

## უაკ 551

### საათობრივი ნალექების განსაზღვრა კლიმატური ცნობარებიდან მათი წლის და თვის სიდიდეების საფუძველზე და ძლიერი, კატასტროფული ნალექების მოსვლის ალბათობების (რისკის) შეფასება

ნ.ბეგალიშვილი, თ.ცინცაძე, ბ.ბერიტაშვილი, ნ.კაპანაძე, ლ.ქართველიშვილი, ნ.ნ.ბეგალიშვილი, ნ.ცინცაძე

#### შესავალი. ამოცანის დასმა.

ყველა ჰიდროლოგიური ტიპის გათვლები დამყარებულია მდინარის აუზში მოსულ ნალექთა დინამიკის გამოყენებაზე. ჩამონადენის მოკლე და ზემოკლევადიანი საპროგნოზო მოდელების და სქემების დამუშავება ისეთი საშიში მოვლენებისათვის, როგორცაა წყალმოვარდნა, წყალდიდობა, ღვარცოფი, ითვალისწინებს წყალშემკრებზე ნალექთა საათობრივი რეჟიმის მონაცემებს, ანუ პლუვიომეტრული ტიპის ინფორმაციას. გასული საუკუნის განმავლობაში პლუვიომეტრული დაკვირვებები წარმოებდა ძირითადად სამეცნიერო პროექტების შესრულებისას და ეს მონაცემები იშვიათად იყო წარმოდგენილი კლიმატურ ცნობარებში. ამ მხრივ მეტად მნიშვნელოვანი ნაბიჯი იყო ნალექთა რადიოლოკაციური გაზომვების ორგანიზება, რომლებიც სათანადო კალიბრების შემდეგ, იძლეოდა აუზის ნებისმიერ ფართობზე ნალექთა სიდიდის და ინტენსივობის განსაზღვრის საშუალებას დროის რეალურ მასშტაბში. აღსანიშნავია, რომ ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტში გასული საუკუნის 80-იან წლებში ამოქმედდა მეტეოროლოგიური რადიოლოკაციური სადგურების მრლ-5-ის (იორის პოლიგონი, თიანეთის რაიონი) და მრლ-2-ის (სევანის პოლიგონი, სომხეთი) გამოთვლით მანქანებთან (EC-1022, M-1200) შეპირისპირებით შექმნილი ნალექთა გაზომვის რადიოლოკაციური ავტომატიზებული კომპლექსები. მათი მონაცემები უკვე ასახავდა ნალექთა რეჟიმზე უწყვეტ ინფორმაციას სწორედ დროის რეალურ მასშტაბში და გამოყენებული იქნა ღრუბლებზე ხელოვნური ზემოქმედების ეფექტის დასადგენად. ასევე 80-იან წლებში ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტში შესრულდა სამეცნიერო პროექტი სახელწოდებით "საქართველო-ნალექები" ("Трузия-осадки"), რომელიც გულისხმობდა ქვეყნის ტერიტორიაზე 5-10 ავტომატიზებული რადიოლოკაციური კომპლექსის ამოქმედებას, ერთიან კომპიუტერულ ცენტრში ინფორმაციის გადაცემა-შეგროვებით, დამუშავებით, ანალიზით და წარმოდგენით. პროექტის განხორციელების შემთხვევაში, რომელიც იგეგმებოდა 90-იანი წლების ბოლოსათვის, საქართველოს ტერიტორიის უმეტესი ნაწილი (თითქმის 70-80%) მოხვდებოდა ავტომატიზებული კომპლექსების ქსელის ხედვის არეში. თავის მხრივ ეს იძლეოდა საშუალებას მიღებული ინფორმაციის კომპლექსურ გამოყენებაზე საშიში და კატასტროფული ჰიდრომეტეოროლოგიური მოვლენების (ქარიშხალი, შკვალი, ძლიერი და უხვი ნალექები, დიდთოვლობა, სეტყვა, გვალვა, ელჭექი, წყალდიდობა, წყალმოვარდნა, ღვარცოფი, თოვლის ზვავი) მონიტორინგის სისტემების შექმნისა და მათი რეგულირების მეთოდების დამუშავება-რეალიზებისათვის. სამწუხაროდ XXI საუკუნის დამდეგისათვის ყველა ეს პროექტი განუხორციელებელი აღმოჩნდა. ხოლო ბოლო წლებში (2015-2016) აღდგენილ სეტყვის საწინააღმდეგო სამსახურში ამოქმედდა თანამედროვე ტიპის რადიოლოკაციური ავტომატიზებული კომპლექსი, რომლის ინფორმაცია შეიძლება გამოყენებული იქნას ატმოსფერული ნალექების გაზომვებისათვის და აღნიშნული პროექტების ფარგლებში კვლევების ჩატარებისათვის.

