი ცვლილების სხვადასხვა მახასიათებელი.

საკვანძო სიტყვები: თანამგზავრული დისტანციური ზონდირება (თღზ); კლიმატის ცვლილება; მცირე მყინვარები.

შესავალი

მყინვარების შესწავლა დედამიწის თანამგზავრული დაკვირვებებით ეფექტური ალტერნატივაა მათი კვლევისა და სხვადასხვა სამეცნიერო-პრაქტიკული ამოცანის გადაჭრისათვის.

ცნობილია, რომ კლიმატის გლობალური დათბობა ნეგატიურ ზემოქმედებას ახდენს მყინვარებზე. ეს ვითარება განსაკუთრებით მკვეთრად ვლინდება მცირე მყინვარების შემთხვევაში [1–6].

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 [7]. 0,1 კმ² ფართობზე ნაკლები ზომის მყინვარები მიჩნეულია თოვლნარებად.**

ცალკე საკითხია, თუ როგორ უნდა ჩატარდეს მცირე მყინვარების ზომისა და სხვა პარამეტრების ცვლილების განსაზღვრა დროში. 1960–1970-იან წლებში ყოფილ საბჭოთა

* [1]-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.

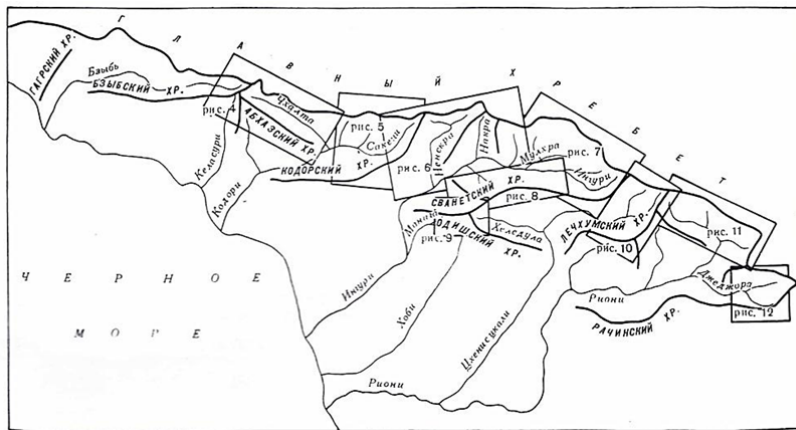
** თოვლნარი ქარისა და მზის სხივებისაგან მოფარებულ ადგილებში შემორჩენილი თოვლის, ფირნისა და ყინულის გროვაა. თოვლნარი სეზონურია, თუ ირგვლივ დადებულ თოვლზე უფრო მეტხანს ინახება, ხოლო მუდმივია, თუ მთელი წლის განმავლობაში არ დნება. თოვლნარი შეიძლება იყოს მყინვარის დეგრადაციით მიღებული ნარჩენი.

კავშირში საკმაოდ დიდი სამუშაო ჩატარდა მყინვარების მდგომარეობის შესახებ ინფორმაციის შესაგროვებლად, რის საფუძველზეც შეიქმნა მყინვარების კატალოგი. ამ კატალოგში საქართველოს მყინვარები ცალკე არ არის გამოყოფილი. ისინი კავკასიის მყინვარულ სისტემაშია მოქცეული. საქართველოს მყინვარები განხილულია 1975 [8, 9] და 1977 [10, 11] წლებში გამოცემულ კატალოგებში. ფაქტობრივად საბჭოთა კავშირის მყინვარების კატალოგი 50 წლის წინათაა შექმნილი, ხოლო დედამიწის თანამგზავრული დაკვირვებებით მცირე მყინვარების კვლევა მხოლოდ ამ და წინა ათწლეულების მონაცემებითაა შესაძლებელი. დროში ეს სხვაობა წინაპირობას ქმნის მყინვარების ევოლუციის შესასწავლად. ცხადია, მიღებული შედეგები ასახავს კლიმატის თანამედროვე ცვლილების ზეგავლენას მყინვარების მდგომარეობაზე.

