

უკ 551.324/551.583

გამყინვარების საუკუნოვანი დინამიკა კავკასიაში და მყინვართა გაქრობის კლიმატური პროგნოზი გლობალური დათბობის ფონზე

ვ.ცომია*, ნ.ა.ბეგალიშვილი*, თ.ცინცაძე*, კ.ლაშაური**, ნ.ნ.ბეგალიშვილი*, ნ.ცინცაძე*

* - საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი

** - ი.გოგებაშვილის თელავის სახელმწიფო უნივერსიტეტის დოქტორანტი, აშშ-კანადა

გამყინვარების დღევანდელი მდგომარეობისათვის დამახასიათებელია მყინვარების დეგრადაცია, რაც ადრეც და ახლაც სხვადასხვა სიძლიერით მიმდინარეობს. ეს კარგად ჩანს მყინვარების ფართობების შედარებიდან. ამ მხრივ საყურადღებოა 1850, 1890 და 1965 წლების დაკვირვებათა მასალები კავკასიონის ქედის გამყინვარების მონაცემების მაგალითზე [1,2,3]. მაშინ მყინვარებს შესაბამისად ეკავათ 2300, 2000 და 1442 კმ² ფართობი. მათი დინამიკის ტრენდი კლებადობის ტენდენციით გამოისახება, რომელიც შეიძლება გამოვსახოთ მარტივი ფორმულით:

$$F_i = F_0 - \alpha(T_i - T_0) , \quad (1)$$

სადაც F_0 და F_i არის მოცემული პერიოდის საწყისი T_0 და ბოლო T_i წლების მყინვარების ფართობები (კმ²). 1850 და 1890 წლების პერიოდისათვის (1)-დან გვექნება:

$$\alpha_1 = \frac{F_0 - F_i}{T_i - T_0} = \frac{2300 - 2000}{1890 - 1850} = 7.50 \text{ კმ}^2/\text{წელიწადში}. \quad (2)$$

1850 და 1965 წლებისათვის:

$$\alpha_2 = \frac{2300 - 1442}{1965 - 1890} = 7.46 \text{ კმ}^2/\text{წელიწადში}, \text{ ხოლო} \quad (3)$$

1890 და 1965 წლებთან მიმართებაში:

$$\alpha_3 = \frac{2000 - 1442}{1965 - 1850} = 7.44 \text{ კმ}^2/\text{წელიწადში}. \quad (4)$$

ამრიგად, განხილული პერიოდისათვის გამყინვარების დეგრადაცია კარგად აღიწერება წრფივი კანონით, ხოლო მყინვართა ფართობების შემცირების სიჩქარე სამივე შემთხვევაში თითქმის ერთი და იგივეა - საშუალოდ შეადგენს 7.47 კმ²/წელიწადში. ეს ნიშნავს, რომ კავკასიონის ქედის გამყინვარება ყოველწლიურად კარგავს საშუალოდ 7.5 კმ² ფართობს.

მიღებული შედეგის თანახმად, XXI საუკუნის ბოლოს, როცა გაეროს კლიმატის ცვლილების სცენარით კავკასიაში მოსალოდნელია ატმოსფერული ნალექების შემცირება 10 - 20%-ით, ჰაერის ტემპერატურის მატება კი 3 - 4°C-ით, რაც გამოიწვევს მყინვარების დეგრადაციის გაგრძელებას, კავკასიონის ქედის გამყინვარების ფართობი შემცირდება:

$$F_{2100} = F_{1850} - 7.47(T_{2100} - T_{1850}) = 2300 - 7.47(2100 - 1850) = 432.5 \text{ კმ}^2 - \text{მდე}. \quad (5)$$

მყინვარის დარჩენილი ფართობის მთლიან გადნობას დასჭირდება კიდევ

$$\Delta T = \Delta F / a = 432.5 / 7.47 = 58 \text{ weli}. \quad (6)$$

ამრიგად, გამყინვარების დღევანდელი დეგრადაციის ინტენსივობის შენარჩუნების შემთხვევაში კავკასიონის ქედი განთავისუფლდება მყინვარებისგან 2150-2160 წლებში.

