

უაკ 551

კ.თავართქილაძე

ჰავის ცვლილების გავლენის შეფასება ატმოსფერული ნალექების რეჟიმზე
ივანე ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის გეოგრაფიის
ინსტიტუტი

წყალბრუნვის პროცესი ატმოსფეროში უშუალოდაა დამოკიდებული ქვეფენილი ზედაპირისა და ატმოსფეროს ენერგეტიკული სისტემის მდგომარეობაზე. ამ სისტემის მდგრადი წონასწორობის პირობებში წყალბრუნვის რეჟიმი მცირე რყევებს განიცდის, მაგრამ ეს რყევები შემთხვევითია და რეჟიმის სტაბილური მდგომარეობის ცვლილებას ვერ გამოიწვევს. წყალბრუნვის რეჟიმის შეცვლა მზე-ატმოსფერო-დედამიწის ენერგეტიკული სისტემის წონასწორობის რღვევამ შეიძლება გამოიწვიოს. თუ წონასწორობა არამდგრადია მაშინ იგი წყალბრუნვის ერთ-ერთი შემადგენელი პროცესის – ატმოსფერული ნალექების რეჟიმზე აუცილებლად უნდა აისახოს.

საუკუნეზე მეტია დედამიწის ჰავა ცვლილებას განიცდის. ზოგიერთ რეგიონებში მიუხედავად აცივებისა, დედამიწის სრული ენერგეტიკული პოტენციალის ზრდის შედეგად გლობალური ჰავა დათბობის პროცესშია. მრავალრიცხოვანი გამოკვლევებია ჩატარებული იმის დასადგენათ თუ როგორ ზემოქმედებას ახდენს გლობალური ჰავის დათბობა წყალბრუნვის პროცესზე, კერძოდ განიცდის თუ არა ატმოსფერული ნალექების რეჟიმი ცვლილებას, როგორია ამ ცვლილების სახე. ცალსახა პასუხი ამ კითხვაზე დღეისთვის თითქმის შეუძლებელია. ზოგადი თეორიული მოსაზრება გვკარნახობს, რომ თუ დედამიწისეული წყლის მარაგი ცვლილებას არ განიცდის, ტემპერატურის ზრდით წყალბრუნვის პროცესის დაჩქარებაა მოსალოდნელი. ამან კი ატმოსფეროდან მოსული ნალექების რაოდენობის ზრდა უნდა გამოიწვიოს. ეს მხოლოდ თეორიული მოსაზრებაა და იგი ემპირიულმა მონაცემებმა უნდა დაადასტუროს. არსებული ლიტერატურული წყაროებიდან ასეთი დასკვნის სრული დამაჯერებლობით გაკეთება სადღეისოდ თითქმის შეუძლებელია.

შეაჯამა რა რუსეთის ტერიტორიაზე ჰავის ცვლილების პროცესი ექსპერტთა სამთავრობო ჯგუფმა (Бодрицкий Г.С. 2008), 1937-2008 წლებში ატმოსფეროდან მოსული ნალექების რაოდენობის ცვლილების შესახებ მივიდა დასკვნამდე, რომ რუსეთის მთელ ტერიტორიაზე ნალექების საშუალო ყოველწლიურმა ზრდამ 0.72 მმ/წელი შეადგინა. რაც შეეხება ინტენსივურ ნალექებს, ადგილი აქვს მათი განმეორადობის უმნიშვნელო ზრდას და მშრალი პერიოდის ასევე უმნიშვნელო შემცირებას. მაგრამ, იქვეა აღნიშნული, რომ რეგიონალური ცვლილების მაჩვენებლები ძალიან დიდად განსხვავდებიან როგორც ზრდის ასევე კლების მიმართულებით. ამასთან ერთად, ნალექების ემპირიული მონაცემები, რთული ფიზიკური ბუნების და ინსტრუმენტული დაკვირვებების არაერთგვაროვნების გამო ნაკლებად საიმედოა არიან.

თითქმის მსგავსი სურათია მსოფლიო მასშტაბითაც (Жаро М. и Штайнер А. 2013). ჰავის ცვლილების საერთაშორისო კომისიამ შეფასების დასაწყისშივეა აღნიშნა, რომ ხმელეთის ყველა რეგიონში ატმოსფეროდან მოსული ნალექების საშუალო რაოდენობის ცვლილება 1901-2010 წლებში საიმედოობის დაბალი ხარისხით ხასიათდება, განსაკუთრებით პირველ პერიოდში 1950 წლამდე. შედარებით საიმედოდ შეიძლება მივიჩნიოთ ნალექების უმნიშვნელო ზრდა ჩრდილოეთ ნახევარსფეროს საშუალო დანედებში და ეს ანტროპოგენური ზემოქმედების შედეგია. გლობალური მასშტაბით ნალექების ცვლილების დახასიათება თითქმის შეუძლებელია, რადგან 70 % გლობალური წყალბრუნვისა ოკეანეების ზედაპირებზე მიმდინარეობს და მათზე ინსტრუმენტული მონაცემები თითქმის არ არსებობს.

აღსანიშნავია ერთი გარემოებაც – მზის აქტივობის ციკლურმა ცვლილებამ ატმოსფერული პროცესების და მათ შორის ნალექების ციკლური ცვლილებაც შეიძლება გამოიწვიოს. ლიტერატურულ წყაროებში არსებობენ მტკიცებულებანი ატმოსფერული პარამეტრების, განსაკუთრებით ტემპერატურის ციკლური ცვლილების შესახებ. ასეთი გამოკვლევები უფრო იშვიათად ნალექებისთვისაცაა ჩატარებული, რომლებშიაც მითითებულია ნალექების ციკლური ცვლილების არსებობა თორმეტწლიანი პერიოდით (Суковатов К. Ю. и др., 2015; Безуглова Н Н., . и др., 2012; და სხვ.)

მაგრამ ფაქტია, რომ ნალექების ვარიაციებში ციკლური ცვლილებები რომც არსებობდეს, თანამედროვე გლობალურ დათბობასთან ნალექების 12-წლიან ციკლურ ცვლილებას რაიმე კავშირი არ უნდა ჰქონდეს.

გლობალური წყალბრუნვის პროცესზე ჰავის ცვლილების გავლენის შეფასება იმ რეგიონალური გამოკვლევათა გაანალიზების შედეგია, რომლებიც თითქმის მსოფლიოს ყველა კუთხეში, მათ შორის საქართველოს და მის გარშემო ტერიტორიებზეა ჩატარებული. ამ გამოკვლევათა შეუსაბამობა მიგვანიშნებს მიღებული შედეგების ნაკლებ საიმედოობაზე. ასე მაგალითად, მეოცე საუკუნის მეორე ნახევარში რუსეთის დასავლეთ და უკიდურეს აღმოსავლეთ ტერიტორიებზე ნალექების ზრდას ჰქონდა ადგილი, ხოლო მათ შორის იგივე პერიოდში, დასავლეთ ციმბირი ნალექების შემცირებით ხასიათდებოდა (Груза Г.В. и др., 2007). ამ დროს ანუ იგივე პერიოდში, საქართველოს ტერიტორიის მეზობლად, ჩრდილოეთ კავკასიის შედარებით მცირე ტერიტორიაზე, ნალექების ცვლილებას სრულიად განსხვავებული სახე ჰქონდა. კერძოდ, ნალექების ცვლილება როგორც ზრდის ისე შემცირების მიმართულებით ტერიტორიისა და სეზონების მიხედვით ფართო დიაპაზონში ხდებოდა. ავტორის დასკვნით მთელი პერიოდისა და მთლიანი ტერიტორიისთვის მოსულმა ნალექების რაოდენობამ უმნიშვნელო ზრდა განიცადა (Деркач Д.В., 2007).

თითქმის არ განსხვავდება ზემოთ აღნიშნულისაგან და მსგავს სურათს იძლევა ის ლიტერატურული წყაროები, რომლებშიც გლობალური ჰავის ცვლილების ფონზე, შესწავლილი და გადმოცემულია საქართველოს ტერიტორიაზე ატმოსფერული ნალექების რეჟიმული სტრუქტურის ცვლილებები (ელიზბარაშვილი ე. და სხვ. 1997; ელიზბარასვილი ე. და სხვ., 2001; ცომია ვ. და სხვ., 2002; თავართქილაძე კ., 2002; Бегалишвили Н.А. и др. 2007; თავართქილაძე კ. და სხვ., 2010; თავართქილაძე კ. და სხვ., 2014 და სხვ.). ამ შრომებში მიღებული დასკვნების მიხედვით ცალსახად შეიძლება დადგინდეს, რომ ატმოსფეროდან მოსული ნალექების რაოდენობა უდაოდ განიცდიდა ცვლილებებს მაგრამ, იმის დადგენა თუ რა კანონზომიერებით ხდებოდა ეს ცვლილებები რეგიონალური ჰავის ცვლილების პირობებში, თითქმის შეუძლებელია.

გარკვეული კანონზომიერების დადგენა მხოლოდ ექსტრემალურად უხვი ნალექების რეჟიმული სტრუქტურის ცვლილების შესწავლისას გახდა შესაძლებელი.

