

მდ. ალაზნის წყლის ჩამონადენის ცვლილების მოსალოდნელი ტენდენციები კლიმატის დათბობის პირობებში

ცისანა ბასილაშვილი

(საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი)

რეზიუმე: შესწავლილია საქართველოს ყველაზე გრძელი მდინარის ალაზნისა და მისი შენაკადების წყლის ჩამონადენი, რომელიც კახეთის რეგიონში სოციალურ-ეკონომიკური განვითარების მთავარი ფაქტორია. დაზუსტებულია მდინარეთა წყლის ხარჯების სტატისტიკური მახასიათებლები და ალბათური მნიშვნელობები.

მდ. ალაზნის წყლის ჩამონადენის ბუნებრივი ფორმირებისა (სოფ. ბირკიანთან) და წყლის ინტენსიური მოხმარების ზონაში (სოფ. შაქრიანთან) დადგენილია სხვადასხვა პერიოდის წყლის ხარჯების მრავალწლიური დინამიკა და მოსალოდნელი განვითარების ტენდენციები. განსაზღვრულია წყლის ხარჯების ყოველწლიური ცვლილების სინქარების რიცხვითი მნიშვნელობები.

მდინარეთა წყლის ჩამონადენის ცვლილების აღნიშნული შეფასება მეტად მნიშვნელოვანია წყალსამეურნეო სისტემების მართვის სწორად დაგეგმარებისათვის, რომლის მიზანია არსებული წყლის რესურსების რაციონალური გადანაწილება, მოსახლეობისა და საწარმოების წყალმომარაგება, მელიორაციისა და ენერგეტიკის მომსახურება და გარემოს ეკოლოგიური უსაფრთხოების უზრუნველყოფა.

საკვანძო სიტყვები: ალბათობა; დინამიკა; ვარიაცია; პარამეტრები; ტრენდი.

შესავალი

გლობალური დათბობის შედეგად დედამიწაზე სივრცესა და დროში მიმდინარე კლიმატური კრიზისული ანომალიები გავლენას ახდენს ბუნებრივ (განსაკუთრებით წყლისა და მიწის) რესურსებზე. ამ ფონზე იზრდება ქვეყნის განვითარების რისკი, რაც განპირობებულია ძირითადად წყლის რესურსების მოცულობის შემცირებით, მათი ხარისხის გაუარესებით და გახშირებული კატასტროფული ბუნებრივი მოვლენებით.

ტემპერატურის მატება და ატმოსფერული ნალექების შემცირება იწვევს მდინარეთა წელიწადობის შემცირებას, რაც უარყოფითად აისახება ქვეყნის სამეურნეო საქმიანობაზე განსაკუთრებით იმ ტერიტორიაზე, სადაც მცენარეთა მოსავლიანობა დამოკიდებულია სარწყავი წყლით მათ მომარაგებაზე. სწორედ ასეთი პირობებია მოსალოდნელი მიწათმოქმედებით განთქმულ კახეთში, სადაც ყველაზე ნაყოფიერი ნიადაგების ფართო ველებია და სასოფლო-სამეურნეო წარმოების მოცულობით საქართველოს წამყვანი რეგიონია. აქ ამ პრობლემის სათანადო შეუფასებლობა არა მარტო შეამცირებს ეკონომიკის განვითარებას, არამედ საგრძნობლად დააზიანებს ტერიტორიას, რადგანაც გააქტიურდება გაუდაბნოების

პროცესები [1]. იმისათვის, რომ თავიდან ავიცილოთ დიდი ზარალი, საჭიროა წყლის რესურსების მოსალოდნელი ცვლილებების ყოველმხრივი შესწავლა.

ძირითადი ნაწილი

მდ. ალაზნის წყლიანობის ცვლილების ზოგადი მიმოხილვა. საქართველოში მტკნარი წყლის მთავარი წყაროა კავკასიონის ქედიდან ჩამომავალი მდინარეები. მათ შორის ყველაზე გრძელია (407 კმ) მდ. ალაზანი, რომელიც კახეთის რეგიონის წყალმომარაგების მთავარ არტერიას წარმოადგენს. მდ. ალაზნისა და მისი შენაკადების წყლით ირწყვება 262 ათასი ჰა სასოფლო-სამეურნეო მიწის სავარგულები. მდინარეთა წყალი გამოიყენება აგრეთვე ელექტროენერჯის მისაღებად, მოსახლეობისა და მეურნეობის სხვადასხვა დარგის საწარმოების წყალმომარაგებისათვის და თევზის სარეწად.

ასე რომ, მდ. ალაზნის აუზის წყლის რესურსებს დიდი მნიშვნელობა აქვს რეგიონში მოსახლეობის კეთილდღეობისა და ეკონომიკის განვითარებისათვის. მაგრამ 1990-იანი წლებიდან საქართველოში რთული პოლიტიკურ-ეკონომიკური ვითარების პირობებში განადგურდა სამეურნეო საწარმოები და სარწყავი სისტემების ფართო ქსელი, გაიჩეხა ტყეები და ქარსაცავი ტყის ზოლები, რის გამოც გაძლიერდა ეროზია და დაზიანდა მრავალი ათასი ჰა მიწა, შეწყდა მდინარეთა წყლიანობისა და მისი გამოყენების სათანადო აღრიცხვა. წყალსამეურნეო სისტემებში წყლის დიდი დანაკარგებია. ორი ათეული წლის განმავლობაში აღარ ფუნქციონირებდა ალაზნის ქვემო და ზემო მაგისტრალური არხების სარწყავი სისტემები.

სადღეისოდ რეგიონში მიმდინარეობს სარწყავი არხების აღდგენითი სამუშაოები და დაგეგმილია კახეთის რეგიონში სოფლის მეურნეობის აღორძინება, რისთვისაც აუცილებელია მდ. ალაზნის წყლიანობისა და მისი მოსალოდნელი ცვლილებების შესწავლა, რასაც უდიდესი მნიშვნელობა აქვს მომავალში სამეურნეო საქმიანობის წარმართვისათვის.

