

ექსტრემალური ტემპერატურის რეჟიმი საქართველოში და გლობალური დათბობის გავლენა მასზე

*თავართქილაძე კ., *სუქნიძე ნ., **ანანიძე მ.

*ივანე ჯავახიშვილის სახ. თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის ვახუშტი ბაგრატიონის სახ. გეოგრაფიის ინსტიტუტი, თბილისი, საქართველო

**ბათუმის შოთა რუსთაველის სახელმწიფო უნივერსიტეტი, ბათუმი, საქართველო

ანოტაცია: საქართველოს ტერიტორიაზე დაკვირვების 28 პუნქტის 104 წლის მონაცემებით (1906-2009 წწ) შესწავლილი და დადგენილია მინისპირული ექსტრემალური ტემპერატურული ველის ტერიტორიული და დროში განაწილება. ექსტრემალურ ტემპერატურად დაკვირვების ყოველი პუნქტის ყოველი წლისთვის მიჩნეულია დღე-ღამის საშუალო ტემპერატურის უმცირესი და უდიდესი მნიშვნელობები მათი დადგომის შესაბამის თარიღებთან ერთად. აღნიშნული ტემპერატურები და მათი დადგომის თარიღები კონკრეტული დაკვირვების პუნქტის კონკრეტული წლისთვის განსაზღვრულია საშუალო თვიური ტემპერატურების შიდაწლიური მსვლელობის აპროქსიმაციით მეშვიდე რიგის პოლინომის გამოყენებით. აღსანიშნავია, რომ ასეთი მიდგომა ნაწილობრივ გამოორიცხავს ტემპერატურულ ველზე არარეჟიმული, შემთხვევითი ფაქტორების გავლენას. აღნიშნული წესით მიღებული მონაცემებით შესწავლილია მინისპირული ტემპერატურული ველის რეჟიმული სტრუქტურა.

საკვსანძო სიტყვები: ექსტრემალური ტემპერატურა, დადგომის თარიღი, კორელაცია, ცვლილება, განაწილება.

აქტუალობა. ჰავის თანამედროვე გლობალური დათბობის დროს, ირღვევა რა ატმოსფეროს მინისპირული ფენის ტემპერატურული ველის ნონასწორული მდგომარეობა, ადგილი აქვს ტემპერატურის რეჟიმული სტრუქტურის განმსაზღვრელი პარამეტრების ცვლილებებს. ამ პარამეტრებიდან ტემპერატურული ველის განმსაზღვრელი ძირითადი პარამეტრი უაღბათესი ტემპერატურა ანუ ნორმაა და მისი ცვლილების შესწავლას საერთოდ, და კერძოდ საქართველოში, ძირითადი ყურადღება ექცევა. მაგრამ, მნიშვნელოვანია სხვა პარამეტრებიც, მაგალითად ვარიაციები, უკიდურესი გადახრები და სხვ., რომლებზეც ჰავის ცვლილების გავლენა ნაკლებადაა შესწავლილი.