სწავლობდნენ რა კავშირს ატმოსფეროს ცირკულიაციას, ქვეფენილი ზედაპირის ტემპერატურას და ატმოსფერულ ნალექებს შორის ჩრდილოეთ ნახევარსფეროში (Мравьев А.В. и др. 2011), ავტორები მივიდნენ იმ დასკვნამდე, რომ მთელ რიგ მსხვილ რეგიონებში ცირკულაციის და ზედაპირის ტემპერატურული ანომალიის კავშირი ნალექების უკიდურესს გრადაციასთან სტატისტიკურად დამაჯერებელია როგორც ზაფხულის ასევე ზამთრის სეზონების მიხედვით.

ექსტრემალურად მცირე და დიდი მნიშვნელობების. ნალექების დღე-ღამური ჯამების კავშირი დადგენილია აგრეთვე მინიმალურ და მაქსიმალურ ტემპერატურებთან (Киктёв Д..В., и др., 2009). აღსანიშნავია, რომ აღნიშნულ ნაშრომში ექსტრემალური ნალექები გამოყოფილია არა კონკრეტული დიაპაზონის გარეთ მოხვედრილი ნალექების რაოდენობათა ჯამების მიხედვით, არამედ ნალექების განაწილების ალბათობის ფუნქციიდან 0-თან და 1-თან ახლოსმდებარე შემთხვევების გამოყოფით.

ექსტრემალურად უხვი ნალექების შემთხვევაში კანონზომიერება ნაპოვნია აგრეთვე შავი ზღვის აღმოსავლეთ სანაპირო ზოლში (Бегалишвили Н.А. и др. 2013), იგი აქაც მიღებულია ნალექების ალბათობის სიმკვრივის განაწილების ფუნქციის აგებით.

ნალექების რეჟიმზე ჰავის განმსაზღვრელი ძირითადი პარამეტრის – მიწისპირა ტემპერატურული ველის ცვლილების გავლენის შესაფასებლად, რაც წინამდებარე ნაშრომის მიზანს შეადგენს, შევარჩიეთ დაკვირვების მხოლოდ ერთი პუნქტი (ბათუმი), რომელიც ინტენსიური ნალექიანობითაა გამორჩეული, ხოლო ტემპერატურული ველის ცვლილების მიხედვით აქვს როგორც აცივების ასევე დათბობის პერიოდი.

დასახული ამოცანის გადაჭრის კონკრეტული გზა ასე განისაზღვრა – ჯერ უნდა დადგინდეს აცივებისა და დათბობის გამოკვეთილი პერიოდები, ხოლო შემდეგ, გამოყოფილ პერიოდებში და-

მოუკიდებლად შესწავლილი იქნას ნალექიანობის სრული რეჟიმული სტრუქტურის თავისებურებები (თუ რას გულისხმობს სრული რეჟიმული სტრუქტურა ეს განმარტებულია ქვემოთ).

ნალექების ემპირიული მონაცემები, რომლებიც გამოყენებულია ამ ნაშრომში, წარმოადგენენ ნალექების ყოველდღიურ ჯამებს 1940-2010 წლებში. როგორც ცნობილია ატმოსფერული პარამეტრების განსაზღვრის მეთოდებიდან ყველაზე დიდი ცვლილება ნალექების გაზომვის მეთოდმა განიცადა. ამას ემატება ის უზუსტობანი, რომლებსაც დაკვირვების პუნქტის ადგილის გამოცვლა და სხვადასხვა მიზეზებით გამოტოვებული დაკვირვებათა აღდგენის შედეგად ჩნდება. ამიტომ, განსაკუთრებული მნიშვნელობა ენიჭება ემპირიული მონაცემების ობიექტურ ანალიზს. ამ ნაშრომში გამოყენებული ემპირიული მონაცემები როგორც ნალექების, ასევე ტემპერატურისთვის ძირითადად აღებულია შრომებიდან (თავართეილაძე კ., 2002; თავარტკილაძე K. ეტ ალ, 2012). აღნიშნულ ნაშრომებში დეტალურადაა აღწერილი ის პროცედურები, რომლებიც ობიექტური ანალიზისთვის ჩატარდა, ამიტომ წინამდებარე ნაშრომში მათზე არ შევჩერდებით.

საკმაოდ რთულია ნალექების რეჟიმული სტრუქტურის სრულყოფილად დახასიათება. ამის მიზეზია ის, რომ ნალექიანობას ერთმანეთისაგან თითქმის დამოუკიდებელი რამოდენიმე პარამეტრი განსაზღვრავს. ნალექების რეჟიმის ცვლილების დასადგენად აუცილებელია ჰავის ცვლილების გავლენის განსაზღვრა ნალექიანობის დახასიათებელ ყველა პარამეტრზე. წინამდებარე ნაშრომში განხილულია შემდეგი პარამეტრი: ნალექების წლიური ჯამი (ქ); ნალექების წლიური ჯამის გადახრა დინამიური ნორმიდან ანუ ანომალია (ქა); ნალექების შემთხვევათა რიცხვი (ქნ); ნალექიანი დღეების მიხედვით განსაზღვრული საშუალო დღიური ნალექი (ქდ); ნალექების საშუალო ხანგრძლივობა (ქხ); ერთ დღეში მოსული მაქსიმალური ნალექი (ქმ); მაქსიმალური ხანგრძლივობის ნალექის დღეების რაოდენობა (ქს); მაქსიმალური ხანგრძლივობის ნალექის რაოდენობა (ქქ); დინამიურ ნორმაზე მეტი ნალექების ნორმირებული ჯამი (ქ>1); დინამიურ ნორმაზე ნაკლები ნალექების ნორმირებული ჯამი (ქ<1). აღნიშნული პარამეტრები თუ დამოუკიდებლად ახასიათებენ ნალექიანობის ამა თუ იმ პროცესს, მაშინ მათ შორის კორელაციური კავშირი დაბალი უნდა იყოს. წინააღმდეგ შემთხვევაში ისინი ნალექების რეჟიმის დასახასიათებლად ახალ ინფორმაციას ვერ მოგვცემენ. ამის შესამოწმებლად ემპირიული მონაცემებიდან განვსაზღვრეთ აღნიშნული პარამეტრების საშუალო წლიური მნიშვნელობები და ავაგეთ ავტოკორელაციური მატრიცა. ნორმირებული სახით იგი მოცემულია ცხრილში 1.

ცხრილი 1.ნალექების რეჟიმის განმსაზღვრელი პარამეტრების ავტოკორელაციური მატრიცა

	q	qa	qd	qx	qm	qs	qq	q>1	q<1	qn
q	1	0.99	0.66	0.48	0.38	0.39	0.45	0.41	0.40	0.00
qa		1	0.70	0.42	0.39	0.36	0.41	0.41	0.41	0/12
qd			1	0.07	0.43	0.13	0.09	0.29	0.25	-0.10
qx				1	0.05	0.60	0.46	0.26	0.19	-0.49
qm					1	0.20	0.33	0.17	-0.10	0.03
qs						1	0.58	0.25	-0.25	-0.29
qq							1	0.13	-0.02	-0.22
q>1								1	0.22	-0.04
q<1									1	0.09
qn										1

როგორც ცხრილიდან ჩანს წლის განმავლობაში მოსული ნალექების რაოდენობის ვარიაციებსა და ანომალიების ვარიაციებს შორის განსხვავება არ რის. ამის გამოა, რომ ნალექების დროში ცვლილებების დასადგენად უმეტესი სამეცნიერო კვლევები ჩატარებულია არა ნალექების წლიური ჯამების გამოყენებით, არამედ მათი ამონაწილების ვარიაციების მიხედვით. მაგრამ უნდა აღინიშნოს, რომ ეს შესაძლებელია მხოლოდ ცვლილების შესწავლისას. სხვა შემთხვევაში ისინი განსხვავებულ ინფორმაციებს იძლევიან, რასაც ადასტურებს მათი განსხვავებული კორელაციის კოეფიციენტები დანარჩენ პარამეტრებთან.

შედარებით მაღალი კორელაციური კავშირი ნალექიანი დღეების მიხედვით განსაზღვრულ დღის (დღელამის) ჯამებს აქვს ნალექების წლიურ ჯამთან და ანომალიებთან. კავშირი დანარჩენ

პარამეტრებს შორის დაბალია, ან საერთოდ არ არსებობს, რაც იმის მაჩვენებელია, რომ ნალექების რეჟიმული სტრუქტურის ცვლილების შესწავლისას ისინი დამოუკიდებელ ინფორმაციებს გვაწვდიან.

