

**წაყინვის მახასიათებელი პარამეტრების ანომალიები კლიმატის მიმდინარე ცვლილების
ფონზე აღმოსავლეთ საქართველოს ტერიტორიაზე**

კაპანაძე ნ., ტატიშვილი მ., მკურნალიძე ი., ფალავანდიშვილი ა.

ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი, სტუ, თბილისი, საქართველო
knaili1990@gmail.com

ანოტაცია. აღმოსავლეთ საქართველოში არსებული მეტეოსადგურების 2007-2022 წწ. მონაცემების მიხედვით შესწავლილია სხვადასხვა სიმძლავრის წყინვების ინტენსივობის განაწილება. დადგენილია საკვლევ პერიოდში გაზაფხულის ბოლო და შემოდგომის პირველი წყინვის დადგომის თარიღების ნაადრევი, საშუალო და ნაგვიანები მნიშვნელობები. გამოვლენილია საშუალო მრავალწლიურიდან საშუალო მნიშვნელობების წანაცვლება აღნიშნულ პერიოდში გაზაფხულის ბოლო წყინვებისთვის უფრო წინ, ხოლო შემოდგომის პირველი წყინვებისთვის უფრო გვიან, რამაც გაზარდა უყინვო პერიოდებისა და შესაბამისად სავეგეტაციო პერიოდის ხანგრძლივობები. გამოვლენილია კლიმატის ცვლილების ფონზე უყინვო პერიოდების ზრდის ტენდენცია და ასევე, აღმოჩენილია ამ პერიოდების არქტიკულ ოსცილაციაზე დამოკიდებულება.

საკვანძო სიტყვები: წყინვა, უყინვო პერიოდი, წყინვის ინტენსივობა, არქტიკული ოსცილაცია.

შესავალი

გაერთიანებული ერების ორგანიზაციის მიერ 2015 წელს მიღებული იქნა „კატასტროფის რისკის შემცირების სენდაის სამოქმედო ჩარჩო-პროგრამა - Sendai Framework 2015-2030“, რომელიც მოიცავს ბუნებრივი და ადამიანური ფაქტორებით გამოწვეული, მცირე და მსხვილმასშტაბიანი, ხშირი და იშვიათი, უეცარი და ნელი განვითარების მქონე კატასტროფების რისკის მართვის მექანიზმების შემუშავებას ყველა დონეზე და ყველა დარგში [1]. თუმცა, საფრთხეთა ტიპების, წარმოშობის პირობების, მოვლენების სახეობისა და ძირითადი შედეგების გათვალისწინებით საშიშროების საერთაშორისო კლასიფიცირებულ სტანდარტულ სიაში არ მოიაზრება სოფლის მეურნეობისათვის ისეთი საშიში მოვლენა, როგორცაა წყინვა.

ქვეყნის ერთ-ერთ მნიშვნელოვან პრობლემას სიღარიბის დაძლევა და მასთან მჭიდროდ დაკავშირებული სურსათით უზრუნველყოფის საკითხი წარმოადგენს. მრავალ გარემოებასა და ფაქტორს შორის, რომლებსაც შეუძლია რადიკალური გავლენა იქონიოს და სერიოზული საფრთხე შეუქმნას აღნიშნული პრობლემის დაძლევას, მნიშვნელოვანი ადგილი სასოფლო-სამეურნეო კულტურათა ხარისხიანი და უხვი მოსავლის მიღების ტემპის შენელებას. ამის ერთ-ერთ მიზეზს კი საშიში ჰიდრო-მეტეოროლოგიური მოვლენებიდან წყინვა წარმოადგენს, რომელიც დიდ ზარალს აყენებს სოფლის მეურნეობას როგორც საქართველოში, ისე მსოფლიოს მრავალ ქვეყანაში. მაგალითად, 2017 წელს ვენახების და ბაღების წყინვებმა 70 მლნ. ევროს რაოდენობის ზარალი მოუტანა ავსტრიას, რომელიც ევროპაში ღვინის უმსხვილეს მწარმოებლების ათეულში შედის. ნაადრევი წყინვების პრობლემა შეექმნა საფრანგეთსაც (მწარმოებელი №1), სადაც 29%-ით ნაკლები პროდუქცია გამოუშვა წინა წლებთან შედარებით. პროექტის „World Weather Attribution“ ფარგლებში კვლევებით მიღებული მონაცემების თანახმად, კლიმატის მკვეთრი ცვლილების გამო, ნაადრევი წყინვების ალბათობამ საფრანგეთში 60% მიაღწია [2], ხოლო საქართველოში 2014 წელს წყინვებმა მოიცვა თითქმის მთელი საქართველო: ქვემო ქართლი, შიდა ქართლი, კახეთი, მცხეთა-მთიანეთი, სამცხე-ჯავახეთი, იმერეთი, სამეგრელო-ზემო სვანეთი, რაჭა-ლეჩხუმი, ქვემო სვანეთი, აჭარა. დაზიანდა აყვავებული ხეხილი, კაკალი, ტყემალი,