იგივე შედეგებს ვღებულობთ, თუ გამოვიყენებთ შეფარდების მეთოდს:

$$a = F_i / F_0 , \quad (7)$$

სადაც a არის გამყინვარების მოცემული პერიოდის საწყისი (F_0) და ბოლო (F_i) წლების მყინვართა ფართობების შეფარდება. როცა $F_i = F_0$, რასაც ადგილი ჰქონდა 1850 წელს და ფართობი შეადგენდა 2300 კმ²-ს, მაშინ:

$$\alpha = 2300 / 2300 = 1.0 \quad (8)$$

როცა $F_i = 2000$ კმ²-ს, რასაც ადგილი ჰქონდა 1890 წელს, მაშინ:

$$\alpha_2 = 2000 / 2300 = 0.87 \quad (9)$$

როცა $F_i = 1442$ კმ² -ს, რასაც ადგილი ჰქონდა 1965 წელს, მაშინ

$$\alpha_3 = 1442 / 2300 = 0.63 \quad (10)$$

როგორც ვხედავთ a_i -ის მნიშვნელობა მცირდება გამყინვარების ფართობის შემცირებასთან ერთად, ე.ი. მისი ტრენდი ხასიათდება კლებადობის ტენდენციით და ის შეიძლება გამოვსახოთ ფორმულით:

$$\alpha_i = b_0 - 0.0033(T_i - T_0) = b_0 - 0.0033 \cdot \Delta n, \quad (11)$$

სადაც $\Delta n = T_i - T_0$ არის პერიოდის ხანგრძლივობა. (11)-ში: თუ $T_o = 1850$, მაშინ $b_0 = 1$; თუ $T_o = 1890$, მაშინ $b_0 = 0.87$; თუ $T_o = 1965$, მაშინ $b_0 = 0.63$; მართლაც,

როცა $T_o = T_i = 1850$, მაშინ

$$\alpha_1 = 1 - 0.0033(1850 - 1850) = 1.0, \quad (12)$$

როცა $T_o = 1850$ და $T_i = 1890$, მაშინ

$$\alpha_2 = 1 - 0.0033(1890 - 1850) = 1 - 0.13 = 0.87, \quad (13)$$

როცა $T_o = 1850$ და $T_i = 1965$, მაშინ

$$\alpha_3 = 1 - 0.0033(1965 - 1850) = 1 - 0.38 = 0.62, \text{ ხოლო} \quad (14)$$

როცა $T_o = 1850$ და $T_i = 1965$, მაშინ

$$\alpha_4 = 0.87 - 0.0033(1965 - 1890) = 0.87 - 0.25 = 0.62. \quad (15)$$

როგორც ვხედავთ, (12) – (14) და (8) – (10) ფორმულებით მიღებული გამოთვლის შედეგები დაემთხვა ერთმანეთს. ამიტომ, (11) შეიძლება გამოვიყენოთ კავკასიონის მყინვარებისაგან განთავისუფლების პროგნოზისთვის.

თუ მყინვარული საფარი მთლიანად მოისპობა, მაშინ დნობის სიჩქარე $\alpha_i = 0$ და (11)-ის საფუძველზე შეიძლება დავადგინოთ შესაბამისი წლის მნიშვნელობა. გვექნება

$0 = b_0 - 0.0033(T_i - T_0)$ და

$$T_i = \frac{b_0 + 0.0033T_0}{0.0033} \quad (16)$$

ფორმულა (16)-ის თანახმად, 1850 წლის მონაცემების გამოყენების საფუძველზე გვექნება:

$$T_1 = \frac{b_0 + 0.0033 \cdot 1850}{0.0033} = \frac{1 + 6.105}{0.0033} = 2153 \text{ წელი}; \quad (17)$$

1890 წლის მონაცემების შესაბამისად

$$T_2 = \frac{b_0 + 0.0033 \cdot 1890}{0.0033} = \frac{0.87 + 6.237}{0.0033} = 2154 \text{ წელი}; \quad (18)$$

1965 წლის მონაცემების გამოყენებით

$$T_3 = \frac{b_0 + 0.0033 \cdot 1965}{0.0033} = \frac{0.62 + 6.485}{0.0033} = 2153 \text{ წელი}. \quad (19)$$

ამრიგად, ამ შემთხვევაშიც ვღებულობთ, რომ კავკასიონის ქედი მთლიანად განთავისუფლდება მყინვარული საფარისგან 2150-2160 წლებში.