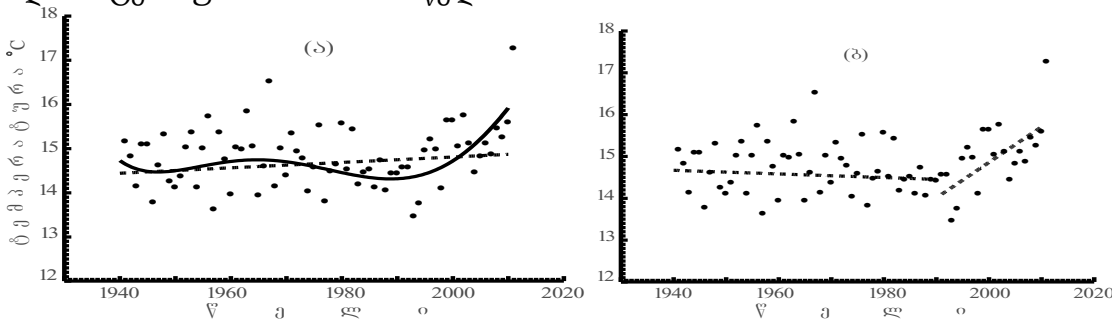
ამრიგად, ჰავის ცვლილების გავლენის შესაფასებლად ნალექების რეჟიმულ სტრუქტურაზე საჭიროა დადგინდეს ჩამოთვლილი ნალექიანობის განმსაზღვრელი პარამეტრების ფორმირების თავისებურებანი დათბობისა და აცივების შემთხვევაში.

ტემპერატურული რეჟიმი. ბათუმის მიწისპირული ტემპერატურის საშუალო წლიური მნიშვნელობები 1940-2010 წლებში წარმოდგენილია ნახ.1-ზე.

მთელი პერიოდის ტემპერატურული ველის ცვლილებას დინამიური ნორმა ახასიათებს. იგი წარმოსდგენს მოცემულ წერტილებზე გამავალ ოპტიმალურ წრფეს ანუ ერთადერთ წრფეს, რომლისთვისაც ფაქტიური მნიშვნელობების გადახრათა კვადრატების ჯამი მინიმალურია. ნახაზზე იგი წყვეტილი ხაზითაა მოცემული, და მისი გამოსახულებაა:

$$t = 5.58 + 0.006 \tau, \quad (1)$$

სადაც t არის τ წლის ტემპერატურის ნორმა ბათუმისათვის ანუ დინამიური ნორმა, რომელიც ახასიათებს ბათუმის ტემპერატურულ რეჟიმს მხოლოდ 1940-დან 2010 წლამდე. ე.ი. τ დებულობს მნიშვნელობებს 1940-დან 2010-მდე. ამრიგად, მოცემულ პერიოდში ტემპერატურა განიცდის ზრდას ინტენსიურობით 0.006 $^{\circ}\text{C}/\text{წელი}$.



ნახ.1. საშუალო წლიური ტემპერატურის მნიშვნელობები ბათუმში 1940-2010 წლებში, მათი აპროქსიმაცია მე-5-ე რიგის პოლინომით (მრუდი) და დინამიური ნორმები (წყვეტილი ხაზი) მთელი პერიოდისთვის (ა) და სუსტი აცივებისა (1940-1990 წწ) და ძლიერი დათბობის (1991-2010 წწ) პერიოდებისთვის (ბ).

აღსანიშნავია, რომ 1906-1995 წლებში ბათუმში ტემპერატურული ველის შემცირებას ჰქონდა ადგილი (თავართქილაძე კ. და სხვ., 1999). შემცირების საშუალო წლიური ინტენსიურობა იყო -0.001 $^{\circ}\text{C}/\text{წელი}$. რაკი 1940-2010 წლების დინამიური ნორმა დათბობას განსაზღვრავს ფაქტია, რომ განხილულ პერიოდში მოხდა გარდატეხა და ტემპერატურული ველის ცვლილება აცივებიდან დათბობის პროცესით შეიცვალა. გარდატეხის წელის მიახლოებითი განსაზღვრისთვის საჭიროა განხილულ პერიოდში ჩატარდეს ტემპერატურული ველის ცვლილების არაწრფივი აპროქსიმაცია. ამ უკანასკნელის არსი მდგომარეობს იმაში, რომ უნდა შეირჩეს n -ური რიგის პოლინომი, რომელიც ყველაზე ნაკლები სტანდარტული ცდომილებებით ასახავს ტემპერატურის ფაქტიურ ვარიაციებს (Мазмишвили А.И., 1968). განხილულ შემთხვევაში მინიმალური სტანდარტული გადახრა ფაქტიური მნიშვნელობებიდან მე-5-ე რიგის პოლინომს აღმოაჩნდა. განისაზღვრა რა შესაბამისი ემპირიული კოეფიციენტები, ტემპერატურის ცვლილების ამსახველი ოპტიმალური პოლინომი დატანილია ნახ.1ა-ზე. აგებული მრუდი გვიჩვენებს, რომ განხილული პერიოდის დასაწყისიდან დაახლოებით 1990 წლამდე ადგილი აქვს ტემპერატურული ველის სუსტი აცივების პროცესს, ხოლო შემდეგ ხდება შედარებით ძლიერი დათბობა. ეს საკმაოდ ახლოსაა გლობალური ტემპერატურული ველის დღეისთვის აღიარებულ ცვლილებასთან (Бодрицкий Г.С. 2008).

ამრიგად, ტემპერატურული ველის ცვლილების პროცესი ბათუმში ასე შეიძლება დავხასიათოდ – 1940-1990 წლებში ადგილი ჰქონდა სუსტ აცივებას, ხოლო შემდგომ პერიოდში, 1991-

2010 წლებში, მიმდინარეობდა დათბობა. დავეყრდენით რა ამ დასკვნას, განხილული დროის მთელი მონაკვეთი დავყავით ორ პერიოდად, სუსტი აცივების პერიოდი ანუ 1940-1990 წლები და დათბობის პერიოდი ანუ 1991-2010 წლები. თითოეული პერიოდისთვის დამოუკიდებლად განისაზღვრა დინამიური ნორმები:

$$\text{სუსტი აცივების პერიოდისთვის} \\ t = 23.1 - 0.004 \tau, \quad (2)$$

სადაც τ იცვლება 1940-დან 1990-მდე, და ძლიერი დათბობის პერიოდისთვის

$$t = -154.7 + 0.085 \tau, \quad (3)$$

სადაც τ იცვლება 1991-დან 2010-მდე.

ამრიგად, (2) და (3) ფორმულები გვიჩვენებს პირველ პერიოდში აცივებას ინტენსიურობით - 0.004 °C/წელი., ხოლო მეორე პერიოდში დათბობას ინტენსიურობით 0.085 °C/წელი.

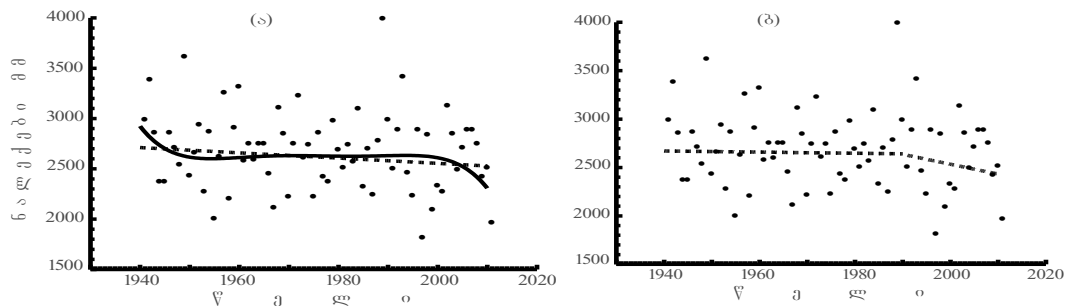
ორივე პერიოდისთვის დამოუკიდებლად აგებული დინამიური ნორმების განმსაზღვრელი წრფეები დატანილია ნახ.1ბ-ზე. როგორც ნახაზიდან ჩანს, აცივებისა და დათბობის პერიოდებად დაყოფის შემდეგ, მთელი პერიოდის დინამიური ნორმის ცვლილების წარმოსგენის თვალსაზრისით ადგილი აქვს გარკვეული შეუსაბამობას, 1990 წლისა და 1991 წლისთვის (2) და (3) ფორმულებით განსაზღვრული დინამიური ნორმები საკმაოდ განსხვავდებიან ერთმანეთისაგან. ეს გამოწვეულია იმის გამო, რომ გარდატეხის პერიოდი უნდა დახასიათდეს არა ცვალებადი, არამედ უცვლელი ნორმით. ე.ი. გარდატეხის მოკლე პერიოდი ცალკე უნდა გამოყოფილიყო, რომელსაც აღნიშნული ნორმების შემაერთებელი, მუდმივი ნორმა დაახასიათებდა. ამ შემთხვევაში შეუსაბამობას ადგილი აღარ ექნებოდა. მაგრამ წინამდებარე ნაშრომის კონკრეტულად, დასმული ამოცანის გადაჭრის პროცესში ეს გაცილებით მეტ ცდომილებას მოგვცემდა. საქმე იმაშია, რომ გარდამავალი პერიოდის სტატისტიკური დახასიათება შეუძლებელი იქნებოდა, ხოლო აცივებისა და დათბობის პერიოდებისთვის შემთხვევათა რიცხვი შემცირდებოდა.