მდ. ალაზნის აუზში არსებული წყლის რესურსების შესწავლა დაიწყო გასული საუკუნის 20-იან წლებში, როდესაც დაიგეგმა მდინარეებზე სარწყავი სისტემების მაგისტრალური არხების მშენებლობა. 90-იან წლებამდე მდ. ალაზნისა და მისი შენაკადების 12 ჰიდროლოგიურ საგუშაგოზე მიმდინარეობდა მდინარეთა წყლის ხარჯების გაზომვა დღეში ორჯერ (დილა-სადამოს), მაგრამ შემდეგ მდ. ალაზანზე იზომება მხოლოდ წყლის დონეები სოფ. შაქრიანის ჰიდროლოგიურ საგუშაგოზე. 1990 წლამდე არსებული მონაცემებით ჩვენ მიერ მრავალმხრივ იქნა შესწავლილი მდ. ალაზნისა და მისი შენაკადების წყლიანობა 12-ვე ჰიდროლოგიურ კვეთზე არსებულ მრავალწლიან სტაციონარულ დაკვირვებათა მონაცემების (ცხრილი 1) სტატისტიკური დამუშავების საფუძველზე [1–5].

საყურადღებოა, რომ მდ. ალაზნის წყლის ბუნებრივი ჩამონადენი (წყალადებისა და წყალჩაშვების გარეშე) იზომებოდა სოფ. ბირკიანთან. იქ არსებულ ჰიდროკვეთზე 47-წლიანი დაკვირვებათა მონაცემებით განისაზღვრა ზემო ალაზნის სარწყავ მაგისტრალურ არხში წყლის ოდენობა. რაც შეეხება ალაზნის ქვემო სარწყავი მაგისტრალური არხის წყლიანობას, იგი განისაზღვრა სოფ. შაქრიანთან არსებული და დღესაც მოქმედი საგუშაგოს 76-წლიანი მონაცემებით. სხვა საგუშაგოებზე დაკვირვებათა რიგი საშუალოდ 40–60 წელია.

მდ. ალაზნის აუზის მდინარეთა ჰიდროგრაფიული მახასიათებლები და დაკვირვების რიგები

მდინარე – პუნქტი	აუზის ფართ.	აუზის სიმაღლე	მდინარ. სიგრძე	მდინარ. ვარდნა	პუნქტ. სიმაღლე	აუზის ტყიანობა	მდინარ. დახრილობა	დაკვირვების წლები	წლების რაოდენობა
	F (კმ ²)	H (მ)	L (კმ)	Δ H (მ)	H (მ) აბს.	T (%)	U (%)	წლები	რიგი
ალაზანი – ბირკიანი	282	2200	32	1234	758	42	62	1950–1996	47
ალაზანი – შაქრიანი	2190	1260	95	2410	340	61	26	1925–2010	79
ალაზანი – ჭიაური	4530	980	173	2550	195	56	15	1925–1990	59
ალაზანი – ზემო ქედი	7490	900	279	2575	175	46	9	1958–1983	26
სამეურისწყალი–ხადორი	121	2590	18	2017	820	15	115	1950–1990	40
სტორი – ლეჩური	203	1850	22	1614	520	54	111	1940–1990	44
დიდხევი – არტანა	78	1650	14		545	54	126	1946–1990	45
ინწობა – საბუე	41	1620	12	2203	617	89	173	1952–1990	38
ჩელთი – შილდა	72	1784	15	1890	510	50	124	1937–1987	39
დურუჯი – ყვარელი	68	1630	13	1800	400	84	130	1960–1980	21
ავანისხევი – ახალსოფელი	86			1955	265			1971–1981	11
ლაგოდეხის ნაკრძალი	46							1982–1990	9

ამ მონაცემთა საფუძველზე დაზუსტებულია მდ. ალაზნისა და მისი შენაკადების ჰიდროლოგიური პარამეტრები [2, 3], რომლებიც მეტად მნიშვნელოვანია სამეცნიერო, საპროექტო და სამეურნეო ორგანიზაციებში ყველა სახის წყალსამეურნეო გაანგარიშებისათვის და სამეურნეო ნაგებობების საიმედო ტექნიკურ-ეკონომიკური დასაბუთების მისაღებად. მე-2 ცხრილში მოცემულია მდინარეთა წყლიანობის ძირითადი მახასიათებლები საშუალო-წლიური და ექსტრემალური წყლის ხარჯები, რომლებიც საჭიროა წყლის რესურსების რაციონალურად გადანაწილებისათვის მოსახლეობისა, სამეურნეო საწარმოების მომსახურებისა და გარემოს უსაფრთხოებისთვის.

ყველასათვის ცნობილია, რომ სამყაროში ყველაფერი ცვალებადია და, რა თქმა უნდა, არც მდინარეთა ჩამონადენის ნორმისა და სხვა პარამეტრების მდგრადობაა უცვლელი. მდინარის წყლის ნებისმიერი პერიოდის ჩამონადენი წლიდან წლამდე განიცდის ცვლილებას, რომლის მახასიათებელი მათემატიკური სტატისტიკის მიხედვით არის მათი ვარიაციის (C_v) კოეფიციენტი:

$$C_v = \sigma / Q_o, \tag{1}$$

სადაც σ მდინარის ჩამონადენის ნორმის საშუალო კვადრატული გადახრაა, Q_0 – მდინარის ჩამონადენის ნორმა.

ცხრილი 2

მდ. ალაზნის აუზის მდინარეთა წყლის ხარჯების (მ³/წმ) მახასიათებლები

მდინარე – პუნქტი	საშუალო-წლიური	ვარიაც. კოეფიც.	ექტრემუმი		წლიური ხარჯების ალბათობა		
			უდიდესი	უმცირესი	50%	75%	95%
ალაზანი – ბირკიანი	13,6	0,19	365	1,0	14,3	12,5	10,3
ალაზანი – შაქრიანი	43,4	0,25	1160	3,8	42,5	35,7	27,4
ალაზანი – ჭიაური	61,8	0,26	685	4,0	61,8	51,5	39,0
ალაზანი – ზემო ქედი	98,8	0,26	753	17,0	95,2	79,4	60,2
სამყურისწყალი – ხადორი	5,04	0,15	112		5,96	5,00	4,31
სტორი – ღენჯური	7,72	0,20			7,79	6,78	5,50
დიღხევი – არტანა	3,97		10,3	0,55			
ინწობა – საბუე	1,54	0,22	37,2	0,04	1,57	1,35	1,07
ჩელთი – შილდა	2,14	0,28	41,5		2,04	-1,68	1,24
დურუჯი – ყვარელი	0,77		1,24	0,44			
ავანისხევი – ახალსოფელი	2,04		54,8	0,50			
ლაგოდები – ნაკრძალი	2,57		9,12	1,16			

როდესაც ჩამონადენის ვარიაციის ($0 < C_v < 1$) კოეფიციენტი დიდია, მაშინ იზრდება მისი მნიშვნელობის გადახრა ნორმიდან და, პირიქით, მცირე ვარიაციის დროს ეს გადახრა მცირდება. მდ. ალაზნისა და მისი შენაკადების წყლის საშუალო-წლიური ჩამონადენის ვარიაციის კოეფიციენტების მნიშვნელობები შედარებით მცირეა და მერყეობს 0,19-დან (მდ. ალაზანზე სოფ. ბირკიანთან) 0,28-მდე (მდ. ჩელთზე სოფ. შილდასთან).