ალუბალი, ატამი, ვაშლი, სუბტროპიკული კულტურები, ბოსტნეული კულტურები. პალიასტომის ტბის 80% გაიყინა. არა ნაკლები ინტენსივობის წაყინვები დაფიქსირდა 2017 წელსაც.

ზემოთ აღნიშნულიდან გამომდინარე, ცხადი ხდება, რაოდენ დიდი მნიშვნელობა აქვს გვიანი გაზაფხულისა და ადრეული შემოდგომის წაყინვების ინტენსივობის შესწავლას [3], ასევე გაზაფხულის უკანასკნელი და შემოდგომის პირველი წაყინვების დადგომის თარიღის დადგენას როგორც აღმოსავლეთ, ისე დასავლეთ საქართველოს რეგიონებისთვის, კლიმატური პირობებისა და სინოპტიკური პროცესების გათვალისწინებით.

მონაცემი და მეთოდები

ინტენსივობის მიხედვით წაყინვები იყოფა სუსტ, ზომიერ, საშუალო, ძლიერ და ძალიან ძლიერ წაყინვებად [3]. აღმოსავლეთ საქართველოში არსებული მეტეოსადგურების 2007-2022 წწ. მონაცემების მიხედვით წაყინვების ინტენსივობის განაწილება რეგიონების მიხედვით მოცემულია ცხრ. 1-ში.

ცხრილი 1. წაყინვების ინტენსივობის განაწილება რეგიონების მიხედვით.

ინტენსი- ვობა	გრადაცია °C	შიდა ქართლი		ქვემო ქართლი		მცხეთა-მთიანეთი		კახეთი	
		შემოდგ. I წაყინვა (%)	გაზაფხ. ბოლო წაყინვა (%)	შემოდგ. I წაყინვა (%)	გაზაფხ. ბოლო წაყინვა (%)	შემოდგ. I წაყინვა (%)	გაზაფხ. ბოლო წაყინვა (%)	შემოდგ. I წაყინვა (%)	გაზაფხ. ბოლო წაყინვა (%)
სუსტი	0.1-(-1.0)	45 (70)	29 (45)	17 (55)	18 (58)	15 (50)	20 (65)	32 (56)	38 (67)
ზომიერი	-1.1-(-3.0)	13 (20)	27 (42)	14 (45)	13 (42)	12(40)	9 (29)	23(40)	17 (30)
საშუალო	-3.1- (-4.0)	2 (3)	4 (6)				2 (6)	1 (2)	2 (4)
ძლიერი	-4.1- (-8.0)	4 (6)	4 (6)			3 (10)		1 (2)	
ძალიან ძლიერი	(> -8.0)								