მყინვარების კატალოგებში [2,3] შესული 1890 და 1965 წლების სისტემატიზებული მასალები, დიდი მდინარეების აუზების მიხედვით წარმოდგენილია ცხრ.1-ში (გრაფები 3 და 4). მათ საფუძველზე გამოთვლილია მყინვარების ფართობების შემცირების კოეფიციენტი (a):

$$a_i = F_{1965} / F_{1890}, \quad (20)$$

სადაც F მყინვარების ფართობებია კმ²-ში; F -ის ინდექსები აღნიშნავენ წლებს, რომელთაც განეკუთვნება მყინვარების ფართობი.

როგორც ვხედავთ მყინვარების ფართობის შემცირების კოეფიციენტი მერყეობს 0.48-დან (მდ.არდონი, ჩრდილოეთი კავკასიონი) 0.87-მდე (მდ.ენგური, სამხრეთი კავკასიონი), საშუალოდ შეადგენს 0.67-ს.

კოეფიციენტების მნიშვნელობათა გამოყენებით, 1890 წლის მონაცემების საფუძველზე გამოთვლილია მყინვარების ფართობები და მათი გადახრები ფაქტობრივი სიდიდეებიდან (გრაფები 10, 11 და 12). გადახრების უზრუნველყოფა ($P\%$) 5, 10, 15 და 20%-მდე ცდომილების შემთხვევაში შეადგენს შესაბამისად 16.6, 41.7, 66.6 და 75.0%-ს (გრაფა 12) შედეგების გაუმჯობესების მიზნით დადგენილ იქნა ფაქტობრივი ($\sum F_f$) და გამოთვლილი ($\sum F_g$) რიგების ჯამი და მათი საშუალო სიდიდეები, ხოლო მათი შეფარდებით - დისპერსიის კორექციის კოეფიციენტი

ცხრილი 1. მცინვარების ფართობების ცვლილების შეფასების შედეგები
 მცინვარების 1890 და 1965 წლების კატალოგების მიხედვით.

