

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ხელნაწერის უფლებით

ბაჩანა ფიფია

საქართველოს ძირითადი მდინარეების ენერგეტიკული
პოტენციალის შეფასება არსებული ჰიდროლოგიური
მონაცემების გათვალისწინებით

დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად
წარდგენილი დისერტაციის

ავტორეფერატი

სადოქტორო პროგრამა: "ენერგეტიკა და ელექტროინჟინერია"
შიფრი: 0405

თბილისი

2019 წელი

სამუშაო შესრულებულია საქართველოს ტექნიკურ უნივერსიტეტში
ენერგეტიკისა და ტელეკომუნიკაციის ფაკულტეტი
ჰიდროენერგეტიკისა და მაგისტრალური სამილსადენო სისტემების
დეპარტამენტი

ხელმძღვანელი: პროფესორი გ. ხელიძე

რეცენზენტები: -----

დაცვა შედგება 2019 წლის "-----" "-----" "-----" საათზე
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ენერგეტიკისა და
ტელეკომუნიკაციის ფაკულტეტის სადისერტაციო საბჭოს კოლეგიის
სხდომაზე, კორპუსი VIII, აუდიტორია

მისამართი: 0175, თბილისი, კოსტავას 77.

დისერტაციის გაცნობა შეიძლება სტუ-ის ბიბლიოთეკაში,

ხოლო ავტორეფერატისა - ფაკულტეტის ვებგვერდზე

სადისერტაციო საბჭოს მდივანი
ასოცირებული პროფესორი

გ. გიგინეიშვილი

ნაშრომის ზოგადი დახასიათება

თემის აქტუალურობა. როგორც ცნობილია, მე-20 საუკუნის 70-იანი წლებიდან შეინიშნება დედამიწის კლიმატის ცვლილება, რაც გამოიხატა ტემპერატურის, ნალექების, მყინვარების ფართობებისა და სხვა კლიმატის მაფორმირებელი ფაქტორების რაოდენობრივ ცვლილებაში. აღნიშნული ფაქტორები არსებით გავლენას ახდენს მდინარეთა ჩამონადენის ჩამოყალიბებაზე, რომელთა რაოდენობრივი ცვლილება აუცილებლად აისახება მდინარეთა წყლიანობაზე. კლიმატური ფაქტორების ცვლილება გამოვლინდა საქართველოს ტერიტორიაზეც. ამ უკანასკნელის გავლენა საქართველოს მდინარეების წყლიანობის რაოდენობრივ ცვლილებებზე ნაკლებად არის შესწავლილი. რაც შეეხება მდინარეთა ჰიდროენერგეტიკულ პოტენციალს, რომლის განმსაზღვრელი არსებითი კომპონენტია მდინარეთა ჩამონადენი (წყლის ხარჯი), იგი საქართველოს მდინარეებისთვის გამოანგარიშებულია მე-20 საუკუნის 70-80-იანი წლების ჰიდროლოგიურ მონაცემებზე დაყრდნობით და არ იძლევა სრულყოფილ წარმოდგენას ფაქტობრივი ჰიდროენერგეტიკული რესურსის შესახებ. გამომდინარე ზემოთ მითითებულიდან, საქართველოს მდინარეების ჰიდროენერგეტიკული პოტენციალის შეფასება კლიმატის ცვლილების გათვალისწინებით აქტუალურ პრობლემად უნდა იქნეს მიჩნეული.

მეცნიერული სიახლე. მე-20 საუკუნის 80-იანი წლებიდან მოყოლებული პირველად არის შესრულებული საქართველოს რიგი მდინარეების წყლიანობის რაოდენობრივი შეფასება გლობალური კლიმატის ცვლილების ტენდენციის გათვალისწინებით. ამასთან ერთად, პირველად არის შემოთავაზებული მდინარეების ეკოლოგიურად მიზანშეწონილი ჰიდროენერგეტიკული პოტენციალის ცნება.

სამუშაოს მიზანი. სამუშაოს მიზანია კლიმატის გლობალური ცვლილების ტენდენციის გათვალისწინებით საქართველოს მდინარეების წყლიანობის განსაზღვრა და მის საფუძველზე მდინარეების

ჰიდროენერგეტიკული პოტენციალის რაოდენობრივი შეფასება, მდინარეთა ჩამონადენის შესახებ არსებული ფაქტობრივი მონაცემების საფუძველზე.

კვლევის ობიექტი და მეთოდები. შერჩეულია განსხვავებული კვების სახეობის მქონე საქართველოს ექვსი რეგიონის 18 მდინარე, რომლებიც არ არის დაქვემდებარებული ანთროპოგენურ ზემოქმედებას. საერთაშორისო სამეცნიერო და საინჟინრო პრაქტიკაში კარგად აპრობირებული მდინარეთა წყლის ხარჯების ჰიდროლოგიური რიგების ალბათური დამუშავების, აგრეთვე ჰიდროენერგეტიკული პოტენციალის განსაზღვრის მეთოდებით შესრულებულია ამ მდინარეების საკვლევ გასწორებში წყლის ხარჯების გაანგარიშებები და ჰიდროენერგეტიკული პოტენციალის განსაზღვრა. ჩატარებულმა კვლევებმა აჩვენა მდინარის წყლის ხარჯებისა და მათი შესაბამისი ჰიდროენერგეტიკული პოტენციალის არსებითი განსხვავება ამჟამად ოფიციალურად არსებულ მონაცემებთან შედარებით და წარმოაჩინა მთლიანად საქართველოს მდინარეების ჰიდროენერგეტიკული პოტენციალის ხელახალი განსაზღვრის საკითხი. ამას გარდა, ნაშრომში შემოთავაზებულია ეკოლოგიურად მიზანშეწონილი ჰიდროენერგეტიკული პოტენციალის განსაზღვრის საჭიროება, რაც საშუალებას მოგვცემს მდინარეთა ჰიდროენერგეტიკული პოტენციალი შეფასდეს გარემოსდაცვითი ფაქტორების გათვალისწინებით.

კვლევის ძირითადი შედეგები და შედეგების გამოყენების სფერო. საქართველოს მდინარეების ჰიდროენერგეტიკული პოტენციალის განსაზღვრა არსებული ჰიდროლოგიური მონაცემების გამოყენებით, საშუალებას მოგვცემს დავადგინოთ მისი ფაქტობრივი სიდიდე, როგორც ცალკეული მდინარეებისათვის, ასევე მთლიანად საქართველოს მასშტაბით. აღნიშნული მნიშვნელოვანია ქვეყნის ენერგეტიკული სფეროს განვითარების სწორად დაგეგმვისათვის.

კვლევის შედეგების გამოყენება შესაძლებელი იქნება მდინარეთა ენერგეტიკული ათვისების სქემების შედგენისას და ხელს შეუწყობს პერსპექტიული ჰესების რანჟირებას მათი განხორციელების პრიორიტეტის

მიხედვით. კვლევის შედეგები გამოყენება ასევე ძალიან მნიშვნელოვანი იქნება ჰიდროენერგეტიკული სექტორის შესაძლებლობების პროგნოზირებისთვის, როგორც ტექნიკური, ისე საინვესტიციო მიმზიდველობის ასპექტში.

ნაშრომის აპრობაცია. ნაშრომის ძირითადი შედეგები წარმოდგენილი იქნა საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ენერგეტიკისა და ტელეკომუნიკაციის ფაკულტეტის, ჰიდროენერგეტიკისა და მაგისტრალური სამილსადენო სისტემების დეპარტამენტში I, II და III კოლოქვიუმებზე და დისერტაციის წინასწარ განხილვაზე. ასევე, სტუ-ს სტუდენტთა 85-ე ღია საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენციაზე - ჰიდროენერგეტიკისა და მაგისტრალური სამილსადენო სისტემების სექცია, თბილისი 2017 წელი. აგრეთვე, 2018 წლის 18 ოქტომბერს მოხსენებულ იქნა საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტისა და ფოჯას უნივერსიტეტის პირველ ერთობლივ საერთაშორისო კონფერენციაზე - “მრეწველობის დარგების დინამიკა და თანამედროვე ტენდენციები საქართველოსა და ევროკავშირში: საინფორმაციო-საკომუნიკაციო ტექნოლოგიები მიწოდების ჯაჭვის მენეჯმენტში“.

გარდა ამისა, დისერტაციის თემაზე გამოქვეყნებულია 3 სამეცნიერო სტატია, სადისერტაციო საბჭოს მიერ რეკომენდებულ გამოცემებში.

ნაშრომის მოცულობა და სტრუქტურა. სადისერტაციო ნაშრომი მოიცავს 129 გვერდს, მათ შორის 37 ცხრილსა და 9 ნახაზს. იგი შეიცავს შესავალს, ხუთ თავს, დასკვნებსა და გამოყენებულ ლიტერატურის სიას.

ნაშრომის ძირითადი შინაარსი

შესავალში დასაბუთებულია თემის აქტუალურობა და მისი მეცნიერული სიახლე. ჩამოყალიბებულია სამუშაოს მიზანი, ასევე განსაზღვრულია კვლევის ობიექტი და მეთოდები.

