

Georgian geographers, landscape is one of the key objects of geographical research, although its essence, due to the multitude of different approaches, is often vague and incomprehensible. However, everyone agrees that the most important thing in landscape ecology is the assessment of its structure and functioning, dynamics and ethology, potential and sustainability, current state and other characteristics.

According to European scientists, landscape ecology is a multidisciplinary ecological science that examines the interrelationships between different components of the landscape and provides information on the dynamics of ecosystems, the distribution of species and their ecological functions. According to them, landscape ecology also refers to the structure, function and dynamics of ecosystems, studies the change of landscapes in space and time, the impact of human activities on it. Vegetation, water is considered as one of the components of landscape ecology, or this approach is fundamentally different from the basic, conceptual view of the Georgian landscape school.

The task of landscape ecology specialists is to practically define critical and high conservation value landscapes, landscape management and landscape service(s), landscape planning strategy and tactics.

Key words: *landscape, ecology, structure, society, landscape management, cultural landscape*

მდინარე ენგურის მცინვარული აუზის დიდი მცინვარის შხარას დეგრადაციის კვლევა თანამგზავრული ინფორმაციის გამოყენებით

გ. კორძახია *, ლ. შენგელია*, გ. თვაური**, მ. ძამამია***, გ. გულიაშვილი ***

* საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი,

** ივ. ჯავახიშვილის სახ. თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის ე. ანდრონიკაშვილის ფიზიკის ინსტიტუტი

*** გარემოს დაცვისა და სოფლის მეურნეობის სამინისტროს გარემოს ეროვნული სააგენტო, ქ. თბილისი, საქართველო
საქართველოს ეკოლოგიურ მეცნიერებათა აკადემია

აბსტრაქტი: წარმოდგენილია მაღალი გარჩევადობის თანამგზავრული დისტანციური ზონდირების (თდზ) გამოყენებით საქართველოს ტერიტორიაზე მდებარე ენგურის მცინვარული აუზის დიდი მცინვარის, შხარას დეგრადაციის კვლევის შედეგები. განხილულია მცინვარების კვლევისათვის თანამგზავრე Landsat-ის მონაცემების გამოყენების შესაძლებლობები. კვლევის ეფექტურობისათვის თდზ-ის 2010, 2015 და 2020 წლის მონაცემებთან ერთად, კომპლექსურად გამოყენებულია საექსპერტო ცოდნა და 60-იან წლების მასალებით შედგენილი საბჭოთა კავშირის მცინვარების კატალოგის და ტოპოგრაფიული რუკების მასალები. მიღებული მონაცემების სტატისტიკური ანალიზის შედეგად შესწავლილია მდინარე ენგურის დიდი მცინვარის შხარას დეგრადაცია.

საკვანძო სიტყვები: თანამგზავრული დისტანციური ზონდირება; კლიმატის ცვლილება; დიდი მცინვარის დეგრადაცია

დღესდღეობით საქართველოსათვის მცინვარების კვლევისათვის მჭირადღირებული საველე დაკვირვებების ალტერნატიულ მეთოდოლოგიას წარმოადგენს თდზ, რომელიც საშუალებას იძლევა მივიღოთ მცინვარების შესახებ მონაცემები საჭირო რეგულარობით, როგორც დროში ასევე სივრცეში. თდზ-ით განხორციელებული მცინვარების კვლევის მეტი სიზუსტისათვის ჩვენს მიერ კომპლექსურად გამოიყენება მაღალი გარჩევადობის თდზ-ის მონაცემები, ისტორიული მონაცემები, მცინვარების კატალოგში დაცული მცინვა-

რების სქემები, არსებული საველე სამუშაოების მასალები და საექსპერტო ცოდნა. გათვალისწინებულია მონაცემების ხარისხის შეფასებისა და ხარისხის კონტროლის პროცედურების განხორციელება.

თდზ-ის საფუძველზე ავტორების მიერ მსოფლიოში არსებულ საუკეთესო პრაქტიკებზე დაყრდნობით შექმნილია მეთოდოლოგია, რომელიც ბოლო წლების განმავლობაში საქართველოს მცინვარების კვლევისათვის ეფექტურად არის გამოყენებული [1-7].

