

უაკ 556.06 : 556.166

ც.ბასილაშვილი

საქართველოს მდინარეთა წყალდიდობის მაქსიმალური ხარჯების პროგნოზირება ჰიდროლოგიური ინფორმაციის შეზღუდულობის პირობებში

სადღეისოდ ძირითადად აღარ მიმდინარეობს მდინარეთა წყლის ხარჯების გაზომვა. ხოლო იქ, სადაც აღდგა დაკვირვებები, საზომი ხელსაწყოები არ არის ტარირებული და, ამიტომ, მოსალოდნელია დიდი უზუსტობები. მდინარეთა ხარჯები კი არის ერთ-ერთი ძირითადი ფაქტორი ადრე შემუშავებული ჰიდროლოგიური პროგნოზებისა, რომლებიც სადღეისოდ ამის გამო აღარ გამოიყენება.

ამიტომ, მიზნად დავისახეთ შევიმუშაოთ საპროგნოზო მეთოდები ჰიდროლოგიური ინფორმაციის გარეშე. ამ მხრივ ყველაზე საჭირობო და მნიშვნელოვანია წყალდიდობის მაქსიმალური ხარჯები, რომელთა გავლას ხშირად დიდი მატერიალური ზარალი მოაქვს. ისინი წარმოადგენენ დიდ საშიშროებას მოსახლეობის, გარემოსა და ჰიდროტექნიკური ნაგებობებისათვის.

ჰიდროლოგიური ინფორმაციის შეზღუდულობის პირობებში საყურადღებოა ცხრ.1-ში მოყვანილი მონაცემები, რომლებიც მიღებულია 1957-1980 წლების დაკვირვების მასალებით შედგენილი კომპლექსური გრაფიკების ანალიზით [1]. აქ საქართველოს მდინარეთა მთავარი ჰიდროკვებებისათვის მოცემულია წყლის მაქსიმალური ხარჯების საშუალო მნიშვნელობა და მისი გავლის საშუალო თარიღი, აგრეთვე უდიდესი ხარჯი თარიღით და მაქსიმუმის უმცირესი მნიშვნელობა.

1936-1975 წლების მონაცემების ანალიზით [2] წყალდიდობის მაქსიმალური ხარჯების გავლის სიხშირე (შემთხვევათა რაოდენობა) ცალკეული თვეების მიხედვით ასე წარმოდგინება:

მდინარე – პუნქტი	III	IV	V	VI	VII	VIII
ენგური – ხაიში	–	–	3	8	18	6
რიონი – ალპანა	1	13	9	8	4	4
ყვირილა – ზესტაფონი	15	9	7	4	2	–
მტკვარი – თბილისი	1	19	16	5	–	–
ალაზანი – შაქრიანი	–	5	11	15	6	2

ცხრილი 1 საქართველოს მდინარეთა წყალდიდობის მაქსიმალური ხარჯების (მ³/წმ) საშუალო მახასიათებლები

მდინარე – პუნქტი	აუზის ფართობი, კმ ²	საშუალო		ექსტრემუმები		
		მნიშვნელობა	თარიღი	უდიდესი	თარიღი	უმცირესი
კოდორი-ლათა	1420	496	26.06	1040	09.05.77	274
ენგური-იფარი	362	58.6	03.07	107	09.05.71	37
მესტიაჭალა-მესტია	144	75.6	22.07	351	06.06.69	32.5
ხობი-ლეგაზარა	310	120	07.06	277	13.04.75	71.5
რიონი-ონი	1060	193	13.06	338	30.04.72	134
რიონი-ალპანა	2830	448	22.05	605	03.04.58	276
ყვირილა-ზესტაფონი	2490	379	02.04	646	09.02.73	140
ძირულა-წევა	1190	224	03.04	468	19.02.73	28
ჩხერიმელა-ხარაგაული	398	85.5	07.04	173	19.03.73	36.7
ხანისწყალი-ბაღდათი	655	86.3	18.04	209	22.02.60	42
ცხენისწყალი-რცხმელური	1450	325	11.06	656	27.04.65	174
ზესხო-ზესხო	44.8	21.1	11.07	63.8	03.06.64	8.27
ჭოროხი-ერგე	22000	1150	01.05	2100	05.04.75	739
აჭარისწყალი-ქედა	1360	240	18.04	640	21.02.60	146
მტკვარი-ხერთვისი	4980	254	03.05	742	07.04.70	124
მტკვარი-გრაკალი	16700	799	28.04	1910	05.04.79	351
ფოცხოვი-სხვილისი	1730	165	02.05	581	05.04.79	71.2
ბორჯომულა-ბორჯომი	165	27	23.04	59	30.03.70	13.3
დიდი ლიახვი-ჯავა	646	97.1	21.05	185	18.04.57	46.5
თეთრი არაგვი-	335	66.2	26.05	166	10.04.80	34