ნაშრომის I თავში მოცემულია ინფორმაცია საქართველოს მდინარეების ჰიდროენერგეტიკული პოტენციალის შესწავლის შესახებ.

საქართველოს მდინარეების ჰიდროენერგეტიკული რესურსის განსაზღვრის პირველი ცდა ჩატარებული იყო 1913 წელს, ხოლო საქართველოს მდინარეების ენერგეტიკული პოტენციალის ბოლო შეფასება 1987 წელს განხორციელდა.

1987 წელს, გივი სვანიძის ხელმძღვანელობით ჩატარებულ კვლევებში, დიდი და საშუალო 208 მდინარის თეორიული ჰიდროენერგეტიკული რესურსის გამოთვლა განხორციელდა „ხაზობრივი აღრიცხვის“ მეთოდით, რომლის შესაბამისად, გრძივი პროფილის და ჩამონადენის მონაცემების არსებობის დროს, მდინარის თეორიული სიმძლავრე განისაზღვრება შემდეგი ფორმულით:

$$P = 9,8 \sum_{i+1}^n \frac{Q_i + Q_{i+1}}{2} \Delta H_i \text{ კვტ.} \quad (1)$$

ხოლო, მდინარის პოტენციალური ენერგია E - განისაზღვრება:

$$E = 86000 \sum_{i+1}^n \frac{Q_i + Q_{i+1}}{2} \Delta H_i \text{ კვტ.სთ} \quad (2)$$

სადაც n არის მონაკვეთების რიცხვი.

Q_i და Q_{i+1} - შესაბამისად წყლის ხარჯი i და $i+1$ მონაკვეთებზე - $\text{მ}^3/\text{წმ}$;

ΔH_i - i -ური მონაკვეთის ვარდნა, მ.

111 მცირე მდინარის თეორიული სიმძლავრე განისაზღვრა მიახლოებითი აღრიცხვის მეთოდით შემდეგი ფორმულით:

$$P = \alpha \cdot P_b \quad (3)$$

სადაც, α არის თეორიული სიმძლავრის კოეფიციენტი;

P_b - ზღვრული პოტენციალური სიმძლავრე, რომელიც გამოითვლება მდინარის მთლიანი ვარდნის - H_0 და შესართავთან მდინარის საშუალო ხარჯის Q_b -ს ნამრავლით, ანუ

$$P_b = 9,8 \cdot 0,5 \cdot Q_b \cdot H_0 \quad (4)$$

კოეფიციენტი α დამოკიდებულია ν სიდიდეზე, რომელიც ასე გამოისახება:

$$\nu = H_0 / H_b \quad (5)$$

სადაც H_b განსახილველი მდინარის წყალშემკრები აუზის საშუალო სიმაღლეა, მდინარის ბოლო კვეთის ან მდინარის შესართავის მიმართ.

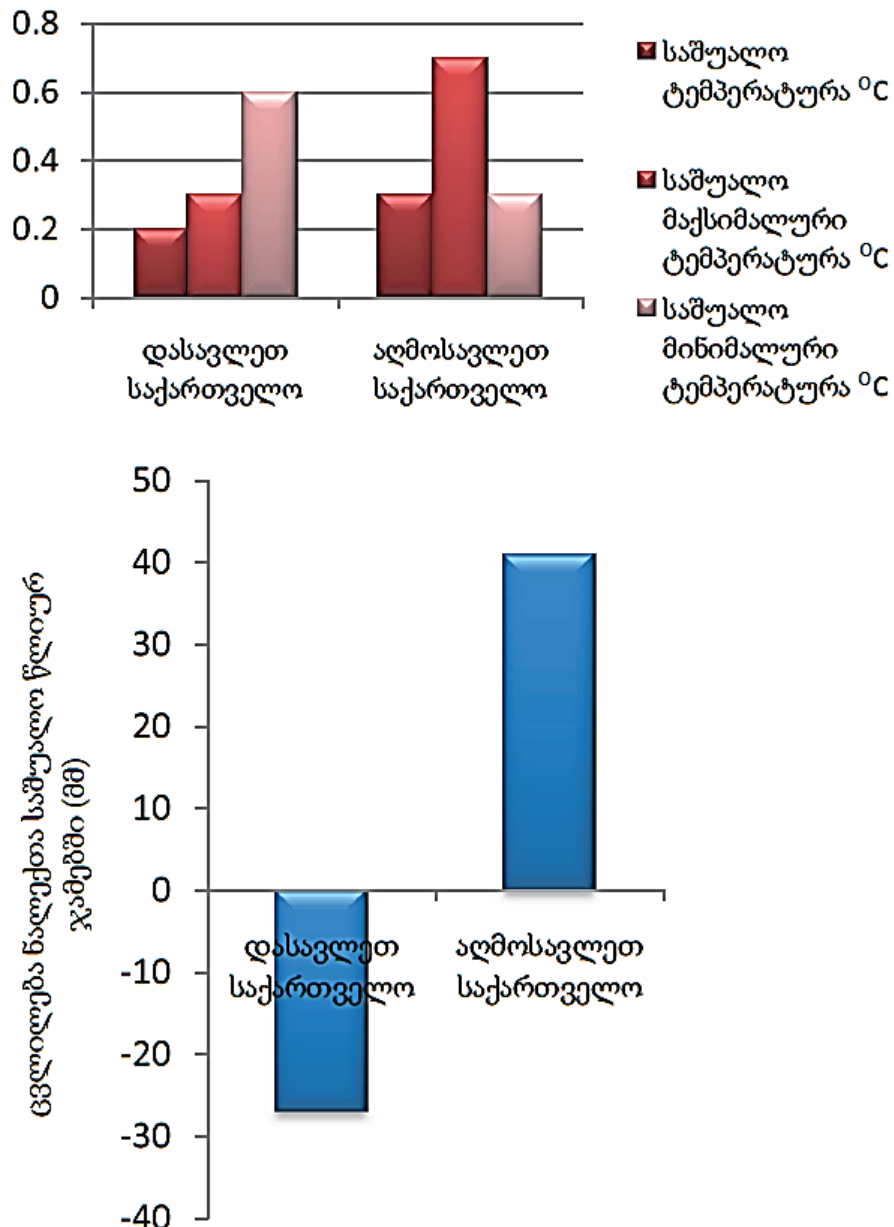
აღრიცხვის ამ მეთოდებით, მთლიანად შესწავლილი იყო 319 მდინარე. მდინარეთა პოტენციალურმა (თეორიულმა) ჯამურმა სიმძლავრემ 15,63 მლნ კვტ., ხოლო საშუალო წლიურმა გამომუშავებამ 136,92 მლრდ კვტ.სთ შეადგინა.

ამჟამად, ოფიციალურ საინჟინრო-ტექნიკურ ანგარიშებში, ეს სიდიდეები მიღებულია, როგორც საქართველოს მდინარეების პოტენციალური (თეორიული) ჰიდროენერგეტიკული რესურსი.

ნაშრომის II თავში განხილულია კლიმატის ცვლილების გავლენა წყლის რესურსებზე. საქართველოში კლიმატის ცვლილების ნიშნები შეინიშნება მე-20 საუკუნის 70-იანი წლებიდან და ჩატარებული კვლევებით დასტურდება კლიმატის ცვლილების გავლენა წყლის რესურსებზე.

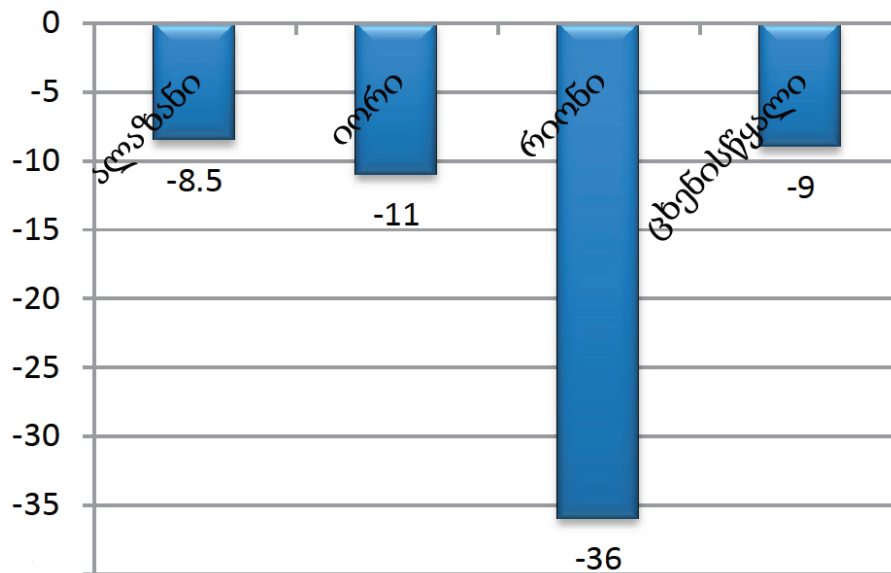
საქართველოში კლიმატის ცვლილების ნიშნები მე-20 საუკუნის 70-იანი წლებიდან შეიმჩნევა. ქვეყნაში რეგიონების მიხედვით კლიმატის ცვლილების ნიშნებიც განსხვავებულია. გაეროს კლიმატის ცვლილების ჩარჩო კონვენციისადმი (UNFCCC) საქართველოს მეორე ეროვნულ შეტყობინებაში გამოკვლეულია კლიმატის ცვლილების ტენდენციები 1955-1970 და 1990-2005 წლებში. აღნიშნულ პერიოდებში, დასავლეთ

საქართველოში საშუალო ტემპერატურამ მოიმატა დაახლოებით 0,2 °C-ით, ხოლო ატმოსფერული ნალექების წლიური ჯამი შემცირებულია 27 მმ-ით. რაც შეეხება აღმოსავლეთ საქართველოს, აქ საშუალო წლიური ტემპერატურა გაიზარდა თითქმის 0,3°C-ით, ასევე ფიქსირდება ატმოსფერული ნალექების წლიური ჯამის ზრდა 41 მმ-ით (ნახ.1).



