

# საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ხელნაწერის უფლებით

ხატია ჩოხელი

ჰესის გამომუშავების დაგეგმვა მდინარის ჩამონადენის  
მრავალფაქტორიანი ფორმირების კვლევის საფუძველზე

სადოქტორო პროგრამა: „ენერგეტიკა და ელექტროინჟინერია“

შიფრი: 0713

დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად  
წარდგენილი დისერტაციის

**ავტორეფერატი**

თბილისი

2022 წელი

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

ხელმძღვანელი: 1. პროფესორი გ. ხელიძე

რეცენზენტები:

დაცვა შედგება 2022 წლის "-----" "-----" "-----" საათზე  
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ენერგეტიკის ფაკულტეტის  
სადისერტაციო ნაშრომის დაცვის კოლეგიის სხდომაზე, კორპუსი VIII,  
სხდომათა დარბაზი.

მისამართი: 0160, თბილისი, კოსტავას 77.

დისერტაციის გაცნობა შეიძლება სტუ-ის ბიბლიოთეკაში,  
ხოლო ავტორეფერატისა - ფაკულტეტის ვებგვერდზე

ფაკულტეტის სწავლული მდივანი,  
პროფესორი

გ. გიგინეიშვილი

## ნაშრომის ზოგადი დახასიათება

**ნაშრომის აქტუალობა.** ელექტროენერჯის გამომუშავების დაგეგმვისათვის მნიშვნელოვანია ჩამონადენის მაფორმირებელი ჰიდროლოგიური მახასიათებლების ცოდნა. საკითხის შესწავლას ართულებს ის, რომ დღევანდელ ეტაპზე ჰიდროლოგიური პარამეტრების გრძელვადიანი პროგნოზირების სიზუსტე არ არის მაღალი და შესაბამისად მისი გამოყენება პრაქტიკული გაანგარიშებისათვის მიზანშეუწონელია. მეორე საკითხია ის, რომ ჰიდროლოგიური სიდიდეების პროგნოზები ეყრდნობა მონაცემებს წინა პერიოდში დაკვირვებული ამავე სიდიდეების შესახებ. ამ უკანასკნელთა ცვალებადობის ტენდენცია კი სულ უფრო ცხადად არის გამოკვეთილი.

მსოფლიო მეტეოროლოგიური ორგანიზაციის მიერ გამოქვეყნებული მონაცემების მიხედვით გასული საუკუნის 80-იანი წლებიდან მოყოლებული, ყოველი მომდევნო ათწლეული უფრო თბილი იყო, ვიდრე წინამორბედი. ეს ტენდენცია, სავარაუდოდ, მომავალ წლებშიც შენარჩუნდება, განსაკუთრებით იმის გათვალისწინებით, რომ სათბური აირების ემისიების რაოდენობა ატმოსფეროში რეკორდულ მაჩვენებლებს აღწევს. ყველა ეს ფაქტორი უშუალო გავლენას ახდენს წყლის რესურსებზე და მის შიგაწლიურ განაწილებაზე. დიდია კლიმატის ცვლილების დესტრუქციული ზემოქმედება მყინვარებაზე, რომელიც აისახება მყინვარების მოცულობის თანდათანობით შემცირებაში. მეცნიერთა პროგნოზით, ამ მოვლენებთან დაკავშირებით წყალდიდობებისა და გვალვიანი დღეების რიცხვი შეიძლება გაიზარდოს. სწორი პროგნოზის გაკეთებისთვის აუცილებელია წყალშემკრებ აუზში თოვლის ფენის სისქის, ფერდობების გრუნტის, მცენარეული საფარის მიერ ნადნობი წყლის შეკავების უნარის და ჰესის წყალსაცავში წყლის მარაგის ცოდნა. ამრიგად, კლიმატის ცვლილების ფონზე მდინარეთა ჩამონადენის პროგნოზირება და მის შესაბამისად წყლის რესურსების მართვა მეტად აქტუალურია.