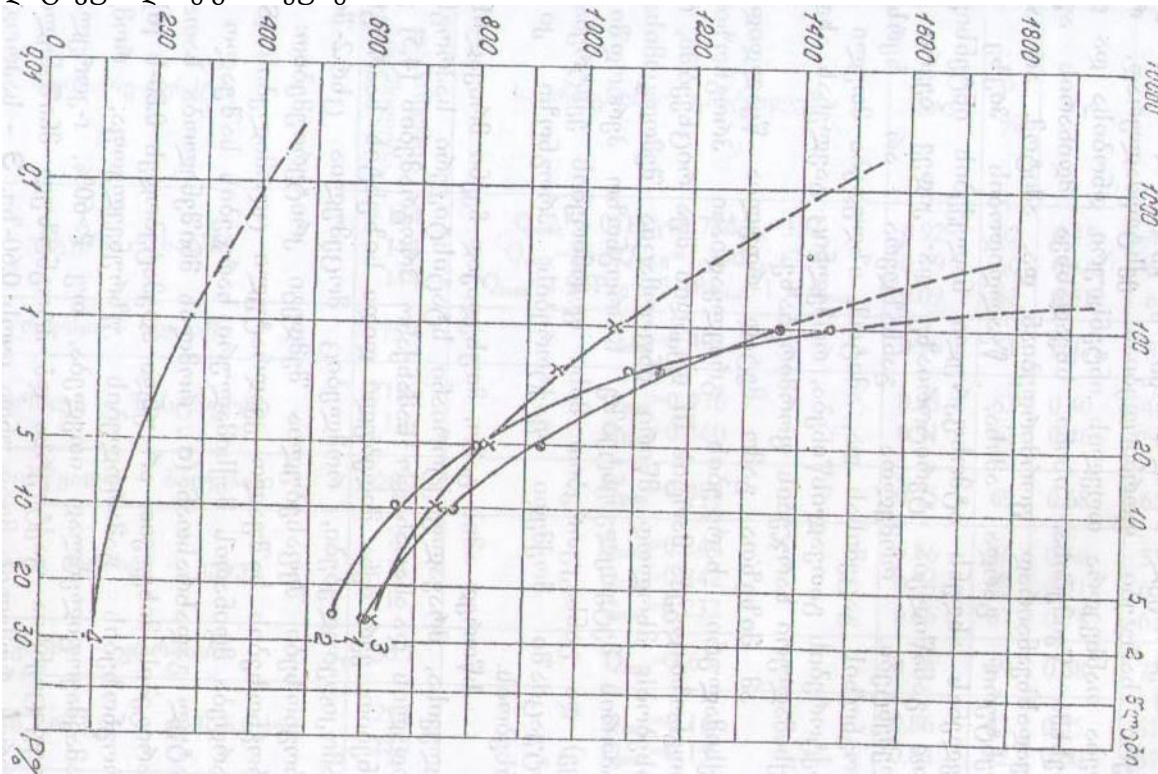
ფასანაური						
ფშავის არაგვი-მალაროსკარი	736	109	01.06	338	26.04.65	50.1
ალგეთი-ფარცხისი	359	66.5	09.05	167	22.03.74	5.61
ქცია ხრამი-ედიკილისა	544	69.5	05.05	105	10.04.80	30.6
იორი-ლელოვანი	494	148	27.05	324	01.04.70	68.4
ალაზანი-ბირკიანი	282	80.9	05.06	365	06.04.75	34
ალაზანი-შაქრიანი	2190	276	05.06	486	11.04.67	124

