

საქართველოს მთის მდინარეთა წყლის მაქსიმალური ხარჯების სივრცულ-დროითი ცვლილებები კლიმატის დათბობის ფონზე

ცისანა ბასილაშვილი

(საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი)

რეზიუმე: საქართველოს მდინარეთა წყალდიდობების მრავალწლიური (საშუალოდ 40–60 წლის) სტაციონარულ დაკვირვებათა მონაცემების სტატისტიკური დამუშავების შედეგად ცალკეულ ჰიდროკვეთებზე გაანგარიშებულია მდინარეთა წყლის საშუალო და უდიდესი მაქსიმალური ხარჯები, მათი ალბათური მნიშვნელობები სხვადასხვა უზრუნველყოფით და განვითარების მასშტაბები. შედგენილია მაქსიმალური ხარჯების მრავალწლიური დინამიკა და მათი ტრენდების მიხედვით განსაზღვრულია ყოველწლიურ ცვლილებათა სიჩქარეების რიცხვითი მნიშვნელობები.

კვლევის შედეგად გამოვლინდა წყალდიდობების გაძლიერება და მათი მაქსიმალური ხარჯების მატება მყინვარებით მოსაზრდოვე მდინარეებზე. სხვა მდინარეებზე კი იქ, სადაც იზრდება აორთქლება და მცირდება ატმოსფერული ნალექები, პირიქითაა – წყალდიდობები მცირდება.

მდინარეთა წყლის მაქსიმალური ხარჯების ცვლილების აღნიშნული შეფასება მეტად მნიშვნელოვანია წყალსამეურნეო სისტემების მართვის სწორად დაგეგმარებისა და გარემოს ეკოლოგიური უსაფრთხოების უზრუნველყოფისათვის.

მიღებულ მონაცემებს პრაქტიკული დანიშნულება აქვს სამეცნიერო, სამეურნეო და საპროექტო ორგანიზაციებში წყალსამეურნეო გაანგარიშებების საწარმოებლად ნაგებობათა და სხვა რაიმე პრევენციულ ღონისძიებათა ტექნიკურ-ეკონომიკური მაჩვენებლების დასაბუთების მიზნით.

საკვანძო სიტყვები: ალბათური მნიშვნელობები; მრავალწლიური დინამიკა; უსაფრთხოების უზრუნველყოფა; ცვლილების სიჩქარე; წყალსამეურნეო გაანგარიშება.

შესავალი

გარემოს მთავარი სუბსტანცია, სადაც ჩაისახა სიცოცხლე და გაჩნდა პირველი ცოცხალი ორგანიზმები, არის წყალი. დედამიწაზე წყლის რესურსები უზარმაზარია. ჰიდროსფერო მოიცავს მსოფლიო ოკეანეს, მიწისქვეშა წყლებს, მყინვარებს, ტბებსა და მდინარეებს. სხვა წყლებისაგან განსხვავებით მდინარეთა წყლებისათვის დამახასიათებელია მუდმივი განახლებადობა. სადღეისოდ განახლებადი მტკნარი წყლის გარეშე შეუძლებელია ადამიანთა არსებობა და ქვეყნის განვითარება. მთელ მსოფლიოში წყალსარგებლობა დაკავშირე-

ბულია მოსახლეობის სასმელ-სამეურნეო, კომუნალურ-საყოფაცხოვრებო, სამკურნალო, საკურორტო და გამაჯანსაღებელ საჭიროებასთან; გარდა ამისა, სოფლის მეურნეობასა და სამრეწველო წარმოებასთან; ჰიდროენერგეტიკასთან, წყლის ტრანსპორტთან და ხე-ტყის წარმოებასთან, თევზის მრეწველობასთან და სხვა დარგებთან.

ამრიგად, წყალი წარმოადგენს გარემოს, საზოგადოებისა და ქვეყნის ეკონომიკის საბაზისო ელემენტს. ამიტომ ძველთაგანვე ადამიანები თავიანთ საცხოვრისებს მდინარის პირას აგებდნენ. მათი მიმდებარე ჭალებისა და ტერასების ასათვისებლად კი ხდებოდა როგორც სასოფლო-სამეურნეო კულტურების გაშენება, ისე საყოფაცხოვრებო საქმიანობისათვის საჭირო შენობების, გზების, ელექტროგადამცემი ხაზებისა და სხვათა მშენებლობა. მიუხედავად იმისა, რომ ეს ტერიტორიები წყალდიდობის დროს იტბორებოდა, დღესაც დიდი თუ პატარა დასახლებები ძირითადად მდინარეთა გასწვრივაა გაშენებული. მდინარისპირა ტერიტორიის ათვისების საწყისი-საანგარიშო მონაცემები მდინარეთა წყლის მაქსიმალური ხარჯებია, რომლებიც ხშირად კატასტროფულად მაღალია.

ძირითადი ნაწილი

საქართველოში არსებული 26 060 მდინარის საერთო სიგრძე 60 ათასი კმ-ია [1]. ვინაიდან თითოეული მდინარის აუზში წყლის ჩამონადენის მაფორმირებელი ფაქტორების ცვალებადობა როგორც დროში, ისე სივრცეში სხვადასხვაა, რის გამოც მაქსიმალური ხარჯების ფორმირება არ არის იდენტური და ხასიათდება გარკვეული ინდივიდუალურობით. გარდა ამისა, რთული მთიანი რელიეფის პირობებში მაქსიმალური ხარჯების ფორმირებაში დიდ როლს ასრულებს აუზის ზედაპირის ვერტიკალური ზონურობა, რომელიც თითოეული მდინარის აუზში გარკვეული თავისებურებით გამოირჩევა. ამიტომ მაქსიმალური ხარჯების სიდიდე და მისი განაწილება სივრცესა და დროში სხვადასხვა ხასიათს ატარებს.

განსაკუთრებით დიდ სირთულეს ქმნის მთებში მოსული ნალექების არათანაბარი განაწილება. მაქსიმალური ხარჯები ფორმირდება როგორც წვიმისა და თოვლის დნობის ერთობლივი მოქმედებით, ასევე მხოლოდ წვიმის წყლებით დაბლობ რაიონებში. მაღალ მთებში კი მნიშვნელოვანია თოვლისა და მყინვარების ნაღობი წყლების როლი.