ამრიგად, დროის მთელი მონაკვეთი ტემპერატურული ველის ცვლილების მიხედვით დაიყო ორ ნაწილად – სუსტი აცივებისა და დათბობის პერიოდებად და თითოეულისთვის დამოუკიდებლად განისაზღვრა ატმოსფერული ნალექების დამახასიათებელი პარამეტრების რეჟიმული სტრუქტურა.

ნალექების წლიური ჯამი. ატმოსფეროდან მოსული ნალექების წლიური ჯამების მნიშვნელობები 1940-2010 წლებში მოცემულია ნახ.2-ზე. მთელი პერიოდისთვის მათი რეჟიმული მდგომარეობისა და ცვლილების შესაფასებლად აგებულია დინამიური ნორმის განმსაზღვრელი წრფე, რომელიც დატანილია ნახ.2ა-ზე და მისი ანალიზური სახეა:

$$q = 7792.5 - 2.62 \tau. \quad (4)$$

როგორც ტემპერატურის შემთხვევაში, აქაც მთელი პერიოდისათვის τ იცვლება 1940-დან 2010-მდე. ე.ი. 71 წლის მანძილზე ნალექების წლიური ჯამი შემცირდა 186 მმ-ით. თუ გავითვალისწინებთ, რომ ამ პერიოდში ნალექების საშუალო მნიშვნელობა 2620 მმ იყო, შემცირება შეადგენს 7.1 %-ს.



ნახ.2. ნალექების წლიური ჯამის მნიშვნელობები ბათუმში 1940-2010 წლებში, მათი აპროქსიმაცია მე-5-ე რიგის პოლინომით (მრუდი) და დინამიური ნორმები (წყვეტილი ხაზი) მთელი პერიოდისთვის (ა) და აცივებისა და დათბობის პერიოდებისთვის (ბ).

მთელი პერიოდის შიგნით, დროის მცირე მონაკვეთებში, ნალექიანობის მოკლეპერიოდური ცვლილების დასადგენად მოცემულ წერტილებზე გავატარეთ მე-5-ე რიგის პოლინომით აპროქსიმირებული მრუდი. იგი დატანილია ნახ.2ა-ზე და გვიჩვენებს, რომ ცვლილებებს შემცირების მიმართულებით ადგილი ჰქონდა განხილული პერიოდის საწყისს და ბოლო მონაკვეთებში, ხოლო ცენტრალურ ნაწილში, დაახლოებით 1950-1985 წლებში ცვლილებას თითქმის არ განიცდიდა.

როგორც ზემოდ უკვე აღნიშნული იყო, ტემპერატურული ველის ცვლილებიდან გამომდინარე, მთელი პერიოდი დავყავით დათბობისა და აცივების მონაკვეთებად. აღნიშნული მონაკვეთებისათვის ერთმანეთისაგან დამოუკიდებლად განვსაზღვრეთ დინამიური ნორმები და ისინი მოცემულია ნახ.2ბ-ზე, ხოლო მათი ანალიზური გამოსახულებები შემდეგი სახისაა:

$$\text{სუსტი აცივების პერიოდისთვის} \\ q = 3783.4 - 0.57 \tau, \quad (5)$$

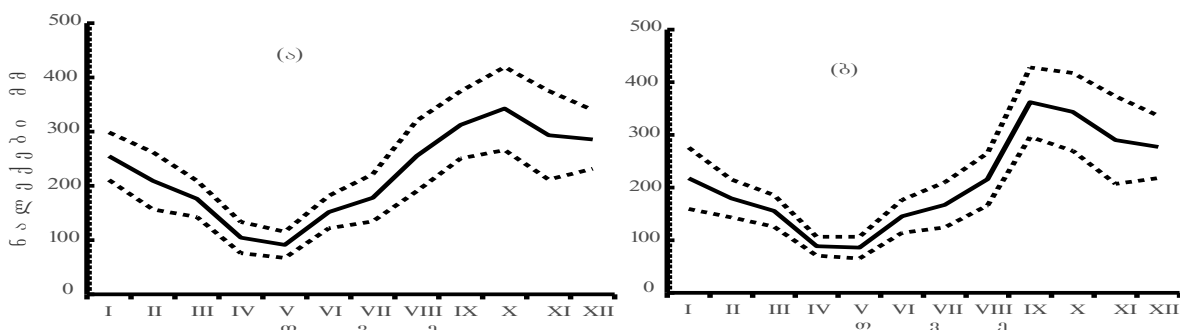
სადაც τ იცვლება 1940-დან 1990-მდე, და ძლიერი დათბობის პერიოდისთვის

$$q = 22983.7 - 10.22 \tau, \quad (6)$$

სადაც τ იცვლება 1991-დან 2010-მდე. ე.ი. სუსტი აცივების დროს ანუ 51 წლის მანძილზე ნალექების ჯამი შემცირდა 27 მმ-ით, რაც ამ პერიოდის ნალექების წლიური ჯამების საშუალო მნიშვნელობის (2656 მმ) დაახლოებით 1 %-ს შეადგენს. ხოლო დათბობის დროს ანუ 20 წლის მანძილზე ნალექები შემცირდა 102 მმ-ით, რაც ამ პერიოდის ნალექების საშუალო წლიური ჯამის (2528 მმ) დაახლოებით 4 %-ია.

მიღებული შედეგების მიხედვით ნალექების წლიური ჯამების ცვლილების რეალური კავშირის დადგენა ტემპერატურული ველის ცვლილებასთან ნაკლებად დასაჯერებელია. მაგრამ, ექვგარეშეა, რომ ასეთი კავშირი უმდა არსებობდეს. მოსალოდნელია, რომ დიდი ინერციულობის გამო მისი გამოვლენა შესაძლებელი გახდეს გაცილებით დიდი პერიოდის განხილვით ვიდრე 71 წელია. რაც შეეხება დროის შედარებით მოკლე პერიოდისთვის (მაგალითად 100 წელი) ტემპერატურული ველისა და ნალექების ცვლილებას შორის კავშირის დადგენა თითქმის შეუძლებელია.

აცივებისა და დათბობის პირობებში ატმოსფერული ნალექების შიდაწლიური განაწილების ცვლილების შესაფასებლად განსაზღვრულია ნალექების თვიური ჯამების განაწილება და ისინი, შესაბამისი სტანდარტული გადახრებით მოცემულია ნახ.3ა და ნახ.3ბ-ზე.

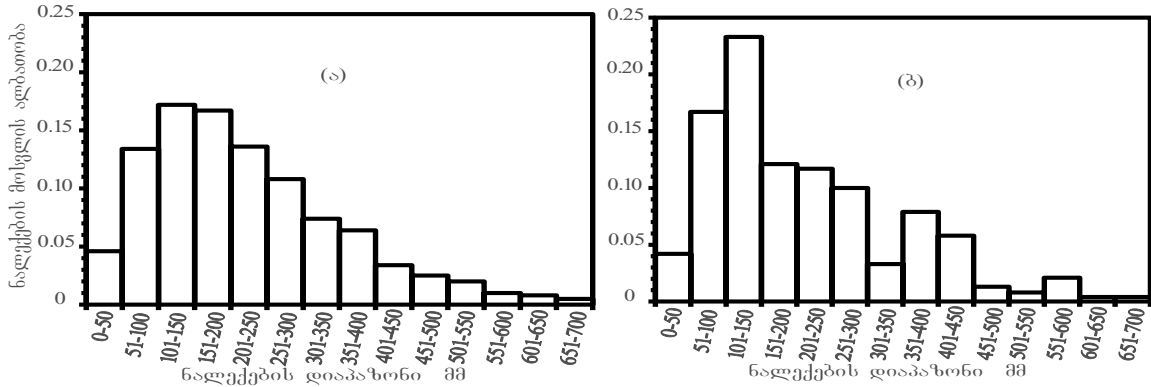


ნახ.3. ნალექების შიდაწლიური განაწილება (უწყვეტი მრუდი) და შესაბამისი სტანდარტული გადახრები (წყვეტილი) ბათუმში 1940-1990 წლების (ა) და 1991-2010 წლების (ბ) მიხედვით.

როგორც ნახაზიდან ჩანს ისინი მცირედ განსხვავდებიან ერთმანეთისაგან. შედარებით მნიშვნელოვანი განსხვავებაა ივლისსა და განსაკუთრებით აგვისტოში, სადაც დათბობის პერიოდში ხდება ნალექების თვიური ჯამების მნიშვნელოვანი შემცირება. ეს ფაქტი კიდევ ერთხელ ადასტურებს მთლიანი პერიოდისთვის დამახასიათებელ სურათს – განხილულ რეგიონში ტემპერატურის ზრდა იწვევს მოსული ნალექების რაოდენობის შემცირებას.

იმის დასადგენად თუ აღნიშნულ ცვლილებას როგორი კატეგორიის ნალექები (მცირე თუ უხვი) განაპირობებს, აგებული იქნა სხვადასხვა რაოდენობის ნალექების მოსვლის ალბათობის

განაწილების ფუნქცია აცივებისა და დათბობის პერიოდისთვის. ისინი წარმოდგენილია ნახ.4-ზე. ნალექების მოსვლის ალბათობები განსაზღვრულია 0-დან 700 მმ-მდე, 50 მმ-იანი დიაპაზონების მიხედვით. მიღებული განაწილების ფუნქციებიდან ნორმალურ განაწილებასთან შედარებით ახლოსაა აცივების პერიოდის განაწილების ფუნქცია.