თუ პროცენტულად ვიანგარიშებთ, მაქსიმალური ხარჯების გავლა ხდება¹ მდ. ენგურზე - ხაიშთან ივლისის თვეში - 57%, კერძოდ, მის I დეკადაზე მოდის ყველაზე მეტი შემთხვევა (26%) ყველა სხვა დეკადებთან შედარებით; მდ. რიონზე - ალპანასთან პიკი გაედინება ივნისში - 49%, რომლის II დეკადაზე მოდის 28%; მდ. ყვირილაზე - ზესტაფონთან - აპრილში - 51% და მის I დეკადაზეა 21%; მდ. მტკვარზე - თბილისთან მასში 47% და მის I დეკადაზე მოდის 24%; მდ. ალაზანზე - შაქრიანთან ივნისში 40%, რომლის I დეკადაზეა 24%.

ჩვენს მიერ, 1990 წლამდე არსებული დაკვირვების მასალების ანალიზით, მიღებული წყალდიდობის მაქსიმალური ხარჯების სტატისტიკური მახასიათებლები მოცემულია [3] შრომაში, საიდანაც ირკვევა, რომ მაქსიმალური ხარჯების ცვალებადობა (ვარიაცია) წლიდან წლამდე ყველაზე ნაკლებია ($C_v=0.24-0.40$) მაღალმთიან მდინარეებზე, სადაც ისინი რეგულარულად ფორმირდებიან, ძირითადად, მდგრადი თოვლისა და მყინვარული წყლებით. ყველაზე დიდი ცვალებადობით $C_v=0.71-0.72$ გამოირჩევიან მაქსიმალური ხარჯები მდ. ქსანზე და მდ. ალაზანზე, მდინარე არაგვის შენაკადებზე $C_v=0.50-0.52$. რაც შეეხება მაქსიმალური ხარჯების ასიმეტრიის კოეფიციენტებს, ისინი მერყეობენ $C_a=1.02-3.69$ ფარგლებში.

ნახ.1-ზე მოცემულია ჩვენს მიერ მიღებული წყალდიდობის მაქსიმალური ხარჯების უზრუნველყოფის მრუდები მდინარეების¹ენგურის, რიონის, ყვირილას და ხანისწყლის საპროგნოზო ჰიდროკვებებისათვის.

აღსანიშნავია, რომ მდ. ენგურის აუზში ჯვრის წყალსაცავამდე და მდ. რიონის აუზში სოფ. ნამოხვანამდე, შეუსწავლელ მდინარეთა წყალდიდობის ჩამონადენის განსაზღვრისთვის ჩვენს მიერ აგებულია დამოკიდებულებები აუზის ფართობთან ($კმ^2$) და წყლის საშუალო წლიურ ხარჯებთან ($მ^3/წმ$), რომელნიც ანალიტიკურად ასე გამოიყურებიან:



ნახ.1. გაზაფხულის წყალდიდობის მაქსიმალური ხარჯების უზრუნველყოფის მრუდები. 1.ენგური_ხაიში; 2.რიონი-ალპანა; 3.ყვირილა-ზესტაფონი; 4.ხანისწყალი_ბაღდათი.

$$Q_{IV-YIII}=aA,$$

$$(1)$$

$$Q_{IV-YIII}=bQ, \quad (2)$$

სადაც მდ. ენგურის აუზისათვის $a=0.085$, $b=1.85$, მდ. რონის აუზისათვის კი $a=0.062$, $b=1.70$.

