

უკ 551.482.215.3.627.14

საქართველოს მდინარეთა მაქსიმალური ხარჯების გრძელვადიანი პროგნოზირება

ბასილაშვილი ც.ზ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი

დედამიწაზე კლიმატის გლობალური დათბობის, ასევე ბუნების ანთროპოგენური დატვირთვის შედეგად, მოსალოდნელია კატასტროფული მოვლენების გამომწვევი ფაქტორების მკვეთრი ცვლილება, რაც ზეგავლენას მოახდენს ამ მოვლენების მასშტაბებსა და სიხშირეზე.

მდინარეთა წყალდიდობების მაქსიმალური ხარჯების პროგნოზირება აუცილებელია გარემოს ეკოლოგიური მდგრადობის, ასევე მოსახლეობის უსაფრთხოებისა და რაც მთავარია, წყალსამეურნეო ობიექტების (ჰიდროელექტროსადგურების, წყალმომარაგებისა და სარწყავი სისტემების), აგრეთვე სარკინიგზო და საავტომობილო გზების დაცვის, ნაპირდაცვითი ნაგებობებისა და სასოფლო – სამეურნეო ნათესების დატბორვის საშიშროებისა და სხვა საფრთხეების შერბილებისა და ზარალის შემცირების მიზნით. მაგრამ მაქსიმალური ხარჯების ფორმირების სირთულის გამო, მათი პროგნოზების შემუშავება, განსაკუთრებით მთის მდინარეებზე, წარმოადგენს ყველაზე რთულ პრობლემას ჰიდროლოგიაში.

რთული მთიანი რელიეფის პირობებში მდინარეთა აუზები და მათი მაქსიმალური ხარჯები გარკვეული თავისებურებებით ხასიათდებიან, ამიტომ ყოველი მდინარის აუზისათვის უნდა შემუშავდეს ინდივიდუალური საპროგნოზო მეთოდიკა. გარდა ამისა, აქ ცალკეული მდინარის წყლის მაქსიმალური ხარჯების მაფორმირებელი კლიმატური ფაქტორების ყოველწლიური ცვალებადობა სხვადასხვა ხასიათს ატარებს. ამის გამო, წყლის მაქსიმალური პიკების წარმოქმნა არ მიმდინარეობს ერთნაირად, არ არიან იდენტური და გამოირჩევიან ინდივიდუალური თავისებურებებით.

მდინარის ჩამონადენის პროგნოზირების საკითხი, პირველ რიგში, დამოკიდებულია მის აუზში მოქმედი ჰიდრომეტეოროლოგიური დაკვირვების პუნქტების რაოდენობაზე, მათ განლაგებაზე, დაკვირვების რიგზე, მის სისწორესა და რაც მთავარია, მათ ინფორმაციულობაზე. საპროგნოზოდ შეიძლება მხოლოდ იმ პუნქტების მონაცემების გამოყენება, რომლებიდანაც რეგულარულად მიიღება შესაბამისი ოპერატიული ინფორმაცია.

თანამედროვე ჰიდროლოგიურ საპროგნოზო მოდელებში გამოიყენება სხვადასხვა ელემენტები: მდინარის ჩამონადენი, ატმოსფერული ნალექები, ჰაერის ტემპერატურა, აორთქლება, კონდენსაცია, ინფილტრაცია, ტრანსპირაცია და სხვა. ასეთი მოდელების გამოყენება შესაძლებელია იქ, სადაც კარგად არის განვითარებული ჰიდრომეტეოროლოგიური ქსელი და რეგულარულად მიიღება სათანადო ინფორმაცია მდინარის აუზის სხვადასხვა სიმაღლითი ზონიდან, რითაც ხდება მდინარის ჩამონადენის ფორმირების რეალური პირობების აღრიცხვა. სადღეისოდ, საქართველოში არსებული მცირე, მეტად შეზღუდული ინფორმაციის გამო, ვერ ხერხდება მდინარეთა ჩამონადენის ფორმირების კანონზომიერებათა დადგენა ობიექტურად და საპროგნოზოდ თანამედროვე რთული საპროგნოზო მოდელების გამოყენება.

