

უკ. 551.509

ნალექების ჰორიზონტალური გავრცობა და მისი სეზონური ცვლილება კ.თავართქილაძე\*,  
ნ.ბეგალიშვილი\*\*, თ.ცინცაძე\*\*.

\*ივანე ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის ვახუშტი ბაგრატიონის სახ.  
გეოგრაფიის ინსტიტუტი.

\*\*საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი.

საქართველოში ნალექების რეჟიმის შესწავლის მიზნით მრავალრიცხოვანი სამეცნიერო გამოკვლევები ჩატარებული. ეს ნაშრომები ძირითადად კვლევის მიზნად ისახავდა ნალექიანობის რეჟიმული სტრუქტურის დამახასიათებელი მთელი რიგი პარამეტრების განსაზღვრას გარდა იმ ფართობისა, რომელზეც აღინიშნა ნალექი. ასეთი პარამეტრის შემოტანა არავითარ აუცილებლობას არ წარმოადგენდა მაშინ, როცა დაკვირვების პუნქტები მრავალრიცხოვანი იყო. ვადიანი დაკვირვების მონაცემებით ნალექების ჰორიზონტალური გავრცელების არეალის დადგენა საკმაოდ ზუსტად იყო შესაძლებელი, თუმცა ამ არეალის რეჟიმული სტრუქტურის შესწავლა იშვიათად ხდებოდა.

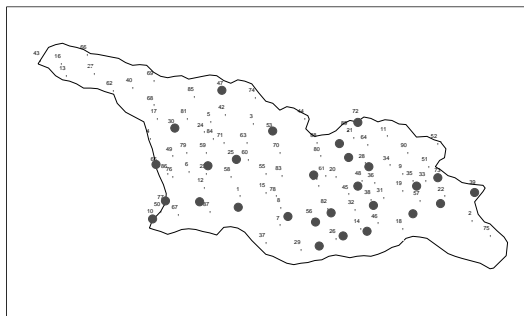
დღეს, როდესაც მიწისპირული ჰიდრომეტეოროლოგიური ქსელი სრული გარდაქმნის პროცესშია და თანდათან მკვიდრდება გლობალური კოსმოსური მონიტორინგი, მიწისპირული დისკრეტული დაკვირვების პუნქტების რიცხვი ძლიერ მცირდება. ისეთი შედარებით პატარა ტერიტორიის და რთული რელიეფის მქონე ქვეყნისთვის როგორც საქართველოა, სადაც ნალექიანობას ხშირ შემთხვევაში შიდა მასიური ატმოსფერული პროცესები განაპირობებენ, ნალექების ჰორიზონტალური გავრცელების არეალის რეჟიმული სტრუქტურის დადგენას უკვე გარკვეული მნიშვნელობა ენიჭება. ამ მიზნით ნაშრომში [1] შემოტანილი იყო ე.წ. ატმოსფერული ნალექების ჰორიზონტალური “გავრცობადობის” ანუ ნალექების გავრცობადობის ცნება. მისი შინაარსი შემდეგში მდგომარეობს: თუ ქვეყნილი ზედაპირის ნებისმიერ ადგილზე მოდის ატმოსფერული ნალექი, რამდენია ალბათობა იმისა, რომ იმავდროულად მოდიოდეს ნალექი მისგან  $s$  მანძილით დაშორებულ ტერიტორიაზე, ანუ როგორია ნალექების  $(q)$  ერთდროული მოსვლის ალბათობის კავშირი მანძილთან  $(s)$ . ეს ნიშნავს თუ განსაზღვრული ორი ადგილისთვის ნალექების ერთდროული მოსვლის ალბათობას წარმოვადგენთ ნორმირებული კორელაციის კოეფიციენტით  $r(q,s)$ , მაშინ

$$r(q,s) = f(s) \quad (1)$$

გამოსახულება განსაზღვრავს ნალექების გავრცობადობას.