საქართველოს მდინარეებზე წყალდიდობის მაქსიმალური ხარჯები ფორმირდებიან ექსტრემალურად, როცა ხდება თანხვედრა თოვლის ინტენსიური დნობისა და დიდი თავსხმა წვიმებისა. ისინი სხვადასხვა მდინარის აუზში სხვადასხვანაირად ფორმირდებიან და, ამიტომ, არ არიან იდენტური. გარდა ამისა, წყალდიდობის პიკზე დიდ გავლენას ახდენს ატმოსფერული ნალექების ინტენსივობა, მათი განაწილება ტერიტორიაზე და კიდევ ბევრი სხვა ელემენტები, რომელთა განსაზღვრა არ ხერხდება პროგნოზის გაცემისას და, ამიტომ, იზღუდება მთელი რიგი ფაქტორების გათვალისწინება, რომელნიც გავლენას ახდენენ მაქსიმალური ხარჯების ფორმირებაზე.

ამ მიზეზთა გამო მეტად რთულია წყალდიდობის მაქსიმალური ხარჯების გრძელვადიანი პროგნოზირება. პროგნოზი დგება მარტის III დეკადის შუა რიცხვებში, როცა არსებობს მხოლოდ მწირი ინფორმაცია შემოდგომისა და ზამთრის მეტეოელემენტებზე. საპროგნოზო პერიოდში (2-4 თვე) და განსაკუთრებით მისი ფორმირების ექსტრემალურ სიტუაციაში მოქმედი ფაქტორების პროგნოზი კი არ არსებობს.

სწორედ ამის გამო, მიუხედავად ჩვენი მრავალმხრივი კვლევისა, მრავალფაქტორიანი სტატისტიკური საპროგნოზო მოდელის და სათანადო სამანქანო პროგრამების [4,5] გამოყენებით, ვერ იქნა მიღებული დიდი სიზუსტის საპროგნოზო დამოკიდებულებები, რომლებიც მოცემულია ცხრ.2-ში.

ცხრილი 2 წყალდიდობის მაქსიმალური ხარჯების საპროგნოზო განტოლებები და მათი შეფასება

მდინარე-პუნქტი	დასაშვები ცდომილება	საპროგნოზო განტოლება	S/σ	P %	r	Q
ენგური – ხაიში	144 144 144	$Q_{max}=3.01P_{-II}+0.73d_{max}=353$ $Q_{max}=16.5Q_{XI-II}=1.35d_{max}+250$ $Q_{max}=1.96P_{-II}+13.3P_{XI-II}+1.11d_{max}$	0.9 2 0.0	6 2 6	0.45 0.48 0.51	47 62 65
რონი – ალპანა	75.4	$Q_{max}=0.401$	0.9	5	0.47	57
ყვირილა – ზესტაფონი	116 116	$Q_{max}=0.476$ $Q_{max}=0.360$	0.9 3	6 3	0.40 0.46	46 50
ხანისწყალი – ბაღდათი	28.2	$Q_{max}=0.078$	0.7	6	0.68	65
დიდი ლიახვი – კეხვი	16 16 16	$Q_{max}=0.244$ $Q_{max}=0.342$ $Q_{max}=0.232$	0.7 6 0.7	6 0 6	0.66 0.71 0.77	53 63 63
ქსანი – კორინთა	30.7	$Q_{max}=7.65$	0.7	6	0.68	73
თეთრი არაგვი – ფასანაური	21.1 21.1	$Q_{max}=0.16$ $Q_{max}=0.15$	0.8 6 0.8	6 7 7	0.55 0.60	61 67
ფშავის არაგვი – მაღაროსკარი	39.5	$Q_{max}=0.245$	0.9	7	0.53	50