წყალდიდობის პიკების გავლა საქართველოს მდინარეთა კალაპოტებში ხდება გაზაფხულ – ზაფხულის პერიოდში, ძირითადად მაის – ივნისში. მათი მაქსიმალური ხარჯების გრძელ-ვადიანი ოპერატიული პროგნოზების გაცემა ხდება ყოველწლიურად 23 – 24 მარტს, როცა ცნობილია მხოლოდ გასული შემოდგომა – ზამთრის პერიოდის ჰიდრომეტეოროლოგიური ფაქტორების გარკვეული ნაწილის მონაცემები. მაქსიმალური ხარჯები კი ფორმირდება 1 – 3 თვის შემდეგ ექსტრემალურ ვითარებაში, როცა ხდება თოვლის ინტენსიური დნობისა და თავსხმა წვიმების თანხვედრა.

მართალია საპროგნოზო პერიოდის (1 – 3 თვის) განმავლობაში მოქმედი ფაქტორების გავლენა მნიშვნელოვანი და გადამწყვეტია მაქსიმალური ხარჯის განსაზღვრისათვის, მაგრამ მათი წინასწარ გაანგარიშება შეუძლებელია. განსაკუთრებით დიდი სირთულე იქმნება იმის გამო, რომ პროგნოზების გაცემის დროს მარტის თვეში არ არსებობს 1 – 3 თვის შემდეგ მოსული იმ თავსხმა წვიმისა და თოვლის ნაღობი წყლის ოდენობა, მათი ინტენსივობა, განაწილება დროსა და სივრცეში და კიდევ სხვა მონაცემები, რომლებიც განაპირობებენ მაქსიმალური პიკის სიდიდეს.

აღსანიშნავია, რომ საქართველოს მდინარეებზე წყალდიდობის დაწვევის დროს, როცა თოვლის საფარი უკვე უმნიშვნელოა, შერეული საზრდოობის მაქსიმუმებთან ერთად, მდინარეებზე აღინიშნება მაღალი წვიმის წყალმოვარდნები, რომლებიც ზოგჯერ აჭარბებენ თოვლის ინტენსიური დნობით გამოწვეულ მაქსიმუმებს.

იმისათვის, რომ პროგნოზების გაცემის დროს არსებული საინფორმაციო მონაცემებიდან გამოვავლინოთ პროგნოზირებისათვის რეპრეზენტატიული ფაქტორები, განსაკუთრებული ყურადღება უნდა მიექცეს მათ დამოკიდებულებათა შესწავლას საპროგნოზო ჩამონადენზე. ამისათვის ჩატარდა კორელაციური ანალიზი საპროგნოზო მაქსიმალურ ხარჯებსა და წინა პერიოდის იმ ფაქტორებს შორის, რომელთა ინფორმაცია

შეიძლება მიღებული იყოს ოპერატიული პროგნოზების გაცემის დროს. კერძოდ გამოკვლეულ იქნა მონაცემები: შემოდგომა – ზამთრის პერიოდის მდინარის ჩამონადენის (Q , მ³/წმ), ატმოსფერული ნალექების (R , მმ), თოვლის წყალშემცველობის (W , მმ) და ჰაერის ტემპერატურის (θ , °C). ამ ანალიზის საფუძველზე, მდინარის მაქსიმალური ხარჯის ფორმირების ფიზიკური არსის გათვალისწინებით, ვადგენთ პირველდაწყებით გაფართოებულ სტატისტიკურ საპროგნოზო მოდელს ყველა შესაძლებელი მოქმედი ფაქტორის გამოყენებით.

ცალკეული მდინარის გარკვეული ჰიდროკვეთისათვის იხილებოდა დაკვირვებათა ერთიანი პარალელური რიგები ყველა მონაცემებისა და მაქსიმალური ხარჯების ფორმირების ფიზიკური არსის გათვალისწინებით დგებოდა გაფართოებული სტატისტიკური საპროგნოზო მოდელი ყველა შესაძლებელი მოქმედი ფაქტორებით:

$$Q_m = f (R_{IX-XI}, \theta_{XII-II}, R_{XII-II}, Q_{XII-II}, W_{III}, R_{III}, \theta_{III}, Q_{III}) \quad (1)$$

ამ საპროგნოზო მოდელში, ფაქტორების დანაწევრებით, ცალკეული პერიოდის მაჩვენებლებად, გათვალისწინებულია ჰიდრომეტეოროლოგიური ელემენტების დინამიკის მოქმედება მდინარის მომავალ ჩამონადენზე. მაგალითად, წყალდიდობების მაქსიმალურ ხარჯებზე სხვადასხვანაირად მოქმედებს მოსული ნალექები: შემოდგომაზე – R_{IX-XI} , ზამთარში – R_{XII-II} და გაზაფხულზე – R_{III} .