ჰესების გამომუშავება განსაზღვრულია პროექტის მიხედვით, მათ შორის წყალსაცავის სასარგებლო მოცულობის და ჰესის ჰიდროენერგეტიკული მოწყობილობების სიმძლავრის გათვალისწინებით, რომლებიც ექსპლუატაციის

პროცესში შეიძლება მნიშვნელოვნად შეიცვალოს სხვადასხვა მიზეზით, რასაც ჩვეულებრივ გამოიყენება პრაქტიკაში. ამ მიზეზის გამო საპროგნოზო მაჩვენებლად საპროექტო გამომუშავების მიღება არ იქნება კორექტული.

კლიმატის ცვლილების ფონზე სერიოზული გამოწვევების წინაშე დგება ჰიდროგენერაცია, რომლისთვისაც არსებითად მნიშვნელოვანია მდინარის ჩამონადენის პროგნოზის ცოდნა როგორც, გენერაციის დასაგეგმად, ასევე ჰესების უსაფრთხო და ეფექტური ფუნქციონირებისათვის.

როგორც ზემოთ აღნიშნულიდან ჩანს, ჰესების გამომუშავების რაციონალურად დაგეგმვა განპირობებულია წყლის რესურსების ეფექტურად გამოყენებით, რაც გულისხმობს ენერჯის დანაკარგების შემცირებას მდინარის წყლიანობის რეჟიმის ცვლილების პირობებში.

გლობალური დათბობის პერიოდში მოსალოდნელია მდინარეთა არა იმდენად წლიური ჩამონადენის სიდიდის ცვლილება, რამდენადაც ამ ჩამონადენის შიგაწლიური განაწილების ცვლილება. მკვეთრად შემცირდება მცირეწყლიანი პერიოდები, თუ ინტესიურად გაიზრდება უხვწყლიანი პერიოდები რთული სათქმელია საქართველოს ტერიტორიის კლიმატური, ფიზიკურ-გეოგრაფიული და გეოლოგიური მრავალფეროვნებიდან გამომდინარე, თუმცა ცხადია, რომ მდინარეთა ჩამონადენის დარეგულირების და ოპტიმალური გამოყენების საკითხების აქტუალობა იზრდება. შიგაწლიური განაწილების გაანგარიშებათა საფუძველზე დგინდება წყალსამეურნეო პარამეტრები (გარანტირებული წყლის ხარჯი, ელექტროენერჯის გამომუშავება, წყალსაცავის მარეგულირებელი მოცულობა და სხვ.). აქედან გამომდინარე, მნიშვნელოვანია თვეებისა და სეზონების მიხედვით ჩამონადენის წილის განსაზღვრა და რაოდენობრივი ცვლილებების დინამიკის გამოვლენა.

მიუხედავად იმისა, რომ არსებობს სამეცნიერო ნაშრომები და პრაქტიკული ხასიათის რეკომენდაციები მდინარეთა ჩამონადენის და ჰიდროგენერაციის პროგნოზირების განხრით, მაინც არ შეიძლება საკითხი სასურველ დონეზე გადაწყვეტილად ჩაითვალოს. კვლავ ძალზე აქტუალურია გლობალური დათბობით გამოწვეული, კლიმატის მაფორმირებელი ფაქტორების ცვლილების გათვალისწინებით წყლის რესურსების მართვა, კერძოდ, მდინარეთა ჩამონადენის

და ჰიდროგენერაციის პროგნოზების ავტომატიზებული სისტემის შექმნა, გავრცელება და გამოყენება.

**სამეცნიერო სიახლე** განპირობებულია იმით, რომ შემოთავაზებულია მეთოდიკა, რომელიც ეფუძნება ჰესის გამომუშავების დაგეგმვას მდინარის ჩამონადენის ჩამომყალიბებელი ფაქტორების - ნალექების, ტემპერატურის, თოვლის ფენის სისქის, მყინვარული ჩამონადენის, კალაპოტის ფერდობების გრუნტის წყალშელწევადობის, მდინარის საზრდოობის სახეობის, ჰესის ზედა ბიეფის მახასიათებლების (ზედა ბიეფის დონე, წყლის მარაგი წყალსაცავში) და ჰესის ფაქტობრივი სიმძლავრის გათვალისწინებით. აღნიშნულის საფუძველზე შემუშავებულია წყალენერგეტიკული რესურსების მართვის მეთოდი, რომელიც რეალიზებულია ჰესების გამომუშავების პროგნოზირების კომპიუტერული პროგრამის სახით.