როგორც ცხრილიდან ჩანს, წაყინვიან დღეთა უმრავლესობა აღმოსავლეთ საქართველოს ყველა რეგიონში სუსტი ინტენსივობისაა. შემოდგომის პირველი წაყინვები იცვლება 15- დან (50%) 45-მდე (70%), ხოლო გაზაფხულის ბოლო წაყინვები - 18-დან (58%) 38-მდე (67%). შედარებით მცირეა ზომიერი ინტენსივობის წაყინვების შემთხვევათა რიცხვი. რაც შეეხება საშუალო ინტენსივობის წაყინვებს, მთელ აღმოსავლეთ საქართველოს საკვლევ მეტეო-სადგურებზე მხოლოდ 11 შემთხვევაა დაფიქსირებული. აღნიშნულ პერიოდში. ძლიერი წაყინვები ჭარბობდა შიდა ქართლში, სადაც ჰაერის ტემპერატურა -5 °C - ზე დაბლა დაეცა (25/ IV/2017წ.), განსაკუთრებით გორის მუნიციპალიტეტის ტერიტორიაზე, რამაც გამოიწვია სასოფლო-სამეურნეო კულტურების 80-90%-ით დაზიანება. ყინვა იმდენად ძლიერი იყო, რომ სათბურებშიც კი შეაღწია. ძალიან ძლიერი წაყინვები აღნიშნულ პერიოდში აღმოსავლეთ საქართველოს განხილულ მეტეოსადგურებზე არ დაფიქსირებულა.

ინტენსივობის ხარისხიდან გამომდინარე, წაყინვებმა შეიძლება ნაწილობრივ ან მნიშვნელოვნად დააზიანოს სასოფლო-სამეურნეო კულტურები, მთლიანად გაანადგუროს ან შეამციროს მათი მოსავლიანობა. განსაკუთრებით საშიშია გვიან გაზაფხულის და ადრეული შემოდგომის ყინვები, რომლებიც ემთხვევა მცენარეთა აქტიური ზრდის პერიოდს. ისინი ზღუდავენ აგროკლიმატური რესურსების გამოყენებას კონკრეტული ტერიტორიის ვეგეტაციის პერიოდში. ამიტომ უაღრესად მნიშვნელოვანია ინფორმაცია გაზაფხულზე მათი შეწყვეტისა და შემოდგომაზე გაჩენის დროის შესახებ. ეს ინფორმაცია ასევე გამოიყენება ტერიტორიის ყინვების საშიშროების შესაფასებლად, სითბოს მოყვარული კულტურების განთავსების შესახებ გადაწყვეტილების მისაღებად, სასოფლო-სამეურნეო კულტურების თესვისა და მოსავლის დროის შესარჩევად, დაცვის მეთოდების შესარჩევად, რათა შემცირდეს მიყენებული შესაძლო ზიანი.

ცხრ. 2-ში მოცემულია აღმოსავლეთ საქართველოს ზოგიერთი მეტეოროლოგიური სადგურისთვის გაზაფხულის ბოლო და შემოდგომის პირველი წაყინვის დადგომის თარიღების ნაადრევი, საშუალო და ნაგვიანები მნიშვნელობები, რომელთა შედარებამ საშუალო მრავალწლიური მონაცემების (1891-1960 წწ.)

შესაბამის მნიშვნელობებთან გვიჩვენა, რომ 2007-2022 წწ. პერიოდში გაზაფხულის საშუალო წაყინებმა უფრო წინ გადაინაცვლა, ხოლო შემოდგომის ბოლო წაყინების საშუალო - უფრო გვიან. ეს გადაინაცვლება შეადგენს პირველ შემთხვევაში 1 (ხაშური)-13 (დედოფლისწყარო) დღეს, ხოლო მეორე შემთხვევაში 4-20 დღეს (იმავე სადგურებზე). იგივე ტენდენცია დაიკვირვება ნაადრევი და ნაგვიანები წაყინების შემთხვევაშიც. წაყინვის საშუალო მნიშვნელობების წანაცვლებამ შესაბამისად გაზარდა უყინვო პერიოდების ხანგრძლივობა თითქმის ყველა მეტეოსადგურზე (წალკისა და გორის გარდა), რაც დადასტურდა ცხრ. 3-ში მოცემული 1951-1965 წწ. და 2007-2022 წწ. უყინვო პერიოდების საშუალო, უმცირესი და უდიდესი მნიშვნელობების შედარებით.