საქართველოს მდინარეებზე უდიდესი მაქსიმალური ხარჯები ყოველწლიურად აღირიცხება ჩვეულებრივ გაზაფხულ-ზაფხულში გავლილ ხანმოკლე წყალმოვარდნების დროს, როდესაც თოვლის ინტენსიურ დნობას თან ახლავს თავსხმა წვიმები. მაღალმთიანი მყინვარებით მოსაზრდოვე მდინარეებზე წყალდიდობა გაზაფხულ-ზაფხულის სეზონს მოიცავს, ხოლო საშუალო და დაბალმთიან მდინარეთა აუზებში – მხოლოდ გაზაფხულის თვეებს. გარკვეულ ანომალურ კლიმატურ პირობებში ძლიერი თავსხმა წვიმების შედეგად წლის სხვა სეზონებშიც ფორმირდება მაღალი წყალმოვარდნები უდიდესი წყლის ხარჯებით.

განსაკუთრებით ძლიერი და დამანგრეველი ენერჯის მქონე წყალმოვარდნები მოსალოდნელია წლის ყველა დროს დასავლეთ საქართველოს მდინარეებზე, სადაც ხშირად აღინიშნება თავსხმა წვიმები. აქ კატასტროფული წყალმოვარდნების დროს წყლის დონეები საშუალო მაქსიმალურ დონეებს 2–4-ჯერ აღემატება. აღსანიშნავია, რომ ბევრი შეუსწავლელი მდინარისა და მშრალი ხეების გამოვლენა სწორედ წყალდიდობებისა და წყალმოვარდნების დროს ხდება.

სადღეისოდ დედამიწაზე მიმდინარე კლიმატის გლობალური დათბობის შედეგად იმატა წყალდიდობებმა და გაიზარდა მათგან მიყენებული ზარალი და მსხვერპლი. განსაკუთრებით დიდი საშიშროება იქმნება საქართველოს მთიან რეგიონებში, სადაც ბოლო ათწლეულებში რამდენჯერმე განმეორდა კატასტროფები.

მომავალში ბუნებაზე ანთროპოგენური დატვირთვის შედეგად მოსალოდნელია საშიში მოვლენების გამომწვევი ფაქტორების მკვეთრი ცვლილება, ამიტომ საშიშროების შემცირების პრობლემა მეტად აქტუალურია. პირველ რიგში საჭიროა გავლილი წყალდიდობა-წყალმოვარდნების შესწავლა. 70-წლიან საბჭოთა პერიოდში კომუნისტური პროპაგანდის მიხედვით ადამიანი მართავდა ბუნებას და იმარჯვებდა მასზე. ამიტომ სტიქიისა და განსაკუთრებით ადამიანთა მსხვერპლის შესახებ ინფორმაცია გასაიდუმლოებული იყო და არ ქვეყნდებოდა. მაშინ გამოცემულ ჰიდროლოგიურ ცნობარებში [1–4] გარდა 1983 წელს გამოქვეყნებული [5] ნაშრომისა, არ არის აღნიშნული მომხდარი კატასტროფების შესახებ.

გავლილი წყალდიდობების შეუფასებლობის შემთხვევაში, როდესაც მდინარის წყალგამტარობა მცირდება, შემდეგი წყალდიდობის დროს ტერიტორია ადვილად ზიანდება. ეს რომ არ განმეორდეს და არ მივიღოთ დიდი ზარალი, საჭიროა მომხდარი წყალდიდობების სათანადო გამოკვლევა. საქართველოს მდინარეებზე კატასტროფული წყალდიდობა-წყალმოვარდნებისა და მათ მიერ გამოწვეული ზარალის თაობაზე ჩვენ მიერ შესწავლილ იქნა არსებული ისტორიული, ლიტერატურული, სამეცნიერო და ინფორმაციული წყაროები, აგრეთვე სტაციონარულ დაკვირვებათა მასალები, რაც ქრონოლოგიურად იქნა აღწერილი სათანადო მონოგრაფიაში [6].

თავსხმა წვიმით გამოწვეული კატასტროფის შესახებ ყველაზე ადრეული ისტორიული ცნობები დაფიქსირებულია 735 წელს, როდესაც წყალდიდობამ იმსხვერპლა მდ. ცხენისწყლის ხეობაში დაბანაკებული საქართველოში შემოჭრილი მტრის – მურვან ყრუს 3500 ცხენოსანი მეომარი.

უახლოეს პერიოდში ყველაზე დიდი მასშტაბურობით გამოირჩეოდა 2005 წლის წყალდიდობა, როცა კატასტროფულმა წყალმოვარდნებმა მოიცვა ჩვენი ქვეყნის მრავალი რეგიონი და იყო მსხვერპლიც; საერთო ზარალმა კი დაახლოებით 500 მლნ ლარი შეადგინა [7]. ასეთივე დიდი ზარალი და მსხვერპლი გამოიწვია ცალკეულ მდინარეებზე ლოკალური ხასიათის ისეთმა წყალმოვარდნებმა, როგორც იყო, მაგალითად, 1968 წელს მდ. მტკვარზე [6] და 2015 წელს მდ. ვერეზე ქ. თბილისში [8].

ცნობილია, რომ მდინარის წყლის მაქსიმალური ხარჯი წარმოადგენს წყალსამეურნეო გაანგარიშებათა ძირითად ელემენტს, რომლის მიხედვით უნდა მოხდეს ჰიდროტექნიკურ ნაგებობათა კონსტრუქციებისა და სხვა ნაგებობების ისეთი გაანგარიშება, რომ მათი სავარაუდო დაზიანების ალბათობა წყლის მაქსიმალური ხარჯის გავლისას ან სრულიად იყოს აცილებული, ანდა არ აღემატებოდეს პრაქტიკულად დასაშვებ და მიზანშეწონილ საზღვრებს.