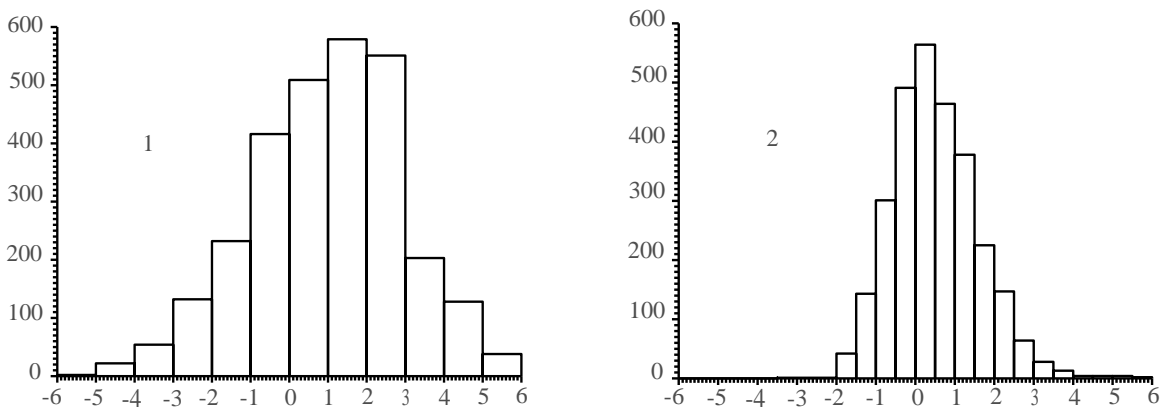
ამ ნაშრომის მიზანს შეადგენს ჰავის ცვლილების გავლენის შეფასება ნორმიდან მაქსიმალური და მინიმალური გადახრების რეჟიმულ სტრუქტურაზე ისეთი რთული რელიეფის პირობებში როგორც საქართველოს ტერიტორია წარმოადგენს. საქართველოში ნორმიდან ძლიერ გადახრილი ანუ ექსტრემალური ტემპერატურის გამოყოფასთან დაკავშირებული სირთულეები გადმოცემულია შრომებში [1,2]. ამ შრომებში ნაჩვენებია, რომ ჰავის ცვლილების გავლენის შეფასება ექსტრემალურ გადახრებზე ცალსახადაა დამოკიდებული იმაზე, თუ როგორაა შერჩეული ექსტრემალური გადახრის განმსაზღვრელი საზღვარი. მაგალითად, თუ ექსტრემალურად ჩავთვლით ტემპერატურის რანჟირებული მწკრივის საწყისს და ბოლო წევრებს საერთო წევრთა რიცხვიდან 10 პროცენტის რაოდენობით, გავლენა გარკვეული მიმართულებითაა. მაგრამ, თუ იგივე მწკრივის 3 პროცენტს ავიღებთ, გავლენა სანინალმდეგო

მიმართულებას იღებს. ე.ი. ნორმიდან უკიდურესად გადახრილ ტემპერატურაზე ჰავის ცვლილების გავლენა დამოკიდებულია ნორმიდან გადახრის სიდიდეზე. ეს ართულებს ნორმიდან უკიდურესად გადახრილი ტემპერატურის საზღვრის დადგენის პროცესს. ამ პრობლემის მოგვარება შემდეგი გზით ვცადეთ.

საწყისი მონაცემები და კვლევის მეთოდები. გამოვიყენეთ რა საქართველოს დაკვირვების 28 პუნქტის 1906-2009 წლებში მინისპირულ ტემპერატურაზე ჩატარებული დაკვირვებათა მონაცემები (ტემპერატურის დღე-ღამის საშუალო მნიშვნელობები [3]), ყოველი დაკვირვების პუნქტის ყოველი წლის მიხედვით, მე7-ე რიგის პოლინომით, რომელიც სხვა რიგის პოლინომებთან შედარებით ფაქტიურ ტემპერატურასთან ყველაზე კარგ მიახლოებას იძლევა [4], განვსაზღვრეთ მინისპირული ტემპერატურის უწყვეტი შიდანლიური განაწილება. ამან საშუალება მოგვცა დაგვედგინა მოცემული წლის მინიმალური და მაქსიმალური ტემპერატურის მნიშვნელობები და მათი დადგომის თარიღი ერთი დღის სიზუსტით. ასეთ გზით მიღებული მნიშვნელობები გამოიციხავენ მოცემული ტერიტორიისთვის ნაკლებად დამახასიათებელ შემთხვევით პროცესებს რომლებსაც შეუძლიათ უკიდურესი გადახრები შეასუსტოს ან გააძლიეროს.

ამრიგად, მონაცემთა ბაზა შემდეგი სახით ჩამოყალიბდა: საქართველოს ტერიტორიის ერთმანეთისაგან განსხვავებული 28 ადგილმდებარეობისთვის განისაზღვრა ჭეშმარიტი მაქსიმალური და მინიმალური მინისპირული ტემპერატურის მნიშვნელობები და მათი დადგომის შესაბამისი თარიღები 1906-2009 წლების ყოველი წლისთვის.

ძირითადი შედეგები. საქართველოს ტერიტორიაზე მინისპირული ტემპერატურის ყოველწიური უკიდურესი მინიმალური და მაქსიმალური გადახრების განაწილება სიდიდეების მიხედვით ნახ.1-ზეა წარმოდგენილი. ნახაზზე უკიდურესი გადახრები წარმოდგენილია ანომალიების (საშუალო არითმეტიკულიდან გადახრების) სახით.