მაღალი ვარიაციის კოეფიციენტებით ხასიათდება მდინარეთა წყლის ჩამონადენი წლის ცალკეულ პერიოდებში, განსაკუთრებით მესამე კვარტლის თვეებში (ივლისი, აგვისტო და სექტემბერი). ჩვენი კვლევის მიხედვით, ამ თვეების ჩამონადენის ვარიაციის კოეფიციენტი მდ. ალაზანზე სოფ. ბირკიანთან შეადგენს 0,36–0,40-ს, სოფ. შაქრიანთან კი – 0,46–0,57-ს. ამ კოეფიციენტების მნიშვნელობები უფრო მაღალია ამ თვეების ცალკეული დეკადური წყლის ხარჯებისათვის, რომლებიც სოფ. ბირკიანთან ცვალებადობს 0,32–0,47-ის, ხოლო სოფ. შაქრიანთან 0,50–0,67-ის ფარგლებში.

ამრიგად, ირკვევა, რომ მდ. ალაზნის ზემო წელში (ქვემო წელთან შედარებით, სადაც ხშირია წყალაღებები და წყალჩაშტებები) წყლის ჩამონადენი შედარებით მდგრადია.

სამეურნეო ორგანიზაციებისათვის და განსაკუთრებით სარწყავი სისტემების მომსახურებისათვის მეტად მნიშვნელოვანია მდინარეთა ჩამონადენის მოსალოდნელი ცვლილებების გაანგარიშება, რისთვისაც გამოიყენება ალბათობის თეორიაში ცნობილი ე. წ. უზრუნ-

ველყოფის მრუდები. ისინი უშუალოდ პასუხობენ კითხვას: როგორია ნაგებობის ან რაიმე ღონისძიების უზრუნველყოფა მდინარის წყლის ხარჯის გარკვეული მნიშვნელობის დროს.

მდ. ალაზნისა და მისი შენაკადების წყლის საშუალო-წლიური ხარჯების 50, 75 და 95 %-იანი უზრუნველყოფის მნიშვნელობები შეესაბამება 2-, 4.5- და 20-წლიან განმეორებადობას.

დღემდე არ არსებობს ზუსტი მეთოდი, რომელიც სრულყოფილად აღწერს მდინარის წყლის ჩამონადენის ცვლილებას, რადგან ეს ცვლილება განპირობებულია არა მარტო ადგილობრივი ფაქტორებით, არამედ ჰელიოსინოპტიკური პროცესებითაც, რომელთა გათვალისწინება დიდ სირთულეებთანაა დაკავშირებული.

კლიმატის თანამედროვე გლობალური დათბობის ზეგავლენის შესწავლის მიზნით მეტად აქტუალურია ჰიდრომეტეოროლოგიური პროცესების სიდიდეთა ცვალებადობის დინამიკის კვლევა. ადამიანის ანთროპოგენური ფაქტორებისა და სხვა ფაქტორთა ზემოქმედებით ჰიდროლოგიურ პროცესებში XX საუკუნის დასასრულიდან შეიმჩნევა გარკვეული ტენდენციები, რასაც მათემატიკური სტატისტიკის ტერმინოლოგიით ტრენდები ეწოდება, მათ აქვთ აღმავალი (მატების) ან დაღმავალი (კლების) მიმართულებები.

სადღეისოდ მეტად მნიშვნელოვანია მდინარეთა ჩამონადენის მრავალწლიური დინამიკის როგორც ხარისხობრივი, ისე მათი რაოდენობრივი გაანგარიშება, რაც გულისხმობს ტრენდის შეფასებას მათი აპროქსიმაციის ამსახველი წრფის განტოლების განსაზღვრით. სწორხაზოვანი წრფის შემთხვევაში რეგრესიის განტოლება ასე გამოისახება:

$$T = an + b, \quad (2)$$

სადაც T არის ტრენდი, ანუ საკვლევი ელემენტის მრავალწლიანი ცვლილების ტენდენციის ამსახველი გასაშუალოებული წრფე; n – ამ ელემენტის დაკვირვებათა მონაცემების რიგითი ნომერი მათი საწყისი წლიდან, რომლისთვისაც $n=1$, ყოველი შემდეგი (i) წლისათვის $n=1+i$; a განტოლების კოეფიციენტი, რომლის ნიშანი (+ ან -) აჩვენებს საკვლევი ელემენტის ცვლილების მიმართულებას: დადებითი (+) ნიშანი გამოხატავს მის მატებას, ანუ ელემენტის აღმავალ ტენდენციას, ხოლო უარყოფითი (-) ნიშანი მიუთითებს საკვლევი ელემენტის კლებაზე, ანუ დაღმავალ ტენდენციას; თვით a პარამეტრის რაოდენობრივი მნიშვნელობა კი განსაზღვრავს საკვლევი ელემენტის ცვლილების ინტენსიურობას, ანუ სიჩქარეს ყოველი ერთეული (i) წლისათვის; b განტოლების მუდმივაა, რომელიც წარმოადგენს საკვლევი ელემენტის ტრენდის ხაზის მინიმალურ მნიშვნელობას აღმავალი ტენდენციის შემთხვევაში ან მის მაქსიმალურ მნიშვნელობას დაღმავალი ტენდენციის დროს.