ნახ.1. საშუალო ტემპერატურისა და ატმოსფერული ნალექების ჯამების ცვლილება 1960 წლამდე არსებულ ნორმასა და 1957-2006 წლების პერიოდის გასაშუალოებულ მნიშვნელობას შორის

გაეროს კლიმატის ცვლილების ჩარჩო კონვენციისადმი საქართველოს მეორე ეროვნული შეტყობინების ფარგლებში ასევე შეფასდა აღმოსავლეთ საქართველოს მდინარეების ალაზნისა და იორის ზედაწელის კვეთებში ჩამონადენზე კლიმატის ცვლილების მოსალოდნელი გავლენა. მსგავსი კვლევა განხორციელდა ასევე დასავლეთ საართველოს მდინარეების - რიონისა და ცხენისწყლის შემთხვევაში. ჩატარებული კვლევები აჩვენებს, რომ შერჩეული ოთხი მდინარიდან ყველაზე მეტად ჩამონადენის შემცირება მოსალოდნელია მდ. რიონის ზედაწელის კვეთებში (ნახ. 2.).



ნახ. 2. კლიმატის ცვლილების მოსალოდნელი გავლენა საქართველოს მდინარეების ჩამონადენზე

საქართველოს მდინარეების წყლიანობის განხილვისას აუცილებლად უნდა აღინიშნოს კლიმატის ცვლილების ფაქტორის გავლენა მყინვართა დნობის პროცესზე, რადგანაც საქართველოს ძირითადი ენერგეტიკული პოტენციალის მქონე დიდი მდინარეების (ენგური, რიონი და სხვ.) კვებაში მყინვარული ჩამონადენის წილი საკმაოდ მაღალია. აქედან გამომდინარე, ქვეყნის ჰიდროენერგეტიკის განვითარებისთვის ძალიან მნიშვნელოვანია კლიმატის ცვლილების გავლენა მყინვარების დნობის პროცესზე, რადგანაც სწორედ ეს უკანასკნელი ზემოქმედებს მდინარეების ჰიდროლოგიურ რეჟიმზე.

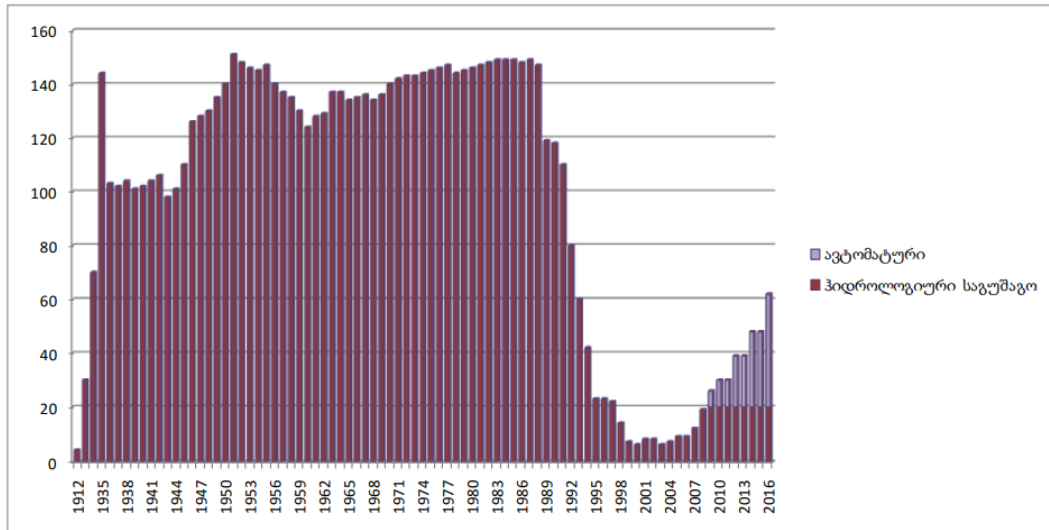
მე-20 საუკუნის 70-იანი წლებიდან მოყოლებული მყინვართა რაოდენობა საქართველოში 13%-ით შემცირდა, ხოლო ფართობი - 30%-ით. მყინვარების ფართობების შემცირების ძირითადი მიზეზი მოსული მყარი ნალექების (თოვლი) რაოდენობის შემცირება და ასევე საშუალო ტემპერატურის მატებაა. რა თქმა უნდა, მყინვარების დნობა პირდაპირ აისახება მდინარეების ჩამონადენზე და, შესაბამისად, მათი ჰიდროენერგეტიკული პოტენციალის სიდიდეზე.

შეიძლება ითქვას, რომ მყინვარების ფართობის შემცირება (დნობა) გლობალური დათბობის ერთ-ერთ მთავარ ინდიკატორს წარმოადგენს. გაეროს კლიმატის ცვლილების ჩარჩო კონვენციისადმი საქართველოს მესამე ეროვნულ შეტყობინებაში მიმოხილული და გაანალიზებულია კლიმატის პროგნოზირებული ცვლილების გავლენა მდინარე ენგურის აუზის მყინვარებზე და, შესაბამისად, მდ. ენგურის ჩამონადენზე.

ჩატარებული კვლევები ეფუძნება გაზომვებით დადგენილ იმ ფაქტს, რომ 1890-1965 წლებში მდ. ენგურის აუზში მყინვარების ფართობი შემცირებულია 13%-ით, ხოლო ამავე წლებში ზემო სვანეთში ჰაერის საშუალო წლიური ტემპერატურა გაიზარდა 0,3°C-ით. ამ მონაცემების საფუძველზე დადგინდა, რომ მე-20 საუკუნის 60-იან წლებთან შედარებით 2100 წლისათვის, ზემო სვანეთში ჰაერის ტემპერატურა 4°C-ით მოიმატებს, ხოლო მდ. ენგურის აუზში არსებული მყინვარების ფართობი 100 კმ²-მდე შემცირდება. ჩატარებული კვლევებით, მდ. ენგურის აუზში მყინვართა ფართობის შემცირების შედეგად, 2100 წლისთვის მდ. ენგურის ჩამონადენი წელიწადში გაუტოლდება დაახლოებით 3 მლრდ მ³-ს, რაც იმას ნიშნავს, რომ არსებულთან შედარებით ენგურის ჩამონადენი 13%-ით დაიკლებს.

საქართველოს მდინარეებზე ჰიდროლოგიური დაკვირვებები „გარემოს ეროვნული სააგენტოს“ ჰიდრომეტრიულ საგუშაგოებზე ხორციელდება. დროის სხვადასხვა პერიოდში, ჰიდროლოგიური ქსელი 470-მდე ჰიდროლოგიურ საგუშაგოს მოიცავდა, მაგრამ ერთდროულად მომუშავე ჰიდროსაგუშაგოების რიცხვი არასდროს აღემატებოდა 160-ს.

ამჟამად, საქართველოს მდინარეებზე სხვადასხვა პუნქტებში ჰიდროლოგიური დაკვირვებები ხორციელდება 20 არავტომატური და 42 ავტომატური საგუმავოს საშუალებით (ნახ. 3.).



ნახ. 3. ჰიდროლოგიური საგუმავოების რაოდენობა

ნახ. 2.-დან ჩანს, რომ საქართველოს მდინარეებზე ყველაზე სრულყოფილად 1990 წლამდე ხორციელდებოდა ჰიდროლოგიური დაკვირვებები, რის შემდეგაც ჰიდრომეტრიული საგუმავოების, ანუ მდინარეებზე ჰიდროლოგიური დაკვირვების პუნქტების რიცხვი საგრძნობლად შემცირებულია. შესაბამისად, აღნიშნული პერიოდის შემდეგ, საქართველოში არსებულ მდინარეთა უმეტესობაზე არ არსებობს ჰიდროლოგიური დაკვირვებების მონაცემები, ან ისინი არასრული სახით არის წარმოდგენილი. საწყისი ჰიდროლოგიური ინფორმაციის დეფიციტის პირობებში არ არსებობს სარწმუნო წარმოდგენა იმასთან დაკავშირებითაც, თუ რა გავლენა იქონია კლიმატის ცვლილებამ მდინარეების ჰიდროლოგიურ რეჟიმზე.