ძირითადი ნაწილი

სამუშაოების შესასრულებლად გამოყენებულია კომპლექსური მეთოდოლოგია, რომელიც ავტორების მიერ არის შემუშავებული [12–14]. მცირე მყინვარების კვლევისას ჩნდება სხვადასხვა ტიპის სირთულე, რომელთაგან ერთ-ერთი ძირითადია თანამგზავრული დისტანციური ზონდირების (თდზ) 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.

მცირე მყინვარების ცვლილების შეფასება შესაძლებელია 2012–2016 წლებში თანამგზავრული ინფორმაციით მიღებული მახასიათებლების შედარებით მყინვარების კატალოგის (1975–1977 წწ.) მონაცემებთან. დასავლეთ საქართველოს მყინვარები კატალოგის 9 სქემაზეა წარმოდგენილი [9]. 1-ლ ნახ-ზე ნაჩვენებია დასავლეთ საქართველოს მყინვარული აუზების განლაგების საერთო სურათი, რომელიც მოიცავს 9 სქემას 409 მყინვარით.



ნახ. 1. 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-ამტყეელის შენაკადების და ჩხალთის აუზების მყინვარები №1–61;
2. მდინარე კოდორის ზემო წელის მყინვარები №62–136;

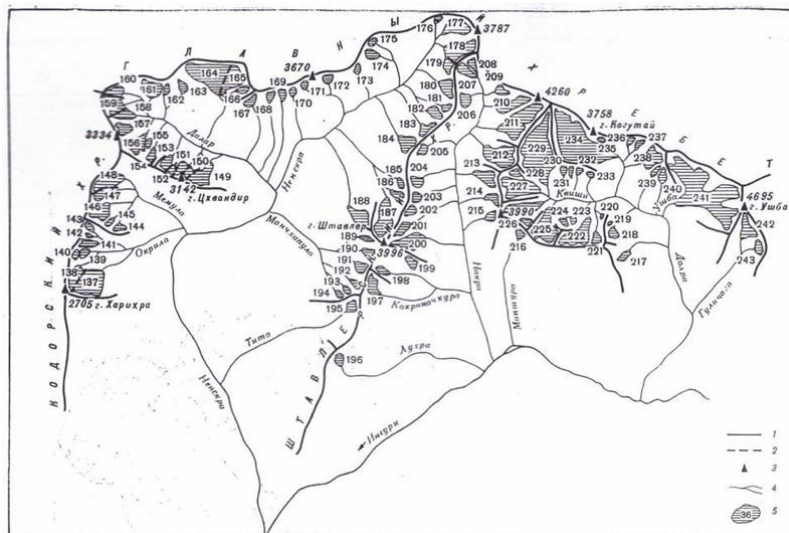
3. მდინარეების ნენსკრას, ნაკრას და დოლრას (მდინარე ენგურის მარჯვენა შენაკადი) აუზების მყინვარები №137–243.
4. მდინარეების მულხრასა და ენგურის აუზში მდებარე მდინარე მესტიაჭალის აუზის მყინვარები №244–259;
5. მდინარე ენგურის აუზში მესტიაჭალის შესართავის ზევით მდებარე მდინარე მულხრას აუზის მყინვარები №260–282;
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.

შესასწავლი მყინვარების კონტურების შედარება საბჭოთა კავშირის დროინდელ ტოპოგრაფიულ რუკებზე (1:50000) ასახულ მყინვარების კონტურებთან, ერთი მხრივ, კონტურების ვალიდაციის საშუალებას იძლევა და, მეორე მხრივ, ვიზუალურად გვიჩვენებს, თუ რამდენად შეცვლილია ცალკეული მყინვარები შესაბამის პერიოდში (40–50 წელი). დადგინდა, რომ მთელი რიგი მცირე მყინვარები, რომლებიც ტოპოგრაფიულ რუკებზეა დატანილი, აღარ არსებობს.

მყინვარების კონტურების ვალიდაციისათვის ასევე აუცილებელია საექსპერტო ცოდნა, რასაც მთელ რიგ შემთხვევებში სწორი გადაწყვეტილება მიღებისათვის დიდი მნიშვნელობა აქვს.