ნახ.4. სხვადასხვა რაოდენობის ნალექების მოსვლის ალბათობები აცივების (ა) და დათბობის (ბ) პირობებში

როგორც ნახაზიდან ჩანს ძირითად განსხვავებას მოსული ნალექების რაოდენობების მიხედვით მცირე ნალექების შემთხვევაში აქვს ადგილი. მაგალითად, თუ სუსტი აცივების პერიოდში მოსული ნალექები რაოდენობით 51-დან 150 მმ-მდე მთელ დიაპაზონში მოსული რაოდენობის მესამედსაც არ შეადგენს, დათბობის შემთხვევაში იგივე დიაპაზონში მოსული ნალექების რაოდენობა თითქმის მთელი რაოდენობის ნახევარია. იგივე პროცესი უფრო მკვეთრად გამოსახული უხვი ნალექების (350 მმ-ზე მეტი) შემთხვევებში. დათბობის პერიოდში აღნიშნულ დიაპაზონში მოსული ნალექები მნიშვნელოვნად სჭარბობს აცივების პერიოდის ნალექებს.

ამრიგად, მიღებული შედეგების მიხედვით კავშირი ნალექების რაოდენობასა და ტემპერატურულ ველს შორის ასე შეიძლება ჩამოვყალიბოთ: ტემპერატურის ზრდის (დათბობის) შედეგად წლის განმავლობაში მოსული ნალექების ჯამი მცირდება. მაგრამ, საერთო შემცირების ფონზე მნიშვნელოვან ზრდას განიცდის მცირე და უხვი ნალექების შემთხვევები.

აღსანიშნავია ერთი გარემოებაც, მიღებულ შედეგზე გარკვეულ გავლენას შეიძლება ახდენდეს დათბობის პერიოდის შემთხვევათა რიცხვის სიმცირეც (21 წელი 50 წელთან შედარებით). ალბათ აქ მართებული იქნება დასკვნა შემდეგი სახით ჩამოვყალიბოთ - ტემპერატურული ველის ცვლილებასთან (აცივებათან ან დათბობასთან) ნალექების წლიური ჯამების ცვლილების ემპირიული კავშირის დასადგენად სამოცდაათწლიანი პერიოდი საკმადისი არ არის, საჭიროა გაცილებით მეტი;

შედარებით დამაჯერებელი დასკვნის გამოტანა შეიძლება ნალექების შიდაწლიური განაწილების ცვლილების შემთხვევაში - ნალექების რაოდენობის შიდაწლიური განაწილება აცივებიდან დათბობაში გადასვლისას განსხვავებას იძლევა ყველაზე ცხელ პერიოდში ივლისსა და აგვისტოში. კერძოდ, შემცირებას განიცდის საშუალო რაოდენობის, 150-დან 350 მმ-მდე მოსული ნალექების შემთხვევათა რიცხვი, ხოლო ამ დიაპაზონს გარეთ ნალექების შემთხვევათა რიცხვი პირიქით, იზრდება.

ნალექების შემთხვევათა რიცხვი, საშუალო დღიური ნალექი, საშუალო ხანგრძლივობა. ნალექიანობის რეჟიმული სტრუქტურის მნიშვნელოვანი, დამოუკიდებელი პარამეტრებია ნალექების მოსვლის შემთხვევათა რიცხვი, მხოლოდ ნალექიანი დღეების მიხედვით განსაზღვრული ერთი დღის საშუალო ნალექების რაოდენობა და ნალექების საშუალო ხანგრძლივობა. აღნიშნულ პარამეტრებს ერთმანეთთან და, რაც მნიშვნელოვანია, მოსილი ნალექების რაოდენობასთან კავშირი თითქმის არ აქვთ და ახასიათებენ ნალექიანობის რეჟიმს სხვადასხვა კუთხით. აღნიშნულ პარამეტრებს მნიშვნელოვანი პრაქტიკული გამოყენება აქვთ. რომელთა განსაზღვრა მხოლოდ ემპირიული მონაცემებითაა შესაძლებელი.

აცივებისა და დათბობის პირობებში განსაზღვრული მათი მნიშვნელობები ყოველი თვის მიხედვით მოცემულია ცხრილში 2.

ცხრილი 2ი ნალექების შემთხვევათა რიცხვი, საშუალო დღიური ნალექი და ნალექების საშუალო ხინგრძლივობა აცივებისა და დათბობის პირობებში

პარამეტრი პერიოდი	ნალექების შემთხვევათა რიცხვი			ნალექიანი დღეების მიხედვით განსაზღვრული საშუალო დღიური ნალექი (მმ/დღე)			ნალექების საშუალო ხინგრძლივობა (დღე)		
	აცივ.	დათბ.	სხვაობა	აცივ.	დათბ.	სხვაობა	აცივ.	დათბ.	სხვაობა
იანვარი	4.8	4.3	0.3	16.1	14.4	1.7	16.0	15.3	0.7
თებერვალი	4.2	4.6	-0.4	14.1	13.7	0.4	13.7	12.9	0.8
მარტი	5.4	5.4	0	11.1	11.0	0.1	11.2	10.4	0.8
აპრილი	4.7	5.4	-0.7	7.9	8.2	-0.3	8.3	7.4	0.9
მაისი	5.6	5.1	0.5	7.6	8.3	-0.7	7.4	8.2	-0.8
ივნისი	5.6	5.5	0.1	12.1	12.5	-0.4	12.1	12.1	0
ივლისი	5.7	5.2	0.5	12.9	17.4	-4.5	13.2	15.1	-1.9
აგვისტო	5.2	5.5	-0.3	17.9	18.8	-0.9	18.7	15.7	3.0
სექტემბერი	4.7	4.4	0.3	23.2	29.8	-6.6	22.9	28.3	-5.4
ოქტომბერი	4.8	4.9	-0.1	23.8	25.6	-1.8	23.8	24.7	-0.9
ნოემბერი	4.5	4.3	0.2	20.6	22.9	-2.3	20.4	21.0	-0.6
დღეკემბერი	4.7	5.0	-0.3	19.3	18.8	0.5	18.8	19.6	-0.8
წელი	59.9	59.8	0.1	15.6	16.8	-1.2	15.5	15.9	-0.4

როგორც ცხრილიდან ჩანს ნალექების შემთხვევათა რიცხვი აცივებიდან დათბობაში გადასვლისას მნიშვნელოვან ცვლილებას არ განიცდის. საშუალოდ წლის განმავლობაში ორივე პერიოდისთვის ნალექების მოსვლის დაახლოებით 60 შემთხვევას აქვს ადგილი. მაგრამ, სეზონური ვარიაციები საკმაოდ განსხვავებულია. ამ მხრივ გამორჩეულია აპრილის თვე, სადაც აცივებიდან დათბობაზე გადასვლის შემდეგ ნალექების შემთხვევათა რიცხვი ყველაზე მეტად გაიზარდა. აღსანიშნავია, რომ აპრილის თვეში საქართველოს მთელ ტერიტორიაზე ტემპერატურის მკვეთრი ზრდას აქვს ადგილი (თავართქილაძე კ. და სხვ., 2011) და მოსალოდნელია ეს იწვევს ნალექების შემთხვევათა რიცხვის სრდას, რაც სრულიად ბუნებრივია.

რაც შეეხება ნალექიანი დღეების მიხედვით განსაზღვრულ საშუალო დღიურ რაოდენობას და ნალექების საშუალო ხანგრძლივობას, მათი ცვლილება აცივებიდან დათბობაში გადასვლის შემდეგ უფრო შესამჩნევია. ერთიც და მეორეც ძირითადად შემცირებას განიცდის, რაც სრულ თანხმობაშია მოსული ნალექების საერთო რაოდენობის შემცირებასთან.

ერთ დღეში მოსული მაქსიმალური ნალექი. განსაკუთრებით დიდ ინტერესს შეადგენს ერთ დღეში მოსული მაქსიმალური რაოდენობის ნალექების რეჟიმული სტრუქტურის ცვლილება გლობალური დათბობის ფონზე. არასასურველი, კატასტროფული მოვლენების ძირითადი გამოწვევი მიზეზი დროის მოკლე პერიოდში დიდი რაოდენობით მოსული ნალექებია. ექსტრემარულად უხვ ნალექებზე ჰავის ცვლილების გავლენის შეფასება კი ერთ დღეში მოსული მაქსიმალური ნალექების თავისებურებათა შესწავლით შეიძლება. ამ მიზნით, გამოყენებული ემპირიული მონაცემებიდან ამოკრეფილი იქნა ყოველი თვის ერთ დღეში მოსული მაქსიმალური ნალექები და დადგენილი იქნა ის განსხვავებები, რაც მათი აცივებიდან დათბობის პროცესში გადასვლის შედეგად შეიძლება ჩამოუყალიბდეს.