რიგითი #	მდინარე	მცინვარების									
		ფართობი, კმ2.			რაოდენობა	ფარდობა	სიმაღლე მ.				
		1890წ	1965წ	სხვაობა			ქვედა	ზედა			
1	მზიმთა	2.79	1,70	1,09	7	0,61	2690	2950			
2	კოდორი	77,0	60,0	17,0	141	0,78	2760	3160			
3	ენგური	332.1	288,3	43,8	250	0,87	2480	3420			
4	რიონი	79.4	62,9	16,5	12,4	0,79	2970	3500			
5	კუბანი	265.3	196,6	68,7	356	0,74	2801	3220			
6	ჩეგემი	93,4	58,1	35,3	65	0,62	3340	3800			
7	ჩერეკი	272,0	198,3	73,7	182	0,73	3440	4060			
8	ურუბი	138.4	82,7	55,7	105	0,60	3190	3560			
9	არდონი	73.2	35,4	37,8	79	0,48	3100	373,0			
10	თერგის ზემო წელი	175.6	121,6	54,0	191	0,69	3310	3860			
11	დაღესტანი აზერბაიჯანი	85.6	46,9	38,7	159	0,55	3670	4080			
12	ასსა-არგუნი	69.4	42,0	27,4	68	0,61	3350	3950			
13	ჯამი	1664	1194,5	470,3	12,05	8,07					
14	საშუალო	138.7	99,5	39,2		0,67					
რიგითი #	მდინარე	გამოთვლების შედეგები									
		არაასოცირებული რიგი						ასოცირებული რიგი			
		F' =0,67 F ₁			F'' =1,06 F'			K _k	F''=K _k F'		
		კმ2	სხვაობა		კმ2	სხვაობა			კმ2	სხვაობა	
			კმ2	%		კმ2	კმ2			%	კმ2
1	2	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
1	მზიმთა	1,87	0,17	10,0	1,98	0,28	16,5	0,95	1,78	0,04	2,3
2	კოდორი	51,6	8,4	14,0	54,7	5,3	8,8	1,23	69,5	3,5	5,8
3	ენგური	223,0	65,3	28,7	236,4	65,3	22,7	1,29	287,7	0,6	0,2
4	რიონი	53,2	9,7	15,4	156,4	6,5	10,3	1,29	65,4	2,5	4,0
5	კუბანი	177,8	12,8	9,6	688,5	8,1	4,1	1,10	195,6	1,0	0,5
6	ჩეგემი	62,6	4,5	1,7	66,4	9,5	6,0	0,96	60,1	2,0	3,4
7	ჩერეკი	182,2	16,1	8,1	193,1	5,7	2,6	1,10	200,4	2,1	1,1
8	ურუბი	92,7	10	12,1	98,3	15,5	18,8	0,96	82,0	6,3	7,6
9	არდონი	49,0	13,6	39,3	51,9	16,5	46,7	0,81	39,7	4,3	12,1
10	თერგის ზემოწელი	117,7	3,9	3,2	124,8	3,2	2,6	0,96	113,0	8,6	7,1
11	დაღესტანი აზერბაიჯანი	57,4	10,5	22,4	60,8	16,9	28,7	0,81	46,5	0,4	0,9
12	ასსა-არგუნი	46,5	4,5	10,7	48,9	6,3	15,1	0,81	37,7	4,3	10,2
13	ჯამი	1121,6	72,9	6,1	1182,6						
14	საშუალო	93,5									
15	K _k	1,06									
17	უზრუნველყოფა										
18	0-5%			16.6			25.0				58.3
19	0-10%			41.7			41.7				83.3
20	0-15%			66.6			50,0				100
21	0-20%			75.0			75,0				100

$$K_k = \sum F_f / \sum F_g = \bar{F}_f / \bar{F}_g \quad (21)$$

ფორმულა (21)-ის თანახმად ვღებულობთ

$$K_k = 1194.5 / 1121.6 = 1.06 \quad (22)$$

K_k კორექციის კოეფიციენტის გათვალისწინებით პირველი გამოთვლების შედეგები მოყვანილია 13, 14 და 15 გრაფებში. მათი უზრუნველყოფა 5, 10, 15 და 20%-ის ცდომილებათა შემთხვევაში შეადგენს შესაბამისად 25.0, 41.7, 50.0 და 75.0.

უკეთესი შედეგი მიღებული იქნა ასოცირებული რიგების გამოყენების საფუძველზე. არასოცირებული რიგი დაჯგუფდა მაფორმირებელი ფაქტორების სიდიდის მიხედვით. ასოცირებული რიგების დადგენაში დიდ როლს თამაშობს გამყინვარების ფართობი. რაც მეტია ეს ფართობი და რაც უფრო კომპაქტურია მყინვარების მდებარეობა, მით მეტია მათი გამაცივებელი გავლენა გარემოზე და მით ნაკლები ინტენსივობით მიდის მათი დნება. საპირისპირო თვისებებით ხასიათდებიან პატარა ფართობის მქონე, გაფანტულად მდებარე მყინვარები. მათი გამაცივებელი ზემოქმედება გარემოზე ნაკლებია, რაც ხელს უწყობს ამ მყინვარების ინტენსიურ დნობას და მათი ფართობის დანაკარგის ზრდას. შეიძლება ჩამოვთვალოთ სხვა ფაქტორებიც, როგორცაა ზედაპირული მორენული საფარის განლაგების ხასიათი და სისქე, მყინვარის ფარგლებში გაშიშვლებული ფერდობების არსებობა, მყინვარების ექსპოზიცია და სხვ. მაგრამ ჩამოთვლილ ფაქტორთა შორის ყველაზე მნიშვნელოვანია მაინც მყინვარების ფართობების სიდიდე. არასოცირებული რიგის მიხედვით ასოცირებული რიგის დაჯგუფების კრიტერიუმებს წარმოადგენენ: მყინვარების ფართობების სიდიდეები (გრაფა 3) მეტი 265.3კმ²-ზე; ნაკლები 85.6კმ²-ზე; ინტერვალიდან 85.6-265.3კმ². გრაფა 16-ში ნაჩვენებია ჯგუფების მიხედვით გამოთვლილი K_k .