მყინვარების იდენტიფიკაციის დროს სსრ კავშირის კატალოგში მოყვანილ სქემებთან ერთად გამოყენებულ იქნა მყინვარების ცვალებადობის მონიტორინგის გლობალური პროექტის – GLIMS-ის (Global Land Ice Measurements from Space) მონაცემები [2, 3, 12, 13].

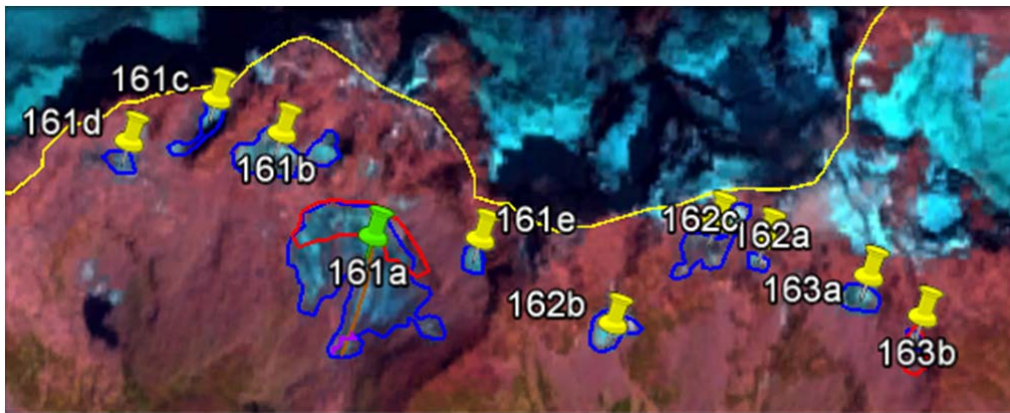
მე-2 ნახ-ზე მოყვანილია მდინარეების ნენსკრას, ნაკრას და დოლრას აუზების მყინვარების განლაგების სქემა, რომელიც ასახავს კატალოგის შესაბამის მე-3 სქემას და იმ დროინდელ მდგომარეობას.



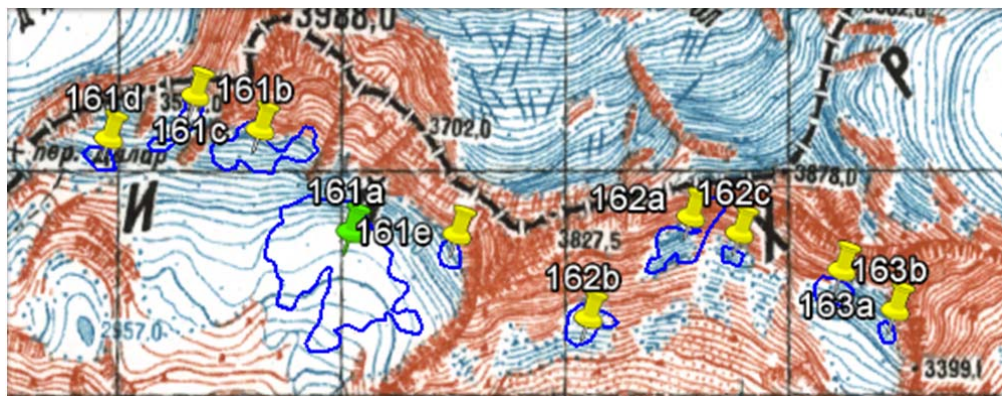
ნახ. 2. მდინარეების ნენსკრას, ნაკრას და დოლრას (მდინარე ენგურის მარჯვენა შენაკადი) აუზების №137–243 მყინვარების განლაგების სქემა. 1 – წყალგამყოფი, 2 – მყინვარგამყოფი, 3 – მწვერვალი, 4 – მდინარე, 5 – მყინვარი თავისი ნომრით