**ნაშრომის მიზანია** ჰესის გამომუშავების რაციონალური დაგეგმვის მეთოდის შექმნა მისი განმაპირობებელი საპროგნოზო ჰიდროლოგიური მახასიათებლების გათვალისწინებით საწყისი ჰიდროლოგიური ინფორმაციის დეფიციტის პირობებში. ამასთან, მდინარეთა ჩამონადენის პროგნოზირების მეთოდიკის შემუშავება შეზღუდული ინფორმაციის პირობებში.

#### **სადისერტაციო ნაშრომის კვლევის ობიექტი და მეთოდები:**

1. კვლევის ობიექტია ჰიდროელექტროსადგურის გამომუშავების დაგეგმვა დაფუძნებული მდინარეების ჩამონადენის მრავალფაქტორულ კვლევაზე. აღნიშნულიდან გამომდინარე, მდინარეების ჩამონადენის მაფორმირებელი მრავალფაქტორული ოპერატიული პროგნოზის ალგორითმი ემყარება ტენდენციის მეთოდს, რომლის არსი ისაა, რომ გარკვეული დროის განმავლობაში მდინარის ჰიდროლოგიური რეჟიმი ინარჩუნებს სტაციონარულ კანონზომიერებას, რაც გვამლევს მდინარის ხარჯების ექსტრაპოლაციის საშუალებას. აღნიშნული მეთოდის საშუალებით წინა პერიოდის წყლის ხარჯების გამოყენებით გაითვალისწინება ჩამონადენის მაფორმირებელი ფაქტორები. ასევე მრავალფაქტორული ოპერატიული პროგნოზის ალგორითმი ითვალისწინებს ტემპერატურის და ნალექების ვერტიკალური გრადიენტის გამოყენებას წვიმის, თოვლის და მყინვარული ჩამონადენის განსაზღვრის დროს.

2. ჩვენს მიერ შემუშავებულია ბალანსის განტოლება (წყალსამეურნეო ბალანსი), რომელსაც ვიყენებთ მოდინებული წყლის ხარჯის განსაზღვრად წყალსაცავიანი ჰესებისთვის შეზღუდული ჰიდროლოგიური ინფორმაციის პირობებში. იგი მეთოდოლოგიურად განსხვავდება ადრინდელი კვლევებიდან. თუ ადრინდელ კვლევებში ცნობილი იყო ბალანსის ერთ-ერთი ძირითადი ელემენტი მდინარის ბუნებრივი შემონადენი, რომელიც აღირიცხებოდა ჰიდროლოგიური საგუშაგოს (ჰ/ს) საშუალებით, დღეის მდგომარეობით წყალსაცავის ბუნებრივი შემონადენის განსაზღვრისათვის იქ, სადაც დროებით არ ფუნქციონირებს ჰ/ს, ან ბუნებრივი პირობებიდან გამომდინარე გართულებულია ჰიდრომეტრიული საგუშაგოს მოწყობა და ბუნებრივი შემონადენის სრულყოფილი აღრიცხვა, ჩვენს მიერ წარმოდგენილ წყალსამეურნეო ბალანსის მეთოდში ხორციელდება მდინარის შემოდინების დადგენა წყალსაცავის რეგულირების მაჩვენებელით და ბალანსის შემადგენელ ელემენტებად გამოყენებულია ჰესზე აღრიცხული ოპერატიული მონაცემები. ფაქტობრივი შემოდინების განსაზღვრის შემდეგ დგინდება წყალსაცავში შემოდინებული წყლის რაოდენობის საპროგნოზო მაჩვენებელი, აღნიშნული ეფუძნება ტენდენციის მეთოდს და მრავალფაქტორიან სტატისტიკურ მოდელებს.