ამჟამად საყოველთაოდ მიღებული საქართველოს ჰიდროენერგეტიკული რესურსების პოტენციალის სიდიდე განსაზღვრულია მდინარეების 1980 წლამდე არსებული ჰიდროლოგიური მონაცემების მიხედვით. ამავე დროს, უკანასკნელი სამ ათეულ წელზე მეტი

პერიოდის განმავლობაში, კლიმატის ცვლილების ფონზე ჩატარებული კვლევებით დასტურდება საქართველოს ზოგიერთი მდინარის წყლიანობის ცვლილება, რაც ცხადყოფს მდინარეების ჰიდროენერგეტიკული პოტენციალის გადაანგარიშების აუცილებლობას, რაც თავის მხრივ მნიშვნელოვანია საქართველოს ჰიდროენერგეტიკული სექტორის განვითარების პერსპექტიული დაგეგმარებისთვის.

ყოველივე აღნიშნულიდან გამომდინარე, ცხადია, რომ დღის წესრიგში დგება ქვეყანაში არსებული მდინარეების ჰიდროენერგეტიკული პოტენციალის ხელახალი შეფასების საკითხი, რაც უნდა განხორციელდეს არსებული (ფაქტობრივი) ჰიდროლოგიური მონაცემების გათვალისწინებით.

ნაშრომის III თავში მიმოხილულია მდინარეთა ჰიდროლოგიური და ჰიდროენერგეტიკული პოტენციალის განსაზღვრის მეთოდები.

ჰიდროენერგეტიკული პოტენციალის გამოსათვლელად აუცილებელია მონაცემები მდინარის წყლის ხარჯის შესახებ. კერძოდ, იმისათვის, რომ მოვახდინოთ მდინარის ენერგეტიკული პოტენციალის განგარიშება, საჭიროა შესაბამის კვეთებში საშუალო მრავალწლიური წყლის ხარჯების დადგენა.

საშუალო მრავალწლიური წყლის ხარჯი მდინარის წყლიანობის ერთ-ერთ მთავარ მახასიათებლად ითვლება. მდინარის საშუალო წლიური ხარჯები დაკვირვების წლების მიხედვით ცვალებადობას განიცდის, რაც არავითარ კანონზომიერებას არ ექვემდებარება. ორი მომდევნო წლის ჩამონადენს შორის არ არსებობს პრაქტიკულად დამოკიდებულება, რადგან მათი მნიშვნელობები ერთიმეორისაგან განსხვავებულ სიდიდეებს წარმოადგენს. ასეთ სიდიდეებს მათემატიკურ სტატისტიკაში შემთხვევით სიდიდეებს უწოდებენ, ხოლო მათ მიერ წარმოქმნილ რიგს - ვარიაციულ რიგს. შემთხვევითი სიდიდეების რიგის შესასწავლად სტატისტიკურ მათემატიკურ მეთოდს იყენებენ. ვარიაციული რიგის ძირითადი

დამახასიათებელია რიგის წევრების საშუალო არითმეტიკული სიდიდე (საშუალო მრავალწლიური წყლის ხარჯი), რომელიც განისაზღვრება დამოკიდებულებით:

$$Q_0 = \frac{Q_1 + Q_2 + Q_3 + \dots + Q_n}{n} = \frac{\sum_n^i Q_n}{n} \quad (6)$$

სადაც, Q_0 საშუალო მრავალწლიური წყლის ხარჯია, $Q_1, Q_2, Q_3, \dots, Q_n$ ვარიაციული რიგის წევრებია, ანუ საშუალო წლიური ხარჯების მნიშვნელობები, რომელთა სიდიდე აიღება კონკრეტულ მდინარეზე არსებული ჰიდროლოგიური დაკვირვების პუნქტების მონაცემების მიხედვით; $\sum_n^i Q_n$ ვარიაციული რიგის წევრთა ჯამია; n – ვარიაციის რიგის წევრთა რაოდენობა (დაკვირვების წლების რაოდენობა).

რაც შეეხება მდინარეების ჰიდროენერგეტიკულ პოტენციალს, საქართველოს მდინარეების ენერგეტიკული პოტენციალი შეფასებულია ხაზობრივი აღრიცხვის მეთოდით, რომლის მიხედვითაც მდინარის უბნის პოტენციალური რესურსების ანალიზური გამოსახულება სიმძლავრისა და ენერჯის საშუალებით შეიძლება გამოისახოს შემდეგი სახით:

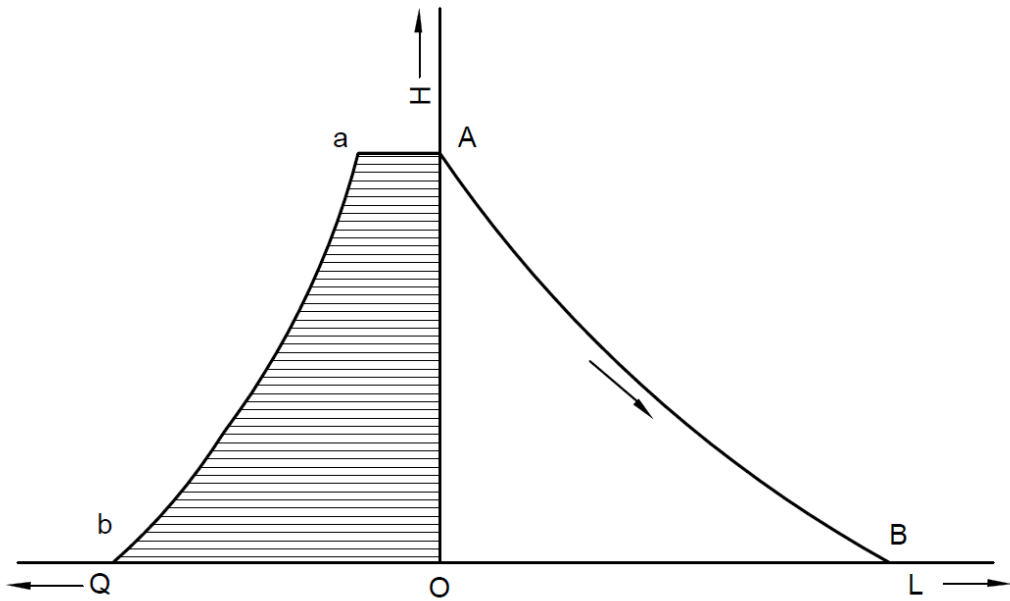
$$N_{\text{უბ}} = 9,81 \int_{H_1}^{H_2} Q_i \cdot dH, \quad \text{კვტ} \quad (7)$$

$$\Theta_{\text{უბ}} = \frac{1}{367} \int_{H_1}^{H_2} W_i \cdot dH, \quad \text{კვტ.სთ.} \quad (8)$$

სადაც H_1 და H_2 წარმოადგენს წყლის დონეებს განსახილველი უბნის დასაწყისსა და ბოლოში;

Q_i და W_i – შესაბამისად მდინარის ჯამურ ხარჯს და საშუალო წლიურ ჩამონადენს.

იმის გამო, რომ ფუნქციები $Q = f_1(L)$, $W = f_2(L)$ და $H = f_3(L)$ პრაქტიკულად არ შეიძლება იყოს მოცემული ანალიზური სახით. შესაბამისად, N და Θ სიდიდეების განსაზღვრისათვის სარგებლობენ შემდეგი გრაფიკული მეთოდით.



ნახ. 4. მდინარის სიმძლავრისა და ენერჯის გრაფიკული გამოთვლა

ორდინატთა ღერძზე აღნიშნავენ მდინარის ვარდნას - H , ხოლო აბსცისათა ღერძზე - მარჯვნივ სიგრძეს L , ხოლო მარცხნივ წყლის ხარჯს Q (ნახ. 4). ხაზი ab შეიძლება განხილულ იქნეს, როგორც მდინარის ძალური პროფილის ეპიურა, რადგანაც აბსცისთა სათანადო მასშტაბში სიმაღლის (ვარდნის) ერთეულზე მოსულ სიმძლავრეს წარმოადგენს, ხოლო დაშტრიხული $AabOA$ ფართობი - მდინარის უბნის თეორიულ სიმძლავრეს. თუ Q ხარჯის ნაცვლად ორდინატთა ღერძის მარცხნივ საშუალო წლიური ჩამონადენის მნიშვნელობებს გადავზმავთ, მაშინ იგივე ფართობი გარკვეულ მასშტაბში უბნის საშუალო წლიური ენერჯის სიდიდეს გამოხატავს.