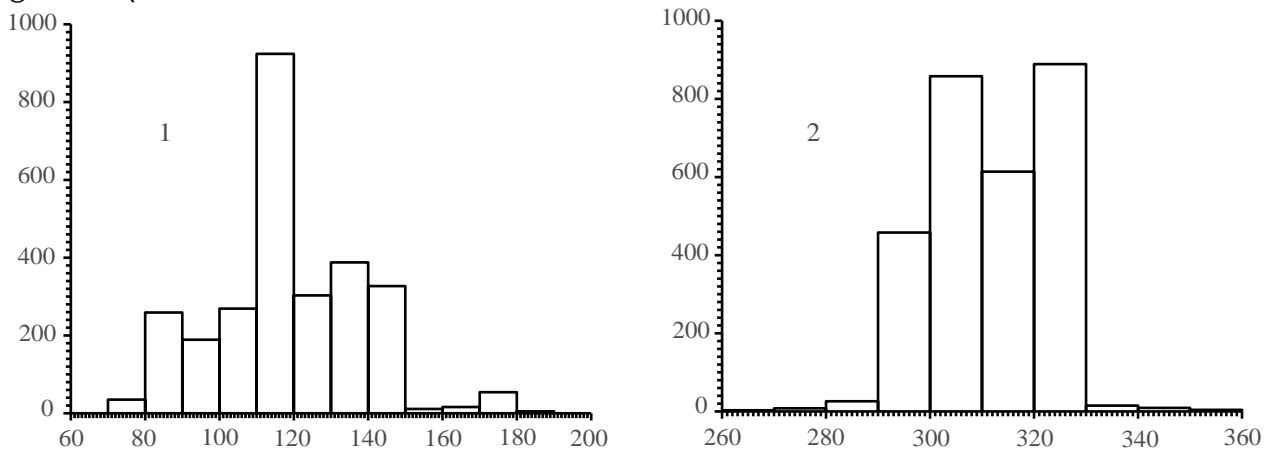


ნახ. 1. წლის განმავლობაში დღეღამის საშუალო მინისპირული ტემპერატურის მინიმალურ (1) და მაქსიმალურ (2) მნიშვნელობათა ანომალიების შემთხვევათა რიცხვის განაწილება 1906-2009 წლებში საქართველოს 28 დაკვირვების პუნქტის მონაცემების მიხედვით.

კოორდინატთა ღერძებზე გადაზომილია შემთხვევათა რიცხვები და ანომალიის მნიშვნელობები. როგორც ნახაზიდან ჩანს უარყოფითი გადახრების დიაპაზონი გაცილებით მეტია დადებით გადახრებთან შედარებით. აღსანიშნავია, რომ თუ დადებითი ექსტრემალური გადახრები ახლოსაა ნორმალური განაწილების კანონთან, უარყოფითი გადახრების შემთხვევაში მკვეთრად გამოხატული მარცხენა ასიმეტრია.

რაც შეეხება უკიდურესად მინიმალური ან მაქსიმალური ტემპერატურის დადგომის თარიღს, მისი განაწილების სახე მოცემულია ნახ. 2-ზე და როგორც ნახაზიდან ჩანს იგი რაიმე კანონზომიერებით არ გამოირჩევა. ვერტიკალურ ღერძზე აქაც გადაზომილია შემთხვევათა რიცხვი, ხოლო ჰორიზონტალურზე – დღე-ღამის რაოდენობა, რამდენითაც დამორებულია

უკიდურესი მინიმალური ან მაქსიმალური ტემპერატურის დადგომის თარიღი პირველი ოქტომბრიდან.



ნახ. 2. ყოველწლიური უკიდურესად მინიმალური (1) და მაქსიმალური (2) მინისპირული ტემპერატურების დადგომის თარიღების (დღე-ღამის რაოდენობა 1 ოქტომბრიდან) განაწილება საქართველოს ტერიტორიაზე 1906-2009 წლების მიხედვით.

აქაც, როგორც მინიმალური ტემპერატურის დროს, მინიმალური ტემპერატურის დადგომის თარიღების ცვალებადობის დიაპაზონი გაცილებით ფართოა ვიდრე მაქსიმალურის.