პირველ რიგში ჩვენ მიერ [5] ნაშრომში განხილულია მდ. ალაზნის აუზის ტერიტორიაზე არსებულ ჰიდრომეტეოროლოგიურ ქსელში განხორციელებულ მრავალწლიან დაკვირვებათა რიგების ანალიზი 2010 წლამდე. კერძოდ, შესწავლილია მდ. ალაზნის აუზის მარჯვენა და მარცხენა მხარეს არსებული თელავისა და ლაგოდეხის მეტეოსადგურებზე მთავარი წყალწარმოქმნელი ფაქტორების ატმოსფერული ნალექებისა და ჰაერის ტემპერატურის ყოველწლიური ცვლილების ამსახველი ტრენდები.

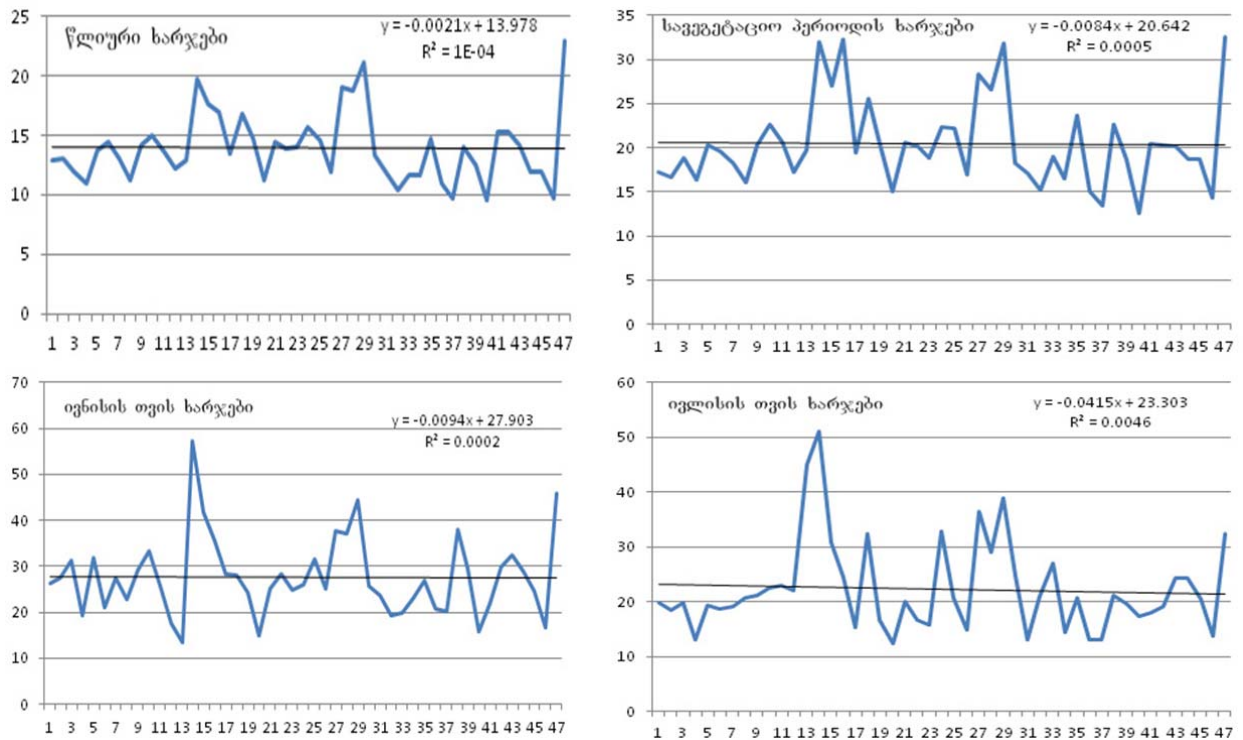
როგორც ირკვევა, მდ. ალაზნის აუზის ორივე (მარჯვენა და მარცხენა) მხარეს ხდება ჰაერის ტემპერატურის გაზრდა და ნალექების მნიშვნელოვანი შემცირება, რაც იმაზე მიუთითებს, რომ მოსალოდნელია მდ. ალაზნის აუზში მდინარეთა წყლის ჩამონადენის შემცირება. აქვე შევნიშნავთ, რომ ტემპერატურის მატებისა და ნალექების შემცირების მაღალი ინტენსიურობით გამოირჩევა მდინარის მარცხენა მხარე. ლაგოდეხის მეტეოსადგურის მონაცემებით ნალექების წლიური ჯამი ყოველწლიურად მცირდება 2,32 მმ-ით, ხოლო თელავის მეტეოსადგურის მონაცემებით, მათი შემცირების სიჩქარე განახევრებულია და 1,18

მმ-ს შეადგენს. ჰაერის საშუალო ტემპერატურის ყოველწლიური მატების სიჩქარე პირველ შემთხვევაში 0,007 °C-ია, მეორეში კი – 0,005 °C [5].

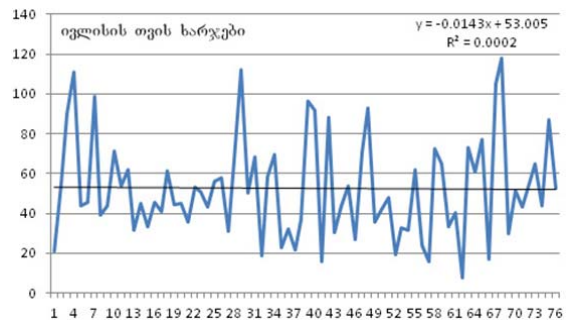
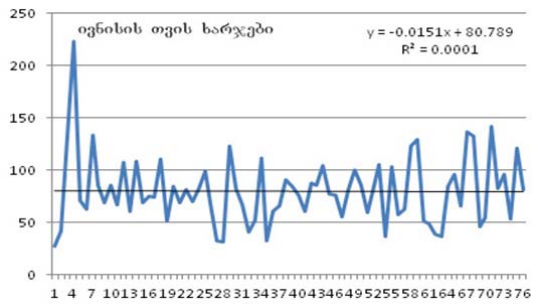
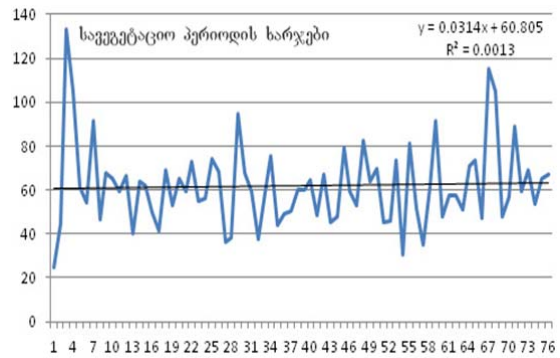
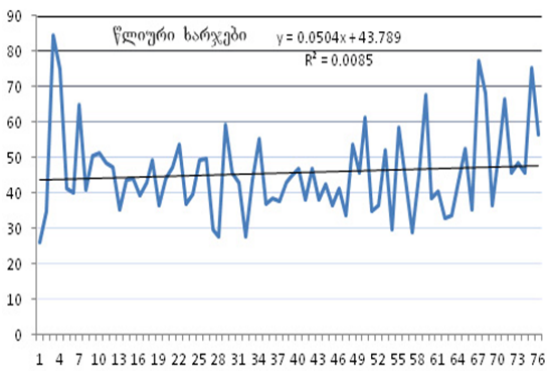
მდ. ალაზნის წყლის ჩამონადენის ყოველწლიური ცვლილების შეფასება. მდ. ალაზნის წყლის ჩამონადენის ცვლილების შესწავლა განხორციელდა ორი ჰიდროკვეთისათვის: პირველია სოფ. ბირკიანთან აღრიცხული მდინარის ბუნებრივი ჩამონადენი 47-წლიანი (1950–1996 წწ.) წყლის ხარჯების მთლიანი რიგით და სოფ. შაქრიანთან 76-წლიანი (1933–2010 წწ.) წყლის ხარჯების მთლიანი რიგით.