იგი ტოლია 1.29, 0.85 და 1.23 -კავკასიონის ქედის სამხრეთ მდინარეთა აუზების მყინვარებისათვის, და უდრის 1.10, 0.81 და 0.96 - კავკასიონის ქედის ჩრდილოეთის მდინარეების აუზების მყინვარებისათვის შესაბამისად. პირველად გამოთვლილი ფართობების ნამრავლი კორექციის კოეფიციენტებზე და მიღებული სიდიდეების ცდომილებები მოცემულია მე-17 და მე-19 გრაფში. როგორც ვხედავთ, აღინიშნება გაცილებით უკეთესი შედეგი. გამოთვლების უზრუნველყოფა დასაშვები ცდომილებების (5, 10, 15 და 20%) ფარგლებში შეადგენს 58.3, 83.3, 100 და 100%-ს.

ამავე შედეგს ვღებულობთ რიგის დაჯგუფებისას გამყინვარების სიდიდეთა მიხედვით:

- პირველ ჯგუფში გაერთიანდა მყინვარები, რომელთა ჯამური ფართობი 1965 წლის მონაცემებით მეტია 121.6 კმ² (#3,5,7, და 10);
- მეორე ჯგუფში შესულია მყინვარები, რომელთა ფართობი ნაკლებია 62.9 კმ² (#1, 2, 4, 9, 11, 12);
- მესამე ჯგუფში წარმოდგენილია მყინვარები, რომელთა ფართობები მერყეობენ შუალედში 62.9-121.6 კმ²-ს (# 6 და 8).

მათი კორექციის კოეფიციენტი შესაბამისად ტოლია 1.15, 0.96 და 0.91. კოეფიციენტის გათვალისწინებით გამოთვლილი უზრუნველყოფა 5, 10, 15 და 20%-იან გადახრების შემთხვევისათვის შესაბამისად შეადგენს 33.3, 50.0, 66.7 და 91.7%-ს.

თითქმის ასეთივე შედეგს ვღებულობთ კონკრეტული მყინვარებისათვის, რაც კარგად ჩანს ცხრ.2-ის 6-11 გრაფებიდან.

ცხრილი 2. მდინარეების ენგურისა და თერგის ცალკეული მყინვარების ფართობების გამოთვლის შედეგები 1890, 1965 და 2002 წლების მონაცემების საფუძველზე

რიგითი #	მყინვარი	ფართობი			გამოთვლები					
		1890წ.	1965წ.	2002წ.	$F' = 0.73 \cdot F_{1890}$			$F'' = K_k \cdot F' = 1.12 F'$		
					კმ ²	Δკმ ²	%	კმ ²	Δკმ ²	%
1	ტვიბერი	43.09	35.2		31.5	3.7	10.6	35.3	0.1	0.3
2	ცანერი	39.68	31.0		29.0	2.0	6.5	32.5	1.5	4.8
3	ლელზირი	38.49	36.0		28.2	7.0	21.7	31.6	3.4	9.4
4	კვიში	21.85	14.0		16.0	2.0	14.3	17.9	3.9	27.9
5	ხალდე	13.37	11.7		9.8	1.9	16.2	11.0	0.7	6.0
6	ჯამი	156.28	127.9		114.5		69.2	128.3		48.4
7	საშუალო	31.25	25.6		1.12		13.9			9.7
8	ჭაჭი		2.8	2.3	2.0	0.3	13.0	2.2	0.1	4.3
9	დეველორავი		7.0	5.0	5.1	0.1	2.0	5.6	0.6	12.0
10	აბანო		2.0	1.5	1.5	0	0.0	1.6	0.1	6.7
11	გერგეთი		8.3	7.2	6.1	1.1	15.3	7.2	0	0
12	ჯამი		20.1	16.0	14.7		30.3	16.6		23.0
13	საშუალო		5.0	4.0	3.67		7.6			5.8