ფაქტორების ასეთი კომპლექსური მოქმედების განხილვას, მართალია ბევრი დადებითი მხარე აქვს, მაგრამ საპროგნოზო დამოკიდებულებაში ბევრი ცვლადების შეყვანა არ არის გამართლებული არც თეორიულად, რადგან ამით მცირდება შესაბამისი საპროგნოზო განტოლების მდგრადობა, და არც – მისი პრაქტიკული მოხმარების თვალსაზრისით, ოპერატიული ინფორმაციის შეზღუდულობის გამო.

ყველა სავარაუდო ფაქტორიდან უნდა შეირჩეს ყველაზე ოპტიმალური ნაერთი საპროგნოზო პრედიქტორებისა. პრაქტიკული გამოყენებისათვის უმჯობესია, მინიმალური რაოდენობის პრედიქტორებით მივიღოთ მაქსიმალური სიზუსტე და დროულობა (წინსწრება) საპროგნოზო პერიოდში (1 – 3 თვე) მოქმედი ფაქტორების გარეშე, რომელთა გრძელვადიანი პროგნოზირება ჯერ-ჯერობით ვერ ხერხდება.

ამის განსახორციელებლად გამოყენებული იქნა მრავალფაქტორიანი საპროგნოზო მოდელის კვლევის მეთოდი [1], სადაც, გარკვეული მათემატიკური კრიტერიუმებით [2], გამოირიცხება არაეფექტური და დუბლირებული ფაქტორები. შემდეგ, დარჩენილი ფაქტორებიდან, მრავალბიჯიანი გამოირიცხვის მეთოდის [3] გამოყენებით, ვადგენთ ოპტიმალურ საპროგნოზო მოდელს. მდ. მტკვარზე ქ.თბილისთან (1) მოდელის სათანადო ანალიზის შედეგად, მიღებულია შემდეგი ოპტიმალური ვარიანტები კავშირებისა:

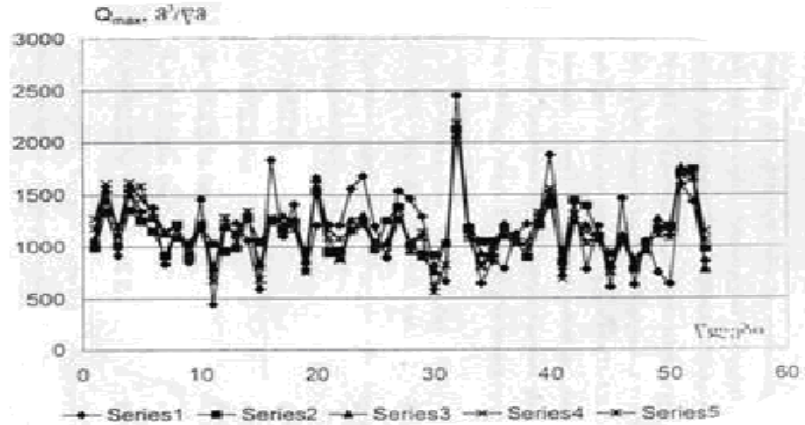
$$\begin{aligned} Q_m &= f (R_{XII-II}), & 0.63; \\ Q_m &= f (R_{XII-II}, \theta_{III}), & 0.70; \\ Q_m &= f (R_{XII-II}, \theta_{III}, Q_{III}), & 0.75; \\ Q_m &= f (R_{XII-II}, \theta_{III}, Q_{III}, R_{III}), & 0.77; \\ Q_m &= f (R_{XII-II}, \theta_{III}, Q_{III}, R_{III}, R_{IX-XI}), & 0.78. \end{aligned} \quad (2)$$