ალაზნიშნავია, რომ კლიმატის გლობალური დათბობის ინტენსიურობა განსაკუთრებით გაიზარდა გასული საუკუნის 80-იანი წლებიდან, ამიტომ მდინარის წყლიანობის დინამიკა შესწავლილ იქნა როგორც არსებულ დაკვირვებათა მთლიანი რიგებით, ისე წლების ცალკეული გრადაციებით 1980 წლამდე, ხოლო 1981 წლიდან – ჩვენს ხელთ არსებული 2010 წლამდე დაკვირვებებით. ვინაიდან სოფ. ბირკიანთან 1981–1996 წლების დაკვირვებები მხოლოდ 16 წელს მოიცავდა, მონაცემების აღდგენა 1997-დან 2010 წლამდე განხორციელდა სოფ. შაქრიანთან მოქმედი ჰიდროლოგიური საგუშაგოს მონაცემების მიხედვით მათი შესაბამისი შეფარდებების, ანუ გადამყვანი კოეფიციენტების გათვალისწინებით (ინტერპოლაციის მეთოდი).

1-ლ და მე-2 ნახებზე წარმოდგენილია ამ რიგებით მიღებული წყლის ხარჯების დინამიკა როგორც წლიური და სავეგეტაციო პერიოდისა, ისე მისი ცალკეული თვეებისათვის. გრაფიკებზე გამოსახულია მათი ტრენდების წრფივი აპროქსიმაციით მიღებული რეგრესიის განტოლებები, ხოლო მათი შესაბამისი რიცხვითი მნიშვნელობები მოცემულია მე-3 ცხრილში.



ნახ. 1. მდ. ალაზნის წყლის ხარჯების მრავალწლიური (1950–1996 წწ.) დინამიკა სოფ. ბირკიანთან



ნახ. 2. მდ. ალაზნის წყლის ხარჯების მრავალწლიური (1933 – 2010 წწ.) დინამიკა სოფ. შაქრიანთან

ცხრილი 3

მდ. ალაზნის სხვადასხვა პერიოდის წყლის ხარჯების ყოველწლიური დინამიკის ტრენდების ამსახველი განტოლებების ($T = an + b$) პარამეტრები (a და b)

პერიოდი	თვეები	სოფ. ბირკიანთან			სოფ. შაქრიანთან		
		წლები	a	b	წლები	a	b
წლიური	I–XII	1950–1996	-0,002	13,98	1933–2010	0,050	43,79
		1950–1980	0,109	12,67	1933–980	- 0,242	50,72
		1981–2010	0,230	10,73	1981–2010	0,509	40,04
მაქსიმალური		1950–1996	-1,079	98,42	1933–2010	-1,184	347,8
მინიმალური		1950–1996	0,019	3,731	1933–010	-0,126	20,44
სავეგეტაციო	IV–IX	1950–1996	-0,008	20,642	1933–010	0,031	60,80
		1950–1980	0,103	18,64	1933–980	- 0,243	66,87
		1981–2010	0,177	17,26	1981–2010	0,531	56,34
აპრილი	IV	1950–1996	0,004	16,64	1933–2010	0,337	57,29
მაისი	V	1950+1996	-0,058	28,23	1933–2010	0,060	90,44
ივნისი	VI	1950–1996	-0,009	27,90	1933–2010	-0,015	80,79
ივლისი	VII	1950+1996	-0,041	23,30	1933–2010	-0,014	53,00
აგვისტო	VIII	1950–1996	0,094	13,13	1933–2010	-0,005	37,20
სექტემბერი	IX	1950–1996	0,005	12,60	1933–2010	-0,036	39,01

მიღებული ტრენდების პარამეტრების სათანადო ანალიზით ირკვევა, რომ სოფ. ბირკიანთან ბუნებრივი ჩამონადენის წლიური ხარჯების ნატურალური დაკვირვებების 1950–1996 წლების მონაცემებით მიღებული ტრენდი დადმავალია; ე. ი. ხდება წყლის ხარჯების კლება. წყლის საშუალო წლიური ხარჯების აღდგენილი (1997–2010 წწ.) მონაცემებით მიღებულ ტრენდზე კი აღინიშნება მათი მატების ტენდენცია. მატების მაღალი ინტენსიურობა აღინიშნება განსაკუთრებით 1981–2010 წლებისათვის. ამ პერიოდის 14, ანუ 47 % მონაცემებისა აღდგენილია სოფ. შაქრიანთან მაღალი წყლის ხარჯების მიხედვით.

სოფ. შაქრიანთან დაფიქსირდა წყლის წლიური ხარჯების მატების ტენდენცია წლების ყველა გრადაციისათვის, გარდა 1933–1980 წლებისა, როდესაც აღინიშნა მათი კლების ტენდენცია და ინტენსიურობა შეადგენდა $-0,242$ -ს, 1981 – 2010 წლებში ეს მაჩვენებელი შეიცვალა და შეადგინა $0,509$.