მონაცემთა ბაზის ანალიზმა გვიჩვენა, რომ ექსტრემალური ტემპერატურის რეჟიმული სტრუქტურა საქართველოს ტერიტორიაზე მიზანშეწონილია სამ რეგიონად დაყვით. ტერიტორიის სამ ძირითად რეგიონად დაყოფა გვიკარნახა დიდი წაყინვებისა და ძლიერი გვალვების საქართველოს ტერიტორიაზე გავრცელების პროცესმა, განსაკუთრებით ძლიერი წაყინვების დროს. დიდი წაყინვები, როცა იგი დასავლეთ საქართველოს ტერიტორიას მოიცავდა, აღმოსავლეთ და სამხრეთ საქართველოში თითქმის არ ვრცელდებოდა და პირიქით. საქართველოს მაღალმთიანეთის ტემპერატურული რეჟიმი კი იმავე პერიოდში განსხვავებული იყო.

ცხრილი 1

ყოველწლიური უკიდურესი მინიმალური T1 და მაქსიმალური T2 ტემპერატურის (°C) მნიშვნელობათა დიაპაზონი და მათი შესაბამისი თარიღები D1, D2 (რიცხვით) საქართველოში 1906-2009 წლების მიხედვით

ტერიტორია	T1			D1			T2			D2			დპ რაოდ
	მინ.	საშ.	მაქს.	მინ.	საშ.	მაქს.	მინ.	საშ.	მაქს.	მინ.	საშ.	მაქს.	
დასავლეთ საქართველო	-6.3	3.92	9.9	11.12	25.01	08.04	16.3	23.51	29.9	12.06	31.07	20.09	7
აღმ. და სამხ. საქართველო	-9.5	-0.33	5.3	11.12	17.01	17.04	18.5	23.65	29.7	22.05	29.07	25.09	11
მაღალმთიანი ზონა	-	-7.51	3.4	04.12	24.01	25.03	2.2	14.17	23.1	30.06	29.07	23.09	10
საქართველო	-	-1.83	9.9	04.12	18.01	17.04	2.2	20.44	29.9	22.05	29.07	25.09	28

ამრიგად, საქართველოს ტერიტორიაზე მინისპირული ექსტრემალური ტემპერატურის რეჟიმული სტრუქტურის განსაზღვრის მიზნით ტერიტორია დაყვავით სამ რეგიონად: დასავლეთ საქართველოდ; აღმოსავლეთ და სამხრეთ საქართველოდ და მაღალმთიან ზონად.

უკიდურესი მინიმალური და მაქსიმალური ტემპერატურის უაღბათესი მნიშვნელობები და მათი ცვლილების საზღვრები, აგრეთვე შესაბამისი თარიღების იგივე პარამეტრები, საქართველოს აღნიშნული სამი რეგიონის მიხედვით და საქართველოსთვის მოცემულია ცხრილში 1. ცხრილი სრულად განსაზღვრავს საქართველოში, 1906-2009 წლებში, უკიდურეს

სად მინიმალური და მაქსიმალური ტემპერატურისა და შესაბამისი თარიღების უალბათეს მნიშვნელობებს და მათი ცვლილებების დიაპაზონს აღნიშნულ პერიოდში.

იმისათვის, რომ დაგვედგინა გამოყოფილი სამი რეგიონის შიგნით როგორია უკიდურესი მინიმალური და მაქსიმალური ტემპერატურის ცვლილებათა კავშირი ცალკეულ დაკვირვების პუნქტებს შორის განვსაზღვრეთ კორელაციის კოეფიციენტები გამოყოფილ რეგიონებში შემავალ დაკვირვებათა პუნქტების უკიდურესი ტემპერატურის მნიშვნელობებსა და მათი დადგომის თარიღებს შორის. ცხრილში 2 მოცემულია ცალკეულ რეგიონებში და ასევე დაკვირვების ყველა პუნქტის მიხედვით გასაშუალებული კორელაციის კოეფიციენტის სიდიდეები და მათი უდიდესი და უმცირესი მნიშვნელობები.

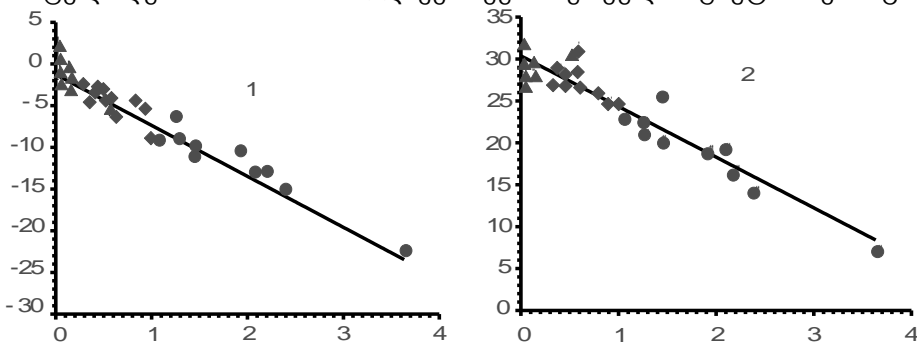
ცხრილი 2

კორელაციური კავშირი ყოველწლიური უკიდურესი მინიმალური T1 და მაქსიმალური T2 ტემპერატურისა და მათი შესაბამისი თარიღებისა (D1, D2 დაკვირვების პუნქტებს შორის საქართველოში 1906-2009 წლების მიხედვით