ნალექების დინამიკაზე საათობრივი ინფორმაცია სასურველია შესული იყოს ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტში დამუშავების სტადიაში მყოფ ჰიდროლოგიურ ცნობარ-ატლასში. ეს უნდა იყოს ცხრილების ან რუკების სახით ასახული კლიმატური მონაცემები 1,3,6,12 და 24 საათში მოსულ ნალექებზე, რისთვისაც შეიძლება გამოყენებული იქნას საქართველოს ტერიტორიაზე ადრე არსებული და დღეს მოქმედი მეტეოსადგურების დაკვირვებები. რადგან ამჟამად არ გაგვაჩნია ნალექებზე რეჟიმული ინფორმაცია, მიღებული პლუვიომეტრული და რადიოლოკაციური გაზომვებით, შევეცდებით წარმოვადგინოთ მეთოდიკა, რომელიც იძლევა

საშუალებას გამოთვლებით აღდგენილ იქნას ნალექების საათობრივი მნიშვნელობები კლიმატურ ცნობარებში მოცემული წლიური და თვის მონაცემების საფუძველზე.

**კვლევის მეთოდიკა და გამოთვლის შედეგები.**

მაგალითისათვის განვიხილავთ მეტეოროლოგიური სადგურის თბილისი, ჰმო-სათვის 1951-1965 წლებში თვეების მიხედვით საშუალო თვის ნალექთა სიდიდეებს და ზოგიერთ მათ რეჟიმულ მახასიათებლებს-ნალექიან დღეთა რიცხვს და ნალექთა მოსვლის ხანგრძლივობას საათებში [1,2]. ცხრ. 1-ის ზედა ნაწილში მოცემულია მონაცემები კლიმატური ცნობარიდან, ხოლო ქვედა ნაწილში წარმოდგენილია გამოთვლის შედეგები. კერძოდ, პირველ სტრიქონში რეჟიმული მონაცემების გაყოფით მეორე სტრიქონის მონაცემებზე ვლენულობით ყოველი თვის სადღელამისო ნალექების სიდიდეებს მმ-ში (იხ. ქვედა ნაწილის პირველი სტრიქონი), ხოლო პირველი სტრიქონის მონაცემების გაყოფით მესამე სტრიქონის მონაცემებზე ვლენულობით ყოველთვიური ნალექების საშუალო ინტენსივობას მმ/სთ (იხ. ქვედა ნაწილის მეორე სტრიქონი). გამომდინარე ნალექთა ინტენსივობიდან, შეიძლება აღვადგინოთ ნალექები, მოსული 1,3,6,12 და 24-საათიან დროით ინტერვალებში. ყურადღებას იპყრობს ის გარემოება, რომ ინტენსივობის გათვალისწინებით 24 საათისათვის აღდგენილი სიდიდეები არ ემთხვევა გამოთვლების შედეგებს პირველი სტრიქონიდან. კერძოდ, ცივი პერიოდის (XI-III) დღელამური ნალექები გამოთვლების მეშვიდე სტრიქონში დაახლოებით 2-ჯერ მეტია პირველ სტრიქონში მოცემულ სიდიდეებზე, ხოლო თბილი პერიოდის შემთხვევაში (IV-X) 3-5-ჯერ აღემატება მათ. ეს გამოწვეული უნდა იყოს იმით, რომ ნალექთა ხანგრძლივობა საათებში არ ასახავს ნალექიან დღეთა რიცხვს. ეს გასაგებია, რადგან ნალექთა ხანგრძლივობის გაყოფა 24-ზე არ გვამლევს ნალექიან დღეთა რიცხვს იმის გამო, რომ დღელამის განმავლობაში ხშირად არ დაიკვირვება 24 საათიანი უწყვეტი ნალექი. აღსანიშნავია, რომ მეშვიდე სტრიქონის მონაცემები ახლოსაა საშუალო დღელამურ მაქსიმუმებთან [1,2].