ანალოგიური ტენდენციები აღინიშნება ორივე ჰიდროკვეთის სავეგეტაციო პერიოდის (აპრილიდან – სექტემბრამდე) საშუალო წყლის ხარჯებზე. აქაც 1933–1980 წლებში სავეგეტაციო პერიოდის ხარჯების დადმავალი ტრენდის სიჩქარე $a = -0,243$ -ს, ხოლო 1981–2010 წლებისათვის – ტრენდი აღმავალი ტენდენციისაა და მისი სიჩქარე $a = 0,531$ -ს.

სოფ. ბირკიანთან მდ. ალაზნის წყლის სავეგეტაციო პერიოდის ჩამონადენი ნატურალური დაკვირვებების მიხედვით ხასიათდება დადმავალი ტრენდით, რომლის კლების სიჩქარე $a = -0,008$ -ს, 1997–2010 წლების აღდგენილი ხარჯებით კი მიიღება აღმავალი ტრენდი $a = 0,012$ სიჩქარით.

სავეგეტაციო პერიოდის ცალკეული თვეების წყლის ხარჯების დინამიკის (ნახ. 1 და ნახ. 2) კვლევის შედეგების (ცხრილი 3) ანალიზიდან ირკვევა, რომ სოფ. ბირკიანთან აღმავალი (მატების) ტენდენციით ხასიათდება აპრილის, აგვისტოსა და სექტემბრის თვეების წყლის ხარჯები. დანარჩენ თვეებში (მაისი, ივნისი და ივლისი) აღინიშნება წყლის ხარჯების კლება, ანუ მათი ტრენდები დადმავალი ტენდენციით ხასიათდება.

სოფ. შაქრიანთან წყლის ხარჯების მატების ტენდენცია აღინიშნება აპრილისა და მაისის თვეებში, ხოლო ივნისში, ივლისში, აგვისტოსა და სექტემბერში ფიქსირდება წყლის ხარჯების კლება, რაც გამოწვეულია როგორც ჰავის სიმშრალით, ასევე სარწყავად წყალაღებების მაღალი მნიშვნელობებით.

ამ ფაქტთან დაკავშირებით აღსანიშნავია ის, რომ სავეგეტაციო პერიოდში, სოფ. ბირკიანამდე მდ. ალაზნიდან არ ხდება არც წყალაღება და არც წყალჩაშვება, მის ქვემოთ კი ეს პროცესები აქტიურდება როგორც ზემო და ქვემო სარწყავი მაგისტრალური არხების სისტემებით, ისე მრავალი არასაინჟინრო წყალსაგდები არხებით. საყურადღებოა ის ფაქტი, რომ მდ. ალაზანში წყალჩაშვება იწვევს წყლის ხარჯების ხელოვნურ მატებას სოფ. შაქრიანთან. წყალჩაშვება ხდება იმ საწარმოდან, რომელიც წყალს იღებს მიწისქვეშა წყლებიდან ჭაბურღილების მეშვეობით და შემდეგ ნახმარ წყალს უშვებს მდ. ალაზანში. ასეთი საწარმოების ჩამონათვალი და წყალჩაშვების წლიური რაოდენობა 2006 წლის მაგალითზე მოცემულია მე-4 ცხრილში [6].

საშუალო-წლიური და სავეგეტაციო პერიოდის წყლის ჩამონადენის ცვლილებასთან ერთად მეტად საყურადღებოა მდინარის მაქსიმალური და მინიმალური წყლის ხარჯების მრავალწლიური დინამიკის განსაზღვრა. ამისათვის გამოკვლეულ იქნა მათი ყოველწლიური ცვლილება. მიღებული ტრენდების პარამეტრების რიცხვითი მნიშვნელობები მოცემულია მე-3 ცხრილში. მონაცემების შესწავლის შედეგად გაირკვა, რომ მდ. ალაზნის წყლის მაქსიმალური ხარჯები მის ორივე საკვლევ ჰიდროკვეთზე მცირდება და მათი ყოველწლიური კლების სიჩქარე სოფ. ბირკიანთან $1,08$ -ს, ხოლო სოფ. შაქრიანთან $-1,18$ -ს შეადგენს. ამ შემცირების მიზეზი სავარაუდოდ კლიმატის დათბობის პირობებში ზამთარში მყა-

რი ნალექებისა და, შესაბამისად, გაზაფხულის წყალდიდობების შემცირებაა, როდესაც მდინარეზე ძირითადად წყლის მაქსიმალური ხარჯები აღირიცხება.

ცხრილი 4

მდ. ალაზნში საწარმოებიდან 2006 წელს ჩაშვებული წყლის მაჩვენებლები

საწარმოს დასახელება, მისამართი	წყალჩაშვება, ათასი მ ³	მანძილი შესართავიდან, კმ
ს.ს. თელავწყალკანალი, ქ. თელავი	629	220
შპს ყვარლის წყალკანალი, ქ. ყვარელი	1100	217
შპს გურჯაანის წყალკანალი, ქ. გურჯაანი	430	150
ს.ს. ახმეტის ღვინის ქარხანა	1,5	250
შპს ქინძმარაულის მარანი, ყვარლის რ-ნი, სოფ. გაგაზი	1,2	200
შპს კახეთის ღვინის სახლი, თელავის რ-ნი, სოფ. სანიორე	2	220

ამის საწინააღმდეგო პროცესი მიმდინარეობს მდ. ალაზნის წყლის მინიმალური ხარჯების ცვლილებასთან დაკავშირებით. მე-3 ცხრილის მონაცემების მიხედვით, მდ. ალაზნის წყლის მინიმალური ხარჯები ორივე ჰიდროკვეთზე იზრდება ყოველწლიურად 0,02 სიჩქარით. სავარაუდოდ, ამის მიზეზი არის ის ფაქტი, რომ ზამთარში, როდესაც მდინარეზე აღირიცხება მინიმალური წყლის ხარჯები, რომლებიც ადრე ფორმირდებოდა ძირითადად მიწისქვეშა წყლებით, კლიმატის დათბობის გააქტიურების პირობებში აუზის ზედაპირზე თოვლის ნაცვლად მოდის წვიმა, რომელიც დაუბრკოლებლად ჩაედინება მდინარეში და ემატება მიწისქვეშა წყლებს.