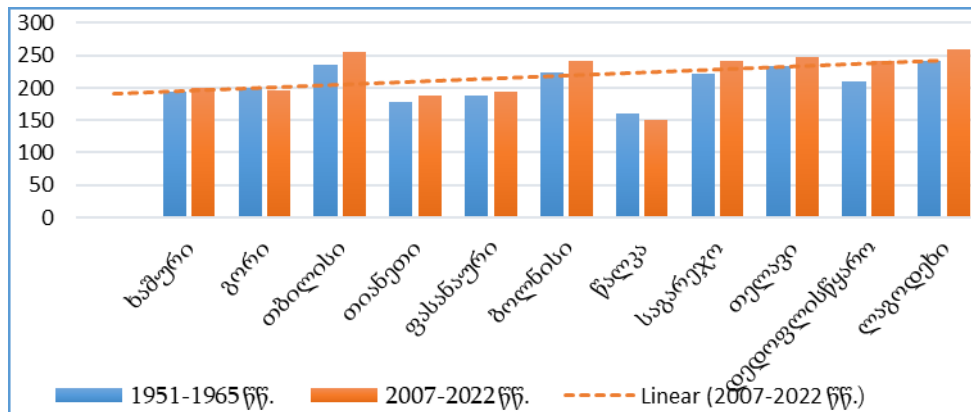
ცხრილი 2. გაზაფხულის ბოლო და შემოდგომის პირველი წაყინვის მნიშვნელობები საქართველოს მეტეოროლოგიურ სადგურებისათვის 2007-2022 წწ. პერიოდში

სად-გური	H ზ.დ. (მ)	გაზაფხულის ბოლო წაყინვის დადგომის თარიღი					შემოდგომის პირველი წაყინვის დადგომის თარიღი				
		ადრე-ული	წელი	საშ.	გვიანი	წელი	ადრე-ული	წელი	საშ.	გვიანი	წელი
ხაშური	690	18 III	2008	14 IV	11 V	2021	19 X	2015	1 XI	28 XI	2009
გორი	588	24 III	2010	12 IV	8 V	2008	23 IX	2019	24 X	25 XI	2012
თბილისი	470	4 II	2018	17 III	14 IV	2009	5 XI	2014	29 XI	29 XII	2018
თიანეთი	1099	31 III	2019	19 IV	14 V	2008	1 X	2013	25 X	17 XI	2012
ფასანაური	1070	2 IV	2012	17 IV	14 V	2008	5 X	2011	29 X	22 XI	2009
ბოლნისი	534	28 II	2018	27 III	14 IV	2009	27 X	2016	23 XI	15 XII	2022
წალკა	1457	12 IV	2014	5 V	1 VI	2008	8 IX	2011	4 X	24 X	2020
საგარეჯო	802	13 III	2018	27 III	13 IV	2011	27 X	2016	24 XI	26 XII	2010
თელავი	568	28 II	2017	20 III	5 IV	2014	20 X	2016	23 XI	15 XII	2012
დედოფლისწყარო	800	23 II	2015	27 III	17 IV	2013	26 X	2016	25 XI	17 XII	2010
ლაგოდეხი	437	19 II	2018	11 III	28 III	2012	3 XI	2016	27 XI	30 XII	2018

ცხრილი 3. უყინვო პერიოდების საშუალო, უმცირესი და უდიდესი მნიშვნელობების შედარება პირველ (1951-1965 წწ.) და მეორე (2007-2022 წწ) პერიოდს შორის

სადგური	უყინვო პერიოდის ხანგრძლივობის საშ. მნიშვნელობები პერიოდების მიხედვით დღე (%)			უყინვო პერიოდის ხანგრძლივობის უმცირესი მნიშვნელობები პერიოდების მიხედვით დღე (%)			უყინვო პერიოდის ხანგრძლივობის უდიდესი მნიშვნელობები პერიოდების მიხედვით დღე (%)		
	I	II	II-I	I	II	II-I	I	II	II-I
ხაშური	194	200	6 (3)	154	164	10 (7)	238	224	14 (6)
გორი	200	196	-4 (-2)	187	173	-14 (-8)	232	227	5 (2)
თბილისი	236	255	19 (8)	201	213	12 (6)	327	285	47 (14)
თიანეთი	179	188	9 (5)	149	158	9 (6)	229	208	21 (9)
ფასანაური	188	194	6 (3)	164	166	2 (1)	229	222	7 (3)
ბოლნისი	224	241	17 (8)	191	207	16 (8)	289	271	18 (6)
წალკა	160	150	-10 (-7)	126	120	-6 (-5)	179	179	0 (0)
საგარეჯო	222	241	19 (8)	193	208	15 (8)	278	259	19 (7)
თელავი	233	247	14 (6)	199	211	12 (6)	286	279	7 (7)
დედოფლისწყარო	209	242	33 (16)	184	203	19 (10)	283	239	44 (16)
ლაგოდეხი	242	259	17 (7)	202	216	14 (7)	313	279	34 (11)