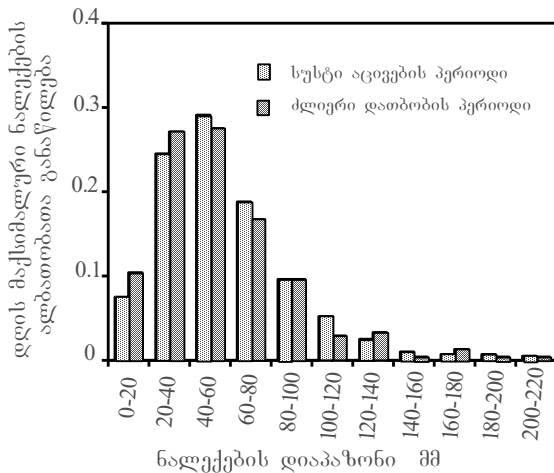
1940-2010 წლებში, ბათუმში ერთ დღეში ნალექების აბსოლუტურად მაქსიმალური რაოდენობა აცივების პერიოდში მოვიდა, კერძოდ 1988 წლის 9 ივლისს და შეადგინა 275.6 მმ. ეს

რაოდენობა განხილული პერიოდის ყველა თვის ერთ დღეში მოსული მაქსიმალური ნალექების საშუალო მნიშვნელობაზე (57.8 მმ) დაახლოებით 4.8-ჯერ მეტია. თუ ყოველი წლის ერთი დღის აბსოლუტური მაქსიმუმების დროში ცვლილებას განვიხილავთ, რასაც აღნიშნული წესით შედგენილი მწკრივის დინამიური ნორმა იძლევა მივიღებთ, რომ აღნიშნულ პერიოდში ერთ დღეში მოსული მაქსიმალური ნალექების რაოდენობა წლების მიხედვით შემცირებას განიცდის და შემცირების საშუალო წლიური ინტენსიურობაა 0.054 მმ/წელი. თუ განვიხილავთ არა წლის, არამედ წლის ყოველი თვეების დღის მაქსიმალურ ნალექებს, ისინიც განხილულ პერიოდში ასევე შემცირებას განიცდიან, მხოლოდ ნაკლები ინტენსიურობით (0.046 მმ/წელი).

მთელი პერიოდის ცვლილებები ცალ-ცალკე აცივებისა და დათბობის შემთხვევაში საკმაოდ განსხვავებულ სახეს ღებულობს. როგორც აღნიშნული იყო აბსოლუტურ მაქსიმუმს (275.6 მმ) აცივების პერიოდში ჰქონდა ადგილი. დათბობის პერიოდში კი მაქსიმუმი (206.9 მმ) 1995 წლის 20 წექტემბერს დაფიქსირდა და იგი აცივების პერიოდის მაქსიმუმზე 25 %-ით ნაკლებია. ასევე ნაკლებია დათბობის პერიოდში ყველა თვის მიხედვით განსაზღვრული ერთ დღეში მოსული მაქსიმალური ნალექების საშუალო მნიშვნელობა (55.7 მმ), აცივების პერიოდის საშუალო მნიშვნელობასთან (58.6 მმ).

განსაკუთრებულად მნიშვნელოვან შედეგებს იძლევა ერთ დღეში მოსული მაქსიმალური ნალექების ცვლილებათა შედარება აცივებისა და დათბობის დროს. მაშინ, როცა მთელი პერიოდისთვის ნალექიანობის განმსაზღვრელი რიგი პარამეტრების შემცირებებს აქვს ადგილი, ერთ დღეში მოსული მაქსიმალური ნალექების მნიშვნელობები აცივებიდან დათბობაში გადასვლის შემდეგ მკვეთრად იზრდება. ასე მაგალითად, როცა ყველა თვეების მიხედვით განსაზღვრული ერთი დღის მაქსიმალური ნალექების ცვლილებას აცივების პერიოდში თითქმის არ აქვს ადგილი (+0.002 მმ/წელი), დათბობის პერიოდში იგი მნიშვნელოვნად იზრდება და მისი ინტენსიურობა +0.149 მმ/წელი-ს შეადგენს. ეს მომატება განსაკუთრებით იზრდება წლის აბსოლუტური მაქსიმუმების შემთხვევაში. თუ აცივების დროს ცვლილება გამოიხატება შემცირებით და შემცირების ინტენსიურობა შეადგენს 0.105 მმ/წელი-ს, დათბობის პროცესში იგი იზრდება ინტენსიურობით +0.399 მმ/წელი-თ. ეს კი მეტად მნიშვნელოვანი დასკვნის გამოტანის საშუალებას გვაძლევს – დათბობის პროცესი, რომლის გავლენა ნალექების მცირე და საშუალო რაოდენობის ცვლილებაზე ნაკლებად ჩანს, უხვი ნალექების რეჟიმზე მკვეთრად ვლინდება. კერძოდ, დათბობა იწვევს ნალექების რაოდენობის გაზრდას და ეს ფაქტი, ექსტრემალურად უხვი ნალექების შემთხვევაში დამაჯერებლად აისახება..

იმის დასადგენად თუ როგორ ცვლილებას განიცდის ყოველი თვის მიხედვით განსაზღვრული ერთ დღეში მოსული მაქსიმალური ნალექი, აგებული იქნა მათი მოსვლის ალბათობათა განაწილების ფუნქცია მოსული ნალექების რაოდენობების მიხედვით, აცივებისა და დათბობის პერიოდებისთვის და იგი მოცემულია ნახ.5-ზე. როგორც ნახაზიდან ჩანს ერთ დღეში მოსული მაქსიმალური ნალექების მცირე, 40 მმ-ზე ნაკლები, მნიშვნელობების მოსვლის ალბათობა აცივებიდან დათბობაში გადასვლის შემდეგ იზრდება. აღნიშნულ დიაპაზონში საერთო რაოდენობის დაახლოებით მესამედი ხვდება. 40 მმ-დან 120 მმ-მდე დიაპაზონში, რომელშიაც საერთო შემთხვევათა რიცხვიდან ნახევარზე მეტი მოდის პირიქითაა, დათბობის დროს შემთხვევათა რიცხვი კლებულობს. რაც შეეხება უხვი ნალექების დიაპაზონს (120 მმ-ზე მეტი), რომელიც ნორმიდან გადახრის ექსტრემალურ კატეგორიადაა მიჩნეული, დათბობის შედეგად ერთ დღეში მოსული მაქსიმალური ნალექების შემთხვევათა რიცხვი მნიშვნელოვან ზრდას განიცდის.



ნახ.5. ერთ დღეში მოსული მაქსიმალური ნალექების ალბათობათა განაწილება ბათუმში სუსტი აცივებისა და ძლიერი დათბობის პერიოდებისთვის.

მაქსიმალური ხანგრძლივობის ნალექები (ხანგრძლივობა, რაოდენობა). გლობალური დათბობის გავლენის დასადგენად ნალექების ხანგრძლივობასა და შესაბამის რაოდენობაზე, გამოყენებულ მონაცემთა ბაზიდან, ყოველი თვის მიხედვით შევარჩიეთ მაქსიმალური ხანგრძლივობის (შემთხვევა, როცა პროცესი დაწყებიდან დამთავრებამდე წყვეტას არ განიცდის) ნალექები, განვსაზღვრეთ მათი ხანგრძლივობა დღეებში და ნალექების რაოდენობა. ყოველი თვისთვის დავადგინეთ მათი ნორმები ცალ-ცალკე აცივებისა და დათბობის პერიოდებისთვის. მიღებული მნიშვნელობები და სხვაობები მათ შორის მოცემულია ცხრილში 2.

ცხრილი 2. მაქსიმალური ხანგრძლივობის ნალექის დღეების საშუალო სიდიდე და ნალექების რაოდენობა ბათუმში აცივებისა და დათბობის პირობებში

პარამეტრი	მაქსიმალური ნალექის ხანგრძლივობა დღე			მაქსიმალური ნალექის რაოდენობა მმ		
	აცივ.	დათბ.	სხვაობა	აცივ.	დათბ.	სხვაობა
იანვარი	6.9	5.4	1.5	125.3	93.4	31.9
თებერვალი	6.2	5.4	0.8	99.8	74.0	25.8
მარტი	5.6	5.6	0	78.6	51.7	26.9
აპრილი	4.7	3.4	1.3	48.7	36.7	12.0
მაისი	4.1	3.9	0.2	48.0	39.1	8.9
ივნისი	4.0	4.8	0.2	64.5	64.8	-0.3
ივლისი	4.9	4.2	0.7	82.2	59.3	22.9
აგვისტო	5.3	4.4	0.9	112.3	91.8	20.5
სექტემბერი	5.9	5.5	0.4	153.8	168.4	-14.6
ოქტომბერი	5.9	6.1	-0.2	158.9	157.3	1.6
ნოემბერი	6.4	5.2	1.2	170.0	122.3	47.7
დღეკემბერი	6.5	5.8	0.7	141.6	123.6	18.0
წელი	5.5	4.9	0.6	107.0	90.0	17.0

როგორც ცხრილიდან ჩანს დათბობის შედეგად ნალექების ხანგრძლივობაც და რაოდენობაც შემცირდა. მთელი პერიოდისათვის ხანგრძლივობის საშუალო სიდიდე, 5.5 დღე 0.6-ით ანუ დაახლოებით 14 საათით შემცირდა, რაც საშუალო ხანგრძლივობის 11%-მდეა. მაქსიმალური

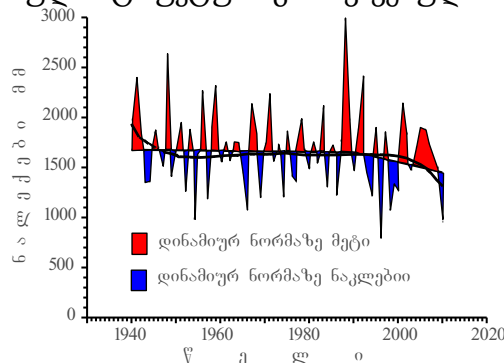
ხანგრძლივობის ნალექების საშუალო წლიურმა ნორმამ (107 მმ) 17 მმ-ით ანუ 16%-მდე განიცადა შემცირება.