მდ. ალაზნის წყლის ჩამონადენის მოსალოდნელი ცვლილება. კლიმატის მიმდინარე და მოსალოდნელი ცვლილების გავლენის შესწავლა მდინარის წყლის ჩამონადენზე ერთ-ერთი მთავარი ამოცანაა ნებისმიერი რეგიონისათვის, ხოლო მდ. ალაზნის შემთხვევაში – მთელი ჩვენი ქვეყნისათვის, რადგან ეს მდინარე არის მთავარი წყარო კახეთის ნაყოფიერი ნიადაგების მოსარწყავად და სასოფლო-სამეურნეო კულტურების უხვი მოსავლის მისაღებად. მაგრამ კლიმატური ელემენტების ცვლილების შედეგად მდინარის წყლის ჩამონადენის ცვლილების შეფასება საკმაოდ რთულ ამოცანას წარმოადგენს.

დასმული საკითხის შესასწავლად კლიმატის ცვლილების საქართველოს მეორე ეროვნული შეტყობინების ფარგლებში გამოყენებულ იქნა რეგიონული კლიმატისა (PRECIS) და ჰიდროლოგიური (WEAP) კომპიუტერული მოდელები [6]. განხილულ იქნა 15-წლიანი და 30-წლიანი პერიოდები. მდ. ალაზნის ზემო წელში არსებული ჰიდრომეტეოროლოგიურ დაკვირვებათა მონაცემებით საპროგნოზო გამოთვლების შედეგად მიღებული ტემპერატურის, ნალექებისა და მდინარის ჩამონადენის ცვლილება მოცემულია მე-5 ცხრილში, საიდანაც ჩანს, რომ ნალექების რაოდენობა შედარებით მცირედ იცვლება ტემპერატურის არსებითი მატების ფონზე, რომელიც XXI საუკუნის ბოლოსათვის 5 °C-ზე მეტი იქნება. შესაბამისად, აუზის ზედაპირზე მოიმატებს აორთქლება და შემცირდება მდინარის ჩამონადენი XX საუკუნის მეორე ნახევართან შედარებით.

ატმოსფერული ნალექების, ჰაერის ტემპერატურისა და მდ. ალაზნის წყლის
ჩამონადენის მნიშვნელობები 15- და 30-წლიან პერიოდებში

წლები	ნალექები, მმ	ცვლილება, მმ	ტემპერატურა, °C	ცვლილება, °C	ჩამონადენი, მლნ მ ³	ცვლილება, მლნ მ ³
15-წლიანი პერიოდი						
1951–1965	2200		3,3		441	
1966–1980	2280	+80	3,3	0,0	474	+33
2071–2085	2150	-130	7,9	+4,6	408	-66
2086–2100	2260	+110	8,9	+1,0	433	+25
30-წლიანი პერიოდი						
1951– 980	2240		3,3		459,7	
2071–2100	2205	-35	8,4	+5.1	420,2	-39,5
ცვლილება, %		-1,6%				-8,6 %

ამ ცხრილის მიხედვით 15-წლიანი პერიოდების განხილვის დროს ატმოსფერული ნალექები, გამონაკლისის გარდა, თითქმის უცვლელი რჩება, ხოლო ტემპერატურა XXI საუკუნის ბოლოსათვის 5 °C-ით გაიზრდება. ეს ფაქტი შესაბამისად აისახება მდინარის ჩამონადენზეც და მიღებული პროგნოზის თანახმად 2100 წლისათვის მოსალოდნელია მდ. ალაზნის ჩამონადენის კლება, ოღონდ პერიოდული ვარიაციებით.

30-წლიანი პერიოდების გასაშუალოების შემთხვევაში მდინარის ჩამონადენის ტრენდი მცირე კლების ტენდენციას აჩვენებს. აქედან გამომდინარე, XXI საუკუნის ბოლოსთვის 1951–1980 წლებთან შედარებით ჩამონადენის 8,6 %-იანი კლებაა მოსალოდნელი პერიოდული ვარიაციებით.

ალსანიშნავია, რომ მდ. ალაზნის ჩამონადენი მის ქვემო წელში დაახლოებით 13 %-ით აღემატება შესაბამის მნიშვნელობას შუა წელში და მისი ცვალებადობა სინქრონულად მიმდინარეობს მდინარის გაყოლებაზე. ამიტომ შაქრიანის ჰიდროლოგიური საგუშაგოსთვის, რომლის მახლობლად სათავეს იღებს ქვემო ალაზნის სარწყავი სისტემა, მიღებული შედეგები შეიძლება გავრცელდეს მდ. ალაზნის ქვემო წელზეც და საუკუნის ბოლოსთვის 2070–2100 წლების ჩამონადენი მდ. ალაზანზე სავარაუდოდ საშუალოდ 10 %-ით დაიკლებს.

ჩვენი კვლევის მიხედვით, სავეგეტაციო პერიოდში მდ. ალაზანზე ბუნებრივი ჩამონადენის (მ³/წმ) დინამიკის (ნახ. 1) ამსახველი დადამავალი (კლების) ტენდენციის ტრენდის განტოლებას (ცხრილი 3) სოფ. ბირკიანთან ასეთი სახე ექნება:

$$Q = -0,0084n + 20,642, \tag{3}$$

სადაც n წლის რიგითი ნომერია 1950 წლიდან, ე. ი. როდესაც n=1, მისი კოეფიციენტი (-0,0084) კი უჩვენებს ჩამონადენის ყოველწლიური კლების ინტენსიურობას.

ასეთ პირობებში კახეთის რეგიონში შესაძლებელია გააქტიურდეს გაუდაბნოების პროცესი, მაგრამ საქართველოს კლიმატის მეორე ეროვნული შეტყობინების [6] თანახმად,

მდ. ალაზნიდან წყლის მოთხოვნაზე მხოლოდ მაშინ შეიძლება განხდეს პრობლემა, როდესაც ჩამონადენი შემცირდება 50 %-ით და ამდენივეთი გაიზრდება მოთხოვნა წყალზე. ვინაიდან მაშინდელი პროგნოზით ჩამონადენის ასეთი შემცირება ნავარაუდები არ იყო, ამიტომ წყლის მოთხოვნის მნიშვნელოვანი ზრდის შემთხვევაშიც კი მდ. ალაზნიზე წყლის დეფიციტი არც მიმდინარე საუკუნეშია მოსალოდნელი [6].