ტერიტორია	T1			D1			T2			D2			დპ რაოდ
	მინ.	საშ.	მაქს.	მინ.	საშ.	მაქს.	მინ.	საშ.	მაქს.	მინ.	საშ.	მაქს.	
დასავლეთ საქართველო	0.608	0.804	0.973	0.117	0.424	0.807	0.534	0.719	0.909	0.608	0.804	0.973	7
აღმ. და სამხ. საქართველო	0.690	0.869	0.978	0.175	0.495	0.878	0.304	0.739	0.949	0.690	0.869	0.978	11
მაღალმთიანი ზონა	0.629	0.761	0.920	0.143	0.514	0.895	0.309	0.693	0.901	0.629	0.761	0.920	10
საქართველო	0.473	0.742	0.978	-0.30	0.471	0.926	0.195	0.599	0.949	0.437	0.742	0.978	28

ცალკეული რეგიონების მიხედვით მიღებული კორელაციის კოეფიციენტების შედარება საქართველოს მთელი ტერიტორიისთვის მიღებულ კორელაციის კოეფიციენტთან გვიჩვენებს რომ, მიუხედავად შემთხვევათა რიცხვის მნიშვნელოვნად შემცირებისა, კორელაციის კოეფიციენტები რეგიონებში უფრო მაღალია ვიდრე საქართველოს მთლიანი ტერიტორიისთვის. ე.ი. რეჟიმული სტრუქტურის განმსაზღვრელი პარამეტრები ფაქტიურთან უფრო ახლოს არიან ვიდრე პარამეტრები, რომლებიც მთლიანი ტერიტორიის მიხედვითაა გამსაზღვრული ანუ პროცესის შესწავლა რეგიონების მიხედვით მიზანშეწონილია.

როგორც ცნობილია ტემპერატურის ცვლილება ზღვის დონიდან ადგილმდებარეობის სიმაღლის მიხედვით გარკვეული კანონზომიერებით ხასიათდება. მონაცემთა ბაზა, რომელიც ამ ნაშრომშია გამოყენებული, შესაძლებლობას იძლევა შევამოწმოთ ხასიათდება თუ არა ექსტრემალური გადახრების რეჟიმული სტრუქტურა ადგილმდებარეობის სიმაღლის მიხედვით კანონზომიერი ცვლილებით. ამ მიზნით, დაკვირვების ყოველი პუნქტისთვის განვსაზღვრეთ



ნახ. 3. 1906-2009 წლებში დღეღამის საშუალო მინისპირული ტემპერატურის ექსტრემალურ (1-მინიმალური; 2-მაქსიმალური) მნიშვნელობათა ცვლილება ადგილმდებარეობის სიმაღლის მიხედვით დასავლეთ საქართველოში (▲), აღმოსავლეთ და სამხრეთ საქართველოში (■) და საქართველოს მაღალმთიანი ზონაში (●).

ყოველწლიურ მინიმალურ და მაქსიმალურ სიდიდეთა საშუალო მნიშვნელობები და მათი ცვლილება ადგილმდებარეობის სიმაღლის მიხედვით წარმოვადგინეთ ნახ. 3-ზე. აბსცისისა და კოორდინატის ღერძებზე შესაბამისად გადაზომილია დაკვირვების პუნქტის სიმაღლე ზღვის დონიდან კმ-ში და მინიმალური და მაქსიმალური ექსტრემალური ტემპერატურის 1906-2009 წლების საშუალო მნიშვნელობები.