ცხრილი 1 თბილისი, ჰმო. ატმოსფერულ ნალექთა რეჟიმული მახასიათებლები და გამოთვლის შედეგად მიღებული სიდიდეები

თვე.												
I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	წელი
თვის ნალექები (მმ)												
19	27	36	57	93	78	52	39	46	46	40	26	559
ნალექიან დღეთა რიცხვი სიდიდით $\geq 0,1$ მმ												
6.5	7.5	8.8	11.8	15.1	11.7	9.1	7.5	8.7	9.2	8.7	6.8	111
ნალექების საშუალო ხანგრძლივობა (სთ)												
92	91	119	95	87	64	40	39	55	76	94	87	939
ბამ(ო)თვლის შედეგები												
საშ. სადღელამისო ნალექები (მმ)												
2.9	3.6	4.1	4.8	6.2	6.7	5.7	5.2	5.3	5.0	4.6	3.8	5.0
ნალექების სადღელამისო საშ. ინტენსივობა (მმ/სთ)												
0.2	0.3	0.3	0.6	1.1	1.2	1.3	1.0	0.8	0.6	0.4	0.3	0.6
1სთ-ში მოსული ნალექთა რაოდ. (მმ)												
0.2	0.3	0.3	0.6	1.1	1.2	1.3	1.0	0.8	0.6	0.4	0.3	0.6
3სთ-ში მოსული ნალექთა რაოდ. (მმ)												
0.6	0.9	0.9	1.8	3.3	3.6	3.9	3.0	2.4	1.8	1.2	0.9	1.8
6სთ-ში მოსული ნალექთა რაოდ. (მმ)												
1.2	1.8	1.8	3.6	6.6	7.2	7.8	6.0	4.8	3.6	2.4	1.8	3.6
12სთ-ში მოსული ნალექთა რაოდ. (მმ)												
2.4	3.6	3.6	7.2	13.2	14.4	15.6	12.0	9.6	7.2	4.8	3.6	7.2
24სთ-ში მოსული ნალექთა რაოდ. (მმ)												
4.8	7.2	7.2	14.4	26.4	28.8	31.2	24.0	19.2	14.4	9.6	7.2	14.4

ამრიგად, თუ ასეთ გამოთვლებს შევასრულებთ კლიმატურ ცნობარში მოცემული ყველა სადგურისათვის, შეიძლება მათი წარმოდგენა რუკების სერიის სახით, სადაც ასახული იქნება ნალექთა საათობრივი სიდიდეების განაწილება.

რუკების სახით შეიძლება, ასევე წარმოდგენილი იყოს კლიმატურ ცნობარებში [1,2] მოცემული ნალექთა შემდეგი მახასიათებლები:

- წლის და თვეების მიხედვით უდიდესი და უმცირესი ნალექთა რაოდენობა. სადგურების რაოდენობა -94.

- ნალექთა დღელამური მაქსიმუმი თვეების მიხედვით სხვადასხვა უზრუნველყოფისათვის. აგრეთვე შეიძლება მოცემულ იქნას საშუალო მაქსიმუმები. სადგურების რაოდენობა-46

- წვიმის მაქსიმალური ინტენსივობა სხვადასხვა დროით ინტერვალში (წელი). განხილულია წვიმის ხანგრძლივობა - 5, 10, 20, 30წთ-ში და 1, 12, 24სთ-ში. ეს მახასიათებლები მიღებულია პლუვიამეტრული გაზომვებით. სადგურების რაოდენობა – 26.

წინამდებარე ნაშრომში განვიხილავთ, ასევე, იმ მეთოდის რეალიზების შედეგებს, რომლის საფუძველზე შესაძლებელია საქართველოს ტერიტორიაზე განლაგებული მეტეოსადგურებისათვის შეფასდეს სხვადასხვა სიდიდის ნალექების, მათ შორის ძლიერი და კატასტროფული ხასიათის, მოსვლის ალბათობები ანუ მათი რისკები. ეს მეთოდიკა წარმოდგენილია [5]-ში და ეფუძნება დაკვირვებათა იმ მონაცემებს, რომელთა მიხედვით სადღეღამისო ნალექების ალბათობათა სიმკვრივის განაწილება აღიწერება გამა-ფუნქციით [3-5]:

$$f(x)=Ax^{\alpha}\exp(-x/\beta).$$

აქ  $f(x)$  დღელამური ნალექების ალბათობის სიმკვრივეა, ხოლო განაწილების ფუნქციის პარამეტრები

$$\alpha > -1; \beta > 0; A = [\beta^{\alpha+1}\Gamma(\alpha+1)]^{-1},$$

სადაც  $\Gamma(\alpha+1)$  –სრული გამა-ფუნქციაა.

განაწილების ფუნქციის პარამეტრების დასადგენად აუცილებელია საშუალო დღელამური ნალექების სიდიდისა და მათი დისპერსიის ცოდნა [5].

