

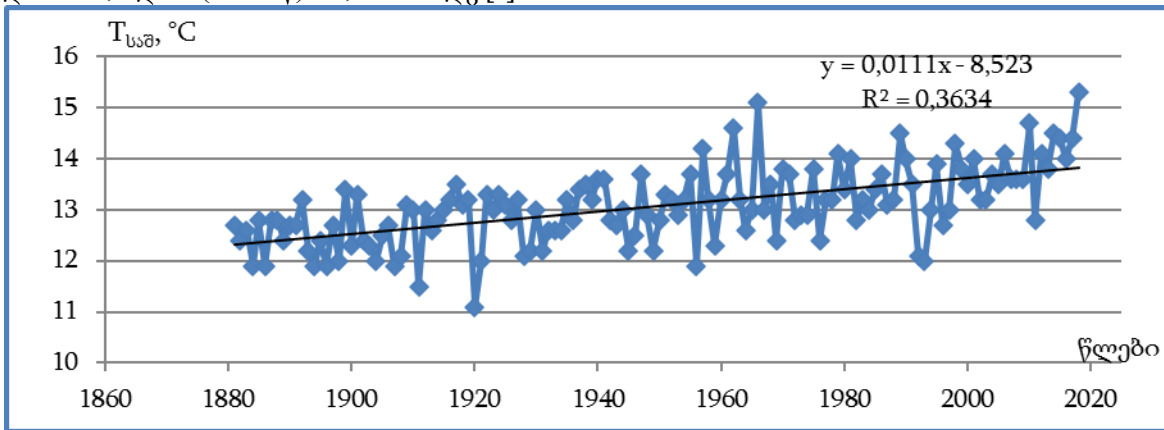
უაკ. 551.583

**ქ. თბილისის ჰაერის ტემპერატურის ცვალებადობის ანალიზი
ნ.კაპანაძე, ი.მკურნალიძე.**

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი,
თბილისი, საქართველო knaili1990@gmail.com

ჰაერის ტემპერატურის საშუალო მნიშვნელობათა ცვალებადობის თავისებურებების გამოვლენას მნიშვნელოვანი როლი ენიჭება როგორც განვლილი პერიოდის კლიმატური პირობების შესწავლის, ისე მათი ტრენდული განვითარების ხასიათის დადგენის მიზნითაც, რასაც თავისთავად საპროგნოზო მნიშვნელობა გააჩნია. ამიტომ თბილისის ჰაერის ტემპერატურის საშუალო თვიური, წლიური და სეზონური მნიშვნელობების შესახებ საარქივო მასალებისა და მიმდინარე პერიოდის მეტეოროლოგიური ქსელის დაკვირვებათა არსებული მონაცემების გამოყენებით, ჩვენს მიერ გაანალიზებულ იქნა ამ პარამეტრების დროში ცვალებადობის თავისებურებები 1881 წლიდან დღემდე.

საშუალო წლიური ტემპერატურის ცვალებადობის საუკუნოებრივი მრუდი 1881-2018 წწ. პერიოდისთვის მოყვანილია ნახ.1-ზე, საიდანაც აშკარად ჩანს ბოლო ათწლიანი პერიოდის საშუალო მნიშვნელობით (14.1 °C) გამოწვეული ცვლილება და ტრენდული მნიშვნელობის გაზრდა 13,5-დან (2010 წ) 13,8 °C -მდე [1].