პრაქტიკული გაანგარიშებებისათვის დიდი გავრცელება ჰპოვეს შემდეგმა ფორმულებმა:

$$N_{\text{უბ}} = 9,81 \sum_{i=1}^n \frac{Q_{1i} + Q_{2i}}{2} \Delta H_i = 9,81 \sum_{i=1}^n Q_{i\text{საშ}} \cdot \Delta H_i, \quad \text{კვტ}; \quad (9)$$

$$\mathcal{E}_{\text{უბ}} = \frac{1}{367} \sum_{i=1}^n \frac{W_{1i} + W_{2i}}{2} \Delta H_i = \frac{1}{367} \sum_{i=1}^n W_{i\text{საშ}} \cdot \Delta H_i, \quad \text{კვტ.სთ}, \quad (10)$$

სადაც $Q_{i,b,s}$ და $W_{i,b,s}$ შესაბამისად ხარჯის და ჩამონადენის საშუალო წლიურ მნიშვნელობათა ნახევარჯამებს წარმოადგენენ ელემენტარული ΔL_i უბნის დასაწყისსა და ბოლოში;

n – ელემენტარული უბნების რიცხვი, რომელთა გასწვრივ მდინარის ქანობი მუდმივადაა მიღებული, ხოლო ხარჯების ცვალებადობა სწორხაზოვნად;

ΔH_i – ვარდნის სიდიდე ელემენტარულ უბანზე.

საქართველოს მდინარეების ენერგეტიკული პოტენციალი შეფასებულია მე-(9) ფორმულით (ხაზობრივი აღრიცხვის მეთოდი), რომელში შემავალი სიდიდეები ადვილად განისაზღვრება საწყისი ჰიდროლოგიური ინფორმაციის, მდინარის ოროგრაფიული მახასიათებლების და დროის საჭირო ინტერვალისთვის. ეს სიდიდეები ხელმისაწვდომია სახელმწიფო წყლის კადასტრის და ტოპოგრაფიული რუკებიდან, რომლებიც მაღალი საიმედოობის ხარისხით გამოირჩევიან. ამიტომ ჩვენი არჩევანიც ხაზობრივი აღრიცხვის მეთოდზე შეჩერდა, ამასთან ისიც გავითვალისწინეთ, რომ ამ მეთოდითაა გამოთვლილი საქართველოს მთავარი მდინარეების ჰიდროენერგეტიკული პოტენციალი.

ნაშრომის IV თავში ჩატარებულია საქართველოს ექვსი რეგიონის 18 მდინარის ჰიდროლოგიური და ჰიდროენერგეტიკული გაანგარიშებები, რაც ეფუძნება საინჟინრო პრაქტიკაში კარგად აპრობირებულ მეთოდებს.

საქართველოს მდინარეების თეორიული ჰიდროენერგეტიკული პოტენციალი ბოლოს 1987 წელს იქნა შეფასებული. ამ პერიოდში ჩატარებული გაანგარიშებები ეფუძნებოდა 1980 წლამდე არსებულ ჰიდროლოგიურ მონაცემებს. აღნიშნული პერიოდის შემდეგ, საქართველოს მდინარეების ჰიდროენერგეტიკული პოტენციალის შეფასება არ განხორციელებულა.

ბოლო პერიოდში, საკმაოდ აქტუალური გახდა კლიმატის ცვლილების გავლენის საკითხები წყლის რესურსებთან მიმართებაში. ამ

კუთხით ჩატარებულია არაერთი კვლევა, მათ შორის საქართველოშიც, რომელმაც ცხადყო რომ კლიმატის ცვლილება მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს წყლის რესურსებზე. როგორც ცნობილია, კლიმატის ცვლილება გავლენას ახდენს მდინარეების ჩამონადენზე, ანუ წყლიანობის რეჟიმზე, რაც განპირობებულია საშუალო ტემპერატურის ცვლილებით.

აქვე აღსანიშნავია ისიც, რომ საქართველოს მდინარეების უმეტესობაზე თითქმის ბოლო სამი ათეული წელია არ ხორციელდება ან არასრულად ხორციელდება ჰიდროლოგიური დაკვირვებები, რაც იმას ნიშნავს, რომ არ არსებობს სრულყოფილი ინფორმაცია იმასთან დაკავშირებით, თუ რა გავლენა იქონია კლიმატის ცვლილებამ საქართველოს მდინარეების ჩამონადენზე და, შესაბამისად, ქვეყნის ჰიდროენერგეტიკულ პოტენციალზე.

იმისათვის, რომ რაოდენობრივად შეფასდეს ქვეყნის ენერგეტიკული შესაძლებლობები, მნიშვნელოვანია გვექნოდეს სრულყოფილი ინფორმაცია საქართველოს მდინარეების ჰიდროენერგეტიკული პოტენციალის შესახებ. მდინარეთა ჰიდროენერგეტიკული პოტენციალის შეფასების მიზნით ფაქტობრივ ჰიდროლოგიურ მონაცემებზე დაყრდნობით და მის ტრანსფორმაციაზე კლიმატის ევოლუციის ფაქტორის გავლენის საილუსტრაციოდ. ჩვენს მიერ შერჩეული იქნა საქართველოს განსხვავებული კვების სახეობის მქონე ექვსი რეგიონის 18 მდინარე, რომლებისთვისაც განხორციელდა როგორც საშუალო მრავალწლიური წყლის ხარჯების განსაზღვრა, ისე გაანგარიშებები თეორიული ჰიდროენერგეტიკული პოტენციალის დადგენის მიზნით.

უნდა აღინიშნოს ისიც, რომ ჩვენს მიერ შერჩეული მდინარეები შესაბამის გასწორებში ხასიათდებიან ბუნებრივი ჩამონადენით, ე. ი. ისინი არ არიან დაქვემდებარებული ანთროპოგენურ ზემოქმედებას.

მდინარეების შერჩევასა გათვალისწინებულია წყლიანობის რეჟიმის განაწილება წლიურ ჭრილში, მათი წყალშემკრები აუზის ფართობი, მდინარეთა სიგრძე, წყალშემკრები აუზის საშუალო სიმაღლე.

ჩამოთვლილი პარამეტრების ცვლილების ფართო დიაპაზონი, საზოგადოდ, საკმარისი სისრულით ახასიათებს სხვადასხვა რეგიონის მდინარეების ოროგრაფიულ, კლიმატურ, ჰიდროლოგიურ განსხვავებას და საშუალებას მოგვცემს საკვლევი მდინარეებისთვის მიღებული შედეგების მიხედვით პრაქტიკისათვის მისაღები სიზუსტით ვიმსჯელოთ კლიმატის ცვლილებით გამოწვეული მდინარეთა წყლიანობის ტრანსფორმაციაზე.

მდინარის ჰიდროენერგეტიკული პოტენციალის გამოსათვლელად, პირველ ეტაპზე გამოვლენილია საწყისი ინფორმაცია მდინარის წყლის საშუალო მრავალწლიური ხარჯების სახით.

მეორე ეტაპზე მდინარის საშუალო მრავალწლიური წყლის ხარჯის განსაზღვრისას დგინდება წყლის ხარჯების საწყისი ვარიაციული რიგის რეპრეზენტატულობის შესაფასებელი პარამეტრები, კერძოდ საშუალო მრავალწლიური სიდიდის ფარდობითი საშუალო კვადრატული ცდომილება ε_{ρ} და ვარიაციის კოეფიციენტის ფარდობითი საშუალო კვადრატული ცდომილება ε_{c_v} . სამშენებლო ნორმებისა და წესების მოთხოვნების მიხედვით, თითოეული მათგანი შესაბამისად არ უნდა აღემატებოდეს $\varepsilon_{\rho} \leq 5\%$ -ს და $\varepsilon_{c_v} \leq 15\%$ -ს. ჩვენს მიერ შერჩეული ყველა მდინარის საწყისი ჰიდროლოგიური რიგი აკმაყოფილებს რეპრეზენტატულობის მოთხოვნებს.

მესამე ეტაპზე განხორციელდა საკვლევი მდინარეების ენერგეტიკული პოტენციალის გამოთვლა შესაბამისი კვეთების ჰიდროლოგიური მახასიათებლების მიხედვით. შერჩეული მდინარეების შემთხვევაში, ჩატარებულმა გაანგარიშებამ გამოავლინა მდინარეების ენერგეტიკული პოტენციალის როგორც შემცირება, ასევე ზრდა.

ჩატარებული გაანგარიშების შედეგები მოყვანილია ნაკრებ ცხრილი 1-ში.