მაქსიმალური ხარჯის სიდიდის დადგენა ძალზე საპასუხისმგებლოა, რადგან მთელ რიგ შემთხვევებში მდინარის მაქსიმალური ხარჯი მნიშვნელოვნად განსაზღვრავს ნაგებობათა ძირითად ზომასა და ღირებულებას. მაქსიმალური ხარჯის განსაზღვრაში დაშვებულმა შეცდომებმა შეიძლება გამოიწვიოს ნაგებობათა დანგრევა (თუ შეცდომა მიღებული შედეგების შემცირებისკენაა მიმართული) ან ფინანსების არამიზანშეწონილი დაბანდება, როდესაც შეცდომა მიმართულია მაქსიმალური ხარჯის ზედმეტად გადიდებისაკენ.

აღსანიშნავია, რომ იმ შემთხვევაში, როდესაც დაკვირვებათა პერიოდი მოკლეა და შეადგენს 5–15 წელს, შეიძლება გაანგარიშებული მაქსიმალური ხარჯი არ დაემთხვეს სინამდვილეში დაკვირვების შედეგად მიღებულ მაქსიმუმებს. მაგრამ ხდება ისეც, რომ დაკვირვებათა უფრო ხანგრძლივი პერიოდისთვის, რომელიც მოიცავს ბრიკნერის სრულ ციკლს, ე. ი. 35–40 წელს, არავითარი გარანტია არ არსებობს იმისა, რომ რომელიმე ერთ-ერთ შემდეგ წელს წყლის მაქსიმალური ხარჯი არ მიაღწევს ისეთ ნიშნულს, რომელიც ბევრად მეტი იქნება ყველა მანამდე აღრიცხულ მაქსიმალურ ხარჯზე.

ამ მხრივ დაკვირვებათა შედეგად მიღებული უდიდესი მაქსიმუმების მაგალითია მდ. მტკვარი, რომელზეც წყლიანობის აღრიცხვა მიმდინარეობდა 1914 წლიდან 1990 წლამდე. ამ ხნის განმავლობაში მდინარეზე გაიარა 30-ზე მეტმა ისეთმა წყალდიდობამ, რომლის მაქსიმუმი აჭარბებდა ქ. თბილისთან მისი წყლის მაქსიმალური ხარჯების საშუალო მნიშვნელობას. ამ წყალდიდობებმა დიდი ზარალი და ადამიანთა მსხვერპლიც გამოიწვია. ყველაზე გამორჩეული წყალდიდობა, როგორც უკვე აღვნიშნეთ, იყო 1968 წლის 18-19 აპრილს, როდესაც მდ. მტკვრის წყლის ხარჯმა ქ. თბილისთან 2450 მ³/წმ შეადგინა, რამაც 650 მ³/წმ-ით, ანუ 36 %-ით გადააჭარბა მდინარის კალაპოტის მაშინდელ გამტარუნარიანობას (1800 მ³/წმ-ს), რომელიც გათვლილი იყო 1928 წლის წყალდიდობის მაქსიმუმზე (1789 მ³/წმ). ამიტომ 1968 წელს გაივსო მდინარის კალაპოტი, წყალი გადმოვიდა ნაპირებიდან და დააზიანა ქალაქის კომუნიკაციები, დაბალ ადგილებში დატბორა სახლების სარდაფები და პირველი სართულები.

ეს ფაქტი იმაზე მიანიშნებს, რომ დროთა განმავლობაში მონაცემთა ახალი ინფორმაციების გათვალისწინებით უნდა დაზუსტდეს ადრე გაანგარიშებული მდინარეთა წყლის მახასიათებლები, რათა სწორად წარმართოს საპროექტო ორგანიზაციებში წყალსამეურნეო გაანგარიშებები ნაგებობათა უსაფრთხოების მიზნით.

მდინარეთა მაქსიმალური ხარჯების წყალსამეურნეო საანგარიშო პარამეტრების დადგენა ხდება არსებულ დაკვირვებათა მასალების სათანადო მათემატიკური სტატისტიკის ანალიზის საფუძველზე. 1-ლ ცხრილში მოცემულია ჩვენ მიერ დასაველეთ და აღმოსაველეთ საქართველოს მდინარეთა სამეურნეო ჰიდროკვებებზე 1990 წლამდე არსებული მრავალწლიურ (საშუალოდ 40–60 წელი) სტაციონარულ დაკვირვებათა მონაცემების სათანადო სტატისტიკური ანალიზით დაზუსტებული მდინარეთა წყლის საშუალო წლიური და უდიდესი მაქსიმალური ხარჯების მნიშვნელობები.

კლიმატის მიმდინარე ცვლილების ზეგავლენის შესაფასებლად მდინარის წყლიანობაზე გამოიყენება ე.წ. წყალმოვარდნის აქტიურობის კოეფიციენტები, რომლებიც წარმოადგენს უდიდესი მაქსიმალური ხარჯების (Q_{max}) შეფარდებას საშუალო წლიურ ხარჯებთან (Q_0). 1990 წლამდე არსებულ დაკვირვებათა მონაცემების საფუძველზე ჩვენ განვსაზღვრეთ ეს შეფარდებები მდინარეთა ცალკეული ჰიდროკვებებისათვის (ცხრილი 1).

აღსანიშნავია, რომ ზოგიერთ მდინარეზე ეს შეფარდება რამდენადმე აჭარბებს ადრე (60–70-იან წლებამდე) არსებული მონაცემებით მე-[5] ნაშრომში მოცემულ შეფარდებას. დადგენილია, რომ ეს კოეფიციენტები დიდ მდინარეებთან შედარებით გაცილებით მეტია მცირე მდინარეებზე. ნოტიო ჰავის პირობებში ისინი უფრო ნაკლებია, ვიდრე მშრალი ჰავის პირობებში, ხოლო მთებში სიმაღლის მატეხასთან ერთად მცირდება მათი მნიშვნელობა [6].