აღსანიშნავია შედეგი, რომელიც გამოვლინდა თანამედროვე მონაცემების (1965 და 2002წწ) გამოყენებით მცინვარების - ჭაჭის, დევდორაკის, აზანოსა და გერგეთის მაგალითზე დისპერსიის კორექციის კოეფიციენტის გარეშე (გრაფა 6-8) და მისი გათვალისწინებით (გრაფა 9-11): ცდომილებები შეადგენენ საშუალოდ 7.6 და 5.8%-ს.

დადებითი შედეგი გვიჩვენა ასევე დამოუკიდებელი მასალების გამოყენებამ მცინვარ ჯანკუატის ფართობის შემცირების მაგალითზე ფერნაუს სტადიიდან ანუ დაწყებული 1850 წლიდან (ცხრ.3)

ცხრილი 3. მცინვარ ჯანკუატის ფართობის დინამიკა 1850, 1910, 1930, 1963 და 1974 წლების მონაცემების მიხედვით [3] და გამოთვლის შედეგები

წლები	1850	1910	1930	1963	1974	საშ.
მცინვარის ფართობი, (F _i). კმ ²	6.1	4.6	4.4	3.7	3.7	
ფარდობა ფაქტობრივი - ფორმულა (7)	1.0	0.75	0.72	0.61	0.61	
ფარდობა გამოთვლილი - ფორმულა (10) და (11)	1.0	0.80	0.74	0.63	0.59	
ცდომილება $\frac{f_f - f_g}{f_f} 100\%$	0.0	6.3	2.8	3.2	3.30	3.9

გამოთვლებიდან ჩანს, რომ ცდომილება არ აღემატება 6.3%-ს. საშუალოდ შეადგენს 3.9%-ს. რაც გვიჩვენებს, რომ შედეგები სრულიად მისაღებია პრაქტიკული და თეორიული კვლევის მიზნებისათვის.

ჯანკუატის მცინვარის მთლიანად გაქრობისათვის ვისარგებლებთ გამოსახულებით $0=1-0.0033(T-T_1)$, საიდანაც ვღებულობთ: $T=(1+0.0033 \times 1850)/0.0033=2153$ წელი, ეს შეფასება თანხმობაშია ადრე მიღებულ შედეგთან.

ცხრ.4-ში წარმოდგენილია ასევე დამოუკიდებელი მასალის გამოყენების შედეგები, რომლებსაც საფუძვლად უდევს შვეიცარიის მცინვარების მონაცემები 2003/04 და 2004/05 წლების გლაციოლოგიური ანგარიშიდან [6]. ამ შემთხვევაში აღებული იქნა გრასგლეტჩერისა და სილვერგლეტჩერის ფართობები 5-წლიანი ინტერვალით 1965 წლიდან.

გამოთვლილი სიდიდეების ცდომილება არ აღემატება 9.9%-ს (მცინვარი გრასგლეტჩერი) და 4.7%-ს (მცინვარი სილვერგლეტჩერი). საშუალო ცდომილება შეადგენს 2.8 და 2.3%-ს შესაბამისად.

ფორმულები (5) და (6), როგორც ზემოთ აღვნიშნეთ, გვაძლევენ საშუალებას დავადგინოთ მცინვართა მთლიანი გადნობის პროგნოზი კლიმატის მიმდინარე დათბობის ინტენსივობის შენარჩუნების პირობებში. 1985 და 2005 წლებში მათი ფართობების ჯამის საფუძველზე (9.325 და 7.957 კმ²) შეიძლება შევავასოთ მცინვართა დნობის სიჩქარე, რაც შეადგენს 0.068 კმ² წელიწადში. XXI საუკუნის ბოლოსათვის მცინვართა ჯამური ფართობი გახდება ტოლი 1.5 კმ²