მე-3 ნახ-ზე მოცემულია №161–№163 მყინვარების მდგომარეობა (ფერები იხილეთ ელექტრონულ ვერსიაში). ა ნაწილში მოყვანილია იდენტიფიცირებული მყინვარების კონტურები 2015 წლის თანამგზავრული სურათის მიხედვით, მწვანე ქინძისთავით ნაჩვენებია მცირე მყინვარი, ხოლო ყვითელი ქინძისთავით – თოვლნარი. წითელი ფერით ნაჩვენებია GLIMS-ის მონაცემთა ბაზაში დაცული კონტურები, ლურჯით – ჩვენ მიერ გავლებული კონტურები. ბ ნაწილში მოყვანილია ტოპოგრაფიულ რუკა, რომელზეც შედარებისათვის დატანილია თანამგზავრული სურათის მიხედვით გავლებული კონტურები. როგორც ვხედავთ, №162 და №163 მყინვარები (ორივე 0.1 კმ² ფართობის მცირე მყინვარია) თოვლნარებად დანაწევრდა, პირველი სამ, ხოლო მეორე – ორ თოვლნარად.

თღზ-ით მიღებული საქართველოს მყინვარების კონტურების ტოპოგრაფიულ რუკებზე ასახულ მყინვარების კონტურებთან შედარებამ საშუალება მოგვცა გამოგვეტანა მნიშვნელოვანი დასკვნა, რომ დაახლოებით ბოლო 50 წლის განმავლობაში დასავლეთ საქართველოს ყველა მყინვარის ფართობი შემცირდა. იმ შემთხვევაში, თუ თანამგზავრულ სურათზე მცირე მყინვარის ფართობი უფრო მეტია, ვიდრე კატალოგის მიხედვით მისი ფართობის მნიშვნელობაა, ეს კატალოგის მონაცემის ხარვეზია და იგი საექვო მონაცემებს უნდა მივაკუთვნოთ.



ა



ბ

ნახ. 3. №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

აღმოსავლეთ საქართველოს მცირე მყინვარების განხილვისას კატალოგის მონაცემებმა საშუალება მოგვცა შეგვედარებინა ისინი თღზ-ით მიღებულ შესაბამის მონაცემებთან, რადგან მდინარეთა აუზების მიხედვით აღრიცხულ მყინვარებს საეჭვო მონაცემები ან არ გააჩნდა, ან მათი გამოსწორება შესაძლებელი გახდა სწორი იდენტიფიკაციისა და საექსპერტო ცოდნის გამოყენებით.

აღმოსავლეთ საქართველოს მყინვარებისაგან განსხვავებით, დასავლეთ საქართველოს მცირე მყინვარების შესწავლისას გამოირიცხა ის მყინვარები, რომელთა მონაცემები კატალოგის მიხედვით საეჭვოა. 1-ლ ცხრილში წარმოდგენილია დასავლეთ საქართველოს მცირე მყინვარების რაოდენობა კატალოგის სანდო მონაცემების და თღზ-ის მიხედვით.

ცხრილი 1

დასავლეთ საქართველოს მყინვარების კატალოგის 12 სქემის მიხედვით შედგენილ ცხრილებში მოყვანილი მცირე მყინვარების რაოდენობა კატალოგის სანდო მონაცემების და თღზ-ის მიხედვით

სქემა №	მცირე მყინვარები კატალოგის მიხედვით	თღზ-ის მონაცემებით იდენტიფიცირებული მცირე მყინვარები			
		მცირე მყინვარი	თოვლნარი	გამქრალი მყინვარი	სულ
1	25	8	32	0	40
2	42	16	52	1	69
3	46	11	82	2	95
4	10	4	9	1	14
5	11	5	13	0	18
6	4	2	3	0	5
7	13	4	24	1	29
8	6	2	13	2	17
9	5	1	3	2	6
10	11	4	9	1	14
11	12	8	7	0	15
12	2	0	1	1	2
სულ	187	65	248	11	324

ამრიგად, დასავლეთ საქართველოს მყინვარების 12 სქემის შესაბამისად შედგენილ ცხრილებში მოყვანილია კატალოგის მიხედვით 187 მცირე მყინვარის შესახებ სანდო ინფორმაცია (სულ კატალოგში აღრიცხულია 265 მცირე მყინვარი). თღზ-ის საფუძველზე მიღებულია ყველა მათგანის ფართობის შესახებ მონაცემი. მყინვარების დანაწევრებისა და დნობის შედეგად მცირე მყინვარების რაოდენობა შეიცვალა. თღზ-ის ბოლო მონაცემებით დასავლეთ საქართველოში 324 მცირე მყინვარი, თოვლნარი და გამქრალი მყინვარია, რომელთაგან

- დარჩენილია 65 მცირე მყინვარი, ანუ თღზ-ით მიღებულის 20.1 %;
- გადნა და თოვლნარად იქცა 248, ანუ თღზ-ით მიღებულის 76.5 %;
- გაქრა, ე. ი მთლიანად გადნა 11, ანუ თღზ-ით მიღებულის 3.4 %.