აქ პროგნოზები შეფასებულია შემდეგი კრიტერიუმებით: S/σ - პროგნოზების საშუალო კვადრატული ცდომილების (S) შეფარდება მდინარის მაქსიმალური ხარჯების საშუალო კვადრატულ გადახრასთან (σ), რომლის მნიშვნელობა სათანადო დარიგების მიხედვით არ უნდა აღემატებოდეს 0.80-ს [6], P%-პროგნოზების გამართლების უზრუნველყოფა, რომელიც დამაკმაყოფილებლად ითვლება, თუ $P>60\%$, r-კორელაციის კოეფიციენტი ფაქტიურსა და პროგნოზულ მნიშვნელობებს შორის, რომელიც მეტი უნდა იყოს 0.60-ზე, Q - საპ-

როგნოზო დამოკიდებულების ეკონომიკური ეფექტი კი მეტი უნდა იყოს 50%-ზე დასავლეთ საქართველოს მდინარეებიდან ენგურის, რიონის და ყვირილასათვის მიღებული საპროგნოზო დამოკიდებულებათა შეფასების მთავარი კრიტერიუმი $S/\sigma \geq 0.8$, რაც იმაზე მიუთითებს, რომ პროგნოზები შეიძლება გაიცეს კონსულტაციების სახით.

მდ. ენგურზე მაქსიმალური ხარჯები გაივლიან ივლისის თვეში, ე.ი. ოპერატიული პროგნოზის შედგენიდან 3-3,5 თვის შემდეგ. სწორედ ამ პერიოდში აქ ხშირად აღინიშნება თავსხმა წვიმები, რომელთა პროგნოზირება ჯერ კიდევ შეუძლებელია. ამიტომ, შევისწავლეთ კორელაციური მატრიცა მაქსიმალურ ხარჯებსა (Q_{max} მ³/წმ) და ყველა არსებულ ფაქტორებს შორის, რომელთა ინფორმაცია შეიძლება არსებობდეს მარტის თვის ბოლოს: ნალექები (Pმმ), ჰაერის ტემპერატურა ($\theta^{\circ}C$), თოვლში წყლის მარაგი (W მმ) და თოვლის საფარის სისქე (d სმ).

პირველ რიგში განვიხილეთ კავშირები ატმოსფერულ ნალექებთან. აღსანიშნავია, რომ როგორც გასაშუალებული, ისე ცალკეული მეტეოპუნქტების მონაცემებით გამოთვლილი ცალკე შემოდგომის, ზამთრის და გაზაფხულის ნალექების ჯამის კავშირის სიზუსტე მაქსიმალურ ხარჯებთან არ აღემატება $r \leq 0.30$ -ს. მხოლოდ თებერვლის თვის ნალექები ცალკეულ მეტეოპუნქტებთან იძლევიან კავშირს სიზუსტით $r = 0.33-0.37$.

სხვადასხვა პერიოდის ჰაერის ტემპერატურასთან კავშირის სიზუსტე შეადგენს $r = 0.04-0.12$, მხოლოდ აპრილის თვის ტემპერატურის კავშირით მაქსიმალურ ხარჯთან მიიღება $r = 0.29$.

სამწუხაროდ ძალიან უშედეგო აღმოჩნდა, აგრეთვე, კავშირები მაქსიმალურ ხარჯებისა მის ძირითად მაფორმირებელ ფაქტორებთან - თოვლის საფართან. მისი არც მარშრუტული და არც დეკადური აგეგმვის მონაცემებით კავშირის სიზუსტე არ აღემატება $r = 0.20$ -ს. მხოლოდ მეზობელი აუზიდან მეტეოპუნქტ ლებარდეს თოვლში წყლის მარაგთან და მის სისქესთან (d სმ) $r = 0.30-0.37$ -ს შეადგენს.