აღსანიშნავია თავისებურება, რომელსაც ხანგრძლივობისა და რაოდენობის შიდაწლიურ განაწილება იძლევა. აცივების პერიოდში ყველაზე მცირე ხანგრძლივობას და რაოდენობას შესაბამისად ივნისსა და მაისში აქვს ადგილი. დათბობის შემდეგ ორივე პარამეტრის ყველაზე მცირე მნიშვნელობა აპრილის თვეში გადაინაცვლებს. ე.ი. აპრილიდან მაისსა და ივნისში გადასვლა ანუ ტემპერატურის მატება იწვევს მაქსიმალური ნალექების ხანგრძლივობისა და რაოდენობის ზრდას. ეს პროცესი უფრო მკვეთრად გამოხატული აღნიშნული პარამეტრების შიდაწლიური განაწილების ყველაზე დიდი მნიშვნელობებისთვის და განამტკიცებს ერთ დღეში მოსული მაქსიმალური ნალექების განხილვის დროს მიღებულ შედეგს – ტემპერატურის ზრდით ნალექების რაოდენობის ზრდის ფაქტი დამაჯერებლად ვლინდება მხოლოდ უხვი ნალექების შემთხვევაში. ეს კი მეტად მნიშვნელოვანი დასკვნის საშუალებას იძლევა – გარემოს არამდგრადი წონასწორობის პირობებში ატმოსფერული ნალექების რეჟიმული სტრუქტურის მოსალოდნელ ცვლილებებზე დამაჯერებელი შედეგების მიღება შესაძლებელია არა ნალექების საერთო ნაოდენობის, არამედ უხვი (ექსტრემალური) ნალექების შესწავლის გზით.

დინამიურ ნორმაზე მეტი და ნაკლები ნორმირებული ნალექები. მზე-ატმოსფერო-დედამიწის არამდგრადი წონასწორობის დროს, რაც იწვევს ჰავის ტენდენციურ ცვლილებას – აცივებას ან დათბობას, ატმოსფერული ნალექების რეჟიმის ძირითადი მახასიათებელი დინამიური ნორმაა. იგი იგება მხოლოდ არამდგრადი წონასწორობის პერიოდში ისე, რომ ნალექების ყოველწლიური ჯამების ნორმიდან გადახრებს თანაბარ ნაწილებად ჰყოფს. მაგრამ, ნორმაზე მეტი და ნორმაზე ნაკლები ნალექების რეჟიმული სტრუქტურა შესაძლებელია ერთმანეთისაგან განსხვავებული იყოს და თუ ასეთი განსხვავებაა მისი ცოდნა გარკვეულ პრაქტიკულ ღირებულებას წარმოადგენს.

დინამიურ ნორმაზე მეტი ან ნაკლები ნალექების რეჟიმული სტრუქტურის შესასწავლად ჩატარდა ნალექების წლიური ჯამების ნორმირება. მანორმირებელ პარამეტრებად აღებული იქნა განხილული პერიოდის დინამიური ნორმა. აღსანიშნავია, რომ დაკვირვების ერთი პუნქტისთვის ნალექების (აგრეთვე სხვა პარამეტრებისაც) შემთხვევითი ვარიაციების რეჟიმული სტრუქტურის შესასწავლად მონაცემთა ნორმირება აუცილებელი არ არის, რადგან იგი იგივე შედეგებს იძლევა რასაც ფაქტიური მონაცემები. აქ იგი საილუსტრაციოდაა გამოყენებული რადგან, თუ რეგიონის დასახასიათებლად რამოდენიმე პუნქტის მონაცემებია გამოყენებული, მაშინ ნორმირება აუცილებელია.

ფაქტიური მონაცემების მიხედვით დინამიური ნორმიდან გადახრები მოცემულია ნახ.6-ზე. ნახაზზე დატანილია აგრეთვე მონაცემთა არაწრფივი (მე-5-ე რიგის პოლინომით) აპროქსიმაცია. მიუხედავად იმისა, რომ დინამიური ნორმა უარყოფითი და დადებითი გადახრების ჯამებს ოპტიმალურად შუაზე ჰყოფს, ნახაზიდანაც კარგად ჩანს, რომ დამოუკიდებლად ნორმაზე ნაკლები და ნორმაზე მეტი ნალექების რეჟიმული სტრუქტურა განსხვავებულია.

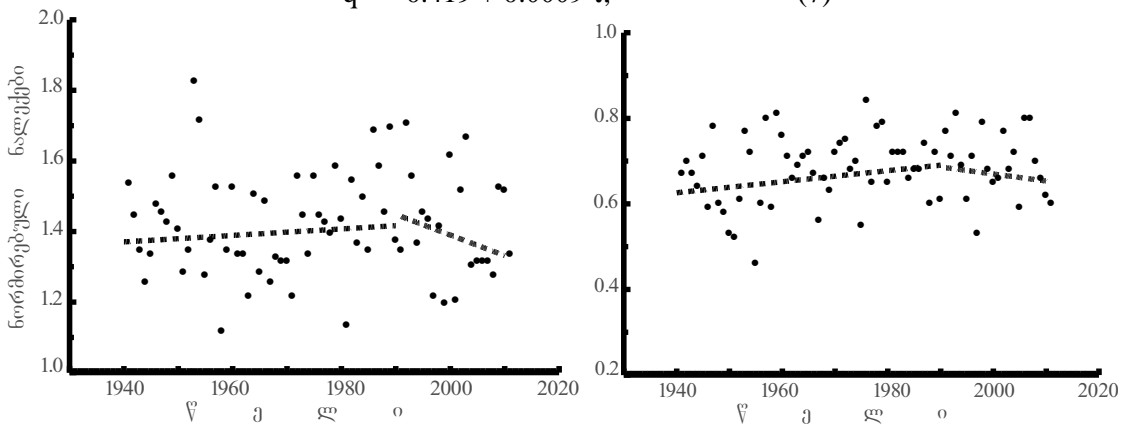


ნახ.6. ატმოსფერული ნალექების გადახრები დინამიური ნორმებიდან და მათი არაწრფივი აპროქსიმაცია (მრული).

ნორმირებული, დინამიურ ნორმაზე მეტი და დინამიურ ნორმაზე ნაკლები ნალექების წლიური ჯამების მნიშვნელობები 1940-2010 წლებში მოცემულია ნახ.7-ზე

როგორც ნორმაზე მეტი ისე ნორმაზე ნაკლები ნალექების შემთხვევაში, მათ ნორმირებულ მნიშვნელობის ცვლილებათა მიმართულებებს და ინტენსიურობებს დამოუკიდებლად აცივებისა და დათბობის პირობებში, გვიჩვენებს ნახაზზე დატანილი წრფეები. ამ წრფეების გამოსახულებებია:

დინამიურ ნორმაზე მეტი ნალექების შემთხვევაში, აცივების დროს
 $q = -0.419 + 0.0009 \tau,$ (7)



ნახ.7. ნორმირებული, დინამიურ ნორმაზე მეტი (>1) და ნაკლები (<1) ნალექების ცვლილება ბათუმში აცივებისა და დათბობის პერიოდებისთვის.

სადაც τ იცვლება 1940-დან 1990-მდე და დათბობის დროს

$$q = 13.059 - 0.0058 \tau, \quad (8)$$

სადაც τ იცვლება 1991-დან 2010-მდე.

დინამიურ ნორმაზე ნაკლები ნალექების შემთხვევაში, აცივების დროს

$$q = -1.881 + 0.0013 \tau, \quad (9)$$

სადაც τ იცვლება 1940-დან 1990-მდე და დათბობის დროს

$$q = 3.948 - 0.0016 \tau, \quad (10)$$

სადაც τ იცვლება 1991-დან 2010-მდე.