3. შედგენილია ენერგეტიკული დანიშნულების წყალსაცავების დღეღამური რეგულირების ბალანსური განტოლებები, რომელიც უზრუნველყოფს წყალსაცავის ენერგეტიკული რეგულირების მოთხოვნებს, კერძოდ: წყალსაცავის ბოლომდე შევსებას რაც შეიძლება მოკლე ვადებში და ჰესის მუშაობას შევსებული წყალსაცავით მაქსიმალურად ხანგრძლივი პერიოდით. განხილულია ზედა საფეხურის წყალსაცავში მდინარის ბუნებრივი ჩამონადენის ისეთი რეგულირება, რაც უზრუნველყოფს ქვედა ბიეფში განლაგებული ჰიდროელექტროსადგურების მაღალი ენერგეტიკული მაჩვენებლებით მუშაობას. კერძოდ, წარმოდგენილია ლაჯანურის წყალსაცავის (ზედა საფეხური) სამუშაო რეჟიმების შერჩევა, ქვედა ბიეფის ჰესების (გუმათჰეს-I, გუმათჰეს-II, რიონჰესი) ეფექტური ფუნქციონირების გათვალისწინებით. გაანგარიშებები ჩატარებულია ლაჯანურის წყალსაცავის დღეღამური რეგულირების შემთხვევისთვის, ამასთან განხილულია რეგულირების ერთსაფეხურიანი (პიკური რეჟიმი) და ორსაფეხურიანი (პიკური და

ბაზისური რეჟიმები) ვარიანტი. საანგარიშოდ გამოყენებულია წყალსაცავის წყლის ბალანსის განტოლება.

4.ჰიდროენერგეტიკული ობიექტების წყალაღების გასწორში მოდინებული წყლის ხარჯის განსაზღვრისათვის გამოყენებულია ჰესების სათავე ნაგებობების უახლოეს მოქმედ ჰიდრომეტრიულ საგუშაგოებზე არსებული დაკვირვებული მონაცემები. წყალაღების კვებებში წყლის ხარჯების გაანგარიშება განხორციელდა ჰიდროლოგიური საგუშაგოების მონაცემების გადათვლით გადამყვანი კოეფიციენტების მეშვეობით, რომლებიც მიღებულია წყალშემკრები აუზების ფართობების ფარდობით. მაგალითის სახით მოყვანილია მდ. მტკვრის კასკადის ჰესების (ჩითახევჰესი,ზაჰესი,ორთაჭალჰესი) წყალაღების კვებებში წყლის ხარჯების გაანგარიშება ჰიდროლოგიური საგუშაგოების „ლიკანი“ და „თბილისი“ მონაცემების გადათვლით გადამყვანი კოეფიციენტების მეშვეობით, რომლებიც მიიღება წყალშემკრები აუზების ფართობების ფარდობით. ჩითახევჰესის, ზაჰესის და ორთაჭალაჰესის წყალაღების კვებებში მიღებულია საშუალო თვიური და წლიური წყლის ხარჯების უწყვეტი მონაცემები, ნაცვლად არასრული ჰიდროლოგიური მონაცემებისა. გარდა ამისა, ზაჰესისა და ორთაჭალაჰესის წყალაღების კვებებში წყლის ხარჯების გაანგარიშებისას გათვალისწინებულია ჟინვალჰესის წყალსაცავის ზემოქმედება და დადგენილია მისი გავლენა მდინარე მტკვრის ბუნებრივ ჩამონადენზე.