ასეთ რთულ სიტუაციაში, რა თქმა უნდა, ძნელია რაიმე საპროგნოზო მოდელის შედგენა. ყველა არსებული ფაქტორიდან სხვადასხვა მათემატიკური კრიტერიუმისა და მრავალბიჯიანი გაცხრილვის მეთოდის გამოყენებით [4] მიღებულ იქნა შემდეგი საპროგნოზო მოდელი შესაბამისი მრავლობითი კორელაციის კოეფიციენტებით (R):

$$Q_{max} = f(P_{I-II}, \theta_{IY}, d_{max}, \theta_{XII-II}, P_{XI-I}), (3)$$
$$R = 0.37, 0.45, 0.512, 0.55, 0.55.$$

ვინაიდან აქ ბოლო ფაქტორი არ იძლევა კავშირის გაუმჯობესებას, ამიტომ, შეიძლება მისი უგულვებელყოფა. დარჩენილი ფაქტორებიდან კი სათანადო კვლევის [5] შედეგად მიღებული იქნა ის საპროგნოზო განტოლებები, რომლებიც მოცემულია ცხრ.2-ში. მათი შეფასება შეადგენს $S = 0.90-0.92$.

დასავლეთ საქართველოს მდინარეებიდან მხოლოდ მდ. ხანისწყალისთვის იქნა მიღებული დადებითი შეფასების ($S/\sigma = 0.75$) საპროგნოზო დამოკიდებულება თოვლ-აგეგმვის მარშრუტ ნაბეღლავ - ბახმაროს მონაცემებით, რომლითაც პროგნოზი შეიძლება უკვე მარტის შუა რიცხვებში შედგეს.

ასეთივე, შედარებით კარგი შედეგი, მივიღეთ თოვლის აგეგმვის მონაცემებით მდ. ლიახვის-კეხთან. აქ მაქსიმალური ხარჯები დავაკავშირეთ როგორც თვით ლიახვის აუზში, ისე მის მეზობელ მდ. არაგვის აუზში მდებარე მარშრუტების მონაცემებთან. მათი კავშირის სიზუსტე შეადგენს $r = 0.66 - 0.71$ -ს, ხოლო საპროგნოზო განტოლების შეფასების კრიტერიუმი $S/\sigma = 0.74-0.78$. უფრო კარგ პროგნოზს ($S/\sigma = 0.66$) იძლევა ერთობლივი გათვალისწინება თოვლში წყლის მარაგისა, აღრიცხული ჯვრის უღელტეხილზე თებერვალში, და გუბთა-ერწოს მარშრუტზე მარტში. ამ შემთხვევაში კორელაციის კოეფიციენტი ფაქტიურსა და პროგნოზულ მნიშვნელობებს შორის შეადგენს $r = 0.77$, პროგნოზების გამართლების უზრუნველყოფა კი $P = 67\%$.

დადებითი შეფასების პროგნოზები მივიღეთ, აგრეთვე, მდ. ქსანზე კორინთასთან მ/ს ჯვრის უღელტეხილზე თოვლში წყლის მარაგისა და მ/ს ფასანაურში ზამთრის ტემპერატურის ერთობლივი გათვალისწინებით. მათი შეფასების კრიტერიუმებია $S/\sigma = 0.74$ და $P = 69\%$.

მდ. არაგვის აუზის მონაცემებით, მართალია, მოხერხდა მდ. ლიახვის და ქსნის მაქსიმალური ხარჯების პროგნოზირება, მაგრამ, ამ მონაცემებით ვერ მოხერხდა თვით მდ. არაგვის შენაკადებისთვის დადებითი შეფასების პროგნოზების მიღება. მათი შეფასება $S/\sigma = 0.84-0.90$, რომლებითაც გაიცემა პროგნოზები კონსულტაციების სახით.

ამრიგად, შეიძლება ითქვას, რომ წყალდიდობის მაქსიმალური ხარჯების ფორმირება ხდება რა მეტად რთული ამინდის პირობებში, რაზედაც ნაკლებად მოქმედებენ წინა პერიოდის ფაქტორები, ამიტომ, მათმა დამოკიდებულებამ მაქსიმალურ ხარჯებთან არ მოგვცა დიდი სიზუსტის საპროგნოზო კავშირები. მაგრამ, როგორც ცხრილი 2-დან ჩანს, მათი გამოყენების ეკონომიკური ეფექტურობა $\Psi = 57 - 73\%$ და აჭარბებს მისი ნორმის გამოყენების ეფექტურობას 7-23%-ით, რაც გვაძლევს იმის გარანტიას, რომ მათი გამოყენებით შეიძლება თავიდან ავიცილოთ დიდი მატერიალური ზარალი და მსხვერპლი. მიღებული პროგნოზების გამოყენების ეფექტურობა უდავოა იმის გამოც, რომ მათი დროულობა (საპროგნოზო პერიოდის ხანგრძლივობა) 1-დან - 3.5 თვეა. ამ პერიოდის განმავლობაში, საშიშროების დროს, თავისუფლად შეიძლება როგორც მოსახლეობის, ისე