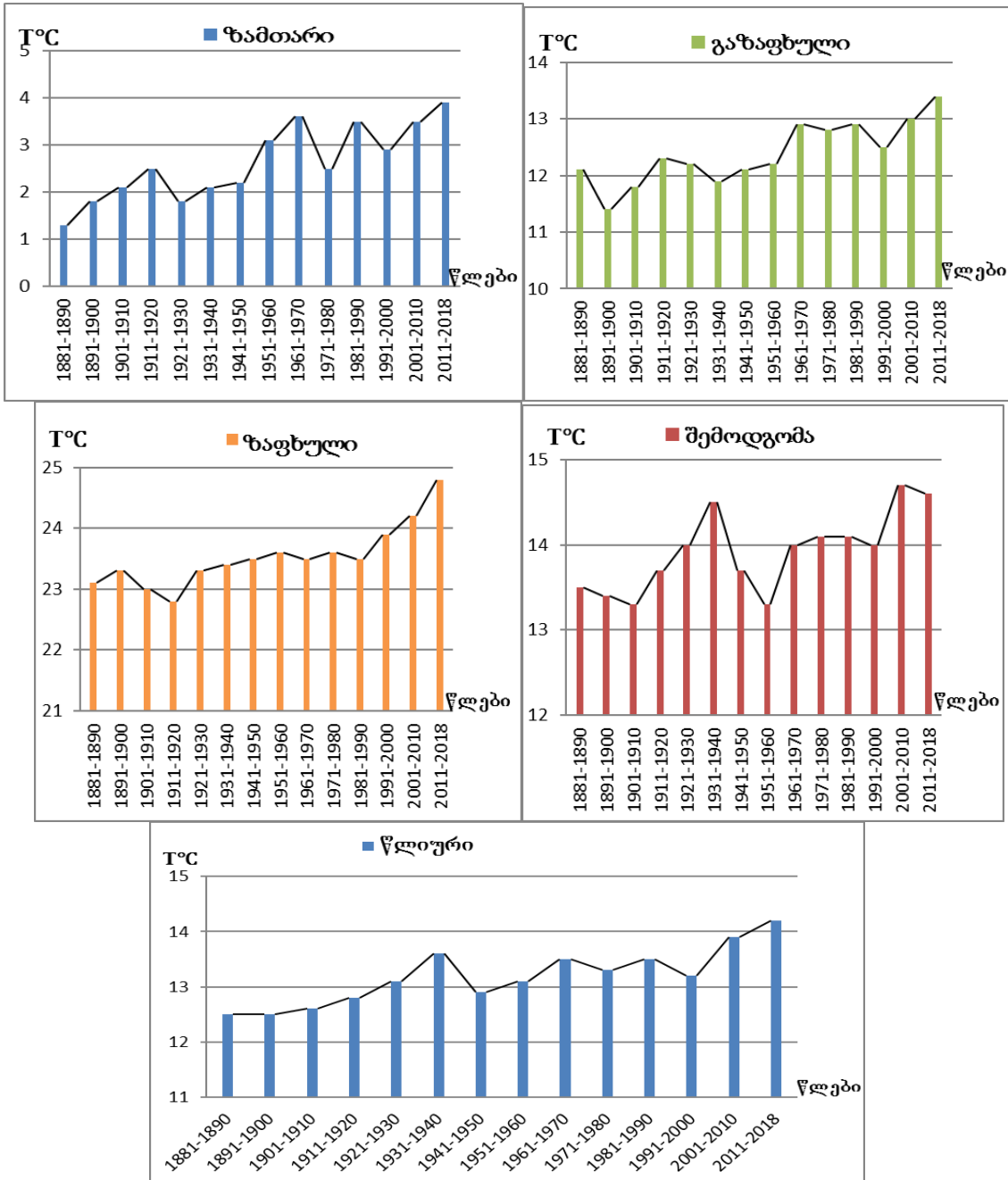
ნახ.1. საშუალო წლიური ტემპერატურის ცვალებადობა თბილისში 1881-2018 წწ. პერიოდში.

მოცემულ საუკუნოებრივ მრუდზე განსაკუთრებით თვალში საცემია 1900-იანი წლების დასაწყისში დაფიქსირებული აცივების ორი მინიმუმი (1911 წელს 11.5 და 1920 წელს 11.1), ისევე როგორც 1950-1960-იან წლებში დაკვირვებული სამი მაქსიმუმი (1957 წელს 14.2 °C, 1962 წელს 14.6 °C და 1966 წელს 15.1 °C). 2018 წელს დაფიქსირებულმა ტემპერატურის მაქსიმუმმა (15.3°C) კი მანამდე არსებულ ყველა მაქსიმუმს გადააჭარბა [2].

ტემპერატურის სეზონური ცვლილების დასადგენად დროის აღნიშნული პერიოდი (1881-2018 წწ.) დაყოფილი იქნა ათწლეულებად და თვის საშუალო ყოველწლიური მონაცემები გასაშუალოვდა ამ ათწლეულებში სეზონების მიხედვით. გავლილი საუკუნის მანძილზე საშუალო სეზონური და წლიური ტემპერატურის ცვლილების სურათი წარმოდგენილია ნახ. 2-ზე, სადაც მკვეთრად არის გამოხატული გასული საუკუნის 70-იანი წლებიდან აღნიშნული პარამეტრების ზრდის ტენდენცია.