ცხრილი 1. საქართველოს მდინარეების თეორიული ჰიდროენერგეტიკული პოტენციალი

№	მდინარე	კვეთი, ჰ/ს	კვების ძირითადი სახეობა	წყალშ. აუზის ფართობი კმ ² /აუზის საშ. სიმაღლე, მ	საშუალო მრავალწლიური წყლის ხარჯი, მ ³ /წმ		განსხვავება %	მდინარის ჰიდროენერგეტიკული პოტენციალი, მგვტ		განსხვავება %
					აკად. გ. სვანიძე	ავტორი		ავტორი, მგვტ	აკად. გ. სვანიძე, მგვტ	
					1	სამყურისწყალი	ყადორი	თოვლიწვიმა	119,4/2590	6,81
2	ალაზანი	შაქრიანი	თოვლიწვიმა	2202/1250	45,5	43,4	4,6 ↓	73,15	132,8	45 ↓
3	ილტო	საბუე	თოვლიწვიმა	308/1250	5,44	5,1	6,26 ↓	20,68	33,6	38 ↓
4	სტორი	ლექური	თოვლიწვიმა	211,8/1840	8,7	8,02	7,82 ↓	37,6	53,7	30 ↓
5	აქარისწყალი	ხულო	თოვლიწვიმა	251/1600	8,54	8,26	3,28 ↓	28,23	31,4	10 ↓
6	ჩირუხისწყალი	შუახევი	თოვლიწვიმა	328/1700	11,6	9,9	14,7 ↓	50,52	64,8	22 ↓
7	ყვირილა	ზესტაფონი	თოვლიწვიმა	2410/950	62,65	59,8	4,55 ↓	109	126,8	14 ↓
8	ხანისწყალი	ბაღდათი	თოვლიწვიმა	658/1460	17,1	15,9	7,02 ↓	42,63	47,3	10 ↓
9	ნენსკრა	ლახამი	თოვლიწვიმა-მყინვარული	458/2270	27,9	30,3	8,6 ↑	240,1	224	7,2 ↑
10	მესტიაქალა	მესტია	მყინვარული	163,2/2750	8,24	12,8	55,3 ↑	26,3	16,4	60 ↑
11	ნაკრა	ნაკი	მყინვარული	128,2/2520	8,72	11,4	30,7 ↑	76,4	60	27 ↑
12	ენგური	სკორმეთი	თოვლიწვიმა-მყინვარული	2800/2310	132	118	10,6 ↓	557	629,5	12 ↓
13	აბაშა	მდ. ტეხურის შესართავამდე	თოვლიწვიმა	350/380	14	11,9	15 ↓	30,65	45,7	33 ↓
14	კასლეთი	მდ. თხეიშის შესართავთან	თოვლიწვიმა	75,1/2210	3,56	4,47	20 ↓	45,23	59,6	24,1 ↓
15	ნატანები	ვაკიჯვარი	თოვლიწვიმა	80/1670	5,03	4,7	6,56 ↓	42,8	48,7	12,1 ↓
16	გუბაზეული	ხიდისთავი	თოვლიწვიმა	338/1330	13,9	15,7	18,9 ↑	87,7	77,1	13,7 ↑
17	სუფსა	ხიდმაღალა	თოვლიწვიმა	1100/970	45	47,6	5,78 ↑	130,17	128,8	1,1 ↑
18	რიონი	ხიდიკარი	თოვლიწვიმა-მყინვარული	2002/1940	86,5	74,3	14,1 ↓	262,1	341,3	23,2 ↓
ჯამი								1919,01	2193,1	12,5 ↓

- მყინვარული კვების არმქონე მდინარეების ჩამონადენის შემცირება (ჰიდროენერგეტიკული პოტენციალის) უნდა აიხსნას

საშუალო წლიური ტემპერატურის მატებით და ბოლო ათწლეულებში უხვთოვლიანი ზამთრების არქონით (მყარი ნალექების შემცირებით).

- მყინვარული კვების მქონე მდინარეები უნდა განვასხვაოთ მათი წყალშემკრები აუზის საშუალო სიმაღლის მიხედვით, კერძოდ აუზის საშუალო სიმაღლით 2500 მეტრი და მეტი და 2500 მ-ზე ნაკლები.

- როგორც ცხრილი 1-დან ჩანს, პირველ ჯგუფში შედის მდინარეები ნაკრა და მესტიაჭალა, რომელთა წყალშემკრები აუზის საშუალო სიმაღლე შესაბამისად 2520 მ და 2750 მ-ია. ამ მდინარეებისთვის შეიმჩნევა ჩამონადენის გაზრდა, რაც უკავშირდება ტემპერატურის ზრდის გამო მყინვარების დნობის პროცესს, რომელიც უფრო და უფრო მაღალი ნიშნულებისკენ ვრცელდება.

- მყინვარული კვების მქონე მდინარეების მეორე ჯგუფი: მდ. ენგური, რიონი, რომელთა წყალშემკრები აუზის საშუალო სიმაღლე საკვლევ კვეთებში შესაბამისად არის 2310, 1940 მეტრი. ამ ჯგუფის მდინარეებში მყინვარული კვების წილი გაცილებით (დაახლოებით 2,5-ჯერ) ნაკლებია პირველი ჯგუფის მდინარეებთან შედარებით, ამიტომ მყინვარების დნობის გავლენა ნაკლებია.

- გურიის რეგიონში არსებული მდ. გუბაზეულის შემთხვევაში დაფიქსირდა ჩამონადენის შემცირება. ჰ/ს ხიდისთავის კვეთისთვის ჩატარებული გაანგარიშებები ეფუძნება 1929-91 წლების დაკვირვების მონაცემებს. ჰ/ს ხიდისთავის კვეთში ჩამონადენის ზრდის ტენდენცია 1970-იანი წლებიდან შეიმჩნევა. აღნიშნული ტენდენცია ბუნებრივი მიზეზებით ვერ აიხსნება, რადგანაც აღნიშნულ პერიოდში, არსებულ საგუშაგოებზე არ ფიქსირდება ნალექების ზრდის ტენდენცია, მეტიც მდინარის ჩამონადენის ზრდის ტენდენციაც არ არის დაფიქსირებული ჰ/ს ბახმაროს კვეთში. ჩვენი მოსაზრებით, ჰ/ს ხიდისთავის კვეთში, სადაც ხორციელდებოდა მდინარის

ჰიდროლოგიური დაკვირვებები, ადგილი ჰქონდა ან მდინარის კალაპოტის დალექვას, რაც არ არის გათვალისწინებული ხარჯის მრუდით, ან მოპოვებული (გარემოს ეროვნული სააგენტო) მონაცემები არ არის ზუსტი.

შერჩეული მდინარეების თეორიულმა ჰიდროენერგეტიკულმა პოტენციალმა 1919,01 მგვტ შეადგინა, ხოლო გ. სვანიძის ხელმძღვანელობით ჩატარებული გაანგარიშებებით მოცემული 18 მდინარის ენერგეტიკული პოტენციალი (შესაბამისი კვეთების ჩათვლით) 2193,1 მგვტ-ს შეადგენდა, ანუ 18 მდინარის შემთხვევაში დაფიქსირდა თეორიული ენერგეტიკული პოტენციალის საშუალოდ 12.5%-იანი შემცირება.

ჩვენს მიერ შერჩეული მდინარეები განსხვავდება ერთმანეთისგან ტოპოგრაფიული, ჰიდროლოგიური, კლიმატური პირობებით, წყალშემკრები აუზის სიდიდით, მისი განლაგების საშუალო სიმაღლით, მდინარეთა კვებისა და წყლიანობის რეჟიმით, ამასთან ჩატარებული გაანგარიშების შედეგები განსხვავდება ადრე შესრულებული გამოთვლების რეზულტატებისგან. ეს ყოველივე მიუთითებს იმას, რომ მიზანშეწონილია საქართველოს მდინარეების თეორიული ჰიდროენერგეტიკული პოტენციალის ხელახალი გადათვლა იმ ფაქტობრივი ჩამონადენის მიხედვით, რომელშიც ასახულია კლიმატის ევოლუციის გავლენა.

წინასწარ შეიძლება იმის თქმა, რომ ეს იქნება მეტად შრომატევადი, მაგრამ ამასთან ერთად მეტად მნიშვნელოვანი სამეცნიერო-პრაქტიკული ღირებულების მქონე სამუშაო, რომლის შედეგები ხელს შეუწყობს პერსპექტიული ჰიდროენერგეტიკული პროექტების სწორად დაგეგმვას მათი ენერგეტიკული შესაძლებლობების რეალიზაციის კუთხით.

ნაშრომის V თავში საუბარია საქართველოს მდინარეების გარემოსდაცვითი ჰიდროენერგეტიკული პოტენციალის სიდიდეზე.

როგორც ცნობილია, ელექტროენერგიაზე მზარდი მოთხოვნილების დაკმაყოფილება თანამედროვე საზოგადოების ერთ-ერთი აქტუალური პრობლემაა, რომელიც განსაკუთრებული სისწრაფით იჩენს თავს არაგანახლებადი ენერგეტიკული რესურსების შემცირების კვალობაზე. ამ პირობებში განახლებადი ენერგეტიკული რესურსების უფრო სრულად ათვისებას არსებითი მნიშვნელობა აქვს.

ჰიდროენერგეტიკა ენერჯის ერთ-ერთი განახლებადი სახეობაა, რომელსაც გამოარჩევს ჰიდროენერგეტიკული რესურსების ელექტროენერგიად გარდაქმნის მაღალი კოეფიციენტი (90%-ის ფარგლებში) და მართვის მოქნილობა, რაც ემყარება ჰიდროენერგეტიკული დანადგარების მიერ დატვირთვის სწრაფად აღებისა და მოხსნის საშუალებას, რომელიც ძალიან მნიშვნელოვანია ენერგოსისტემის ფუნქციონირებისთვის.