ფორმულა (1)-ის მიახლოებითი ანალიზური სახე მოცემულია [1]-ში, სადაც გამოყენებულია საქართველოს 56 დაკვირვების პუნქტის 1936-1990 წლების მონაცემები, დაყოფილი ოთხ რეგიონად. გავრცობადობა განსაზღვრულია მხოლოდ ოთხი რეგიონისთვის და მათი გასაშუალებით დადგენილია (1) ფორმულის სახე. წინამდებარე ნაშრომის მიზანს შეადგენს საქართველოს დაკვირვების 28 პუნქტისთვის, 1936-2009 წლების მონაცემებით, თითოეული პუნქტისთვის ნალექების გავრცობადობის ფუნქციის ანალიზური სახით წარმოდგენა, მათი საშუალებით საქართველოს ტერიტორიისთვის ნალექების გავრცობადობის ფორმულის განსაზღვრა და გავრცობადობის პროცესის სეზონური ცვალებადობის შესწავლა. დაკვირვების მასალების სრულყოფილი დამუშავება (ობიექტური ანალიზი, ერთგვაროვნობის შემოწმება, სხვადასხვა მიზეზებით გამოტოვებულ დაკვირვებათა მონაცემების აღდგენა) ჩატარდა შემთხვევითი ფუნქციის ბუნებრივ ორთოგონალურ მდგენებლებად დაშლის მეთოდის გამოყენებით [2].

დაკვირვების პუნქტების განლაგება, რომელთა ინფორმაცია ნაშრომშია გამოყენებული, მოცემულია ნახ.1-ზე.



ნახ. 1. დაკვირვების პუნქტების განლაგება საქართველოს ტერიტორიაზე.

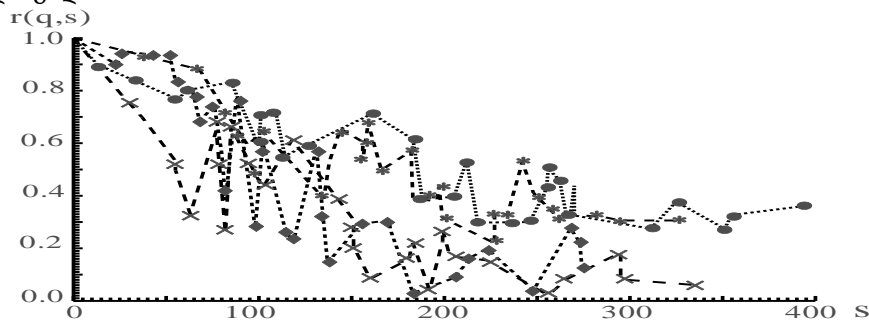
პირდაპირი მანძილები დაკვირვების პუნქტებს შორის განსაზღვრულია ზღვის დონიდან ადგილმდებარეობის სიმაღლის გათვალისწინებით. აღსანიშნავია, რომ აღნიშნულ პუნქტებს შორის

მინიმალური დაშორენა გუდაურსა და ჯვრის გადასასვლელს შორისაა და იგი შეადგენს 4 კმ-ს, მაქსიმალურად დაშორებული ერთმანეთისაგან (393 კმ) კი ბათუმი და ლაგოდეხია.

დაკვირვების პუნქტებს შორის ატმოსფერული ნალექის ერთდროულად მოსვლის ალბათობის დასადგენად, თითოეული დაკვირვების პუნქტისთვის განვსაზღვრეთ კორელაციის კოეფიციენტები ყველა დანარჩენ პუნქტთან, ყოველი თვისთვის დამოუკიდებლად. ამრიგად, მოცემული თვისთვის დაკვირვების ყოველი პუნქტისათვის აიგო კორელაციური ფუნქცია, რომელიც განსაზღვრავდა ამ პუნქტსა და მისგან ნებისმიერი მანძილით დაშორებულ ტერიტორიას შორის ატმოსფერული ნალექების ერთდროულად მოსვლის ალბათობის მნიშვნელობას. ყოველი თვისთვის თითოეული დაკვირვების პუნქტის კორელაციური ფუნქციის ასაგებად გამოყენებული იყო 104 წელი x 27 დაკვირვების პუნქტი ანუ 27 ფიქსირებული მანძილი = 2835 შემთხვევათა რიცხვი.