აღბათ, ასეთი დამაიმედებელი პროგნოზის გამოა, რომ კლიმატის ცვლილების მე-სამე ეროვნულ შეტყობინებაში [7] მდინარის წყლის ჩამონადენის ცვლილების საკითხი არ არის განხილული, მაგრამ განხილულია ჰაერის ტემპერატურის, ატმოსფერული ნალექებისა და გვალვიანობის პროგნოზები 2071–2100 წლებისათვის. საგანგაშოა ის, რომ მდ. ალაზნის აუზის ორივე მხარეს მოსალოდნელია ნალექების მნიშვნელოვანი შემცირება და ჰაერის ტემპერატურის მომატება, რაც ბუნებრივად გამოიწვევს მდინარეთა წყლიანობის შემცირებას.

დასკვნა

ამრიგად, კლიმატის თანამედროვე დათბობისა და ანთროპოგენური ფაქტორების მოქმედების შესაფასებლად მდინარის ჩამონადენის მიხედვით გამოკვლეულია მდ. ალაზნის წყლის წლიური, მაქსიმალური, მინიმალური, სავეგეტაციო პერიოდისა და ცალკეული თვეების ხარჯების მრავალწლიური დინამიკა. შედგენილია მათი სათანადო ტრენდები და მიღებულია მათი აპროქსიმაციის გამომსახველი განტოლებები შესაბამისი შეფასებებით. ვინაიდან წლის სხვადასხვა პერიოდში ტემპერატურისა და ნალექების ცვლილება ხდება სხვადასხვა ინტენსიურობით, მდ. ალაზნის სხვადასხვა პერიოდის ჩამონადენის ცვლილების ტენდენციაც განსხვავებულია.

ასეთი ვითარება მეტად საყურადღებოა და საჭიროა სათანადოდ იქნეს შესწავლილი მასთან დაკავშირებული მოსალოდნელი პრობლემები, რათა შემუშავდეს და ჩატარდეს შესაბამისი პრევენციული ღონისძიებები ნეგატიური პროცესების შერბილებისა და ზარალის შემცირებისათვის. მათი გათვალისწინებით შესაძლებელია მდინარეთა არსებული წყლის რესურსების რაციონალურად გამოყენების სწორი დაგეგმარება, განსაკუთრებით სავეგეტაციო პერიოდში, სასოფლო-სამეურნეო კულტურების ყაირათიანად რწყვის საწარმოებლად და, შედეგად, მოსავლიანობის ასამაღლებლად, რაც მეტად მნიშვნელოვანია ქვეყნის ეკონომიკისა და მოსახლეობის კეთილდღეობისათვის.

ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. T. Basilashvili, L. Machavariani, L. Lagidze. Desertification risk in Kakheti region, East Georgia // Journal of Environmental Biology, vol. 36, 2015, pp. 33-36.
2. ც. ბასილაშვილი. მდ. ალაზნისა და მისი შენაკადების წყალმცირობის ჩამონადენის შეფასება//საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრო-მეტეოროლოგიის ინსტიტუტის შრომათა კრებული, ტ. 123, თბ., 2016, გვ. 72-76.
3. ც. ბასილაშვილი. მდ. ალაზნისა და მისი შენაკადების წყლის ჩამონადენის პარამეტრები წყალსამეურნეო გაანგარიშებებისათვის//საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის შრომათა კრებული, ტ. 124, თბ., 2017, გვ. 12-16.

4. ც. ბასილაშვილი. მდინარეთა წყლის შიდაწლიური განაწილება და სავეგეტაციო პერიოდის ჩამონადენი მდ. ალაზნის აუზში//საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის შრომათა კრებული, ტ. 124, თბ., 2017, გვ. 17-21.
5. ც. ბასილაშვილი, ი. ზარნაძე. მდ. ალაზნის წყალწარმოქმნელი ფაქტორების ცვლილებები და მათი მოსალოდნელი მნიშვნელობები გლობალური დათბობის პირობებში//მეცნიერება და ტექნოლოგიები, № 3 (726), თბ., 2017, გვ. 33-47.
6. საქართველოს მეორე ეროვნული შეტყობინება კლიმატის ცვლილების ჩარჩო კონვენციისათვის. თბ., 2009. - 230 გვ.
7. საქართველოს მესამე ეროვნული შეტყობინება კლიმატის ცვლილების შესახებ. UNOP in Georgia, თბ., 2015. - 292 გვ.

EXPECTED TRENDS OF WATER FLOW OF THE RIVER ALAZANI UNDER GLOBAL WARMING AND CLIMATE CHANGE

Ts. Basilashvili

(Institute of Hydrometeorology of Georgian Technical University)

Resume: Water-flow of the longest river of Georgia Alazani, which is the main factor for socio-economic development in Kakheti and its tributaries have been studied. Statistical designators of water expenditure and their variable values have been ascertained. In the zone of the natural formation of the water flow (at the village of Birkiani) and of intense water utilization (at the village of Shakriani) multi-year dynamics of the water expenditure and the expected trends of their development have been ascertained. The numerical values of their annual change speed have been identified. The obtained evaluation of the river water-flow change is of vital importance for planning the water management systems with the view of rational utilization of the water resources, water provision, irrigation and power systems as well as for the environmental safety.

Key words: dynamics; parameters; probability; trend; variation.

ОЖИДАЕМЫЕ ТЕНДЕНЦИИ ИЗМЕНЕНИЯ СТОКА ВОДЫ Р. АЛАЗАНИ В УСЛОВИЯХ ПОТЕПЛЕНИЯ КЛИМАТА

Басилашвили Ц. З.

(Институт гидрометеорологии Грузинского технического университета)

Резюме. Изучен сток воды самой длинной реки Грузии Алазани и её притоков, что является основным фактором социального и экономического развития в регионе Кахетии. Уточнены статистические характеристики расходов воды и их вероятностные значения. В зоне естественного формирования стока воды р. Алазани (у с. Биркиани) и в зоне интенсивного потребления воды (у с. Шакриани) установлены многолетние динамики и определены ожидаемые тенденции развития расходов воды за разные периоды года. Установлены численные величины скоростей их ежегодных изменений. Полученная оценка изменения стока воды рек очень важна для планирования управления водохозяйственными системами в целях рационального перераспределения существующих водных ресурсов для водоснабжения населения и предприятий, обслуживания мелиорации и энергетики, а также для безопасности окружающей среды.

Ключевые слова: динамика; вариация; вероятность; параметры; тренды.