წლიური და სეზონური ტემპერატურის რაოდენობრივი ცვლილების შეფასების მიზნით ბოლო 140 წლის მანძილზე გლობალური ტემპერატურის ცვალებადობის გათვალისწინებით [3], ჩვენს მიერ პირობითად გამოყოფილ იქნა სამი მიახლოებით 40-50-წლიანი ხანგრძლივობის პერიოდი:

- 1881-1820 (მცირე გადახრების მქონე შედარებით სტაბილური პერიოდი);
- 1921-1970 (დადებითი და უარყოფითი ტრენდების შემცველი გარდამავალი პერიოდი);
- 1971-2018 (ტემპერატურის პერმანენტული ზრდის პერიოდი);



ნახ. 2. თბილისში ჰაერის ტემპერატურის საშუალო სეზონური და წლიური მნიშვნელობების ცვალებადობა ათწლეულების მიხედვით.

დროის აღნიშნული პერიოდების მიხედვით გასაშუალოებული ტემპერატურის საშუალო სეზონური მნიშვნელობების ცვლილება ბოლო და მის წინა ორ კლიმატურ პერიოდს შორის მოცემულია ცხრილში 1.

ცხრილი 1. ჰაერის ტემპერატურის საშუალო სეზონური მნიშვნელობების ცვლილება (°C) ბოლო და მის წინა კლიმატურ პერიოდებს შორის. თბილისი, 1881-2018

ათწლეულები	სეზონი				
	ზამთარი	გაზაფხული	ზაფხული	შემოდგომა	წლიური
1881-1920	1.9	11.9	23.1	13.5	12.6
1921-1970	2.6	12.3	23.5	13.9	13.1
1971-2018	3.2	12.9	24	14.3	13.6
სხვაობა (III-II)	+0.6	+0.6	+0.5	+0.4	+0.5
სხვაობა (III-I)	+1.3	+1.0	+0.9	+0.8	+1.0

ცხრ 1-დან, ისევე როგორც ნახ. 1-დან ჩანს, რომ გლობალური დათბობის შედეგად ქალაქ თბილისში ბოლო 47 წლის მანძილზე წინა 50-წლიან კლიმატურ პერიოდთან შედარებით (III-II) ჰაერის საშუალო ტემპერატურა გაიზარდა ყველა სეზონში და, შესაბამისად, წლიურ ჭრილშიც.

ქალაქ თბილისის ჰაერის საშუალო ტემპერატურის ცვალებადობაზე კლიმატის ცვლილების გავლენის შესაფასებლად დეტალურად იქნა გაანალიზებული დაკვირვების მთელ რიგში (1881-2018) შემავალი როგორც სხვადასხვა სიდიდის დადებითი და უარყოფითი გადახრების განმეორადობები თვეების მიხედვით, ასევე მათი რაოდენობათა სეზონური მსვლელობა ათწლეულების მიხედვით. კლიმატის ცვლილების სამთავრობო ანგარიშის (IPCC) რეკომენდაციით მიღებული პრაქტიკის თანახმად, გადახრები (ანომალიები) გაანგარიშებულ იქნა 1961-1990 წწ. საბაზისო პერიოდის (ნორმის) მიმართ.

ცხრილში 2 წარმოდგენილია ნორმიდან დადებითი გადახრების განაწილება თვეების მიხედვით მთელი საკვლევი პერიოდის განმავლობაში. ცხრილიდან ჩანს, რომ ყველაზე დიდი განმეორადობით ხასიათდება საშუალოდან 0.1-0.9°C-ის მნიშვნელობების დადებითი გადახრები, რომლებიც თვეების მიხედვით მერყეობს 35-დან (თებერვალი) 63%-მდე (ნოემბერი), საშუალო კი შეადგენს 47%-ს.

რაც შეეხება ნორმიდან დიდი გადახრების განმეორადობებს, ისინი საკმაოდ მცირეა. ნორმიდან 3.0-3.9°C-ის გადახრის განმეორადობის საშუალო წლიური მნიშვნელობა 5%-ს შეადგენს, ხოლო 4.0-4.9 °C -ის გადახრის განმეორადობა 2%-ის ტოლია. ძალზე მცირეა ნორმიდან >5.0 °C-ის გადახრის განმეორადობა და შეადგენს მხოლოდ 1%-ს. მაქსიმალური დადებითი გადახრა 8.5 დაფიქსირდა 2006 წლის მაისში.