ალბათობა  $x$  ნალექთა მოსვლისა, რომელთა სიდიდე  $x \geq x_1$ , ტოლია

$$P(x \geq x_1) = \int_{x_1}^{\infty} f(x) dx = \frac{\Gamma(\alpha+1; x/\beta)}{\Gamma(\alpha+1)},$$

აქ  $\Gamma(\alpha+1; x/\beta)$  - არასრული გამა-ფუნქციაა.

ქვემოთ მოცემულია მეთოდის რეალიზების 2 მაგალითი უხვნალექიანი სადგური ბათუმი, შუქურასათვის და შედარებით ნაკლებნალექიანი სადგური თბილისი, ჰმო-სათვის. ორივე შემთხვევაში შერჩეული იყო ის წელი და თვე, როცა დაფიქსირდა თვის მაქსიმალური ნალექი [1]. ცხრილებში 2 და 3 წარმოდგენილია სხვადასხვა სიდიდის წვიმის მოსვლის რეალური და გამოთვლილი ალბათობები. მათი შედარებით შეიძლება დავასკვნათ, რომ ბათუმისათვის მიღებულია კარგი, ხოლო თბილისისათვის-დამაკმაყოფილებელი შედეგები.

ცხრილი 2 ბათუმი, შუქურა-1959 წლის სექტემბერი ( $X_{max}=656$ მმ) ნალექთა მოსვლის ალბათობები

#	ნალექთა რაოდენობა	ასეთი ნალექების დღეთა რაოდენობა	რეალური დღელამური ალბათობა	გამოთვლილი ალბათობა
	$X_m(\text{მმ})$	$N_x$	FF	P
1	$\geq 0.1$	21	21/21=1.00	1.00
2	$\geq 0.5$	20	20/21=0.95	0.99
3	$\geq 1.0$	20	20/21=0.95	0.99
4	$\geq 5.0$	17	17/21=0.80	0.96
5	$\geq 10.0$	14	14/21=0.66	0.88
6	$\geq 20.0$	13	13/21=0.61	0.68

7	$\geq 30.0$	10	$10/21=0.47$	0.49
8	$\geq 50.0$			0.22
9	$\geq 100.0$	საორიენტაციოთ 1	$1/21=0.04$	0.02

### დასკვნა

ასეთი ტიპის გამოთვლები შეიძლება შესრულდეს ყველა მეტეოსადგურისათვის საქართველოს ტერიტორიაზე, რის შემდეგ ძლიერი და კატასტროფული ნალექების რისკების განაწილება შეიძლება წარმოდგენილი იყოს რუკების სახით

1966 წლის შემდეგ მეტეოსადგურების ქსელში დაკვირვებები იწარმოება 8-ჯერ დღეღამეში 3-საათიანი ინტერვალით. ამ მონაცემების მოპოვებით შესაძლებელი ხდება განხილული მეთოდის მიღებული სიდიდეების შედარება, შემოწმება, კორექცია და შევსება.

ცხრილი 3 თბილისი, ჰმო-1955 წლის აგვისტო ( $X_{max}=203\text{მმ}$ ) ნალექთა მოსვლის ალბათობები

#	ნალექთა რაოდენობა $X_m(\text{მმ})$	ასეთი ნალექების დღეთა რიცხვი $N_x$	რეალური დღეღამური ალბათობა F	გამოთვლილი ალბათობა
1	$\geq 0.1$	9	$9/9=1.00$	0.98
2	$\geq 0.5$	6	$6/9=0.66$	0.91
3	$\geq 1.0$	6	$6/9=0.66$	0.83
4	$\geq 5.0$	6	$6/9=0.66$	0.41
5	$\geq 10.0$	4	$4/9=0.44$	0.18
6	$\geq 20.0$	1	$1/9=0.11$	0.03
7	$\geq 30.0$	1	$1/9=0.11$	0.01
8	$\geq 50.0$	საორიენტაციოთ 1	$1/9=0.11$	$2.3 \times 10^{-4}$
9	$\geq 100.0$	საორიენტაციოთ 1	$1/9=0.11$	$6.1 \times 10^{-8}$