ცხრილი 4. შვეიცარიის მცინვარების გრასგლეტჩერისა და სილვერგლეტჩერის ფართობების დინამიკა 1965-2005 წლებში და ფართობების გამოთვლის შედეგები

წელი	ფართობი (F) კმ ²		გამოთვლის შედეგები					
	გრას-გლეტჩერი	სილვერ-გლეტჩერი	$K_i = 1 - 0.0033(T_i - T_1)$				ცდომილება. %	
			$K_i = F_i / F_1$				გრას-გლეტჩერი	სილვერ-გლეტჩერი
1965	6.515	3.216	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	0.0
1970	6.415	3.174	0.98	0.99	0.984	0.984	0.4	0.6
1975	6.372	3.121	0.98	0.97	0.967	0.967	1.3	0.3
1980	6.261	3.126	0.96	0.97	0.951	0.951	0.9	2.1
1985	6.194	3.131	0.95	0.98	0.934	0.934	1.7	4.7
1990	5.891	3.080	0.90	0.96	0.917	0.917	1.9	4.5
1995	5.781	2.975	0.89	0.93	0.901	0.901	1.2	3.1
2000	5.315	2.949	0.82	0.92	0.885	0.885	7.9	3.8
2005	5.133	2.824	0.78	0.88	0.868	0.868	9.9	1.4
საშუალო							2.8	2.3

შვეიცარიის მცინვარული საფარი მთლიანად გადნება $T = \frac{1.5 + 0.068 \cdot 2100}{0.068} = 2122$ წლისათვის.

ანალოგიური შედეგები მიიღება სოფისკის მცინვარებისათვის (ალტაი) [4], რომელთა ფართობი 1850, 1898, 1939, 1951, 1963, 1989 და 2000 წლების მონაცემებით შეადგენს შესაბამისად 18.75. 18.08. 17.33. 17.19. 17.03.

16.85 და 16.81 კმ2-ს. როგორც ვხედავთ ამ მონაცემებით მყინვარი სოფისკი კარგავს საშუალოდ 0.015კმ2 წელიწადში $\pm 0.7\%$ -ის ცდომილებით და არსებული ტრენდის თანახმად ალტაი აღნიშნული მყინვარებისაგან განთავისუფლდება გაცილებით გვიან ვიდრე კავკასია, რადგან იგი უფრო ცივ ზონაშია. მართლაც დღეისათვის არსებული დნობის სიჩქარის შენარჩუნების პირობებში, სოფისკის მყინვარის გაქრობის პირობიდან $0=16.81-0.015(T-2000)$, ვღებულობთ $T \approx 3120$ წელს.

ამრიგად, მყინვართა დეგრადაცია კავკასიონის ქედზე გრძელდება და მოსალოდნელია მისი განთავისუფლება მყინვარული საფარისაგან 2150-2160 წლებში. ამის გამო საქართველოს დააკლდება წყლის რესურსების მეორე დიდი კომპონენტი - მყინვარული წარმოშობის მაღალი ხარისხის მტკნარი წყალი და გაქრება მდინარეების საზრდოობის ერთ-ერთი ძირითადი წყარო. სასმელი წყლის დეფიციტის მოსალოდნელი საშიშროების თავიდან აცილების მიზნით განიხილება ჩამონადენის ყინულთერმული რეგულირების შესაძლებლობა. ასეთი მეთოდი ჯერ კიდევ დამუშავების პროცესშია. საწყისი შედეგები ბაქოელი მეცნიერის მ.მუსაევას მონაცემებით დადებითია. მყინვარ კუსარჩაის მაგალითზე დამატებით შესაძლებელია მიღებულ იქნას 4.5-5.0 მლრდ ლიტრი წყალი, რაც 450-500-ჯერ მეტია დღევანდელ რესურსზე.