აღნიშნული წესით განსაზღვრული ფუნქციათა უმრავლესობა, რომელთა საერთო რიცხვი შეადგენდა 336-ს, ერთმანეთისაგან განსხვავდებოდა, მაგრამ ცვლილების საერთო სახე (ცვლილების ტენდენცია) მათთვის ერთნაირი იყო.

თვალსაჩინოებისთვის ნახ.2-ზე წარმოდგენილია ოთხი მათგანი, რომლებიც შერჩეულია როგორც ყველაზე განსხვავებულები მიღებულ ფუნქციათა შორის. ეს ფუნქციები განსაზღვრავენ: 1. ბათუმის ნოემბრის თვისთვის მიღებულ განაწილებას, სადაც აღინიშნა განხილული მაგალითებიდან ყველაზე მაღალი ნალექების საშუალო თვიური ჯამი (158 მმ); 2. მარნეულის იანვრის თვის განაწილების ფუნქციას, სადაც დაფიქსირდა მინიმალური თვიური ნალექების ჯამი (17.8 მმ); 3. მესტიის ოქტომბრის თვის განაწილებას, როგორც მაღალმთიანი ზონის შემთხვევას უდიდესი საშუალო კვადრატული გადახრით და 4. სამტრედიის სექტემბრის თვის განაწილებას, როგორც დაბლობის დამახასიათებელს, მაგრამ ასევე უდიდესი საშუალო კვადრატული გადახრით.



ნახ. 2. ნალექების გავრცობადობის ფუნქცია ბათუმისთვის ნოემბერში (•), მარნეულისთვის იანვარში (◆), მესტიისთვის ოქტომბერში (\*) და სამტრედიისთვის სექტემბერში (×).

მიუხედავად იმისა, რომ დისპერსიები ყველა განაწილებაში საკმაოდ დიდია (ეს ბუნებრივია, რადგან თითოეული წერტილი განსაზღვრავს კორელაციის კოეფიციენტს მხოლოდ ორი სადგურის მიხედვით), კორელაციის კოეფიციენტის შემცირების ტენდენციები მანძილის ზრდის პირობებში დიდად არ განსხვავდებიან. ე.ი. ნახაზზე წარმოდგენილია ის მაქსიმალური საზღვრები, რომელთა შიგნით უნდა განლაგდეს დანარჩენი 332 განაწილება.

მიღებული შედეგებიდან საქართველოს ტერიტორიისთვის ატმოსფერული ნალექების გავრცობადობის საბოლოო სახით წარმოდგენა შემდეგი გზით განხორციელდა. პუნქტიდან მანძილები დაყოფილი იქნა 30 კმ-იან მონაკვეთებად და გაერთიანდა ყველა იმ პუნქტის მონაცემები, რომლებიც დაყოფილი მონაკვეთების საზღვრებში მოხვდნენ. განისაზღვრა საშუალო მანძილები შესაბამისი საშუალო კვადრატული გადახრებით ყოველ მონაკვეთში მოხვედრილი დაკვირვების პუნქტებისათვის და ისინი მოცემულია ცხრ. 1-ში.

ცხრილი 1. საშუალო მანძილები დაკვირვების ორ პუნქტს შორის მათი დაშორების 30 კმ-იან მონაკვეთებად დაყოფის შემთხვევაში

დიაპაზონი	<31 კმ	31 - 60კმ	61 - 90კმ	91 - 20კმ	121 - 50კმ	151 - 180კმ	181 - 210კმ	211 - 240კმ	241 - 270კმ	271 - 300კმ	301 - 330კმ	>330 კმ
s კმ	22.9	46.2	74.9	100.6	134.5	163.0	198.7	228.0	252.8	284.9	314.5	357.0