მცინვარებზე თანამედროვე კლიმატის ცვლილების გავლენის მეცნიერულად შესწავლის აუცილებელი გზაა მაღალი გარჩევადობის თანამგზავრული დისტანციური ზონდირების გამოყენება, რადგან ეს ტექნოლოგია საშუალებას იძლევა ერთდროულად შევისწავლოთ მცინვარების მდგომარეობა დიდ ფართობზე საჭირო გარჩევადობითა და სიზუსტით, დროის სხვადასხვა პერიოდში, წლების მიხედვით შეზღუდული მატერიალური რესურსებისა და დროის პირობებში.

თანამგზავრ Landsat-ის მონაცემების მისაღებად ვიყენებთ Earthexplorer-ის ვებგვერდს [8]. აღნიშნული ინტერნეტ-რესურსით მცინვარების კვლევისთვის ხელმისაწვდომია Landsat-ის სხვადასხვა სენსორის, კერძოდ MSS, TM, ETM+ და OLI TIRS სენსორების მიერ მოპოვებული მონაცემები.

Landsat MSS (Multispectral Scanner) იძლევა საშუალებას მოპოვებული იყოს მონაცემები ოთხ სპექტულ არხში. თითოეული არხის სივრცითი გარჩევადობა 60 მ-ია, ამ სენსორით აღჭურვილი იყო Landsat 1, 2, 3 და 4 თანამგზავრები.

Landsat TM (Thematic Mapper) შვიდ სპექტულ არხში მოიპოვებს ინფორმაციას. მე-6 არხის სივრცითი გარჩევადობა 120 მ-ია, დანარჩენი არხებისა - 30 მ. საბოლოო პროდუქტში მე-6 არხის მონაცემები 30 მ სივრცით გარჩევადობაზე არის გადათვლილი. ამ სენსორით აღჭურვილი იყო Landsat 4 და 5 თანამგზავრები.

Landsat ETM+ (Enhanced Thematic Mapper Plus) მისი წინამორბედისაგან იმით განსხვავდება, რომ მე-6 არხის სივრცითი გარჩევადობა გაიზარდა 60 მ-მდე და საბოლოოდ შესაძლებელია მონაცემები მოცემულ იყოს 30 მ გარჩევადობით. ამასთან, სენსორს დაემატა კიდევ ერთი, პანქრომატული არხი 15 მ სივრცითი გარჩევადობით.

ეს სენსორი გამოყენებული უნდა ყოფილიყო Landsat 6 თანამგზავრზე, რომელიც წარუმატებელი სტარტის გამო არ იქნა გაშვებული. საბოლოოდ ის დაინსტალირებული იქნა Landsat 7 თანამგზავრზე.

Landsat 8 და Landsat 9 თანამგზავრებზე გამოყენებულია სენსორი OLI-TIRS. თანამგზავრ Landsat-ის სენსორების მაჩვენებლები 1-ლ ცხრილშია წარმოდგენილი. აღნიშნული სენსორები დედამიწის ზედაპირის სკანირებას 11 სხვადასხვა სპექტულ არხში ახდენენ.

ცხრილი 1. თანამგზავრ Landsat-ის MSS, TM, ETM+ და OLI-TIRS სენსორების მაჩვენებლები

სენსორი	თანამგზავრი, არხები	ტალღის სიგრძე (მკმ)	სივრცითი გარჩევადობა (მ)
---------	---------------------	---------------------	--------------------------

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია „ეკოლოგიის თანამედროვე პრობლემები“
 ქუთაისი, საქართველო, 23-25 ნოემბერი, 2023
 International Scientific Conference „Modern Problems of Ecology“ ,
 Kutaisi, Georgia, November 23-25, 2023