ცხრილი 2. თბილისში ჰაერის თვის საშუალო ტემპერატურის ნორმიდან დადებითი გადახრის განმეორადობები (%), 1881-2018 წწ.

ინტერ-გალი	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	წელი
0.1-0.9	38	35	47	44	62	54	51	39	46	47	63	52	47
1.0-1.9	42	32	24	26	28	27	34	34	32	30	31	37	31
2.0-2.9	12	20	24	12	8	17	12	20	15	16	6	11	14
3.0-3.9	6	12	3	14		2	3	3	5	7			5
4.0-4.9	2	1	2	4				3					2
>5.0					2			1	2				1

ცხრილში 3. წარმოდგენილია ჰაერის თვის საშუალო ტემპერატურის ნორმიდან უარყოფითი გადახრების განაწილება წლის განმავლობაში. როგორც ვხედავთ, ამ შემთხვევაშიც დაიკვირვება ნორმიდან მცირე გადახრების საკმაოდ მნიშვნელოვანი განმეორადობები. -0.1,-0.9 °C-ის გადახრების განმეორადობები მერყეობს 26-დან (თებერვალი) 70%-მდე (აგვისტო), საშუალო კი 40%-ს შეადგენს.

ამ ცხრილებიდან მიიღება აგრეთვე, რომ თითქმის 140 წლის მანძილზე მკვეთრი დათბობები და აცივებები 2-3-ჯერ უფრო ხშირად ხდებოდა წლის ცივ პერიოდში, ვიდრე თბილში, ხოლო უმნიშვნელო აგრილებებს ყველაზე ხშირად ადგილი ჰქონდა წლის თბილ პერიოდში მაისიდან სექტემბრამდე.

ცხრილი 3. თბილისში ჰაერის თვის საშუალო ტემპერატურის ნორმიდან უარყოფითი გადახრის განმეორადობები (%), 1881-2018 წწ.

ინტერ-გალი	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	წელი
-0.1,-0.9	31	26	42	30	47	41	52	70	42	49	37	29	40
-1.0,-1.9	26	29	25	28	28	43	41	23	37	30	29	32	31
-2.0,-2.9	14	22	25	32	22	16	7	7	21	16	18	21	19
-3.0,-3.9	14	13	5	10	3					5	7	12	6
-4.0,-4.9	12	9	2								6	5	3
<-5.0	4	1			1						2	1	1

ჩვენს მიერ განხილულ იქნა აგრეთვე თვის საშუალო ტემპერატურების ნორმიდან დადებითი და უარყოფითი გადახრების სეზონურ განმეორადობათა განაწილება ათწლეულების მიხედვით (ცხრილი 4).

ცხრილი 4 თბილისში ჰაერის თვის საშუალო ტემპერატურის ნორმიდან დადებითი ($>0^{\circ}\text{C}$) და უარყოფითი ($<0^{\circ}\text{C}$) გადახრების რაოდენობათა სხვაობების სეზონური მსგეველობა ათწლეულების მიხედვით (1881-2018 წწ.)

ათწლეულები	ზამთარი	გაზაფხული	ზაფხული	შემოდგომა
1881-1890	-10	0	-2	2
1891-1900	-6	-8	-2	-4
1901-1910	-4	-4	-4	-5
1911-1920	4	4	-8	0
1921-1930	-4	-5	0	4
1931-1940	-4	-9	4	6
1941-1950	-4	-2	0	-2
1951-1960	2	-3	4	-2
1961-1970	6	5	0	0
1971-1980	2	2	2	2
1981-1990	6	6	4	2
1991-2000	0	0	4	2
2001-2010	6	6	6	10
2011-2018	6	4	8	4

შენიშვნა: ცალკეულ სეზონში დადებითი გადახრების რაოდენობის მეტობა უარყოფით გადახრებზე შეესაბამება დადებით რიცხვებს, ხოლო უარყოფითი გადახრების მეტობა იძლევა შესაბამის უარყოფით რიცხვს.