ნახაზიდან ჩანს რომ, როგორც მინიმალური ასევე მაქსიმალური ტემპერატურის ცვლილება ზღვის დონიდან ადგილმდებარეობის სიმაღლის მიხედვით დაახლოებით ერთნაირია და სიმაღლის ზრდასთან ერთად წრფივ შემცირებას განიცდის. ანალიზურად ეს ცვლილებები შეიძლება წრფივი სახით წარმოვადგინოთ. კერძოდ, მინიმალური ტემპერატურის შემთხვევაში:

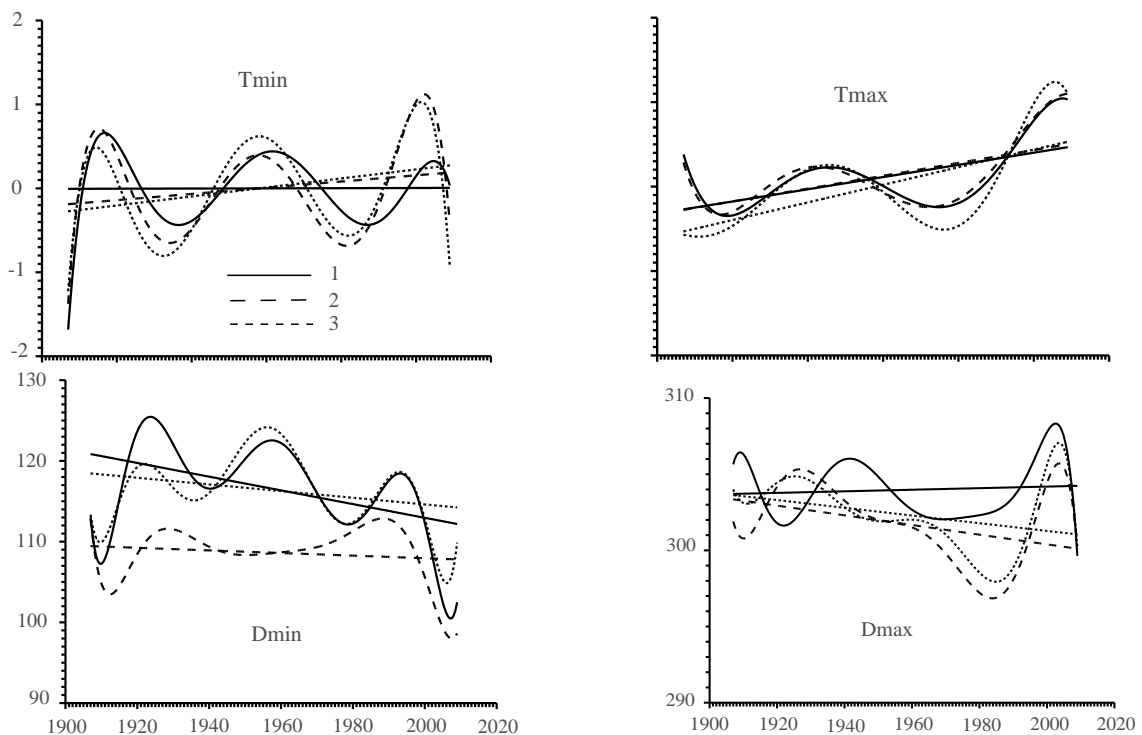
$$T_{min} = -1.26 - 6.11 z,$$

სადაც z – ზღვის დონიდან ადგილმდებარეობის სიმაღლეა კმ-ში, ხოლო მაქსიმალური ტემპერატურის შემთხვევაში:

$$T_{max} = 30.38 - 6.05 z.$$

ამრიგად, როგორც მინიმალური, ასევე მაქსიმალური ტემპერატურის შემცირება სიმაღლის ზრდასთან ერთად ერთნაირად ხდება კერძოდ, ყოველ ას მეტრზე ექსტრემალური ტემპერატურის (მინიმალურის და მაქსიმალურის) შემცირება ხდება 0.6°C -ით.

დღეისთვის შეიძლება დანამდვილებით ითქვას, რომ ჰავის თანამედროვე დათბობა ატმოსფერული პროცესების ექსტრემალური შემთხვევების გააქტიურებას იწვევს, ე.ი. იგი ატმოსფეროს მდგომარეობის განმსაზღვრელი ძირითადად პარამეტრების ექსტრემალური შემთხვევების სიხშირის ზრდის მიზეზია. ამ თვალსაზრისით უაღრესად საინტერესოა იმის დადგენა, რა გავლენას ახდენს იგი ყოველწლიური უკიდურესად მინიმალური და მაქსიმალური ტემპერატურის სიდიდეზე და მისი დადგომის თარიღზე. ამის დასადგენად ნახ. 4-ზე წარმოდგენილია ყოველწლიური უკიდურესად მინიმალური (T_{min}) და მაქსიმალური (T_{max}) ტემპერატურის და მათი დადგომის თარიღების (შესაბამისად D_{min} და D_{max}) ცვლილება, საქართველოს გამოყოფილი სამი რეგიონისთვის, 1905-2009 წლების პერიოდისთვის.