როგორც ცხრ. 3 გვიჩვენებს, 2007-2022 წწ პერიოდში, განვლილ პერიოდთან შედარებით დაფიქსირდა უყინვო პერიოდის ხანგრძლივობის გაზრდა 6-დან 33 დღემდე, რაც შეესაბამება 3-- 16 % . ასევე გაიზარდა უყინვო პერიოდის უმცირესი და უდიდესი მნიშვნელობები 2(1%) -დან 19(10%-)მდე და 5(2%) -დან 44(16%-)მდე შესაბამისად. ყოველივე ეს გვაძლევს იმის თქმის საშუალებას, რომ კლიმატის მიმდინარე ცვლილება გარკვეულ გავლენას ახდენს წაყინვის მახასიათებელ პარამეტრებზე, რაც გამოიხატება საშუალო, ადრეული და ნაგვიანები წაყინვის თარიღების წანაცვლებითა და უყინვო პერიოდების ხანგრძლივობის გაზრდით. აღნიშნულის საილუსტრაციოდ ნახ. 1-ზე წარმოდგენილია 2007-2022 წწ. და 1951-1965 წწ .უყინვო პერიოდების განაწილება,სადაც გამოვლინდა ზრდის ტენდენცია 1951-1965 წწ. უყინვო პერიოდის მიმართ.



ნახ. 1. უყინვო პერიოდების ცვლილება (2007-2022 წწ.) და (1951-1965 წწ.) შორის

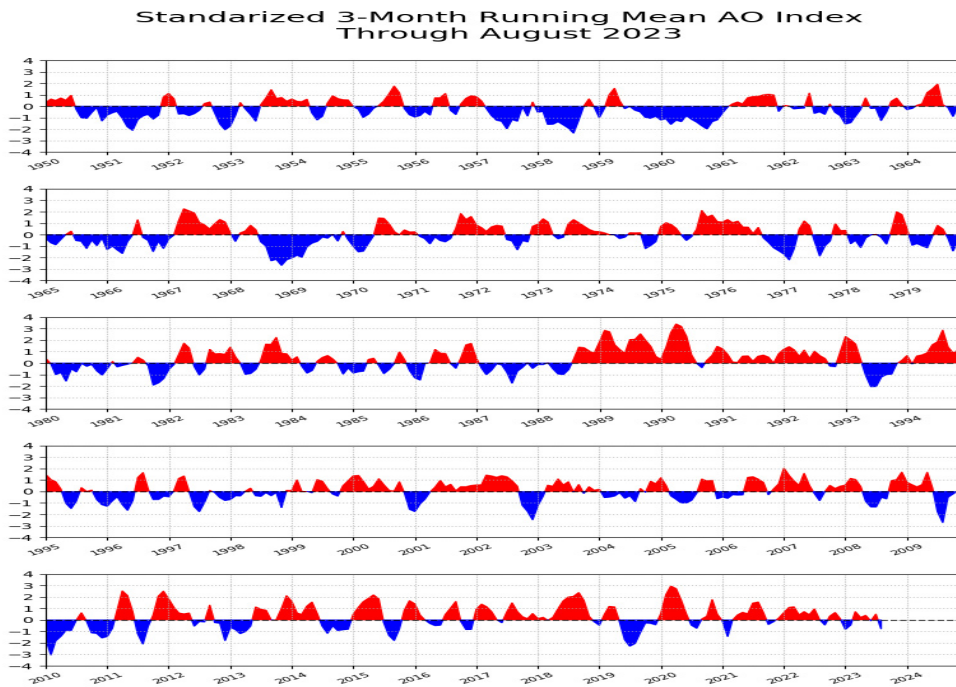
განხილვა

სამეცნიერო ლიტერატურიდან [4,5] ცნობილია, რომ წაყინვების ფორმირების ძირითად მიზეზს წარმოადგენს ეფექტური გამოსხივება, რომელიც არის სხვაობა დედამიწის ზედაპირის გამოსხივებასა და ატმოსფეროს გამოსხივებას შორის. იგი ძალიან ძლიერ ვლინდება უღრუბლო წყნარ ამინდში და განსაკუთრებით შესამჩნევია მშრალი განედებიდან არქტიკული ჰაერის მასების შემოჭრის დროს [6].