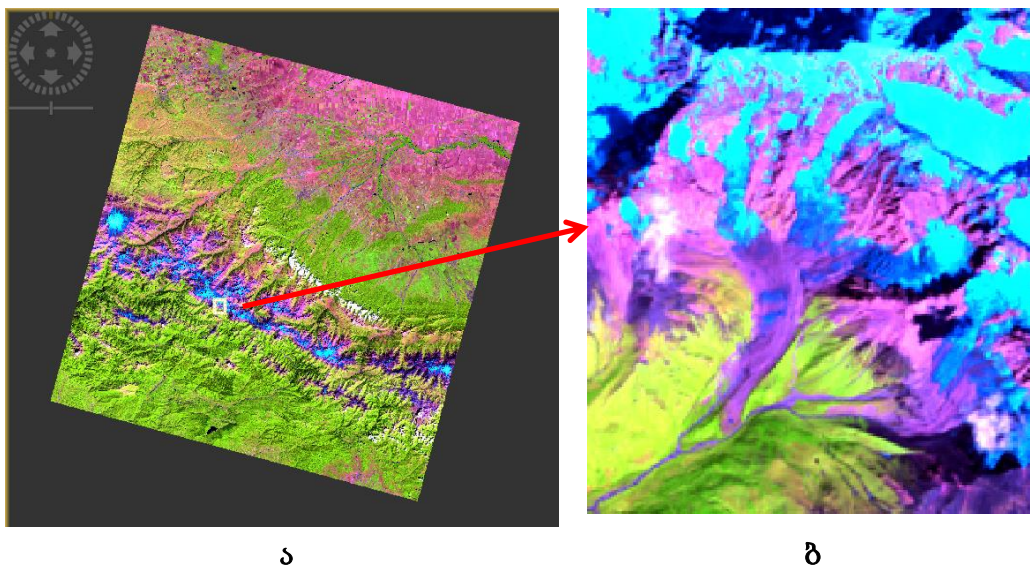
	Landsat 1-3	Landsat 4-5		
MSS	არხი 4	არხი 1	0.5-0.6	60
	არხი 5	არხი 2	0.6-0.7	60
	არხი 6	არხი 3	0.7-0.8	60
	არხი 7	არხი 4	0.8-1.1	60
TM	Landsat 4-5			
	არხი 1		0.45-0.52	30
	არხი 2		0.52-0.60	30
	არხი 3		0.63-0.69	30
	არხი 4		0.76-0.90	30
	არხი 5		1.55-1.75	30
	არხი 6		10.40-12.50	120* (30)
არხი 7		2.08-2.35	30	
ETM+	Landsat 7			
	არხი 1		0.45-0.52	30
	არხი 2		0.52-0.60	30
	არხი 3		0.63-0.69	30
	არხი 4		0.76-0.90	30
	არხი 5		1.55-1.75	30
	არხი 6		10.40-12.50	60* (30)
	არხი 7		2.08-2.35	30
არხი 8		0.52-0.90	15	
OLI	Landsat 8			
	არხი 1 – Coastal aerosol		0.43 - 0.45	30
	არხი 2 - Blue		0.45 - 0.51	30
	არხი 3 - Green		0.53 - 0.59	30
	არხი 4 - Red		0.64 - 0.67	30
	არხი 5 – NIR		0.85 - 0.88	30
	არხი 6 – SWIR1		1.57 - 1.65	30
	არხი 7 - SWIR2		2.11 - 2.29	30
	არხი 8 – Panchromatic		0.50 - 0.68	15
არხი 9 – Cirrus		1.36 - 1.38	30	
TIRS	არხი 10 - Thermal1		10.60 - 11.19	100 * (30)
	არხი 11 Thermal2		11.50 - 12.51	100 * (30)

აღსანიშნავია აგრეთვე თანამგზავრული მონაცემების დამუშავების დონე. ეს პარამეტრი სხვადასხვა მნიშვნელობას შეიძლება იღებდეს. L1G (Geometrically corrected) დონე გულისხმობს მონაცემების რადიომეტრულ და გეომეტრიულ (სისტემატურ) კორექტირებას. დამუშავების ეს დონე გულისხმობს, რომ თანამგზავრულ მონაცემებს დართული აქვთ ინფორმაცია კარტოგრაფიული პროექციის, თანამგზავრული სურათის ორიენტაციის შესახებ. Landsat-ის L1G დონის მონაცემები თავისუფალია იმ ხარვეზებისაგან, რაც დაკავშირებულია სენსორის ხედვის კუთხესთან, დედამიწის ზედაპირიდან სენსორის დაშორების ცვალებადობასთან, დედამიწის ბრუნვასა და ზედაპირის სიმრუდესთან. L1G დონის მონაცემები მრავალი ამოცანისათვის თანამგზავრული ინფორმაციის სტანდარტულ წყაროდ