კატალოგში აღრიცხული დასავლეთ საქართველოს მცირე მყინვარების ფართობის შესახებ სანდო მონაცემები აქვს 187-ს. ამჟამად ამ მყინვარებიდან (თღზ-ის მიხედვით) დარჩენილია 65 მცირე მყინვარი (34.8 %), რაც იმას ნიშნავს, რომ დანარჩენი 122 (64.2 %) მცირე მყინვარი გადნა და თოვლნარად იქცა ან საერთოდ გაქრა.

აღმოსავლეთ საქართველოს მცირე მყინვარების შესწავლის შედეგად აღმოჩნდა, რომ მყინვარების კატალოგში აღრიცხული აღმოსავლეთ საქართველოს 105 მცირე მყინვარიდან ამჟამად კლიმატის გლობალური დათბობის გამო დარჩენილია მხოლოდ 30 მცირე მყინვარი (28.6 %), რაც იმას ნიშნავს, რომ 75 (71.4 %) მცირე მყინვარი თოვლნარად იქცა ან საერთოდ გაქრა.

მაშასადამე, აღმოსავლეთ საქართველოში მყინვარების დნობის პროცესი უფრო ინტენსიურია, ვიდრე დასავლეთ საქართველოში.

დასკვნა

ამრიგად, დასავლეთ საქართველოს მყინვარების მახასიათებლები განხილულია 12 სქემის მიხედვით. სულ დასავლეთ საქართველოში კატალოგის მიხედვით აღრიცხულია 265 მცირე მყინვარი. ყველა მათგანის შესაბამისი თანამედროვე მონაცემი განსაზღვრულია თღზ-ის საფუძველზე. მყინვარების დანაწევრებისა და დნობის შედეგად მცირე მყინვარების რაოდენობა შემცირდა.

კვლევის მიზანი იყო კატალოგის (საწყისი მონაცემები) და თანამგზავრული ინფორმაციის საფუძველზე დასავლეთ საქართველოს მცირე მყინვარების ცვლილებების განსაზღვრა 50 წლის განმავლობაში. ამით შესაძლებელი გახდა იმის დადგენა, თუ რა გავლენას ახდენს კლიმატის თანამედროვე ცვლილება დასავლეთ საქართველოს მცირე მყინვარებზე.

ჩატარებული გამოკვლევების შედეგად დადგინდა, რომ:

- რიგი მცირე მყინვარებისა, რომლებიც ტოპოგრაფიულ რუკებზეა დატანილი, აღარ არსებობს;
- კლიმატის თანამედროვე დათბობის გამო მცირე მყინვარები ინტენსიურად დნება.

დასავლეთ საქართველოში მცირე მყინვარების დნობის პროცესი აღმოსავლეთ საქართველოსთან შედარებით ნაკლებად ინტენსიურია.

ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. ლ. შენგელია, გ. კორძახია, გ. თვაური, ვ. ცომაია, მ. ძაძამია. თანამგზავრული დისტანციური ზონდირების საფუძველზე აღმოსავლეთ საქართველოს მცირე მყინვარების კვლევა//ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის შრომები, 121, თბ., 2015, გვ. 104-111.
2. ლ. შენგელია, გ. კორძახია, გ. თვაური, მ. ძაძამია. აღმოსავლეთ საქართველოს მცირე მყინვარების კვლევა თანამგზავრული დისტანციური ზონდირების და GIS ტექნოლოგიების გამოყენებით//მეცნიერება და ტექნოლოგიები, №2 (719), 2015, გვ. 9-10.
3. George Kordzakhia., Larisa Shengelia, Genadi Tvauri, Murman Dzadzamia. Application of Remote Sensing and GIS Technologies for the Inventory of Small Glaciers in Eastern Georgia. 4th International Geography Symposium, May 23-26, Kemer. Antalya, Turkey, Book of Proceedings, 2016, pp. 505-514.
4. ლ. შენგელია, გ. კორძახია, გ. თვაური, მ. ძაძამია. კლიმატის ცვლილების ზემოქმედება აღმოსავლეთ საქართველოს მცირე მყინვარებზე//მეცნიერება და ტექნოლოგიები, №1 (721), 2016, გვ. 9-14.