**ნაშრომის ძირითადი შედეგები.** ნაშრომში გადაწყვეტილია შემდეგი ამოცანები: მდინარეების წყლის მარაგის განმსაზღვრელი ფაქტორების და მათი პროგნოზირების მეთოდების შესწავლა, წყლის რესურსების საპროგნოზო მაჩვენებლების დადგენა სხვადასხვა საზრდოობის ტიპის მდინარეებისათვის, მდინარეთა ჩამონადენის პროგნოზირება ოპერატიული ჰიდრომეტეოროლოგიური ინფორმაციის უკმარისობის პირობებში. ჰესების მუშაობის რეჟიმების დაგეგმვა მდინარეში წყლის რესურსის განმსაზღვრელი საპროგნოზო ფაქტორების მიხედვით, შემოთავაზებული მეთოდის მიხედვით გაანგარიშების ალგორითმის, ბლოკ-სქემის და საანგარიშო პროგრამის შედგენა. ამ უკანასკნელის საფუძვლიანობის შემოწმება არსებული ჰესების ფაქტობრივი მუშაობის რეჟიმებთან შედარებით.

შედეგების გამოყენების სფერო და მისი რეალიზაცია. ოპერატიული ჰიდრომეტეოროლოგიური ინფორმაციის უკმარისობის პირობებისთვის შემუშავებული მეთოდის საშუალებით განხორციელდება ჰიდროგენერაციის ობიექტების მუშაობის რეჟიმების შესაბამისი დაგეგმვა მათი ეფექტური და უსაფრთხო ექსპლუატაციის პირობებში.

ჰესებით წარმოებული ელექტროენერგიის ტექნიკურ-ეკონომიკურ ეფექტურობას ჰიდროელექტროსადგურების მუშაობის უხელსაყრელესი რეჟიმები და მათი მართვა განაპირობებს. მდინარეთა ჩამონადენის ცვალებადობით გამოწვეული ელექტროენერგიის დანაკარგების მინიმუმამდე დაყვანა ჰესის წინასწარ დაგეგმილი ელექტროგამომუშავების საფუძველზე განსაზღვრავს ენერგოსისტემის მდგრად მუშაობას და ხელს უწყობს ელექტროენერგიის ბაზრის ეფექტიან ოპერირებას არა მხოლოდ საქართველოს ბაზარზე ელექტროენერგიის მიწოდებით, არამედ უზრუნველყოს ე. წ. რეგიონულ ჰაზში შემაჯავლი ენერგეტიკული ბაზრის მონაწილეების ეფექტიან ტრანსსასაზღვრო ვაჭრობას. ამასთან, თუ მხედველობაში მივიღებთ, რომ საქართველოს მთავრობის ენერგეტიკული პოლიტიკის უმთავრესი მიმართულებაა: „ქვეყნის ენერგეტიკული უსაფრთხოებისა და დამოუკიდებლობის ხარისხის ამაღლება და იმპორტირებულ ენერგორესურსებზე დამოკიდებულების ეტაპობრივი შემცირება ადგილობრივი განახლებადი ენერგეტიკული რესურსების ათვისების, მიწოდების წყაროებისა და მარშრუტების დივერსიფიკაციის გზით“, რაც გულისხმობს ჰიდროგენერაციის წილის გაზრდას მისი ეფექტურად მართვის პირობებში და შესაბამისად ზრდის შემოთავაზებული სამუშაოს პრაქტიკულ ღირებულებას.

კლიმატის ცვლილების პრობლემატიკის, მისი განვითარების სცენარების და „ელექტროენერგიის ბაზრის სტრუქტურიდან გამომდინარე, ელექტროენერგიის ყიდვა-გაყიდვა ელექტროენერგიის ორგანიზებულ ბაზრებზე, დღით ადრე, დღიური და საბალანსო ბაზრების ჩათვლით, ასევე ორგანიზებულ ბაზრებზე საათობრივი ვაჭრობა და, შესაბამისად, ბაზრის მონაწილეთა პასუხისმგებლობა მათ მიერ თითოეულ საათში გამოწვეულ უბალანსობაზე ადასტურებს შემოთავაზებული ნაშრომის პრაქტიკულ ღირებულებას ელექტროენერგიის გამომუშავების მოკლევადიანი (საათობრივი) პროგნოზების



შემუშავებისათვის, მით უფრო ქვეყანაში არსებული ჰიდრომეტეოროლოგიური ინფორმაციის დეფიციტის პირობებში.