არის მიჩნეული. დამუშავების ეს დონე ატმოსფერულ კორექტირებას არ გულისხმობს. რაც შეეხება L1T (Terrain corrected) დონეს, აბსოლუტური გეოდეზიური სიზუსტის მისაღწევად აღნიშნული დონის თანამგზავრული პროდუქტი გულისხმობს თანამგზავრული მონაცემების გეოკორექტირებას ცნობილი კოორდინატების მქონე საკონტროლო წერტილებისა და რელიეფის ციფრული მოდელის გამოყენებით. სწორედ ამიტომ არჩევანი L1T დონის მონაცემებზე შევაჩერეთ, რადგან ამ შემთხვევაში აღარ არსებობს მონაცემთა შემდგომი გეოკორექტირების აუცილებლობა [9].

3D ვიზუალიზაციისათვის გამოვიყენეთ Aster DEM-ის Quantum GIS პროგრამული პაკეტი, ხოლო ტოპოგრაფიული ნორმალიზებისათვის – SNAP პროგრამული პაკეტი.

შემდეგ სურათზე მოყვანილია თანამგზავრ Landsat-8-ის OLI სენსორის მონაცემების საფუძველზე შედგენილი ფსევდოფერადი კომპოზიციური სურათი. კომპოზიციის შედგენისას ვისარგებლეთ სპექტრალური არხების კომბინაციით, რომელიც ჩვეულებრივ, მცინვარების 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). მიღებული სურათიდან შევარჩიეთ კვლევის არეები. ამ კომბინაციის შერჩევისას თოვლით დაფარული რეგიონები და მცინვარები იღებს, ცისფერ-ლურჯ ფერებს, ღრუბლები არის თეთრი, მცენარეული საფარით დაფარული უბნები იღებს მწვანე ფერს, ხოლო მცენარეული საფარისა და მცინვარებისაგან თავისუფალი კლდეები – რუხ-მოწითალო ფერს. ქვემოთ, მაგალითის სახით, განვიხილავთ მდინარე ენგურის აუზის მცინვარ შხარას რეგიონს (სურ. 1).



სურ. 1. Landsat-8 OLI სენსორის ფსევდოფერადი კომპოზიციური სურათი. ა – სრული სურათი, ბ – მდინარე ენგურის აუზის მცინვარ შხარას რეგიონი

თანამგზავრული მონაცემების საშუალებით მცინვარების კვლევის შემდგომი საფეხური გულისხმობს მცინვარების საზღვრების ანუ კონტურების დადგენას. კონტურების დადგენის ტრადიციულ მეთოდს წარმოადგენს ვიზუალური დელინეალიზაცია ანუ მანუ-

ალური დიგიტალიზაცია ექსპერტულ გამოცდილებაზე დაყრდნობით.

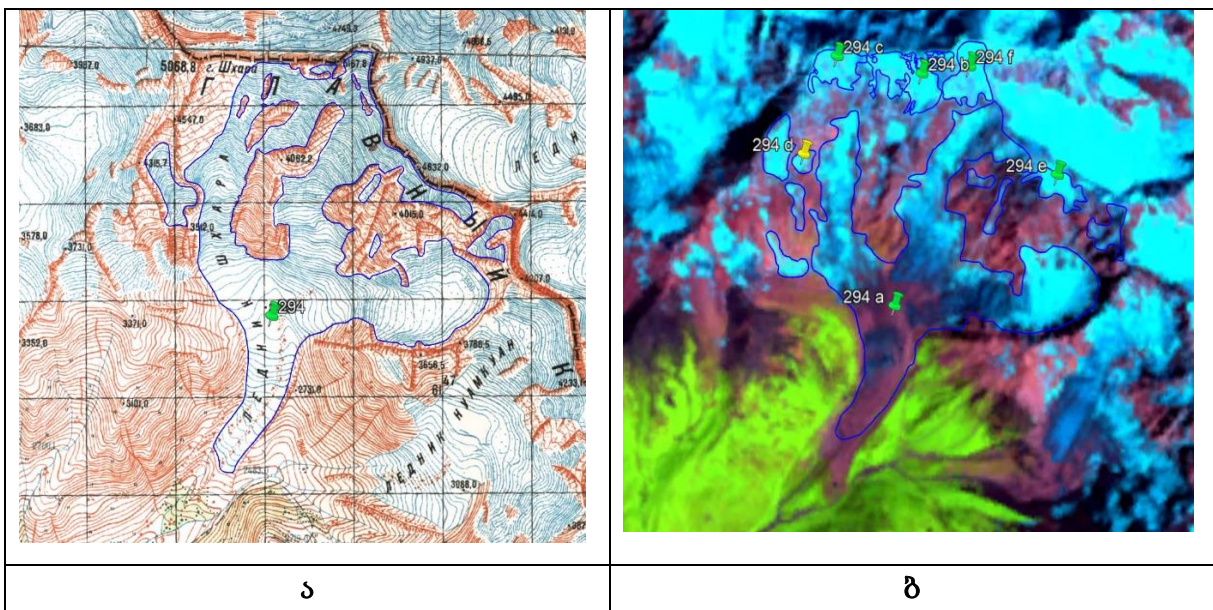
მცინვარების კვლევისათვის აქტუალურია მაღალი გარჩევადობის თანამგზავრული მონაცემების გამოყენება. თანამგზავრული მონაცემები ხელმისაწვდომია დედამიწის რე-სურსებზე დაკვირვების სისტემის (Earth Resources Observation Systems /EROS/) საშუალებით. ამ არქივში, რომელიც აშშ-ის შს სამინისტროს დაქვედებარებაში იმყოფება, დაცულია Landsat -ის თანამგზავრებით მოპოვებული მონაცემები, აგრეთვე NASA-ს განკარგულებაში არსებული თანამგზავრული სურათები.