საქართველოს მდინარეთა წყლის საშუალო წლიური და მაქსიმალური ხარჯების (Q მ³/წმ)
 მნიშვნელობები და წყალმოვარდნების აქტიურობა (Q_{max}/Q_0)

მდინარე – პუნქტი	აუზის		საშ.წლ. ხარჯი, (Q_0)	საშ.მაქს. ხარჯი, (Q_m)	უდიდესი მაქს.ხარ- ჯი, (Q_{max})	აქტიუ- რობა, (Q_{max}/Q_0)
	ფართო- ბი, კმ ²	საშ. სიმაღ- ლე, მ				
1	2	3	4	5	6	7
ბზიფი – ჯირხვა	1410	1690	98,2	502	1890	19,2
კოდორი – ლათა	1420	1920	92,5	467	1240	13,4
ენგური – ხაიში	2780	2320	118	534	1440	10,1
ნენსკრა – ლახამი	468	2300	30,4	141	196	6,45
ნაკრა – ნაკი	126	2620	11,9	39,1	62,1	5,22
ხობი – ლეგახარე	310	1640	21,6	202	536	24,8
რიონი – ონი	1060	2260	44,8	178	382	8,93
რიონი – ალპანა	2830	1810	103	630	1470	14,3
რიონი – საქონაკიძე	13300	950	399	1872	5500	13,8
ყვირილა – ზესტაფონი	2490	960	60,7	522	1100	18,1
ძირულა – წვეა	1190	880	26,0	300	595	22,9
ჩხერიმელა – ხარაგაული	398	1100	12,1	98,5	215	17,8
ხანისწყალი – ბაღდათი	655	1230	15,9	106	209	13,1
ცხენისწყალი – ლუჯი	506	2240	24,4	115	188	7,70
ცხენისწყალი – ხიდი	1950	1800	44,1	361	721	17,0
ტეხური – ნაქალაქევი	558	1160	33,6	291	574	15,2
სუფსა – ხიდმაღალა	1100	970	50,8	484	692	13,6
ნატანები – ნატანები	469	880	24,8	301	708	28,5
ჭოროხი – ერგე	22000	2016	324	1382	3840	11,9
აჭარისწყალი – ხულო	251	1500	8,28	81,9	189	22,8
აჭარისწყალი – ქედა	136	1470	46,1	342	770	16,7
მტკვარი – ხერთვისი	4980	2150	32,4	254	742	22,9
მტკვარი – ლიკანი	10500	2000	85,9	533	920	17,7
მტკვარი – თბილისი	21100	1710	203	1152	2450	12,1
ფოცხოვი – სხვილისი	1730	1870	22,1	178	581	26,3
აბასთუმანი – აბასთუმანი	99,0	1830	1,27	11,9	37,6	29,6
დიდი ლიახვი – კეხვი	924	2100	27,0	140	330	12,2
პატარა ლიახვი – ვანათი	422	1940	8,86	51,1	191	26,6
ქსანი – კორინთა	461	1830	9,39	64,3	262	27,9
არაგვი – ჟინვალისი	1900	1890	45,1	243	660	14,6
ფშავეის არაგვი-მადაროსკარი	736	2060	19,5	118	338	17,3
თეთრი არაგვი – ფასანაური	335	2140	12,1	66,2	173	14,3
შავი არაგვი – შესართავი	235	2030	7,76	61,1	156	20,1
იორი – ლელოვანი	494	1640	11,3	148	380	33,6
ალაზანი – ბირკიანი	282	2200	13,9	80,9	365	26,3
ალაზანი – შაქრიანი	2190	1260	43,4	318	1160	26,7
ფარავანი – ხერთვისი	2350	2120	18,8	164	437	23,2
ბორჯომულა – ბორჯომი	165	1810	2,56	27,0	59,0	38,7
ალგეთი – ფარცხისი	359	1320	8,76	66,5	246	89,1
ქცია ხრამი – ედიკილისა	544	2040	8,36	69,5	105	12,6
ხრამი – იმირი	3840	1510	20,9	284	572	27,4
მაშავერა – დმანისი	570	1660	5,14	62,8	142	61,1

პრაქტიკული დანიშნულების თვალსაზრისით ყველა კატეგორიის ჰიდროტექნიკური ნაგებობისა და სამეურნეო ორგანიზაციისთვის უდიდესი მაქსიმალური ხარჯების გარდა, მეტად მნიშვნელოვანია მდინარეთა მაქსიმალური ხარჯების მოსალოდნელი განვითარების მასშტაბების განსაზღვრა. ამ მიზნით გამოვიყენეთ ალბათობის თეორიაში ე. წ. უზრუნველყოფის მრუდების გაანგარიშების გრაფიკულ-ანალიტიკური მეთოდი [8]. მიღებული მაქსიმალური ხარჯების ალბათური მნიშვნელობები სხვადასხვაპროცენტისანი უზრუნველყოფით, რომლებიც შეესაბამება გარკვეულწლიანი განმეორებადობის ხარჯებს, მოცემულია მე-2 და მე-3 ცხრილებში. ისინი უშუალოდ პასუხობენ კითხვას, როგორია ნაგებობის ან რაიმე ღონისძიების უზრუნველყოფა მდინარის მაქსიმალური ხარჯის გარკვეული მნიშვნელობისას, განმეორებადობა კი გვიჩვენებს იმ წელთა რაოდენობას, რომლის დროსაც გაივლის შესაბამისი მაქსიმალური ხარჯი საშუალოდ ერთხელ მაინც.