ამრიგად, ნორმაზე მეტი და ნორმაზე ნაკლები ატმოსფერული ნალექების ცვლილების მიმართულებები აცივებისა და დათბობის პირობებში ერთნაირია. კერძოდ, აცივების დროს ხდება მათი რაოდენობების ზრდა დროის მიხედვით და დათბობის პირობებში პირიქით, ცვლილებები შემცირებით ხასიათდება. ისინი განსხვავდებიან ცვლილების ინტენსიურობის მიხედვით. აცივების შემთხვევაში ნორმაზე მეტი ნალექების ზრდის ინტენსიურობა (0.0009 °C/წელი) ნორმაზე ნაკლები ნალექების ზრდის ინტენსიურობასთან შედარებით (0.0013 °C/წელი) 30.8%-ით ნაკლებია. ხოლო, დათბობის დროს ნალექების შემცირების ინტენსიურობა ნორმაზე მეტი ნალექების შემთხვევაში (0.0058 °C/წელი), ნორმაზე ნაკლებ ნალექებთან შედარებით (0.0016 °C/წელი) სამ-ნახევარჯერ მეტია. ე.ი. დინამიურ ნორმაზე მეტი და ნაკლები ნალექების ცვლილება თანამედროვე დათბობის ფონზე შესატყვისობაშია ნალექების საერთო რაოდენობის ცვლილებასთან.

ლიტერატურა - REFERENCES - ЛИТЕРАТУРА

1. ელიზბარაშვილი ე., პაპინაშვილი ლ., ხელაძე თ. საქართველოს ტერიტორიაზე ატმოსფერული ნალექების მრავალწლიური ცვლილებისგამოკვლევების წინასწარი შედეგები. კლიმატის კვლევის ეროვნული ცენტრის საინფორმაციო ბიულეტენი, #5, 1997 (35-44)
2. ელიზბარაშვილი ე., პაპინაშვილი ლ., ატმოსფერული ნალექების მრავალწლიური ცვლილება საქართველოს ტერიტორიაზე. ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის შრომები, # 102, 2001 (112-116)
3. თავართქილაძე კ., ელიზბარაშვილი ე., მუშლაძე დ., ვაჩნაძეჯ. საქართველოს მიწისპირა ტემპერატურული ველის ცვლილების ემპირიული მოდელი. მეცნიერება, თბილისი, 1999 (128).

4. თავართქილაძე ვ. საქართველოში ნალექების განაწილების სტატისტიკური სტრუქტურა. ჰიდრომეტ. ინ-ტის შრომები, 105, მეცნიერება, თბილისი, 2002 (117-137).
5. თავართქილაძე ვ., ქიქავა ა. გვალვებისა და გაუდაბნოების ხელშემწყობი ტემპერატურისა და ნალექების რეჟიმული სტრუქტურა და ჰავის ცვლილების გავლენა მასზე. საქართველოს სოფლის მეურნ. მეცნ. აკად. მოამბე, # 28, 2010 (309-317)
6. თავართქილაძე ვ., ქიქავა ა., სოლომონიძე რ., გოგატიშვილი ნ. ჰაერის მიწისპირა ტემპერატურის რეგიონალური ცვლილების თავისებურებანი საქართველოში, გეოგრაფიის ინსტიტუტის შრომათა კრებული, 3, 2011 (35-38).
7. თავართქილაძე ვ., ქიქავა ა., ანანიძე მ. გვალვებისა და გაუდაბნოების ხელშემწყობი ნალექების უარყოფითი ანომალიები საქართველოში. გეოგრაფიის ინსტიტუტის შრომები, 6(85) 2014 (128-133)
8. ცომია ვ., მესხია რ., სიმონია თ. დასავლეთ საქართველოში ექსტრემალური ტემპერატურების დროს ნალექების და მდინარის ჩამონადენის რეჟიმი კლიმატის ცვლილების ფონზე. ჰიდრომეტინსტიტუტის შრომები, 108, 2002 (139-144).
9. Бегалишвили Н.А., Таварткиладзе К.А., Вачнадзе Д.И. Современное изменение климата в Грузии. Вековое изменение влагосодержания атмосферы и его влияние на влагооборот. Тбилиси, 2007 (123).
10. Бегалишвили Н.А., Бериташвили Б.Ш., Цинцадзе Т.Н., бегалишвили Н.Н., Мдивани С.Г., Цинцадзе Н.Т. Оценка риска экстремально обильных осадков с использованием их режимных данных. Тр. Инст-та Гидрометеорологии, 119, 2013 (48-51).
11. Безуглова Н.Н., Зинченко Г.С., Пузанов А.В. Современные тенденции изменения климата в аридных районах юга Западной Сибири. Метеорология и гидрология, №11, 2012 (38-45)
12. Груза Г.В., Ранькова Э.Я., Рочева Э.В. Климатические изменения атмосферных осадков на территории России по данным инструментальных наблюдений. Использование и охрана природных ресурсов в России, № 5, 2007 (37-42)
13. Деркач Д.В. Исследование изменения режима атмосферных осадков в западной части Северного Кавказа. Вестник АГПУ. Естественные и технические науки 2007 - №1, 2007 (73-78).
14. Изменение климата, Физическая научная основа. Доклад МГЭИК. Руководители группы экспертов Жаро М. и Штайнер А., ВМО, ЮНЕП, 2013 (204)
15. Киктёв Д.В., Сизе Д., Александер Л. 2009. Сравнение многолетних средних и тенденций изменения ежегодных экстремумов температуры и осадков по данным моделирования и наблюдений. Изв. РАН. ФАО, 45, № 3. 2009 (305-315).
16. Мазмишвили А.И. Способ наименьших квадратов. Недра, Москва, 1968 (436).
17. Муравьев А.В., Куликова Иа. Взаимосвязь суммарных осадков над Евразией с центрами действия атмосферы Северного полушария и главными модами изменчивости температуры поверхности Северной Атлантики. Метеорология и гидрология, №1, 2011 (5-17)
18. Оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации, Доклад МГЭИК России. Руководитель группы экспертов Бодрицкий Г.С., Москва, 2008 (28)
19. Суковатов К. Ю., Безуглова Н. Н. Когерентные колебания атмосферных осадков холодного сезона на территории Ишимской равнины и индексов атмосферной циркуляции. Метеорология и гидрология, №1, 2015 (18-26).
20. 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 (55-60).

უაკ. 551.551.1, 551.575-6

ჰავის ცვლილების გავლენის შეფასება ატმოსფერული ნალექების რეჟიმზე./ ვ.თავართქილაძე/ სტუ-ს ჰმი-ის სამეცნ. რეგ. შრ. კრებ. - 2016. - ტ.123. - გვ.17-29. - ქართ.; რეზ.: ქართ., ინგლ., რუს. უზვნალექიანი დაკვირვების პუნქტის (ბათუმი) მრავალწლიური დაკვირვების მონაცემების გამოყენებით, სადაც მკვეთრად გაყოფილია აცივებისა და დათბობის პერიოდი, შესწავლილია ჰავის ცვლილებით გამოწვეული ნალექების რეჟიმის დამახასიათებელი პარამეტრების რეჟიმული სტრუქტურის ცვლილებები. ეს პარამეტრებია: ნალექების წლიური ჯამი;/შიდაწლიური განაწილება; შემ-

თხვევათა რიცხვი; საშუალო ხანგრძლივობა; ერთ დღეში მოსული ნალექების საშუალო რაოდენობა; ერთ დღეში მოსული მაქსიმალური ნალექები (ხანგრძლივობა, რაოდენობა); დინამიურ ნორმაზე მეტი და ნაკლები ნალექების რეჟიმული სტრუქტურა. შესწავლილია აღნიშნული პარამეტრების ურთიერთ კავშირი.

UDK 551.551.1, 551.575-6

Climate change impact on the atmospheric precipitation regime./K.Tavartkiladze/ Scientific Reviewed Proceedings of the IHM, GTU. - 2016, V.123. - pp.17-29, Geo.; Summ.: Geo., Eng., Rus. Using several years' data of climate observation point (in Batumi), where periods of temperature falling and rising are strictly separated, was studied climate change caused by variations in the structure of the precipitation regime characteristic parameters. These parameters are: total annual precipitation; annual precipitation distribution; precipitation occasions; average duration of precipitation; average daily precipitation amount; maximum precipitation duration and amount during year; structure of precipitation regime that's more or less than dynamical standard. Connection between these parameters has been studied.

УДК 551.551.1, 551.575 -6

Оценка влияния изменения климата на режиме атмосферных осадков./К.Таварткиладзе/ Науч. Реф. Сб. Труд. ИГМ ГТУ - 2019. вып.123. - с.17-29. Груз.; Рез.: Груз., Англ., Рус. С использованием многолетних данных над атмосферными осадками пункта наблюдений обильными осадками (Батуми), в котором четко разделены периоды потепления и похолодания климата, изучены изменения основных параметров, характеризующих режима осадков. Эти параметры: годовая сумма осадков, внутригодовое распределение, число случаев, средняя продолжительность, среднее количество осадков одного дня, продолжительность и количество максимальных осадков, режимная структура больших и меньших сумм от динамической нормы осадков, Установлены заимные связи упомянутых параметров