ცხრილიდან ჩანს, რომ სხვადასხვა ათწლეულებში ნორმიდან ხან ექსტრემალურად მაღალი, ხან კი ექსტრემალურად დაბალი გადახრები ჭარბობს. ამავე დროს საკმაოდ მკვეთრად გამოხატული ტენდენცია იმისა, რომ ათწლეულების მთლიანი რიგის პირველ ნახევარში ჭარბობს ნორმიდან ექსტრემალურად დაბალი უარყოფითი გადახრების განმეორადობები, ხოლო ათწლეულების მეორე ნახევარში – ნორმიდან ექსტრემალურად მაღალი დადებითი გადახრების განმეორადობები. აღნიშნული გარემოება მიუთითებს იმაზე, რომ ბოლო ათწლეულებში სიცივის ტალღებთან შედარებით მნიშვნელოვნად გააქტიურებული სითბოს ტალღების ზემოქმედება ამიერკავკასიაზე.

ამ პერიოდებში წლის ოთხივე სეზონისათვის დადებითი და უარყოფითი გადახრების ჯამური რაოდენობები მოყვანილია ცხრილში 5.

ცხრილში წარმოდგენილი მონაცემებიდან ჩანს, რომ 1881-1920 წლებში უარყოფითი გადახრების რაოდენობა თითქმის 6-ჯერ მეტია დადებით გადახრების რაოდენობაზე. 1921-1970 წლებში დაიკვირვება ტემპერატურის შედარებით სტაბილური რყევადობის პირობები, რასაც მოწმობს დადებითი და უარყოფითი გადახრების თანაბარი რაოდენობა, ხოლო 1970-იანი წლებიდან დაწყებული დადებითი გადახრების რაოდენობამ თანდათან იმატა და მაქსიმალურ რაოდენობას მიაღწია ბოლო და ბოლოსწინა ათწლეულებში.

ცხრილი 5. თბილისში საშუალო ტემპერატურის ნორმიდან დადებითი და უარყოფითი გადახრების ჯამური რაოდენობები დაკვირვების სხვადასხვა პერიოდში

პერიოდი	დადებითი გადახრების რიცხვი	უარყოფითი გადახრების რიცხვი
1881-1920	10	-57
1921-1970	31	-35
1971-2018	82	0

რაც შეეხება გადახრების სეზონური განაწილების ცვლილებას, დაკვირვების მთელი პერიოდის სამ ქვეპერიოდად პირობითი დაყოფისას ცხრ. 4-დან მარტივად მიიღება ცხრილი 6, რომელიც აშკარად მეტყველებს ყველა სეზონში განსაკუთრებით მკვეთრ განსხვავებაზე პირველ და ბოლო ქვეპერიოდებს შორის, როდესაც გადახრების ჯამური მაჩვენებელი

ზამთარში შეიცვალა -16- დან +20- მდე, გაზაფხულზე -8 დან +18-მდე, ზაფხულში-16-დან +24-მდე, ხოლო შემოდგომაზე -7-დან +20-მდე.

ცხრილი 6. თბილისში ტემპერატურის ნორმიდან დადებითი და უარყოფითი გადახრების სეზონური ჯამური მნიშვნელობების ცვლილება დაკვირვების სხვადასხვა პერიოდში

პერიოდი	სეზონი			
	ზამთარი	გაზაფხული	ზაფხული	შემოდგომა
1881-1920 ჯამური	+4, -20 -16	+4, -12 -8	0, -16 -16	+2, -9 -7
1921-1970 ჯამური	+8,-12 -4	+5, -19 -14	+8, 0 +8	+10, -4 +6
1971-2018 ჯამური	+20, 0 +20	+18, 0 +18	+24, 0 +24	+20, 0 +20

ამრიგად, თბილისში ჰაერის საშუალო წლიური ტემპერატურის ცვალებადობის ანალიზი მოწმობს, რომ ბოლო 140 წლის მანძილზე ტემპერატურამ მოიმატა 1.3 °C-ით და 2018 წლისთვის მისმა საშუალო ტრენდულმა მნიშვნელობამ მიაღწია 13.8°C.