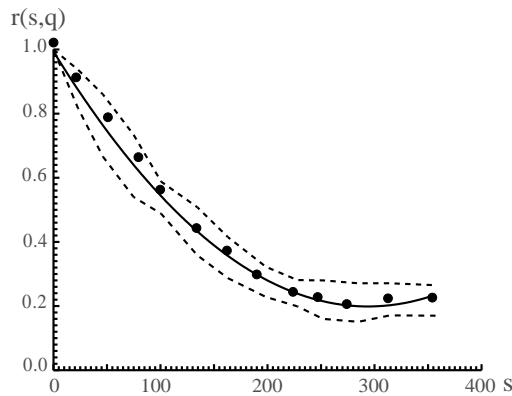
ს.კვ.გ.	6.6	8.1	9.6	16.5	8.2	8.7	16.7	23.8	12.9	9.8	8.1	20.6
---------	-----	-----	-----	------	-----	-----	------	------	------	-----	-----	------

დამოუკიდებლად ყოველი თვისთვის განისაზღვრა თითოეულ დიაპაზონში მოხვედრილი კორელაციის კოეფიციენტების საშუალო მნიშვნელობები. ამრიგად, მიღებული კორელაციის კოეფიციენტები დაახასიათებენ საქართველოს ტერიტორიაზე ატმოსფერული ნალექების ერთდროული მოსვლის ალბათობას დაკვირვების ნებისმიერ ორ პუნქტს შორის ცხრ.1-ში განსაზღვრული დამორებების მიხედვით.

აღწერილი მიდგომით ჩატარებულმა ანალიზმა საშუალება მოგვცა ცალკეული თვეების მიხედვით წარმოგვედგინა (1) ფორმულის ფაქტიური სახე. კორელაციის კოეფიციენტების ცვლილება დაკვირვების პუნქტებს შორის მანძილის ცვლილების მიხედვით ყოველი თვისთვის ძალიან ახლოს იყო ერთმანეთთან. ეს კავშირი ყველა თვისთვის წარმოვადგინეთ მეორე რიგის პოლინომის სახით, სადაც აპროქსიმაციის სიზუსტე 90-დან 97 %-მდე მერყეობდა. აღსანიშნავია, რომ აპროქსიმაციის სიზუსტე უფრო მაღალი იქნებოდა რომ არა ერთი გარემოება. აპროქსიმირებული მრუდის საწყისი მნიშვნელობა, როგორც წესი, უნდა იწყებოდეს 0 კმ-ზე ალბათობის მნიშვნელობით 1, რაც ფაქტიურად შეესაბამება კორელაციურ კავშირს საკუთარ თავთან. რაგინდ მაღალი რიგის პოლინომით არ უნდა ჩავატაროთ აპროქსიმაცია [3], შედარებით დიდი ცდომილებები აღინიშნება მრუდის საწყის და ბოლო მონაკვეთებში. ასე რომ ფაქტიურად  $s=0$  წერტილში  $r=1$ -ის მიღწევა მხოლოდ ერთი გზით შეიძლება - თუ  $s=0$  წერტილში  $r=1$ -ს "მივაბამთ" ანუ პოლინომის თავისუფალ წევრს წინასწარ ჩავთვლით 1-ის ტოლად, ეს კი აპროქსიმაციის სიზუსტეს აუარესებს. უნდა აღინიშნოს, რომ  $r$ -სა და  $s$ -ს შორის კარგმა კავშირმა ამის საშუალება მოგვცა.

მიგვაჩნია, რომ ფორმულა (1)-ის ფაქტიური სახით წარმოდგენა ყველა თვისთვის არ არის აუცილებელი. ჩატარებული გამოკვლევის ცდომილების ფარგლებში საკმაოდ ზუსტად შეიძლება საქართველოს ტერიტორიაზე ატმოსფერული ნალექების ჰორიზონტალური გავრცელების არეალის რეჟიმული სტრუქტურის გამოსახვა ერთი ფორმულით მიუხედავად იმისა, რომ მიღებული მოდელის მცირეოდენი სეზონური ცვლილება შეიმჩნევა. ამ ცვლილებას ქვემოთ დავახასიათებთ.

დაკვირვების პუნქტებს შორის ცხრ. 1-ში განსაზღვრულ მანძილებზე კორელაციის კოეფიციენტების უალბათესი მნიშვნელობები წარმოდგენილია ნახ. 3-ზე.