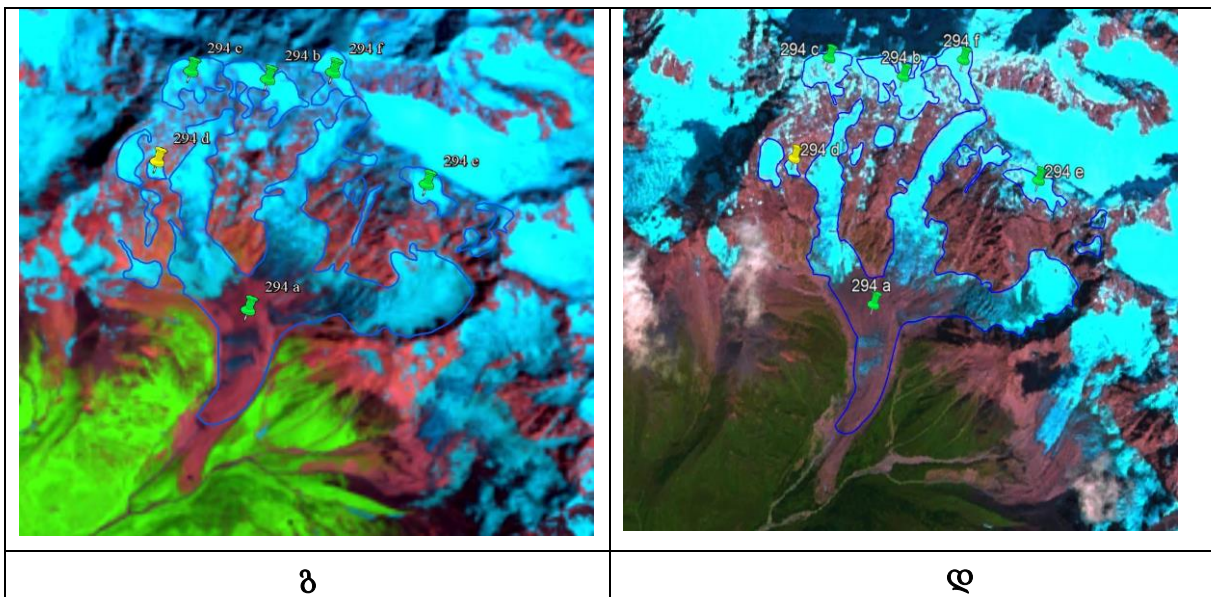
თანამგზავრიდან დედამიწის ზედაპირის მონიტორინგზე მნიშვნელოვან ზეგავლენას ახდენს ამინდის პირობები, კერძოდ ღრუბლიანობის შემთხვევაში თანამგზავრული სურათების გამოყენება მონაცემების მისაღებად ფაქტიურად შეუძლებელია.