ცხრილი 2

დასავლეთ საქართველოს მდინარეთა წყლის უდიდესი მაქსიმალური ხარჯების (Q მ³/წმ) ალბათური მნიშვნელობები

უზრუნველყოფა, %	1	2	5	10
განმეორებადობა (წლები)	100	80	20	10
წყალმოვარდნის დახასიათება	ძლიერი	მაღალი	წყალუხვი	საშუალო
ბზიფი – ჯირხვა	1315	1100	844	669
კოდორი – ლათა	1310	1084	804	617
ენგური – ხაიში	1590	1299	984	783
ნენსკრა – ლახამი	273	248	216	188
ხობი – ლეგახარე	773	623	446	323
რიონი – ონი	319	300	277	255
რიონი – ალპანა	1808	1506	1134	880
რიონი – საქონაკიძე	4236	3805	3236	2776
ყვირილა – ზესტაფონი	1070	896	807	732
ძირულა – წევა	655	581	481	408
ჩხერიმელა – ხარაგაული	255	225	186	154
ხანისწყალი – ბაღდათი	294	264	226	193
ცხენისწყალი – ლუჯი	657	508	320	201
ცხენისწყალი – ხიდი	1156	998	797	650
ტეხური – ნაქალაქევი	804	680	529	418
სუფსა – ხიდმაღალა	1219	1043	839	702
ნატანები – ნატანები	948	831	673	549
ჭოროხი – ერგე	4803	3965	3000	2392
აჭარისწყალი – ხულო	259	212	153	114
აჭარისწყალი – ქედა	905	805	671	564

აღმოსავლეთ საქართველოს მდინარეთა უდიდესი წყლის ხარჯების (Q მ³/წმ)
აღბათური მნიშვნელობები

უზრუნველყოფა %	0.01	0.1	1	2	10
განმეორებადობა (წლები)	10000	1000	100	80	10
წყალმოვარდნის დახასიათება	კატასტროფული		ძლიერი	მაღალი	საშუალო
მტკვარი – ხერთვისი	3650	1820	950	565	450
მტკვარი – ლიკანი	4250	2530	1560	1060	880
მტკვარი – თბილისი	5560	3820	2550	1910	1760
ფოცხოვი – სხვილისი	1250	860	550	370	300
აბასთუმანი – აბასთუმანი	94	73	40	26	21
დიდი ლიახვი – კეხვი	2800	1200	470	200	134
პატარა ლიახვი – ვანათი	660	500	350	260	220
ქსანი – კორინთა	960	560	293	165	124
არაგვი – ჟინვალი	1500	1000	700	500	420
ფშავის არაგვი – მაღაროსკარი	740	530	340	245	200
თეთრი არაგვი – ფასანაური	500	324	200	130	80
შავი არაგვი – შესართავი	420	266	160	104	85
იორი – ლელოვანი	1450	900	520	315	248
ალაზანი – ბირკიანი	2300	1000	350	170	122
ალაზანი – შაქრიანი	2650	1730	1080	700	550
ფარავანი – ხერთვისი	355	264	188	140	120
ბორჯომულა – ბორჯომი	305	178	100	58	46
გუჯარეთისწყალი – წაღვერი	180	128	91	64	53
ალგეთი – ფარცხისი	1200	630	300	144	100
ქცია-ხრამი – ედიკილისა	170	140	120	104	97
ხრამი – იმირი	1700	1080	650	400	325
ხრამი – წითელი ხიდი	2840	1900	1200	800	650
მაშავერა – დიდი დმანისი	1500	700	315	160	115
ბოლნისი – სამწვერისი	2070	840	310	115	70
დებედა – სადახლო	2550	1600	970	600	355

კლიმატის თანამედროვე გლობალური დათბობის ზეგავლენის შესასწავლად მეტად აქტუალურია ჰიდრომეტეოროლოგიური ელემენტების სიდიდეთა ცვლილების კვლევა. ამ მიზნით განვიხილეთ საქართველოს ტერიტორიაზე არსებული ჰიდრომეტეოროლოგიურ ქსელში 2010 წლამდე განხორციელებული მრავალწლიან დაკვირვებათა რიგების ანალიზი. ამ მხრივ მეტად მნიშვნელოვანია ამ ელემენტების ყოველწლიური დინამიკის როგორც ხარისხობრივი, ისე მისი რაოდენობრივი განსაზღვრა, რაც გულისხმობს მათი ტრენდების შეფასებას წრფივი აპროქსიმაციის ამსახველი განტოლებით:

$$T = AN + B, \tag{1}$$

სადაც T ტრენდია, ანუ საკვლევი ელემენტის ყოველწლიური ცვლილების ტენდენციის ამსახველი გასაშუალოებული წრფე; A – განტოლების კოეფიციენტი, რომლის ნიშანი (+ ან –) უჩვენებს საკვლევი ელემენტის ცვლილების მიმართულებას: დადებითი (+) ნიშანი გამოხატავს მის აღმავალ ტენდენციას, ანუ მატებას, ხოლო უარყოფითი (–) მიუთითებს მის დაღმავალ ტენდენციას, ანუ კლებას. თვით A პარამეტრის რიცხვითი მნიშვნელობა კი განსაზღვრავს ცვლილების ინტენსიურობას, ანუ სიჩქარეს; N – საკვლევი ელემენტის ყოველწლიური დაკვირვებათა მონაცემების რიგითი ნომერია მათი საწყისი წლიდან, რომლისთვისაც $N = 1$, ყოველი შემდეგი (i) მონაცემისათვის $N = 1 + i$; B – განტოლების მუდმივა, რომელიც წარმოადგენს საკვლევი ელემენტის მინიმალურ მნიშვნელობას ტრენდის ხაზის აღმავალი ტენდენციის შემთხვევაში ან მის მაქსიმალურ მნიშვნელობას ტრენდის ხაზის დაღმავალი ტენდენციის დროს.