მიუხედავად ხსენებული დადებითი მხარეებისა ჰიდროენერგეტიკა გარკვეულ უარყოფით გავლენას ახდენს გარემოზე, რაც მოკლედ შეილება ასე ჩამოყალიბდეს:

- ზედა ბიეფის დატბორვა;
- წყალსაცავის გარემომცველი სამთო მასივის შეტბორვა გრუნტის წყლების დონის აწევით;
- წყალსაცავის ნაპირების გადამუშავება; წყლის ხარისხის გაუარესება;
- წყალსაცავში ნატანის აკუმულაცია;
- წყალსაცავის ზემოქმედება მიკროკლიმატზე;
- ზემოქმედება ფლორასა და ფაუნაზე.

უნდა აღინიშნოს, რომ მითითებულ ზემოქმედებას აქვს ლოკალური ხასიათი და იგი წყალსაცავის ირგვლივ არსებული ზოლით შემოიფარგლება, ამასთან ამჟამად შემუშავებულია საინჟინრო-ტექნიკური ღონისძიებების კომპლექსი, რაც საშუალებას იძლევა რომ წყალსაცავების უარყოფითი გავლენა შემსუბუქებული იქნეს.

ჰიდროენერგეტიკის განვითარება დაკავშირებულია არა მარტო წყალსაცავიანი ჰესების მშენებლობასთან, არამედ ჩამონადენის რეჟიმში მომუშავე სადგურების განხორციელებასთან, რომლებიც არ საჭიროებენ წყალსაცავებს და რომლებიც ძირითადად ხორციელდება კალაპოტური ან დერივაციული სქემით. მსგავსი ჰესების შემადგენლობაშია დასაშლელი კაშხლები (მცირე სიმაღლის < 10 მ), ან სულაც კაშხლების გარეშე ფსკერული წყალმიმღებები. ამ შემთხვევაში გარემოსდაცვითი თვალსაზრისით პრობლემაა დერივაციის გასწვრივ არსებული მდინარის მონაკვეთის სათანადო რაოდენობის წყლით უზრუნველყოფა, რაც აუცილებელია ფლორისა და ფაუნის ძირითადი სასიცოცხლო პირობების შენარჩუნებისათვის, ასევე წყალსამეურნეო კომპლექსის მონაწილეთა (წყალმომარაგება, სამრეწველო და საყოფაცხოვრებო მელიორაცია) წყალმოთხოვნილების დაკმაყოფილება, ჩამდინარე წყლების დაბინძურების დასაშვები ნორმების ფარგლებში არსებობა.

ცხადია, რომ ჩამოთვლილი გარემოსდაცვითი, სამეურნეო და ჰიდროენერგეტიკული მოთხოვნების ერთდროულად შესრულება რთული ამოცანაა, რომელიც განსაკუთრებულ აქტუალობას იძენს გამკაცრებული გარემოსდაცვითი მოთხოვნების გამკაცრების ფონზე.

ყოველივე მითითებული აუცილებელს ხდის ჰიდროენერგეტიკული ობიექტებიდან ქვემო ბიეფში გარემოსდაცვითი წყლის ხარჯის უზრუნველყოფას, რომლის სიდიდე განისაზღვრება საპროექტო პრაქტიკაში მიღებული ნორმატივებით. აღნიშნული უნდა იქნეს გათვალისწინებული მდინარის ჰიდროენერგეტიკული პოტენციალის განსაზღვრისას, რაც მოგვცემს საშუალებას დავაზუსტოთ მდინარის პოტენციალი, რომლის ფაქტობრივი გამოყენება იქნება შესაძლებელი ენერგეტიკული მიზნებისათვის. ეს მნიშვნელოვანია იმ თვალსაზრისით, რომ საშუალებას იძლევა დაზუსტდეს ობიექტის ენერგეტიკული მახასიათებლები და, შესაბამისად, მისი განხორციელების ტექნიკურ-ეკონომიკური მიზანშეწონილობა.

საქართველოში არ არსებობს გარემოსდაცვითი (ეკოლოგიური) წყლის ხარჯის მარეგულირებელი კანონი და, შესაბამისად, არ არსებობს რაიმე დირექტივები სანიტარული ხარჯის გამოსათვლელად.

წარმოდგენილი სამუშაოს მიზანს არ წარმოადგენს უშუალოდ გარემოსდაცვითი წყლის ხარჯის განსაზღვრა, რაც თავის მხრის მეტად მნიშვნელოვანი, მრავალ ფაქტორზე დამოკიდებული ამოცანაა. აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ გარემოსდაცვითი წყლის ხარჯის განსაზღვრა მსოფლიოს მრავალ ქვეყანაში და მათ შორის საქართველოში ამჟამად ხდება საშუალო მრავალწლიური წყლის ხარჯის %-ის მიხედვით. კერძოდ, საქართველოში საინჟინრო პრაქტიკაში გარემოსდაცვითი წყლის ხარჯის სიდიდე მიღებულია საშუალო მრავალწლიური წყლის ხარჯის 10%-ის ოდენობით, რომლის გაშვება უნდა იქნეს უზრუნველყოფილი. მოცემული წყლის ხარჯი და ამ ხარჯზე მოსული ჰიდროენერგეტიკული პოტენციალი ფაქტობრივად ვერ გამოიყენება ელექტროენერჯის საწარმოებლად.

ჩვენი კვლევის საგანს არ წარმოადგენს იმის კომენტირება, თუ რამდენად დასაბუთებულად არის მიღებული ეს ციფრი, მხოლოდ აღვნიშნავთ, რომ გარემოსდაცვითი წყლის ხარჯის ეს სიდიდე ფიგურირებს უკანასკნელ პერიოდში საქართველოში შემუშავებული და განხორციელებული ჰიდროენერგეტიკული ობიექტების საპროექტო დოკუმენტაციაში.

გამომდინარე ზემოთ თქმულიდან, შესაძლებელია შემოღებული იქნეს მდინარის ენერგეტიკული პოტენციალის ცნება გარემოსდაცვითი მოთხოვნების გათვალისწინებით, ან უბრალოდ გარემოსდაცვითი ჰიდროენერგეტიკული პოტენციალის ცნება, რომელიც ასახავს ფაქტობრივ ჰიდროენერგეტიკულ პოტენციალს, რაც თავის მხრივ ძალიან მნიშვნელოვანია ჰიდროენერგეტიკული სექტორის შესაძლებლობების პროგნოზირებისთვის, როგორც ტექნიკური, ისე საინვესტიციო მიმზიდველობის ასპექტში.

ცხრილი 2. საქართველოს მდინარეების გარემოსდაცვითი ჰიდროენერგეტიკული პოტენციალი

#	მდინარე	ბოლო კვეთი	მდინარის თეორიული ჰიდრო-ენერგეტიკული პოტენციალი, მგვტ	მდინარის ჰიდრო-ენერგეტიკული პოტენციალი გარემოსდაცვითი მოთხოვნების გათვალისწინებით, მგვტ
1	სამყურის-წყალი	ყადორი	58,75	52.87
2	ალაზანი	შაქრიანი	73,15	65.83
3	ილტო	ალაზნის შესართავთან	20,68	18.61
4	სტორი	ლექური	37,6	33.84
5	აჭარის-წყალი	ხულო	28,23	25.40
6	ჩირუხის-წყალი	შუახევი	50,52	45.47
7	ყვირილა	ზესტაფონი	109	98.1
8	ხანისწყალი	ბაღდათი	42,63	38.367
9	ნენსკრა	ლახამი	240,1	216.09
10	მესტია-ჭალა	მესტია	26,3	23.67
11	ნაკრა	ნაკი	76,4	68.76
12	ენგური	სკომრეთი	557	501.3
13	აბაშა	მდ. ტეხურის შესართავამდე	30,65	27.58
14	კასლეთი	მდ. თხეიშის შესართავთან	45,23	40,7
15	ნატანები	ვაკიჯვარი	42,8	38.52
16	გუბაზეული	ხიდისთავი	87,7	78.93
17	სუფსა	ბოლო კვეთი/ შავი ზღვის შესართავი	130,17	117.15
18	რიონი	ხიდიკარი	262,1	235.89
ჯამი			1919,01	1727,1

ცხრილი.2-ში მოგვყავს შერჩეული მდინარეთა ჰიდროენერგეტიკული პოტენციალის მნიშვნელობები გამოთვლილი გარემოსდაცვითი წყლის ხარჯის გათვალისწინებით.