### ლიტერატურა \_ REFERENCES \_ ЛИТЕРАТУРА

1. Справочник по климату СССР. Вып.14.Грузинская ССР. Метеорологические данные за отдельные годы. Часть II . Атмосферные осадки. Гидрометеоиздат, Л., 1973, 377с.
2. Справочник по климату СССР. Вып.14. Грузинская ССР. Часть IV . Влажность воздуха, атмосферные осадки, снежный покров. Гидрометеоиздат, Л., 1970, 426с.
3. Дроздов О.А., Васильев В.А., Кобыщева Н.В., Раевский А.Н., Смекалова Л.К., Школьный Е.П. Климатология. Гидрометеоиздат, Л., 1989, 568с.
4. Сванидзе Г.Г., Бегалишвили Н.А., Бериташвили Б.Ш. Планирование на основе метода Монте-Карло рандомизированного засева облаков в экспериментах по искусственному увеличению осадков в горном регионе. Обзорение прикладной и промышленной математики. Серия “Вероятность и статистика”, том 3. Вып. 2, М., “ТВП”, 1996, с.193-203.
5. Бегалишвили Н.А., Бериташвили Б.Ш., Цинцадзе Т.М., Бегалишвили Н.Н., Мдивани С.Г., Цинцадзе Н.Т. Оценка риска экстремально обильных осадков с использованием их режимных данных. Материалы Международной Научно-Технической конференции “Актуальные Проблемы Гидрометеорологии и Экологии”, Труды Инст.Гидрометеорологии Грузинского Технического Университета, том 119, с.48-51.

### უაკ 551

საათობრივი ნალექების განსაზღვრა კლიმატური ცნობარებიდან მათი წლის და თვის სიდიდეების საფუძველზე და ძლიერი, კატასტროფული ნალექების მოსვლის ალბათობების (რისკის) შეფასება/.ნ.ბეგალიშვილი, თ.ცინცაძე, ბ.ბერიტაშვილი, ნ.კაპანაძე, ლ.ქართველიშვილი, ნ.ნ.ბეგალიშვილი, ნ.ცინცაძე./სტუ-ს ჰმო-ის სამეცნ. რეფ. შრ. კრებ. - 2017. - ტ.124. - გვ.33-37. - ქართ.; რეზ.: ქართ., ინგლ., რუს.განხილულია საათობრივი (1,3, 6,12 და 24) ნალექების სიდიდეთა გამოთვლის მეთოდიკა, რომელიც დამყარებულია კლიმატური ცნობარებიდან მათი წლის და თვის მონაცემების გამოყენებაზე. მხედველობაში მიიღება, ასევე, მოცემულ თვეში ნალექიან დღეთა რიცხვი, ნალექთა ხანგრძლივობა და სხვა. წარმოდგენილია სხვადასხვა სიდიდის ნალექების, მათ შორის ძლიერი და

კატასტროფული ხასიათის, მოსვლის ალბათობების (რისკის) განსაზღვრის მეთოდი. მას საფუძვლად უდევს სადღეღამისო ნალექების ალბათობათა სიმკვრივის ცნობილი განაწილების ფუნქცია (გამა განაწილება)

#### **UDC 551**

Definition of hourly precipitation from climate reference books on the basis of their annual and monthly values and assessment of heavy/catastrophic shower probability (risk)/ Begalishvili N., Tsintsadze T., Beritashvili B., Kapanadze N., Kartvelishvili L., Begalishvili N.N., Tsintsadze N. Transactions of the Institute of Hydrometeorology et the Georgian Technical University. 2017, vol.124, pp.33-37.Georg., Summ: Georg., Eng., Rus.

The methodology of calculating values of hourly (1,3,6,12 and 24 h) precipitation is discussed, based upon the use of their annual and monthly data from the climate reference books. The number of rainy days in the given month, duration of precipitation, etc. are taken into account as well.

The method to determine the possibility (risk) of occurring different amount of precipitation, including heavy and catastrophic rainfall, is presented. It is based on the known distribution function (Gamma distribution) of the density probability of daily precipitation.

#### **УДК 551**

**Определение часовых осадков на основе данных климатических справочников относительно годовых и месячных их величин и оценка вероятности выпадения (риска) сильных и катастрофических осадков./** Бегалишвили Н.А., Цинцадзе Т.Н., Бериташвили Б.Ш., Капанадзе Н., Картвелишвили Л., Бегалишвили Н.Н., Цинцадзе Н.Т./Сб. Трудов Института Гидрометеорологии Грузинского Технического университета. 2017. вып.124, с33-37.. Груз. Рез: Груз., Англ., Рус.

Рассмотрена методика расчета часовых (1,3,6,12, и 24ч.) величин осадков, которая основана на применении данных климатических справочников относительно годовых и месячных их значений. Используются, также, месячные данные о числе дней с осадками, их продолжительности и др.

Предложен метод оценки вероятности (риска) выпадения осадков различной величины, в том числе сильных и катастрофических. При оценке используется известная функция распределения плотности вероятности суточных осадков (гамма-распределение).