რაც შეეხება 1881-2018 წწ. პერიოდში თბილისში ჰაერის თვის საშუალო ტემპერატურის ნორმიდან გადახრებს, ჩატარებულმა ანალიზმა აჩვენა, რომ:

– ყველაზე მაღალი განმეორადობით ხასიათდება ჰაერის თვის საშუალო ტემპერატურის ნორმიდან როგორც დადებითი, ასევე უარყოფითი მცირე გადახრები (47 და 40% შესაბამისად);

– საკმაოდ მაღალია თვის საშუალო ტემპერატურის ნორმიდან მნიშვნელოვანი დადებითი გადახრის (>2°C) განმეორადობები, რომელიც თვეების მიხედვით მერყეობს 6-დან (ნოემბერი) 33%-მდე (თებერვალი);

– ნორმიდან თვის საშუალო ტემპერატურის ყველაზე მაღალი დადებითი გადახრა დაფიქსირებულია ინტერვალში >5 °C (8.5 °C 2006 წლის მაისში), ხოლო ყველაზე დაბალი უარყოფითი გადახრა ინტერვალში <-5°C (-7.9°C – 1920 წლის დეკემბერში).

ბოლო ათწლეულებში დაფიქსირებულია თვის საშუალო ტემპერატურის ნორმიდან დადებითი გადახრის (>0°C) განმეორადობის სიჭარბე უარყოფითი გადახრის (<-0°C) განმეორადობაზე. კერძოდ, 1971-2018 წწ. პერიოდში დადებითი გადახრებმა სიჭარბემ უარყოფით გადახრებზე წლიურ ჭრილში შეადგინა 82 შემთხვევა, ხოლო უარყოფითი გადახრების სიჭარბე დადებით გადახრებზე არ დაფიქსირებულა, მაშინ როდესაც XIX საუკუნის მეორე ნახევარში გადახრების რიცხვი დაახლოებით ერთნაირი იყო.

ჩვენს მიერ ჩატარებული ანალიზიდან გამომდინარეობს, რომ თბილისში ტემპერატურის საშუალო მნიშვნელობების დადებითი ანომალიების ზრდის ტენდენცია კვლავ გრძელდება. კლიმატის ცვლილებამ საგანგაშო ხასიათი რომ არ მიიღოს და საუკუნის ბოლომდე ტემპერატურის საშუალო მნიშვნელობამ 2°C-ს არ გადააჭარბოს საჭიროა გარკვეული საადაპტაციო ღონისძიებების გატარება. კერძოდ, ყველა ჩვენგანის ვალია ეკონომიურად მოვიხმაროთ ელექტროენერგია, ავტომობილის ნაცვლად ვიმზავროთ უსაფრთხო ტრანსპორტით, დავზოგოთ თაბახის ფურცელი, დავათბუნოთ სახლები ენერგოეფექტური ტექნოლოგიების გამოყენებით, დავნერგოთ გზებისა და ქუჩების განათების კომპიუტერიზებული სისტემები, ნებისმიერი ობიექტის დაპროექტებისას და ადგილის შერჩევისას გავითვალისწინოთ გარემოზე მისი უვნებელი ფუნქციონირება და კლიმატური მახასიათებლების პროგნოზირებული ცვლილება, მოვაგვაროთ ნარჩენების დაშლისა და გარემოზე ნეგატიური ზემოქმედებასთან დაკავშირებული პრობლემები, გაავრცელოთ სტიქიური მოვლენებიდან თბილისისათვის ყველაზე ანგარიშგასაწევ პრცესებს – უხვი ნალექებით გამოწვეულ წყალმოვარდნებსა და ძლიერ ქარებს, ასევე თავიდან ავიცილოთ ხანძრებისაგან მიღებული ზარალი.

კლიმატის ცვლილებასთან ადაპტირების ღონისძიებებიდან მნიშვნელოვანი როლი მიუძღვის საზოგადოების ცნობიერების ამაღლების ფაქტორს, რომელმაც უნდა უზრუნველყოს ქალაქის სასმელი და სარწყავი წყლის მომჭირნე მოხმარება, ელექტროენერგიისა და ბუნებრივი აირის ეკონომია, ქალაქის მწვანე საფარის მოვლა, ნარჩენების თავის ადგილზე განთავსება, წყლის ობიექტების დაბინძურებისაგან დაცვა [4] და ა.შ.

ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. ბერიტაშვილი ბ., კაპანაძე ნ., ჩოგოვაძე ი. გლობალურ დათბობაზე საქართველოში კლიმატის რეაგირების შეფასება. ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი. თბილისი, 2010, 179 გვ.
2. კაპანაძე ნ., მკურნალიძე ი. ქ. თბილისის ჰაერის ტემპერატურის რყევადობა კლიმატის გლობალური ცვლილების ფონზე. თსუ, საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია „ბუნებრივი კატასტროფები საქართველოში: მონიტორინგი, პრევენცია, შედეგების შერბილება“, თბილისი, 2019, გვ. 80-83.
3. Climate Change 2007. The physical science basis. IPCC, 2007.
4. ბერიტაშვილი ბ., კაპანაძე ნ. მიმდინარე საუკუნის დასასრულისთვის მოსალოდნელ დათბობასთან დაკავშირებით ქალაქ თბილისის მდგრადი განვითარების პრობლემები, საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია „ეკოლოგიის თანამედროვე პრობლემები“, აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი, ქუთაისი, 2018, გვ. 152-156.

უაკ. 551.583

ქ. თბილისის ჰაერის ტემპერატურის ცვალებადობის ანალიზი/კაპანაძე ნ., მკურნალიძე ი./

.სტუ-ის ჰმი-ის სამეცნ. რეფ. შრ. კრებ. – 2020. - ტ.129. - გვ.102-107. - ქართ.; რუზ.: ქართ., ინგლ., რუს. გაანალიზებულია ქალაქ თბილისის 1881-2018 წწ. პერიოდის საშუალო წლიური, თვიური და სეზონური მნიშვნელობები. შესწავლილია აღნიშნული პარამეტრების დროში ცვლილების თავისებურებანი და შეფასებულია კლიმატური პერიოდების მიხედვით ამ ცვლილებათა რაოდენობრივი მაჩვენებლები. ქალაქ თბილისის ჰაერის საშუალო ტემპერატურის ცვალებადობაზე გლობალური დათბობის გავლენის შესაფასებლად დეტალურად იქნა გაანალიზებული დაკვირვების მთელ რიგში (1881-2018) შემავალი როგორც სხვადასხვა სიდიდის დადებითი და უარყოფითი გადახრების (1961-1990 წწ. საბაზისო პერიოდის მიმართ) განმეორადობები თვეების მიხედვით, ასევე მათი რაოდენობათა სეზონური მსვლელობა ათწლეულების მიხედვით. გამოვლენილია დადებითი ანომალიების ზრდის ტენდენცია, შემოთავაზებულია კლიმატის შესაძლო ცვლილებასთან საადაპტაციო ღონისძიებები.

UDC. 551.583

Analysis of air temperature variations in Tbilisi./Kapanadze N., Mkurnalidze I./Scientific Reviewed Proceedings of the IHM, GTU. - 2020 - vol.129 - pp.102-107. Georg.; Abst.: Georg., Eng., Rus. The average annual, monthly and seasonal temperature data of Tbilisi for 1881-2018 period are analyzed. The variability features of these data are investigated and quantitative indices of the variations have been evaluated by climatic periods. To assess the impact of global warming on variations of temperature averages in Tbilisi, we analyzed in detail both the monthly recurrences of positive and negative deviations (relative to the base period 1961-1990) and the seasonal course over decades, included in 1881-2018 period. An upward trend in positive anomalies was revealed and adaptation measures are proposed towards possible climate change.

УДК. 551.583

Анализ вариаций температур воздуха г. Тбилиси./Капанадзе Н.И., Мкурналидзе И.П./Науч. Реф. Сб. Труд. ИГМ ГТУ - 2020. вып.129 - с.102-107. Груз.; Рез.: Груз., Англ., Рус. Проанализированы среднегодовые, среднемесячные и сезонные данные температур г. Тбилиси за период 1881-2018 гг. Исследованы особенности изменчивости этих данных. Сделано сравнение количественных показателей этих особенностей по климатическим периодам. Для оценки влияния глобального потепления климата на вариации средних значений температур воздуха г. Тбилиси детально проанализированы входящие в период 1881-2018 гг как месячные повторяемости положительных и отрицательных отклонений (относительно базисного периода 1961-1990 гг), так и их сезонный ход по десятилетиям. Выявлена тенденция роста положительных аномалий. В связи с возможным потеплением климата предложены адаптационные мероприятия.