ლიტერატურა - REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. Кавказ. Ледниковые районы. Под редакцией С.В. Колесника. Труды ледниковых экспедиций. Вып.1, Изд. отдел ЦУЕ ГМС. Л., 1936.
2. Каталог ледников СССР. Том 8, части 1 – 12, том 9 , части 1 – 7, под редакцией О.Н. Виноградова. Гидрометеиздат, Л., 1967-1975.
3. Ледник «Джанкуат» (Центральный Кавказ). Под редакцией И.Я. Боярского. Гидрометеиздат, Л., 1978.
4. Нарожный Ю.К., Никитин С.Л. и др. Ледник Софийский (Алтай). Динамика, гляциологический режим и распределение запасов льда. МГИ, вып.93, 2002.
5. Подозерский К.И. Ледники Кавказского хребта. Зап. КОРГО. Том 29, вып. 1, 1911.
6. The Swiss glaciers 2003/2004 and 2004/2005. Edited by Andreas Bauder and Roger Ruegg. Zurich. 2009.

უკ 551.324/551.583

გამყინვარების საუკუნოვანი დინამიკა კავკასიაში და მყინვართა გაქრობის კლიმატური პროგნოზი გლობალური დათბობის ფონზე / ვ. ცომაია, ნ. ა. ბეგალიშვილი, თ. ცინცაძე, კ. ლაშაური, ნ. ნ. ბეგალიშვილი, ნ. ცინცაძე / საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის შრომათა კრებული - 2013. - ტ.119. - გვ.197-203 - ქართ.; რუზ. ქართ., ინგლ., რუს.

გამოკვლეულია კავკასიონის ქედის გამყინვარების დინამიკა დაკვირვებათა 1850-1890, 1910-1930, 1960-1965, 1970-1995 და 2002-2005 წლების პერიოდების მონაცემთა მიხედვით. უმეტეს შემთხვევებში დაფიქსირებულია მყინვართა ფართობის შემცირების წრფივი ტრენდები. შეფასებულია მყინვართა დეგრადაციის სიჩქარეები. მიღებულია კლიმატური პროგნოზი, რომლის თანახმად მიმდინარე გლობალური დათბობის ინტენსივობის შენარჩუნების პირობებში მოსალოდნელია კავკასიონის ქედის განთავისუფლება მყინვარული საფარისგან 2150-2160 წლებში.

UDC 551.324/551.583

Dynamics of Freezing of Caucasus Range on The Background of The Expected Climatic Change and Forecast About Its Disengagement off The Glacier's Cover. / V. Tsomaia, N. A. Begalishvili, T. Tsintsadze, K. Lashuri, N. N. Begalishvili, N. Tsintsadze / Transactions of the Institute of Hydrometeorology, Georgian Technical University. - 2013. - V.119. - pp.197-203 - Georg.; Summ. Georg., Eng., Russ.

The dynamics of glaciers of the Caucasus Range based upon the observational data 1850-1890, 1910-1933, 1960-1965, 1970-1995 and 2002-2005 is studied. In most cases, the linear trend of decreasing the area of glaciers is revealed. The rate of degradation of glaciers is assessed. According to climate forecast in case of maintaining the intensity and the current global warming the Caucasus Range would be completely free of ice to the 2150-2160.

УДК 551.324/551.583

Вековая Динамика Оледенения На Кавказе И Климатический Прогноз Исчезновения Ледников В Условиях Глобального Потепления / В. Ш. Цомаия, Н. А. Бегалишвили, Т. Н. Цинцадзе, К. Лашаури, Н. Н. Бегалишвили, Н. Т. Цинцадзе / Сб. Трудов Института Гидрометеорологии Технического Университета Грузии. - 2013. - Т.119. - с. 197-203 - Груз.; Рез. Груз., Англ., Рус.

Проведено исследование динамики оледенения Кавказского хребта по данным наблюдений 1850-1890, 1910-1933, 1960-1965, 1970-1995 и 2002-2005 годов. В большинстве случаев зафиксирован линейный тренд уменьшения площади ледников. Выполнена оценка скорости деградации ледников. Составлен климатический прогноз, согласно которому в условиях сохранения интенсивности современного глобального потепления Кавказский хребет будет полностью освобожден от ледникового покрова в 2150-2160 годах.