**ნაშრომის აპრობაცია:** ნაშრომის ძირითადი შედეგები წარმოდგენილი იქნა საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ენერგეტიკის ფაკულტეტის, ჰიდროენერგეტიკისა და მაგისტრალური სამილსადენო სისტემების დეპარტამენტში I, II და III კოლოკვიუმებზე და დისერტაციის წინასწარ განხილვაზე. ასევე, ტოკიოს (5th International Conference on Innovative Studies of Contemporary Sciences, January 14-16, 2022 /Tokyo, Japan) და ანკარის (Midde East International Conference On Contemprorary Scientific Studies-V March 27-28, 2021 /Ankara,Turkey) საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენციებზე.

დისერტაციის თემაზე გამოქვეყნებულია 5 (ხუთი) სამეცნიერო სტატია.

**ნაშრომის მოცულობა და სტრუქტურა:** სადისერტაციო ნაშრომი მოიცავს 147 გვერდს, მათ შორის 21 ცხრილს და 23 ნახაზს. იგი შეიცავს შესავალს, 4 თავს, დასკვნებს და გამოყენებული ლიტერატურის სიას.

## ნაშრომის ძირითადი შინაარსი

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

**I თავში** არსებულ ლიტერატურულ წყაროებზე დაყრდნობით შესწავლილია გლობალური კლიმატის ევოლუციის ტენდენციები და მათ საფუძველზე გამოკვლეულია საქართველოს მდინარეების ჩამონადენის მაფორმირებელი ფაქტორების ცვლილების მიზეზები, საქართველოს მდინარეთა ჰიდროგრაფიული ქსელის თავისებურების გათვალისწინებით. განხილულია საქართველოს მდინარეთა კლასიფიკაცია საზრდოობის წყაროების მიხედვით, მდინარეთა ჩამონადენის შიგაწლიური მსვლელობა, რომელსაც განსაზღვრავს, პირველ რიგში, კლიმატური ფაქტორები - ნალექები, ჰაერის ტემპერატურა და აორთქლება. საკმაოდ დიდია სხვა ფაქტორების გავლენაც, როგორცაა წყალშემკრები აუზის რელიეფი, გეოლოგიური აგებულება, ნიადაგისა და მცენარეული საფარის ხასიათი, ტყეების როლი მდინარეთა ჩამონადენის ჩამოყალიბებაში და სხვ.

**II თავში** მოცემულია მდინარის ჩამონადენის მაფორმირებელი ფაქტორების პროგნოზირების მეთოდები და მათი მნიშვნელობა. განხილულია მდინარეების წყლის რესურსების საპროგნოზო მაჩვენებლები საქართველოს სხვადასხვა საზრდოობის ტიპის მდინარეებისათვის მათი მაფორმირებელი ბუნებრივი და ანთროპოგენული ფაქტორების გათვალისწინებით. წარმოდგენილია ჩამონადენის მაფორმირებელი სამომავლო და წინასწარი ფაქტორების განსაზღვრის მეთოდები. წინასწარ ფაქტორებს მიეკუთვნება გეომორფოლოგიური ფაქტორები: რელიეფი, წყალშემკრები აუზის ფართობი, მცენარეული საფარი წყალშემკრები აუზის ტერიტორიაზე, ფერდობების ორიენტაცია, წყალშემკრები აუზის დახრა, წყლის ბუნებრივი აკუმულაცია (ტბები, წყალსატევები, ქვაბულები წყლის დაგროვებით), ნიადაგების სახეობები წყალშემკრები აუზის ფარგლებში, წყალშემკრები აუზის გრუნტების (ნიადაგების) წინასწარი დატენიანება, წყალშემკრები აუზის მოხაზულობა (ფორმა), დამატებითი საზრდოობის ობიექტები (მაგ., დაგროვილი თოვლის კერები), ხოლო კლიმატური ფაქტორები: ნალექები, ტემპერატურა,