პირუტყვისა და მატერიალური ფასეულობის ევაკუაცია. ამ მიზეზთა გამო შემუშავებული პროგნოზები სათანადო მეთოდური მითითებებით გადაცემულია ოპერატიული პროგნოზების გასაცემად.

ლიტერატურა- REFERENCES- ЛИТЕРАТУРА

1. Государственный водный кадастр. Многолетние данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. Том У1, Грузинская ССР, Гидрометеиздат, Л., 1987.
2. Кочияшвили Б.М. Труды ЗапНИГМИ, вып.87(94), М., Гидрометеиздат, 1990, с.26-32.
3. ც.ბასილაშვილი. ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის შრომები, ტომი 101, თბილისი, 1998, გვ.93-99.
4. Басиლაшвили Ц.З. В кн. "Аннотированный указатель алгоритмов и программ. ВНИИГМИ-МЦД, Обнинск, 1977, с.43.
5. Басиლაшвили Ц.З., Плоткина И.Г. В кн. "Аннотированный перечень новых поступлений в ОФАП Госкомгидромета". ВНИИГМИ-МЦД, вып.4, Обнинск, 1978, с.21.
6. Наставление по службе прогнозов. Раздел 3, ч.1.Л., Гидрометеиздат, 1962.

უკ 556.06 : 556.166

საქართველოს მდინარეთა წყალდიდობის მაქსიმალური ხარჯების პროგნოზირება ჰიდროლოგიური ინფორმაციის შეზღუდულობის პირობებში. /ც. ბასილაშვილი/. ჰმი-ს შრომათა კრებული. _ 2001. _ ტ. 106. _ გვ.96-105. -ქართ.; რეზ.ქართ., ინგლ., რუს.

სადღესოდ საქართველოს მდინარეებზე აღარ მიმდინარობს წყლის ხარჯების გაზომვა, რომელნიც წარმოადგენდნენ მთავარ ფაქტორს არსებულ საპროგნოზო დამოკიდებულებებში. ოპერატიული პროგნოზების გაცემის მიზნით შემუშავებულია საპროგნოზო განტოლებები ჰიდროლოგიური ინფორმაციის გარეშე. ილ.1, ცხრ.2, ლიტ.დას.6.

UDC 556.06:556.166

Forecasting maximum floods on the rivers of Georgia under limited hydrological data conditions. /Ts.Basilashvili / Transactions of the Institute of Hydrometeorology. 2001.-V.106.-p.96-105.-Georg.:Summ.Georg., Eng., Russ.

Water discharge of Georgian rivers is not being measured at present, though it was the main element in available forecasting dependencies. To make operational projection, prognostic equations have been obtained without consideration of hydrological information. Fig.1, Tab.2, Ref.6.

УДК 556.06 : 556.166

Прогнозирование максимальных расходов половодья рек Грузии при ограниченной гидрологической информации. /Басиლაшвили Ц.З./ Сб. Трудов Института гидрометеорологии АН Грузии. – 2001. – т.106. – с.96-105. – Груз.; рез. Груз., Англ., Русск.

В настоящее время на реках Грузии не производятся измерения расходов воды, которые являлись главными элементами в существующих прогностических зависимостях. Для выпуска оперативных прогнозов разработаны прогностические уравнения без учета гидрологической информации. Рис. 1, таб.2, лит.6.