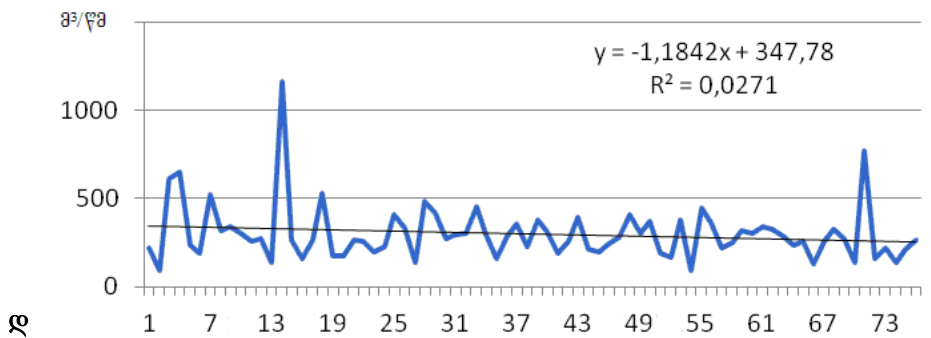
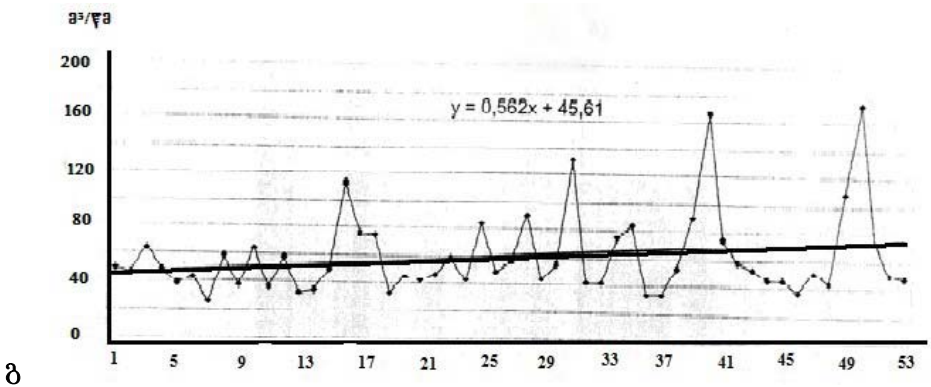
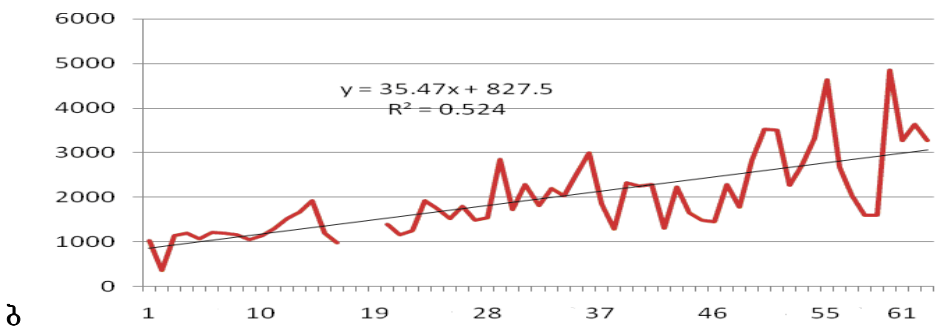
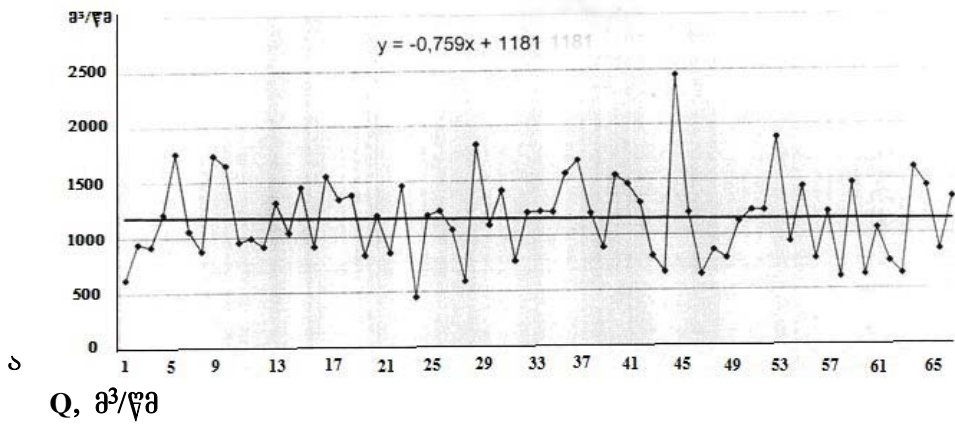
ჩვენ მიერ 2010 წლამდე ჰაერის ტემპერატურისა და ატმოსფერული ნალექების 60–70-წლიან დაკვირვებათა რიგების მიხედვით მე-9] ნაშრომში წარმოდგენილი ყოველწლიური ცვლილების ამსახველი ტრენდების A და B პარამეტრების ანალიზით ირკვევა, რომ გლობალური დათბობის შედეგად დასავლეთ საქართველოს მთელ რიგ რაიონებში აცივება აღინიშნება, ზოგან კი – დათბობა. აღმოსავლეთ საქართველოში ტემპერატურის მატება დაფიქსირდა, ხოლო, რაც შეეხება ატმოსფერულ ნალექებს, განხილული მეტეოპუნქტებიდან აღებული მონაცემების მიხედვით აღმოსავლეთ საქართველოში ყველგან მათი მნიშვნელოვანი შემცირება აღინიშნება, დასავლეთ საქართველოს ცალკეულ ადგილებშიც (მესტია, ქუთაისი, ბახმარო) ნალექები მცირდება, დანარჩენ მეტეოსადგურებზე – ნალექები მატულობს [9].

მდინარეთა მაქსიმალური ხარჯების ყოველწლიური ცვლილების შესწავლის მიზნით მრავალწლიურ ჭრილში განვიხილეთ საქართველოს მდინარეებზე არსებული 50–70-წლიანი დაკვირვებათა რიგები. ნახაზზე გამოსახულია მდინარეთა მაქსიმალური ხარჯების ყოველწლიური ცვლილების მაგალითები, რომელთა წრფივი სახის (1) ტრენდების აპროქსიმაციით მიღებული განტოლებების პარამეტრები მოცემულია მე-4 ცხრილში, საიდანაც ჩანს, რომ მაქსიმალური ხარჯების ყოველწლიური ცვლილების დინამიკაში მკვეთრად არის გამოხატული მათი ზრდის ტენდენცია იმ მდინარეებზე, რომელთა აუზებშიც არის მყინვარები და მუდმივი თოვლის საფარი და, შესაბამისად, მაქსიმალური ხარჯების ფორმირებაში მონაწილეობს მათი ნადნობი წყლები.