აუცილებელია იმის აღნიშვნაც, რომ მომავალში, როცა შემუშავებული იქნება და საკანონმდებლო აქტით გაფორმდება გარემოსდაცვითი წყლის ხარჯის განსაზღვრის მეთოდოლოგია, გარემოსდაცვითი წყლის ხარჯის მხედველობაში მიღება უნდა მოხდეს კონკრეტული მდინარის კონკრეტული გასწორისათვის ხარჯის სიდიდეზე მოქმედი ყველა ფაქტორის გათვალისწინებით.

დასკვნა

1. საქართველოს მდინარეების ჰიდროენერგეტიკული პოტენციალი დადგენილია 1980 წლამდე არსებული ჰიდროლოგიური მონაცემებით.
2. სამეცნიერო-ტექნიკურ ლიტერატურაში მოყვანილი მეტეოროლოგიური მონაცემები ადასტურებს XX საუკუნის 70-იანი წლებიდან დაწყებული კლიმატის ევოლუციის გლობალურ ტენდენციას, რომელიც აისახა მდინარეთა წყლიანობის ცვლილებაში.
3. საქართველოს ტერიტორიაზე კლიმატის ცვლილების გავლენით შემცირდა მყინვარების ფართობი და შეიცვალა ტენიანობა რეგიონების მიხედვით განსხვავებულად, რამაც მოახდინა ზეგავლენა მდინარეთა ჩამონადენზე.
4. საქართველოს მდინარეების წყლიანობის ტრანსფორმაციის რაოდენობრივი შეფასებისათვის შერჩეული იქნა ქვეყნის ბუნებრივ-კლიმატური პირობებით და კვების სახეობებით განსხვავებული მდინარეთა ისეთი გასწორები, რომლებიც არ იყო დაქვემდებარებული სამეურნეო საქმიანობას, ანუ რომლებშიც მდინარის ბუნებრივ ჩამონადენზე არ ხორციელდებოდა ანთროპოგენური ზემოქმედება. ამასთან, ამ განსწორებისთვის არსებობდა დაკვირვებული წყლის ხარჯების წარმომადგენლობითი რიგი.
5. საერთაშორისო პრაქტიკაში კარგად აპრობირებული მეთოდებით ჩატარებული გაანგარიშებებით განსაზღვრული იქნა მე-4 პუნქტში მითითებული პრინციპით შერჩეული მდინარეების საშუალო მრავალწლიური წყლის ხარჯები ამჟამად საქართველოს ჰიდრომეტრცენტრში არსებული ჰიდროლოგიური დაკვირვებების მონაცემებით (1991 წლის ჩათვლით), რომელმაც აჩვენა წყლის

ხარჯების არსებითი განსხვავება, 1980 წლამდე არსებულ მონაცემებთან შედარებით, რაც ადასტურებს კლიმატის ცვლილების გავლენას მათ წყლიანობაზე.

6. მე-5 პუნქტში ხსენებული ამჟამად არსებული ჰიდროლოგიური მონაცემებით განსაზღვრული წყლის ხარჯების მიხედვით და ჰიდროენერგეტიკული პოტენციალის გაანგარიშების მეთოდის საშუალებით დადგენილი იქნა შერჩეული მდინარეების საკვლევ კვეთებში ჰიდროენერგეტიკული პოტენციალი, რომელიც განსხვავდება ამჟამად საანგარიშოდ მიღებულისაგან.
7. ვინაიდან მე-4 პუნქტში მოყვანილი პრინციპით შერჩეული მდინარეებისთვის ჰიდროენერგეტიკული პოტენციალის სიდიდის ცვლილება ცხადყოფს, რომ იგი შესაძლოა შეიცვალოს სხვა მდინარეებისთვისაც. აქედან გამომდინარე, დღის წესრიგში დგება საქართველოს მდინარეების ჰიდროენერგეტიკული პოტენციალის დაზუსტების საკითხი.
8. თანამედროვე ეკოლოგიური მოთხოვნები განაპირობებს მდინარეთა ჰიდროენერგეტიკული პოტენციალის განსაზღვრისას გარემოსდაცვითი წყლის ხარჯის გათვალისწინების აუცილებლობას, ამიტომაც შემოთავაზებულია ეკოლოგიურად მიზანშეწონილი ჰიდროენერგეტიკული პოტენციალის ცნება.

დისერტაციის თემაზე გამოქვეყნებული სამეცნიერო შრომები:

1. ლომიძე ი., ხელიძე გ., ფიფია ბ. საქართველოს მდინარეების ჰიდროენერგეტიკული რესურსების ხელახალი შეფასების მიზანშეწონილობის შესახებ. "საქართველოს საინჟინრო სიახლენი" - GEN, 2017, №3, გვ. 61-64.
2. ლომიძე ი., ხელიძე გ., ფიფია ბ. საქართველოს მდინარეთა წყლიანობის რაოდენობრივი შეფასება არსებული ჰიდროლოგიური მონაცემების გათვალისწინებით. "ენერჯია", 2018, №2 (86), გვ. 40-44.
3. ხელიძე გ., ფიფია ბ. საქართველოს მდინარეების ენერგეტიკული პოტენციალის შეფასება კლიმატის ცვლილების ფაქტორის გათვალისწინებით. "ენერჯია", 2019, №1 (89), გვ. 71-75.

Abstract

Hydropower resources occupy dominant place among natural wealth of Georgia. There are up to 26 000 rivers flowing on the territory of the country with total length of 60 thousand kilometers.

There are up to 90 hydroelectric plants in the country, which represent main source of production of electric energy. Development of Hydropower is deemed priority direction for growth of the country's energy industry. 80 % of the electric energy is produced by local hydroelectric plants. Annually, approximately 9.9 billion KWh electric power is generated by the hydroelectric plants (according to 2018 data).

Over the past four decades, steady tendency of climate change has been observed on Earth. Numerous studies concerning this issue have been conducted, including in Georgia. These studies revealed that the climate change significantly affects water resources. Despite the above mentioned, study of effects of the climate change on water levels in rivers and evaluation of their Hydropower potential has not yet been conducted.

Study of the issue is complicated as hydrological observations have not been carried out for most of the rivers of Georgia since the beginning of the 1990s, accordingly there is very scarce information regarding the runoffs of majority of the country's rivers for last three decades, which means that there is no sufficient information concerning effects of the climate change on runoffs of the rivers of Georgia and accordingly, Hydropower potential of the country.

It should also be noted that "the main direction of the state policy in the energy sector" is the efficient use of the country's energy resources, which will reduce dependence on imported electricity and increase the country's energy security. For this reason, construction of dozens of new hydroelectric plants is planned.

In order to properly evaluate energetic capabilities of the country, it is important to have comprehensive information about Hydropower potential of the rivers of Georgia. For this reason, we selected 18 rivers in six regions of Georgia, which are prominent in terms of topographic, climatic and hydrological conditions and conducted appropriate hydrological and hydroenergetic calculations.

It is also worth mentioning that the selected rivers are characterized by natural runoffs in appropriate alignments, i.e. they are not subject to anthropogenic impact.

In chapter I of the thesis, information on study of Hydropower potential of rivers of Georgia is presented.

First attempt to assess Hydropower resources of the rivers of Georgia was made in 1913. The latest evaluation of energetic potential of rivers of Georgia was conducted in 1987 and the obtained value is considered energetic potential of rivers of Georgia by normative engineer-technical documents.

In chapter II of the thesis, analysis results of the study are presented, which was conducted under the UN draft convention on climate change. These studies

relate to assessment of changes in annual mean temperature and precipitation levels in west and east Georgia as well as predicted values of these parameters. In Georgia, signs of climate changes have been observed since the 1970s. Conducted studies have confirmed the impact of climate change on the runoff of Alazani, Iori, Rioni and Tskhenistskali rivers.

This chapter also presents data on condition of hydrological outpost network and hydrological observation database.

Changes in the water level in rivers of Georgia, caused by climate change on one hand, and new hydrological data on runoff of rivers on the other hand prove that reassessment of Hydropower potential is essential.

Chapter III of the thesis presents the method of calculation of average multiyear water discharge of rivers in consideration of observed water discharges. Representativeness of water discharge lines, average annual water discharge and root mean square of variation coefficient within acceptable limits are also taken into account.

Methods of assessment of potential Hydropower resources of rivers is discussed. For calculations, methodology of linear accounting of theoretical energetic resources is selected.

Chapter IV of the thesis presents hydrological and hydroenergetic calculations for 18 rivers of six regions of Georgia, which are based on the methodology of linear accounting of energetic resources used in engineering practice. The studies confirmed that climate change has significantly affected runoffs of the evaluated rivers and accordingly their Hydropower potential.

Chapter V of the thesis presents an opinion, according to which, environmental water discharge value shall be taken into account when assessing Hydropower potential of rivers. As is known, environmental water discharge value, implemented in the engineering practice of Georgia represents 10% of average multiyear water discharge, release of which shall be ensured. The given water discharge and its Hydropower potential cannot be used for generating of electricity.

Considering the above mentioned, we proposed concept of energetic potential of river in consideration of environmental requirements or simply environmental Hydropower potential, which reflects actual Hydropower potential, which is very important for prediction of capacity of Hydropower sector in terms of both technical and investment attractiveness.