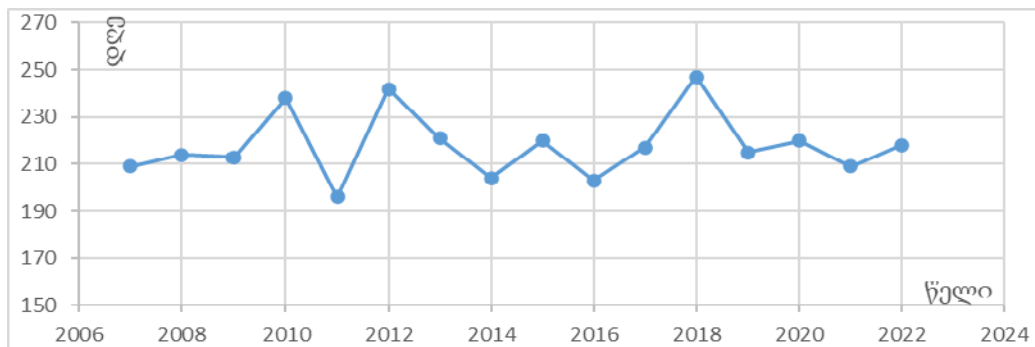
არქტიკული კლიმატის მნიშვნელოვან მაჩვენებელს, თავისი დადებითი და უარყოფითი ფაზებით, წარმოადგენს არქტიკული ოსცილაცია (AO) და განსაზღვრავს ატმოსფერული ცირკულაციის მდგომარეობას არქტიკაზე [7,8].

ყოველდღიური და ყოველთვიური AO (AAO) ინდექსები აგებულია დღიური და ყოველთვიური საშუალო 1000-hPa (700-hPa) სიმაღლის ანომალიების პროექციით წამყვან EOF (Empirical Orthogonal Function) რეჟიმში. ორივე დროის სერია ნორმალიზებულია ყოველთვიური ინდექსის სტანდარტული გადახრით (1979-2000 საბაზისო პერიოდი). NCEP/NCAR რეანალიზის მონაცემთა ნაკრები გამოყენებული იყო ჰორიზონტალური გარჩევადობით (lat,lon)=(2.5°X2.5°) 1979 წლიდან 2000 წლამდე პერიოდისთვის. სეზონური ციკლი ამოღებულია ყოველთვიური საშუალო სიმაღლის ველიდან. კოვარიანტული მატრიცა გამოიყენება EOF ანალიზისთვის. ვინაიდან AO-ს (AAO) ნიმუში მიიღება ყოველთვიური საშუალო სიმაღლის ანომალიის მონაცემთა ნაკრების გამოყენებით, ყოველი ნიმუშის შესაბამისი ინდექსი ხდება ერთი, როდესაც ის ნორმალიზდება ყოველთვიური ინდექსის სტანდარტული გადახრით. AO-ს (AAO) ნიმუში განისაზღვრება, როგორც პირველი წამყვანი რეჟიმი EOF თვიური საშუალო სიმაღლის ანომალიების ანალიზიდან 1000-hPa (NH) ან 700-hPa (SH). მთელი წლის განმავლობაში ყოველთვიური საშუალო ანომალიის მონაცემები გამოყენებულია შაბლონების მისაღებად. ვინაიდან AO-ს და AAO-ს აქვს ყველაზე დიდი ცვალებადობა ცივი სეზონის დროს (AO/AAO-ს ვარიაცია), დატვირთვის შაბლონები ძირითადად ასახავს ცივი სეზონის შაბლონების მახასიათებლებს [7].

გადავწყვიტეთ ჩვენს მიერ აღმოსავლეთ საქართველოსთვის გამოთვლილი AO ინდექსებისა და უყინვო პერიოდების ამსახველი გრაფიკების შედარებით (ნახ.2, ნახ. 3) დაგვედგინა არქტიკული ოსცილაცია ახდენს თუ არა გავლენას საქართველოს კლიმატზე და თუ ახდენს როგორია ეს დამოკიდებულება.