როგორც ირკვევა, საპროგნოზო კავშირების სიზუსტე, (r) ფაქტორების დამატებით იზრდება 0,63-დან 0,78-მდე. საპროგნოზო განტოლებათა განსაზღვრის დროს ვიყენებთ მრავალფაქტორიან დამოკიდებულებათა პირდაპირ და შებრუნებულ გაშლას, როცა განიხილება განტოლებათა ორი სისტემა ცალკეული პრედიქტორების დამატებით. ეს საშუალებას გვაძლევს, ერთდროულად მოვახდინოთ კვლევა პრედიქტორების შემცირების, საპროგნოზო დროულობის გაზრდისა და მათი სიზუსტის ამაღლების. შედეგად ვღებულობთ სხვადასხვა ფაქტორის შემცველ საპროგნოზო დამოკიდებულებას სხვადასხვა ინფორმაციით, სიზუსტითა და წინსწრებით. მდ. მტკვარზე მიღებული საპროგნოზო განტოლებები მოცემულია 1 ცხრილში, შესაბამისი [4] შეფასებათა კრიტერიუმებით, სადაც პროგნოზების მთავარი კრიტერიუმი (s/σ) ცალკეული ფაქტორების დამატებით იცვლება 0.78-დან 0.67-მდე, პროგნოზების გამართლება $P = 59 - 70\%$, კორელაციის კოეფიციენტი ფაქტორებისა და პროგნოზულ მაქსიმალურ ხარჯებს შორის იცვლება 0.63-დან 0.77-მდე. ნახ. 1 გვიჩვენებს ფაქტორები და პროგნოზული მაქსიმალური ხარჯების თანხვედრას.

ცხრილი 1. წყალდიდობის მაქსიმალური ხარჯების (Q_m , მ³/წმ) საპროგნოზო განტოლებები მდ. მტკვარზე – ქ.თბილისთან

საპროგნოზო განტოლებები	შეფასებათა კრიტერიუმები		
	S/δ	P%	r
$Q_m = 6,16R_{XII-II} + 551$	0,78	59	0,63

$Q_m = 5,65R_{XII-II} - 57,7\theta_{III} + 745$	0,73	62	0,70
$Q_m = 4,76R_{XII-II} - 84,6\theta_{III} + 2,21Q_{III} + 538$	0,68	66	0,75
$Q_m = 4,62R_{XII-II} - 82,4\theta_{III} + 2,13Q_{III} + 4,43R_{III} + 404$	0,67	70	0,77



ნახ. 1. ფაქტიური (1) და პროგნოზული (2-5) მაქსიმალური წყლის ხარჯები მდ. მტკვარზე ქ. თბილისთან.

1 ცხრილის მიხედვით, მდ. მტკვრის წყლის მაქსიმალური ხარჯის ოპერატიული პროგნოზი ქ. თბილისთან, ყოველ წელს შეიძლება გაიცეს თებერვლის ბოლოს, რომლისთვისაც საჭიროა ზამთრის პერიოდის (XII-II) ატმოსფერული ნალექების ჯამი, შემდეგ მარტის თვეში ჰაერის ტემპერატურის, ნალექებისა და წყლის ხარჯების დამატებით, ეტაპობრივად, მოხდება პროგნოზის დაზუსტება.

ასეთი კვლევის შედეგად შემუშავებულ იქნა წყალდიდობის მაქსიმალური ხარჯების პროგნოზები აგრეთვე მდ. ენგურზე, რიონზე, ყვირილაზე, ხანისწყალზე, დიდ ლიახვზე, ქსანზე, თეთრ არაგვზე, შავ არაგვზე, ფშავის არაგვზე და ალაზნზე. ყველა ჰიდროკვეთისათვის მიღებულია რამდენიმე სახის განტოლება, რომელთა პირველ რიგებში არის მცირერიცხოვანი ფაქტორების შემცველი განტოლება და აქვს ნაკლები სიზუსტე, ვიდრე შემდგომ მოყვანილ განტოლებებით მიღებულ პროგნოზებს, რომელთა გასაანგარიშებლად ფაქტორების მეტი რაოდენობაა, მაგრამ სამაგიეროდ მეტი სიზუსტეა.

იმ შემთხვევაში, თუ ოპერატიული პროგნოზის შედგენის დროს ჯერ არ არის მიღებული ოპერატიული ინფორმაცია რომელიმე საპროგნოზო ფაქტორის შესახებ, მაშინ საპროგნოზო განტოლებაში საანგარიშოდ მიახლოებით შეიძლება გამოყენებული იქნეს მისი ნორმის მნიშვნელობა.