ამ მხრივ გამონაკლისია მდ. ყვირილა, სადაც აუზში ნივალური ზონის არარსებობის მიუხედავად, მაქსიმალური ხარჯების მატება შეინიშნება. ამას განაპირობებს ძირითადად თვით აუზის მდებარეობა და ოროგრაფია, რომელიც ამფითეატრივით არის მიმართული შავი ზღვისაკენ, საიდანაც ადვილად შემოჭრილი ნოტიო ჰაერის მასები უხვად კონდენსირდება ლიხის ქედის ქარპირა დასავლეთ ფერდობებზე.

მაქსიმალური წყლის ხარჯების მატების ყველაზე მაღალი ინტენსიურობით გამოირჩევა მდ. რიონი, რომელიც წლის თბილ პერიოდში წყალდიდობის დროს უხვად იკვებება მყინვარული და მუდმივი თოვლის ნადნობი წყლებით. აქ სოფ. საქონაკიძესთან მათი აღმავალი (მატების) ტრენდი აღიწერება შემდეგი განტოლებით:

$$T_{Qm} = 35,47N + 828. \quad (2)$$



მდინარეთა წყლის მაქსიმალური ხარჯების დინამიკა: ა – მტკვარი-თბილისი, 1924–1990 წწ.;
 ბ – რიონი-საკრებულო, 1928–1990 წწ.; გ – თეთრი არაგვი-ფასანაური, 1937–1990 წწ.;
 დ – ალაზანი-შაკრებულო, 1933–2010 წწ.

მაქსიმალური ხარჯების კლების ყველაზე დიდი ინტენსიურობა აღინიშნება მდ. აჭარის-წყალზე სოფ. ქედასთან, სადაც მათი ყოველწლიური ცვლილების ტრენდი ასე წარმოდგება:

$$T_{Qm} = -2,95N + 391. \quad (3)$$

ცხრილი 4

მდინარეთა მაქსიმალური ხარჯების ყოველწლიური ცვლილების ტრენდების პარამეტრები

A და B ფორმულაში $T_Q = AN + B$

მდინარე - პუნქტი	აუზის ფართობი (კმ ²)	აუზის სიმაღლე (მ)	პარამეტრები	
			A	B
კოდორი - ლათა	1420	1920	5,923	310
ენგური - ხაიში	2780	2320	8,500	319
რიონი - საქონაკიძე	13300	950	35,47	827
ყვირილა - ზესტაფონი	2490	960	0,832	504
ჭოროხი - ერგე	22000	2015	-0,800	1369
აჭარისწყალი - ქედა	1360	1470	-2,95	391
მტკვარი - თბილისი	21100	1710	- 0,759	1181
დიდი ლიახვი - კეხვი	924	2100	0,848	115
პატარა ლიახვი - ვანათი	422	1940	- 0,431	62,1
ქსანი - კორინთა	461	1830	- 0,498	72,2
თეთრი არაგვი - ფასანაური	335	2140	0,562	45,6
ალაზანი - ბირკიანი	282	2200	- 1,079	98,5
ალაზანი - შაქრიანი	2190	1260	- 1,184	348

აღმოსავლეთ საქართველოს მდინარეებზე მაქსიმალური ხარჯების მატება აღინიშნება მხოლოდ დიდ ლიახვსა და თეთრ არაგვზე, რომელთა სათავეებში არსებობს მყინვარები. დანარჩენ მდინარეებზე კი მაქსიმალური ხარჯების ტრენდები ხასიათდება დადებითი (კლების) ტენდენციით. მაგალითად, მდ. მტკვარზე ქ. თბილისთან მაქსიმალური ხარჯების ყოველწლიური ცვლილების ტრენდის წრფივი აპროქსიმაციით მიღებულია განტოლება:

$$T_{Qm} = -0,739N + 1184 \quad (4)$$

შემცირების მაღალი ინტენსიურობით გამოირჩევა მდ. ალაზანი სოფ. შაქრიანთან, რომლის ტრენდი 1933-დან 2010 წლამდე მონაცემებით გამოისახება განტოლებით:

$$T_{Qm} = -1,18N + 348. \quad (5)$$

XXI საუკუნეში კლიმატის მოსალოდნელ დათბობასთან [10] დაკავშირებით ჰაერის ტემპერატურის კვლავ მომატება გამოიწვევს მთებში მყინვარებისა და თოვლის დნობის გააქტიურებას და ამ ზონის მდინარეთა წყალდიდობებისა და მათი მაქსიმალური ხარჯების მომატებას, ხოლო იქ, სადაც არ არის მყინვარები, გაიზრდება აორთქლება და შემცირდება წყალდიდობები და მათი მაქსიმალური ხარჯები. ამის შესაბამისად, დასავლეთ საქართველოში მდ. კოდორზე, ენგურზე, რიონსა და მათ ზოგიერთ შენაკადზე, აგრეთვე აღმოსავლეთ საქართველოში მდ. დიდ ლიახვსა და თეთრ არაგვზე, რომლებიც წლის თბილ სეზონში იკვებებიან კავკასიონის ქედზე არსებული მყინვარებისა და მუდმივი თოვლის ნაღვლით, მოსალოდნელია წყალდიდობებისა და მათი მაქსიმალური ხარჯების მატება. საქართველოს დანარჩენ მდინარეებზე, რომელთა აუზებში არ არის მყინვარები, პირიქით ტემპერატურის მომატებით გაიზრდება აორთქლება და შემცირდება მდინარეთა ჩამონადენი და მათი მაქსიმალური ხარჯები.

დასკვნა

ამრიგად, მდინარეთა მაქსიმალური ხარჯების დაზუსტებული მახასიათებლები და მოსალოდნელი განვითარების მასშტაბები მეტად მნიშვნელოვანია პრაქტიკული დანიშნულების თვალსაზრისით სამეცნიერო, სამეურნეო და საპროექტო ორგანიზაციებში წყალსამეურნეო გაანგარიშებების საწარმოებლად ნაგებობათა და სხვა რაიმე ღონისძიებათა ტექნიკურ-ეკონომიკური მაჩვენებლების დასაბუთებისათვის, რაც აუცილებელია სამეურნეო საქმიანობის სწორი წარმართვისა და უსაფრთხოებისათვის. ჩატარებული კვლევა მნიშვნელოვანია იმითაც, რომ XX საუკუნის 90-იანი წლებიდან აღარ ხდება მდინარეთა წყლის ხარჯების გაზომვები, მხოლოდ ერთეულ მდინარეზე მიმდინარეობს წყლის დონეების გაზომვა.