ნახ. 2. არქტიკული ოსცილაციის ინდექსების განაწილება [5,6].



ნახ. 3. უყინვო პერიოდების ცვლილება აღმოსავლეთ საქართველოში (2006-2022 წწ.).

ერთი შეხედვითაც აშკარაა, რომ ნახ. 2-ზე დომინირებს 2011-2012 წლიდან დადებითი ფაზები. 2012 წლამდე დაიკვირვება ფაზების მცირე წანაცვლება, ხოლო შემდეგ ყოველ დადებით ფაზას შედარებით ხანგრძლივი უყინვო პერიოდი შეესაბამება (ნახ. 2), რაც გვაძლევს იმის თქმის საშუალებას, რომ საქართველოს კლიმატს გარკვეულწილად გლობალური კლიმატი განსაზღვრავს [9].

ლიტერატურა

[1] კაპანაძე ნ., ტატიშვილი მ., მკურნალიძე ი. საშიში მოვლენების კლასიფიცირება საერთაშორისო სტანდარტების მიხედვით. // სტუ ჰიდრომეტ. ინსტიტუტის სამეცნ. რეფერ. შრომათა კრებული, თბილისი, ტ. 133, 2023, გვ. 117-123.

[2] მკურნალიძე ი., კაპანაძე ნ. ვენახებისა და ბაღების წაყინვებისაგან დაცვის მეთოდები. // სტუ ჰიდრომეტ. ინსტიტუტის სამეცნ. რეფერ. შრომათა კრებული, თბილისი, ტ. 133, 2023, გვ.124-128.

[3] Meladze G., Tatishvili M., Meladze M. Agroclimatic Resources Changing in Mountainous and Highmountainous Regions of Georgia in Terms of Global Warming. // Atlas International Conference on Research in Applied Sciences, ISBN: 978-625-367-017-7, IKSAD Global Publications, 2023, pp. 156-164.

[4] ელიზბარაშვილი ე. საქართველოს ჰავა. // სტუ ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი, თბილისი 2017, 360 გვ.

[5] Захашвили М. А. Аэрологические условия возникновения заморозков на территории Грузинской ССР. // Труды ЗакНИГМИ, вып.15(21), 1964.

[6] Tatishvili M., Khvedelidze Z., Samxaradze I., Palavandishvili A. Influence of atmospheric circulation anomalies on weather end climate in Georgia. // სტუ ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის სამეცნიერო რეფერირებადი შრომათა კრებული, ტ.131, 2021.

[7] <https://www.weather.gov/tbw/tampabayaopage>

[8] https://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/precip/CWlink/daily_ao_index/ao.shtml.

[9] Kartvelishvili L., Tatishvili M., Amiranashvili A., Megrelidze L., Kotaladze N. Weather, Climate and their Change Regularities for the Conditions of Georgia. // Monograph, Publishing House "UNIVERSAL", Tbilisi 2023, 406 p., <https://doi.org/10.52340/mng.9789941334658>

ANOMALIES OF FROST CHARACTERISTIC PARAMETERS IN THE TERRITORY OF EASTERN GEORGIA IN THE BACKGROUND OF CURRENT CLIMATE CHANGE

Kapanadze N., Tatishvili M., Mkurnalidze I., Palavandishvili A.

*Institute of Hydrometeorology of Georgian Technical University, Tbilisi, Georgia
knaili1990@gmail.com*

Abstract. Based on the meteorological stations data in Eastern Georgia, the distribution of the intensity of frosts of different power has been studied. The early, average and late values of the dates of the last spring and the first autumn frosts in the research period have been established. The mean values values from the multi-year average was revealed earlier for the last spring frosts and later for the first autumn frosts in the mentioned period, which increased the duration of frost-free periods and, accordingly the duration of the vegetation period. The trend of increasing ice-free periods against the backdrop of climate change is revealed and the dependence of these periods on Arctic Oscillation is also found.

Key Word: Freezing, frost-free period, freezing intensity, Arctic Oscillation.