ოპერატიული პროგნოზის გაცემის დროს, საპროგნოზო განტოლებებით გაანგარიშებული მაქსიმალური ხარჯების პროგნოზული მნიშვნელობა უნდა შეედაროს საპროგნოზო მაქსიმალური ხარჯების ნორმას და მის ექსტრემალურ მნიშვნელობას, რათა გამორიცხული იყოს შემთხვევითი შეცდომები, ხოლო პროგნოზის ანომალური მნიშვნელობის დროს, უნდა გაკეთდეს სათანადო ანალიზი და მიღებული იქნეს შესაბამისი ღონისძიებები ასეთი შემთხვევებისათვის. პროგნოზების წინსწრება საშუალებას იძლევა, მოსალოდნელი მაღალი პიკის შემთხვევაში, დროულად ჩატარდეს ყველა პრევენციული ღონისძიება, რათა დაცული იქნეს ყველა მნიშვნელოვანი ობიექტი და არ მოხდეს გაუთვალისწინებელი ზარალი და მსხვერპლი.

ასეთი პროგნოზებით მოსალოდნელი საშიშროების დროულად შეტყობინება საშუალებას იძლევა შემცირდეს ის მატერიალური ზარალი, რაც შეიძლება მოყვეს მაღალი წყალდიდობის პიკებს. ეს განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია ისეთი ჰიდროობიექტებისათვის, როგორცაა ენგურისა და რიონის ჰესების კასკადი, ჟინვალის წყალსაცავი და ალაზნის სარწყავი სისტემა.

შემდგომში საპროგნოზო მეთოდები უნდა ეყრდნობოდნენ უფრო სრულყოფილ საწყის მონაცემებს ჩამონადენის ფორმირების ზონებიდან. ამისათვის საჭიროა რადიოლოკაციური სადგურების ორგანიზაცია, რომლებიც დიდი რადიუსის ფარგლებში აღწერენ ატმოსფერულ მოვლენებს. პროგნოზების მეთოდების სიზუსტე გაიზრდება აგრეთვე, ატმოსფერული ნალექებისა და ჰაერის ტემპერატურის რიცხვითი პროგნოზების შემუშავების შედეგად.

ლიტერატურა - REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. Basilashvili Ts. The method of mountainous river water flow forecasting. Annals of Agrarian Sciences, 2006, vol 4, № 1, 75-80.
2. Алексеев Г.А. Объективные методы выравнивания и нормализации корреляционных связей. Ленинград, Гидрометеоиздат, 1971, 362.
3. Дрейпер Н., Смит Г. Прикладной регрессионный анализ. Перевод с английского. Москва, Статистика, 1973, 392.

4. Наставление по службе прогнозов, Ленинград, Гидрометеиздат, 1962, Раздел 3, Часть 1, 193.

უკ 551.482.215.3.627.14

საქართველოს მდინარეთა მაქსიმალური ხარჯების გრძელვადიანი პროგნოზირება /ბასილაშვილი ც.ზ./ საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის შრომათა კრებული. 2014, ტ.120. გვ.60-63. - ქართ.; რეზ. ქართ., ინგლ., რუს. შედგენილია საქართველოს მდინარეთა წყლის მაქსიმალური ხარჯების გრძელვადიანი (1 – 3 თვის წინსწრების) პროგნოზები, რომელთა გამოყენებით შესაძლებელია თავიდან ავიცილოთ დიდი მატერიალური ზარალი.

UDK 551.482.215.3.627.14

LONG TERM FORECASTS OF MAXIMUM DISCHARGE OF GEORGIAN RIVERS /Basilashvili Ts. Z./ Transaction of the Institut of Hydrometeorology, Georgian Technical University.-2014,-T.120. pp.60-63.- Georg. Summ. Georg., Eng., Russ.

Long term forecasts (one-three months) of maximum discharge of Georgian rivers have been made which allow to avoid significant material losses.

УДК 551.482.215.3.627.14

ДОЛГОСРОЧНОЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЕ МАКСИМАЛЬНЫХ РАСХОДОВ ВОДЫ РЕК ГРУЗИИ /Басилашвили Ц.З./ Сб. Трудов Института Гидрометеорологии Грузинского Технического Университета Грузии.- 2014.-т.120.-с.60-63. -Груз., Рез. Груз., Англ., Рус

Составлены долгосрочные (с заблаговременностью 1 – 3 месяца) прогнозы максимальных расходов, с использованием которых можно предотвратить большой материальный ущерб.