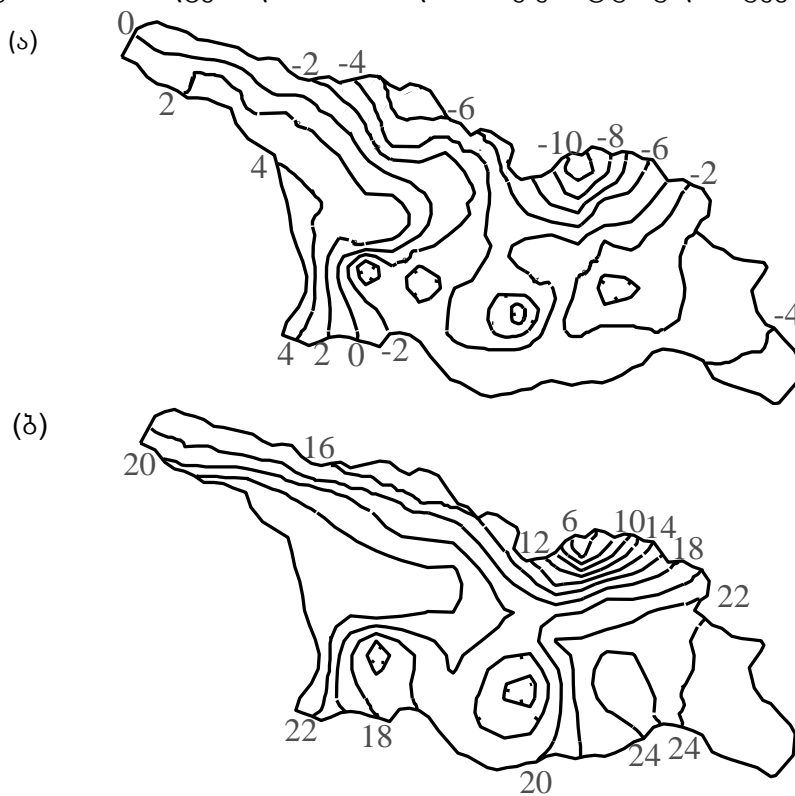


ნახ. 4. უკიდურესი ყოველწლიური მინიმალური (T_{min}) და მაქსიმალური (T_{max}) ტემპერატურის და მათი დადგომის თარიღების (დღეების რაოდენობა 1 ოქტომბრიდან D_{min} და D_{max}) ცვლილება 1906-2009 წლებში დასავლეთ საქართველოსთვის (1), აღმოსავლეთ და სამხრეთ საქართველოსთვის (2) და საქართველოს მაღალმთიანი ზონისთვის (3).

კოორდინატთა ღერძებზე გადაზომილია დაკვირვების პერიოდი (აბსცისთა ღერძები) და ტემპერატურის ცვლილება ($^{\circ}\text{C}$ / წელი) და შესაბამისი თარიღები (დღე-ღამეების რაოდენობა დაწყებული 1 ოქტომბრიდან). განხილულ პერიოდში შედარებით ზუსტი ცვლილებები, გამოყოფილი რეგიონების მიხედვით, წარმოდგენილია მრუდების სახით. მრუდები აგებულია მეშვიდე რიგის პოლინომებით, რომელთა პარამეტრები განსაზღვრულია უმცირეს კვადრატთა მეთოდით [5]. უპირველეს ყოვლისა ყურადღებას იქცევს ის გარემოება რომ, როგორც მინიმალური ასევე მაქსიმალური ტემპერატურის ყოველწლიური უკიდურესი გადახრები მკვეთრად გამოხატული ციკლურობით ხასიათდება. ეს ციკლურობა, ნაკლები ინტენსიურობით მათი დადგომის თარიღებზეც ვრცელდება. მოსალოდნელია, რომ მომავალში ტემპერატურის ციკლური ცვლილების შესწავლისათვის მეტი და უფრო დამაჯერებელი ინფორმაციის მიღება იყოს შესაძლებელი არა მთელი ტემპერატურული მწკრივზე, არამედ მის ექსტრემალურ ნაწილზე დაყრდნობით.