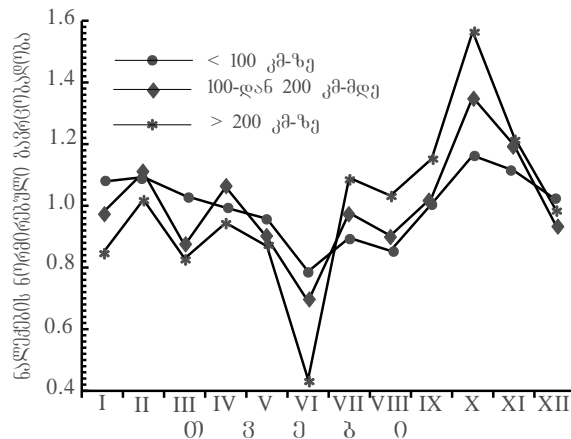
ნახ.3. ნალექების გავრცობადობა საქართველოს ტერიტორიაზე (უწყვეტი მრუდი - აპროქსიმაცია მეორე რიგის პოლინომით; წყვეტილი მრუდები - საშუალო კვადრატული გადახრის დიაპაზონი).

ნახაზზე წარმოდგენილი მრუდის ანალიზური სახეა

$$r(q,s) = 1 - 5.59 \cdot 10^{-3} s + 9.91 \cdot 10^{-6} s^2, \quad (2)$$

სადაც  $s$  აღებულია კმ-ში.

როგორც ზემოთ იყო აღნიშნული, პუნქტებს შორის ნალექების ერთდროულად არსებობის ალბათობის განმსაზღვრელ კორელაციის კოეფიციენტისა კავშირი პუნქტებს შორის მანძილთან დიდ სეზონურ ცვლილებას არ განიცდის. შევეცადეთ ეს კავშირი შემდეგი სახით წარმოგვედგინა. დაკვირვების პუნქტებს შორის დამორებები დაეყავით სამ დიაპაზონად: ერთმანეთთან ახლოს განლაგებული პუნქტები, ანუ ისინი, რომელთა შორის მანძილები 100 კმ-ზე ნაკლებია; საშუალო მანძილით დამორებული პუნქტები, ანუ ის პუნქტები, რომელთა შორის მანძილები 100-დან 200 კმ-მდეა და შორეული პუნქტები, ანუ პუნქტები, რომელთა შორის მანძილები 200 კმ-ზე მეტია. თითოეული დიაპაზონისთვის განვსაზღვრეთ კორელაციის გასაშუალებული კოეფიციენტები თვეების მიხედვით. დიაპაზონების ერთმანეთთან შედარების მიზნით მოვახდინეთ კორელაციის კოეფიციენტების საშუალო თვიური მნიშვნელობების ნორმირება. მანორმირებელ პარამეტრად ყოველი დიაპაზონისთვის ავიღეთ კორელაციის კოეფიციენტების საშუალო წლიური მნიშვნელობები. მიღებული შედეგები წარმოდგენილია ნახ.4-ზე.