5. ლ. შენგელია, გ. კორძახია, გ. თვაური, მ. ძაძამია. საქართველოს მყინვარების ცვლილების ნეგატიური ტენდენციები კლიმატის თანამედროვე ცვლილების ფონზე//მეცნიერება და ტექნოლოგიები, №3 (723), 2016, გვ. 29-35.
6. 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.
7. რ. გობეჯიშვილი, ვ. კოტლიაკოვი. გლაციოლოგია (მყინვარები). თბ.: უნივერსალი, 2005, - 292 გვ.
8. Цомая В. Ш. Каталог ледников СССР. Т. 9, вып. 3, ч. 1, Закавказье и Дагестан, Л.: Гидрометеоиздат, 1975.
9. Маруашвили Л. И., Курдгелаидзе Г. М., Лашхи Т. А., Инашвили Ш. В., Табидзе Д. Д. Каталог ледников СССР. Т. 9, вып. 1, ч. 2 – 6, Л.: Гидрометеоиздат, 1975.
10. Панов В. Д., Боровик Э. С. Каталог ледников СССР. Т. 8, ч. 12, Северный Кавказ, Л.: Гидрометеоиздат, 1977.
11. Цомая В. Ш., Дробышев О. А. Каталог ледников СССР. Т. 8, ч. 11, Северный Кавказ, Л.: Гидрометеоиздат, 1977.
12. ლ. შენგელია, გ. კორძახია, გ. თვაური, ვ. ცომაია. სუათისის მყინვარების კვლევის შედეგები თანამგზავრული დისტანციური ზონდირების საფუძველზე//ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის შრომები, ტ. 120, თბ., 2014, გვ. 52-56.
13. Шенгелия Л. Д., Кордзахия Г. И., Тваური Г. А. Методология и результаты исследования некоторых ледников Грузии на основе дистанционного зондирования. Коллективная монография по материалам ежегодной Международной научно-практической конференции LXVIII Герценовские чтения „География: развитие науки и образования“. 22-25 апреля 2015 года, посвященной 70-летию создания ЮНЕСКО, С.-П., 2015, с. 117–124.
14. 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(1), Supplement 1, 2015, pp. S1–S7.

RESULTS OF THE INVESTIGATION OF SMALL GLACIERS OF THE WESTERN GEORGIA ON THE BACKGROUND OF MODERN 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)

Resume: There is determined, that the research of small glaciers based on satellite remote sensing is effective. This is predefined, as their study based on traditional ground observations is a very comprehensive problem, involving significant material and time costs. The use of satellite remote sensing allowed to determine the reduction of small glaciers sizes and in some cases, their complete disappearance. The degradation of small glaciers under the global warming is defined and their quantity specifications are given.

Key words: climate change; satellite remote sensing; small glaciers.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ МАЛЫХ ЛЕДНИКОВ ЗАПАДНОЙ ГРУЗИИ НА ФОНЕ СОВРЕМЕННОГО ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА

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

(Институт гидрометеорологии Грузинского технического университета, Институт геофизики М. Нодия Тбилисского государственного университета им. И. Джавахишвили, Национальное агентство окружающей среды)

Резюме. Подтверждено, что исследование малых ледников на основе использования спутникового дистанционного зондирования является эффективным. Это вызвано тем, что их изучение наземными наблюдениями очень трудоемкая проблема, связанная со значительными материальными и временными затратами. На основе спутникового дистанционного зондирования определено уменьшение размеров малых ледников, а в некоторых случаях их полное исчезновение. Установлена деградация малых ледников при глобальном потеплении и даны характеристики изменения их количества.

Ключевые слова: изменение климата; малые ледники; спутниковое дистанционное зондирование.