აღსანიშნავია, რომ პერსპექტივაში კლიმატის შემდგომი დათბობის შედეგად შესაძლებელია 2050–2160 წლებისათვის კავკასიონის ქედი მთლიანად გათავისუფლდეს მყინვარებისაგან [6]. ასეთი პროცესი რეგიონში გამოიწვევს წყლის რესურსების მკვეთრ შემცირებას, წყაროების დაშრობას, მოსავლიანობისა და წყალმომარაგების შემცირებას, აგრეთვე სხვა ნეგატიურ მოვლენებს, რაც მეტად უარყოფითად იმოქმედებს გარემოზე, საზოგადოებისა და ქვეყნის განვითარებაზე. ეს რომ არ მოხდეს საჭიროა გარკვეული პრევენციული ღონისძიებების დაგეგმვა და გატარება.

ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. Ресурсы поверхностных вод СССР. Т. 9, вып. 1/под. ред. Г.Н. Хмаладзе, Л.: Гидрометеиздат, 1969. - 313 с.
2. Ресурсы поверхностных вод СССР (Гидрографические описания рек, озёр и водохранилищ). Т. 9, вып. 1 / под ред. В. Ш. Цомая, Л.: Гидрометеиздат, 1974. - 577 с.
3. Государственный водный кадастр. Многолетние данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. Т. 6, ГССР, Л.: Гидрометеиздат, 1987. - 416 с.
4. Водные ресурсы Закавказья /под ред. Сванидзе Г.Г., Цомая В.Ш., Ленинград: Гидрометеиздат, 1988. - 264 с.
5. Сванидзе Г.Г., Хмаладзе Г. Н. Паводки и наводнения. В кн. Опасные гидрометеорологические явления на Кавказе. Л.: Гидрометеиздат, 1983, с. 194-210.
6. ც. ბასილაშვილი, მ. სალუქვაძე, ვ. ცომაია, გ. ხერხეულიძე. კატასტროფული წყალდიდობები, ღვარცოფები და თოვლის ზვავები საქართველოში და მათი უსაფრთხოება. თბ.: ტექნიკური უნივერსიტეტი, 2012. - 244 გვ.
7. დ. კერესელიძე, მ. ალავერდაშვილი, თ. ცინცაძე, ვ. ტრაპაიძე, გ. ბრეგვაძე. რა მოხდა 2015 წლის 13 ივნისს მდინარე ვერეს წყალშემკრებ აუზში. თბ., 2015. - 40 გვ.
8. Алексеев Г. А. Объективные методы выравнивания и нормализации корреляционных связей. Л.: Гидрометеиздат, 1971. - 363 с.
9. Tsisana Basilashvili. Changes of Georgian mountainous rivers water flows, problems and recommendations. American Journal of Environmental Protection, 4, № 3–1, Science Publishing Group (USA), 2015, pp. 38-43.
10. კლიმატის ცვლილების შესახებ საქართველოს მესამე ეროვნული შეტყობინება. UNDP in Georgia, თბ., 2015. - 292 გვ.

SPATIAL-TEMPORAL CHANGE OF THE MAXIMUM WATER EXPENDITURE OF THE MOUNTAIN RIVERS OF GEORGIA IN THE CONDITIONS OF CLIMATE WARMING

Ts. Basilashvili

(Institute of Hydrometeorology of Georgian Technical University)

Resume: On the basis of statistical processing for the available (on average over 40–60 years) stationary observable figures, the average and the highest maximum expenditures were calculated for individual hydroblocks, their probabilistic values of different availability and scale of their development. The longstanding dynamics of maximum expenditures are compiled and the rates of annual changes are determined from their trends.

The study revealed the increase in river floods, in the feeding of which glacier waters participate, while on other rivers, with increased evaporation and decreased atmospheric precipitation, the maximum expenditures decrease.

The noted assessment of changes in maximum expenditures is essential for planning water management systems and ensuring environmental safety.

The data obtained are of practical use for water management calculations in scientific, business and design organizations as they allow ascertaining the technical and economic indicators of different buildings and conducting preventive measures.

Key words: ensuring of security long-term dynamics; probabilistic values; rate of change; safety provision; water management calculations.

ГИДРОЛОГИЯ

ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОЕ ИЗМЕНЕНИЕ МАКСИМАЛЬНЫХ РАСХОДОВ ВОДЫ ГОРНЫХ РЕК ГРУЗИИ НА ФОНЕ ПОТЕПЛЕНИЯ КЛИМАТА

Басилашвили Ц. З.

(Институт Гидрометеорологии Грузинского технического университета)

Резюме. На основе статистической обработки за имеющимися (в среднем за 40–60 лет) стационарными наблюдаемыми данными, по отдельным гидростворам рассчитаны средние и наибольшие максимальные расходы, их вероятностные величины разной обеспеченности и масштабы их развития. Составлены многолетние динамики максимальных расходов и по их трендам определены величины скоростей ежегодных изменений.

В результате исследования выявлено усиление наводнений на реках, в питании которых участвуют ледниковые воды, а на других реках, где увеличивается испарение и уменьшаются атмосферные осадки, там наоборот, уменьшаются максимальные расходы.

Отмеченная оценка изменения максимальных расходов очень важна для планирования управления водохозяйственных систем и для обеспечения безопасности окружающей среды.

Полученные данные имеют практическое назначение для водохозяйственных расчётов в научных, хозяйственных и проектных организациях в целях подтверждения технико-экономических показателей разных строений и ведения превенциальных мероприятий.

Ключевые слова: вероятностные величины; водохозяйственные расчёты; многолетняя динамика; обеспеченность безопасности; скорость изменения.