ნახ. 4. ნალექების ნორმირებული გავრცობადობის სეზონური ცვლილება

როგორც ნახაზიდან ჩანს, შედარებით დიდ ცვლილებას განიცდის ნალექების გავრცობადობა შორი მანძილების შემთხვევაში. ეს ბუნებრივია: რაც უფრო დიდ ფართობზეა მოსული ნალექები, საერთო ნალექების რაოდენობაც მეტია. ხოლო მოსული ნალექების მეტ რაოდენობას მეტი დისპერსია ექნება. აქ მნიშვნელოვანია შემდეგი გარემოება: როგორც ნახაზიდან ჩანს, ნალექებით მოცული არეალი თითქმის არ განიცდის რეჟიმულ ცვლილებას. დეკემბრიდან მაისის ჩათვლით. შეიძლება ითქვას, რომ გავრცობადობა ნორმის ფარგლებშია, რადგან ნორმირებული მნიშვნელობები 1-თან ახლოსაა. ივნისში ხდება ნალექების გავრცობადობის შემცირება. ის ნორმაზე დაბლა იწევს. ივნისსა და აგვისტოში ნალექების გავრცობადობა კვლავ ნორმის ფარგლებშია. შემდეგ ნალექებით მოცული არეალი იზრდება და მაქსიმუმს ოქტომბერში აღწევს. როგორც ნახაზიდან ჩანს, გავრცობადობის მაქსიმალურმა ცვლილებამ შეიძლება 40-60 %-ს მიაღწიოს. სეზონური ცვლილების გათვალისწინება შეიძლება მე-(2)-ე ფორმულაში. მაგრამ ეს არ გავაკეთეთ. ეს იმიტომ, რომ ჯერ ერთი მისი გათვალისწინება გავრცობადობის საბოლოო შედეგზე დიდ გავლენას არ ახდენს და შემდეგ, ამჯერად ვახასიათებთ ნალექებით მოცული ფართობის რეჟიმულ მდგომარეობას, რისთვისაც აღწერილობითი ანალიზი საკმარისია. თუ დადგება შემოტანილი პარამეტრის პრაქტიკული გამოყენების საკითხი ამა თუ იმ ატმოსფერული პროცესის მოდელირებისას და გავრცობადობის სიზუსტეს მნიშვნელობა ექნება, მისი გათვალისწინება სირთულეს არ წარმოადგენს.

**ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА**

1. თავართქილაძე ვ. საქართველოში ნალექების განაწილების სტატისტიკური სტრუქტურა. საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის შრომათა კრებული, ტ.105, თბილისი, 2002 გვ.117-137.
2. Обухов А.М. О статистических ортогональных разложениях эмпирических функций. Изв. АН СССР, сер. геофиз., 3, 1960, с.432-439.
3. Мазмишвили А.И. Способ наименьших квадратов. Недр, Москва, 1968, (436).

უკ 551.509

ნალექების ჰორიზონტალური გავრცობადობა და მისი სეზონური ცვლილება /ვ.თავართქილაძე, ნ.ბეგალიშვილი, თ.ცინცაძე/. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის შრომათა კრებული, 2014, ტ.120, გვ.5-9. ქართ. რეზ. ქართ., ინგლ., რუს.

შესწავლილია საქართველოში ატმოსფერული ნალექების “გავრცობადობის” რეჟიმული სტრუქტურა. დაკვირვების 28 პუნქტის 1936-2009 წლების თვიური ჯამების მონაცემებით მიღებულია ფორმულა, რომელიც აკავშირებს ტერიტორიის ნებისმიერ ორ წერტილში ნალექების ერთდროულად მოსვლის ალბათობას მათ შორის მანძილთან. დადგებილია ნალექების გავრცობადობის სეზონური ცვლილება.

UDC 551.509

Horizontal prevalence of precipitation and its seasonal changes /K.Tavartkiladze, N.Begalishvili, T.Tsintsadze/Transactions of the Institut of Hydrometeorology of Georgian Technical University. 2014, vol.120 , pp.5-9. Georg., Summ., Georg., Eng., Rus.

Studied modal structure "prevalence" of rainfall in Georgia. Monthly sums of precipitation at 28 monitoring stations for the period 1936-2009 yy obtained the formula for any two points in the territory connects the chance of precipitation with distance between them. Set seasonal changes in the prevalence of precipitation.

УДК 551.509

Горизонтальная распространённость осадков и его сезонное изменение /Таварткиладзе К.А., Бегалишвили Н.А., Цинцадзе Т.Н./ Сб. Трудов Института гидрометеорологии Грузинского Технического университета. 2014. Т.120, с.-5-9. Груз. Рез. Груз. ,Англ., Рус.

Изучена режимная структура «распространённости» атмосферных осадков в Грузии. По месячным суммам осадков на 28 пунктах наблюдений за период 1936-2009 гг получена формула, которая на любых двух точках территории связывает вероятность выпадения осадков с расстоянием между ними. Установлено сезонное изменение распространённости атмосферных осадков.