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

თანამედროვე კლიმატურ პირობებში საქართველოსათვის ეს დროითი ინტერვალი ივნისის ბოლოდან დაახლოებით ოქტომბრის დასაწყისამდე.

ჩატარდა თდზ-ის გამოყენებით მცინვარების თანამგზავრული სურათების მიღება, GIS ტექნოლოგიების გამოყენებით მათი ვიზუალიზაცია და კონტურების პირველადი ასახვა. განხორციელდა საბჭოთა კავშირის მცინვარების კატალოგში [10] მოცემული სქემების საფუძველზე მცინვარების იდენტიფიცირება.





სურ. 2. №294 შხარას მყინვარის (მყინვარების) კონტურები: ა – ტოპოგრაფიულ რუკაზე; ბ – Landsat 7 ETM+ სენსორის 2010 წლის 31 ივლისის; გ – Landsat 8 OLI სენსორის 2015 წლის 21 ივლისის და დ – Landsat-ის 8 OLI TIRS 2020 წლის 11 სექტემბრის სურათების მიხედვით

თდზ-ის მონაცემებით მყინვარების მახასიათებლების დასადგენად, პირველ რიგში საჭიროა მყინვარების 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 (1:25000), რომლებსაც თავის დროზე კატალოგის შექმნისას იყენებდნენ.

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

მყინვარის ფართობისა და ენის ბოლოს მდებარეობის ცვლილება კლიმატური პირობების ზემოქმედებაზე მყინვარის რეაგირების ინდიკატორად არის მიჩნეული. ამ ორი პარამეტრის განსაზღვრა მულტისპექტრულ თანამგზავრული სურათებიდან შედარებით მარტივად არის შესაძლებელი. ამ სტატიაში განვიხილავთ მყინვარ შხარას ფართობის ცვლილებას დროში. კვლევისათვის გამოყენებულია 60-იან წლების მასალებზე შედგენილი საბჭოთა კავშირის მყინვარების კატალოგის [10] და ტოპოგრაფიული რუკების, აგრეთვე თანამგზავრ Landsat-ის 2010, 2015 და 2020 წლის მონაცემები. ტოპოგრაფიული რუკა გვჭირდება კატალოგის მონაცემების დასაზუსტებლად.

მე-2 სურათზე წარმოდგენილია შხარას მყინვარის კონტურების ოთხი სურათი.

თანამგზავრულ სურათებზე მწვანე ფერის „ქინძისთავებით“ ნაჩვენებია 0,1 კმ²-ზე და მეტი ფართობის მქონე მყინვარები, ყვითელი ქინძისთავებით – 0,1 კმ²-ზე ნაკლები ფართობის მყინვარები (თოვლნარები). შევადგინეთ შესაბამისი ცხრილი (ცხრ. 3), სადაც

ასეთივე ფერებით არის შეფერილი ფართობების მნიშვნელობები, მხოლოდ 2 კმ²-ზე მეტი მყინვარის (დიდი მყინვარი) ფართობი აღნიშნულია ცისფერით.

როგორც ცხრილიდან ჩანს ტოპოგრაფიულ რუკის მიხედვით ფართობი არის 5.479109 კმ², რაც იმას ნიშნავს, რომ კატალოგის მნიშვნელობა მოითხოვს შესწორებას. მნიშვნელოვანია, რომ 2010 წლის თანამგზავრული სურათის მიხედვით მყინვარ შხარას ძირითად სხეულს დეგრადაციისა და დანაწევრების შედეგად გამოეყო ოთხი მცირე მყინვარი და ერთი თოვლნარი.

მყინვარის ძირითადი სხეულის ფართობი 2010 წლისათვის ანუ მიახლოებით 50 წლის განმავლობაში შემცირდა 1.294914 ≈ 1.3 კმ²-ით. მომდევნო 5 წელიწადში, 2015 წლისათვის – 0.273398 ≈ 0.27 კმ²-ით და კიდევ 5 წლის შემდეგ – 0.744751 ≈ 0.74 კმ²-ით.