დასკვნები. როგორც ყოველწლიური უკიდურესი ტემპერატურის, ასევე მათი დადგომის თარიღების, ტენდენციურ ცვლილებას (კლებას ან ზრდას) მათი წრფივი აპროქსიმაცია განსაზღვრავს. ნახაზზე წარმოდგენილია წრფეები, რომლებიც აგებულია ყველა გამოყოფილი რეგიონისთვის დამოუკიდებლად, უმცირეს კვადრატთა მეთოდით. როგორც ნახაზიდან ჩანს, როგორც მინიმალური ასევე მაქსიმალური ექსტრემალური ტემპერატურის მნიშვნელობა, გლობალური დათბობის პირობებში, საქართველოს მთელ ტერიტორიაზე თანდათანობით ზრდას განიცდის, ზრდის ინტენსიურობა არათანაბარია, იგი გაცილებით ძლიერია მაქსიმალური ტემპერატურისთვის. რაც შეეხება მათი დადგომის თარიღებს, მათი წანაცვლება ხდება წლის უფრო ადრეული პერიოდისკენ (როგორც მინიმალურის ასევე მაქსიმალურის). ამაზე მეტყველებს ის ფაქტი, რომ დღეების რაოდენობა, ანუ დაშორება 1 ოქტომბრიდან მცირდება.

ამრიგად, ზემოთ აღწერილი სამუშაო და მიღებული შედეგები საშუალებას იძლევა საქართველოს მთელ ტერიტორიაზე განვსაზღვროთ ყოველწლიური უკიდურესი მინიმალური და მაქსიმალური ტემპერატურის უაღბათესი მნიშვნელობები (რეჟიმული სტრუქტურა). წინამდებარე ნაშრომში განსაზღვრულია რა იგი დაკვირვების 28 პუნქტის 104 წლის ფაქტიური მონაცემებით, წარმოდგენილია ნახ. 5ა და 5ბ-ზე კონტურული რუკების სახით.



ნახ. 5 ა,ბ. უკიდურესი მინიმალური (ა) და მაქსიმალური (ბ) ტემპერატურის უაღბათესი მნიშვნელობების განაწილება საქართველოს ტერიტორიაზე.

კონტურულ რუკებზე დატანილი რიცხვები განსაზღვრავენ უკიდურესი ტემპერატურების უაღბათეს მნიშვნელობებს და მათი განზომილებაა °C.

ლიტერატურა

1. თავართქილაძე კ. ჰაერის ტემპერატურის ექსტრემალური ვარიაციები საქართველოში ჰავის ცვლილების ფონზე. // ჰიდრომეტ. ინ-ტის შრომები, 111, თბილისი, 2007, გვ. 168-180.
2. თავართქილაძე კ. უკიდურესი გადახრები მიწისპირა ტემპერატურული ველის ვარიაციებში და მისი კავშირი ჰავის ცვლილებასთან (თბილისის მაგალითზე). // გეოგრაფიის ინსტიტუტის შრომათა კრებული, 3, 2011, გვ. 39-45.
3. Tavartkiladze K., Begalishvili N., Tsintsadze T., Kikava A. Influence of Global Warming on the Near-Surface Air Temperature Field in Georgia. // Bulletin of the Georgian National Academy of Sciences, v.6, N 3, 2012, pp. 55-60.
4. თავართქილაძე კ., მუმლაძე დ., ლომიძე ნ. ტემპერატურული რეჟიმის სეზონური წანაცვლება. // ჰიდრომეტ. ინ-ტის შრომები, 119, თბილისი, 2011.
5. Мазмишвили А.И. Способ наименьших квадратов. // Недра, Москва, 1968, 436 с.

EXTREME TEMPERATURE REGIME IN GEORGIA AND THE IMPACT OF GLOBAL WARMING ON IT

Tavartkiladze K., Suknidze N., Ananidze M.

Summary: *On the territory of Georgia, according to 28 observation points for 104 years (1906-2009), the territorial and temporal distributions of the extreme temperature field were studied and established. The indicated temperatures and their settling times using polynomials of the seventh degree are described. Using the data obtained, the regime structure of the surface temperature field was studied.*

Key words: *Extreme temperature, date of establishment, correlation, change, distribution.*