პერიოდს, მიახლოებით 1960-დან 2010 წლამდე ვუწოდოთ I პერიოდი, 2010-დან 2015 წლამდე II პერიოდი, ხოლო 2015-დან 2020 წლამდე III პერიოდი. მაშინ შეიძლება ითქვას, რომ საშუალოდ ერთ წელიწადში მყინვარის ფართობი იკლებს: I პერიოდში 0.026 კმ²-ით, II პერიოდში – 0.055კმ²-ით და III პერიოდში – 0.149კმ²-ით. მაშასადამე შხარას მყინვარის ძირითადი სხეულის ფართობი აჩქარებულად იკლებს, რაც უდაოდ დაკავშირებულია თანამედროვე კლიმატის არაწრფივ ცვლილებასთან. პერიოდების მიხედვით, ასეთივე თანმიმდევრობით იკლებს შხარას მყინვარის დეგრადაციისა და დანაწევრების შედეგად გამოყოფილი ოთხი მცირე მყინვარი და ერთი თოვლნარი.

ცხრილი 3. ენგურის აუზის მყინვარის შხარას საიდენტიფიკაციო კოდები, ფართობის მნიშვნელობები კატალოგის, თღზ 1-ის, თღზ 2-ის და თღზ 3-ის მიხედვით

№ კატალოგის მსჯემის მიხედვით	კატალოგის მიხედვით მყინვარის სახელწოდება და ლოკალური №**	ID WGI- ის მიხედვით	ფართობი (კმ ²)				
			კატალოგის მიხედვით	ტოპოგრ. რუკით	თღზ 1-ის მიხედვით	თღზ 2-ის მიხედვით	თღზ 3-ის მიხედვით
294	შხარა, 256 b	SU5T09105294	5.2	5.479109	4.184195 [a]	3.910797 [a]	3.166046 [a]
					0.323678 [b]	0.289049 [b]	0.282819 [b]
					0.180387 [c]	0.179290 [c]	0.177144 [c]
					0.046780 [d]	0.033639 [d]	0.023101 [d]
					0.149535 [e]	0.147702 [e]	0.140753 [e]
					0.237851 [f]	0.166536 [f]	0.149478 [f]

ჩატარებულმა ანალიზმა აჩვენა, რომ მდინარე ენგურის დიდი მყინვარის, შხარას დეგრადაცია უფრო ინტენსიურია მეორე პერიოდში, ვიდრე პირველში და კიდევ უფრო ინტენსიურია მესამე პერიოდში.

ნაშრომი შესრულებულია შოთა რუსთაველის საქართველოს ეროვნული სამეცნიერო ფონდის მხარდაჭერით (პროექტი FR-21-1996).

ლიტერატურა

1. 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.
2. 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.
3. Petri Pellikka, W. Gareth Rees - Remote Sensing of Glaciers Techniques for Topographic, Spatial and Thematic Mapping of Glaciers 2010, 330 p.
4. ლ.დ. Шенгелия, Г.И. Кордзакхия, Г.А. Тваური. 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.
5. 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.
6. 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, Tb., 2016, pp. 96-100.
7. 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, DOI: 10.31435/rsglobal_ws, 2019, pp. 29–32.
8. Earth explorer. last accessed 04.02.2015 (<http://earthexplorer.usgs.gov/>)
9. Landsat TM/ETM+ CEOS/ESA Products Format Specification (https://earth.esa.int/pub/ESA_DOC/IDEAS-GAE-IPF-SPE-0393.pdf)
10. Каталог Ледников СССР (1975) Т. 9, vip. 3, ch. 1; vip. 1, ch. 2-6. (1977) Т. 8, ch.11, ch.12, L.: Гидрометеоздат (in Russian).

Study of Large Glacier Shkhara Degradation from Enguri River Glacial Basin Using Satellite Information

G. Kordzakhia G.*, L. Shengelia*, G. Tvauri**, M. Dzadzamia***, G. Guliashvili***,
Summary

The results of the large glacier Shkhara degradation located in the river Enguri glacial basin of West Georgia using high-resolution satellite remote sensing (SRS) are presented. The possibilities of using satellite Landsat data for glacier research are discussed. For the effectiveness of the research, it is used in a complex way together with the SRS data of 2010, 2015 and 2020, expert knowledge and the materials of the catalogue of glaciers and topographic maps created in the 60s in the former Soviet Union are used. As a result of the statistical analysis of the obtained data, the degradation of the glacier of the Enguri River was studied.

Keywords: climate change; satellite remote sensing, degradation of large glacier.