აორთქლება, ფარდობითი ტენიანობა წარმოადგენენ სამომავლო ფაქტორებს, რომლებიც უშუალოდ საპროგნოზო ელემენტის განვითარების პერიოდში ფორმირდებიან და მოქმედებენ. აქვე განიხილება მთის მდინარეების ჩამონადენის ძირითადი მაფორმირებელი ფაქტორების: თოვლის ნადნობი წყლების, მყინვარული ნადნობი წყლების, წვიმის სახით მოსული ატმოსფერული ნალექების, გრუნტის წყლების თავისებურებანი საქართველოს პირობებისთვის. კერძოდ, წარმოდგენილია სამთო პირობებისთვის მდინარის ჩამონადენის მაფორმირებელი ფაქტორების განსაზღვრის მეთოდები: ა) ტემპერატურის განსაზღვრა სხვადასხვა სიმაღლეზე; ბ) ატმოსფერული ნალექებით გამოწვეული ჩამონადენის განსაზღვრა; გ) ინფილტრაცია და ზედაპირული შეკავება; დ) მდინარის წყალშემკრებ აუზში თოვლის მარაგის შეფასება; ე) მყინვარული ჩამონადენის განსაზღვრა. ამავე თავში განხილულია საკითხი ჰიდროლოგიური პროგნოზირების ეფექტურობისა და დასაშვები ცდომილების შესახებ. აღსანიშნავია რომ, ჰიდროლოგიური პროგნოზების პრაქტიკაში მოდელის შეფასებისათვის მიღებულია ე. წ. პროგნოზის ეფექტურობა. ეფექტურობა გვიჩვენებს თუ რამდენად მისაღები სიზუსტის იქნება შერჩეული მოდელი საშუალო სიდიდით გაცემულ საპროგნოზო მოდელთან შედარებით. პროგნოზის ეფექტურობის რიცხვითი შეფასება გამოისახება ფარდობით:  $S/\sigma$  ან  $S/\sigma_{\Delta}$ , სადაც  $S$

არის საშუალო კვადრატული ცდომილება  $S = \sqrt{\frac{\sum(\bar{Q}_{გაქმ} - \bar{Q}_{პრ})^2}{n-m}}$ ; ხოლო  $\sigma$  -

პრედიქტანტის ანუ საპროგნოზო ელემენტის საშუალო კვადრატული გადახრა

$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(\bar{Q}_{გაქმ} - \bar{Q}_{პრ})^2}{n-1}}$ ; როდესაც  $\frac{S}{\sigma} < 0,5$  მოდელი ფასდება კარგად, ხოლო თუ  $\frac{S}{\sigma}$

მოქცეულია 0,5-0,8 დიაპაზონში ითვლება დამაკმაყოფილებლად. აღსანიშნავია რომ,  $\sigma_{\Delta}$ - უფრო მეტად გამოიყენება მოკლევადიანი პროგნოზების დროს:

$\sigma_{\Delta} = \sqrt{\frac{\sum(\Delta_{გაქმ} - \bar{\Delta}_{საშ})^2}{n-1}}$ ; რომელიც არის არსებული საშუალო კვადრატული

გადახრა პროგნოზის გაცემიდან პროგნოზის დადგომამდე შესაბამისი პერიოდისათვის.

**III თავში** გაანალიზებულია მდინარის ჩამონადენის პროგნოზირების არსებული მეთოდები მთის მდინარეებისთვის შეზღუდული საწყისი ინფორმაციის პირობებში. დადგინდა, რომ კვლევებისათვის მიზანშეწონილია მულტიფაქტორული მეთოდის არჩევა, ამასთან, პრაქტიკული გამოყენების მიზნით, აუცილებელია მისი მისადაგება შეზღუდული ოპერატიული ჰიდრომეტეოროლოგიური ინფორმაციის პირობებთან, კერძოდ, შეზღუდული ჰიდრომეტეოროლოგიური საინფორმაციო ქსელის არსებობისას, ჩამონადენის პროგნოზირებისთვის გამოიყენება მდინარეთა წყალშემკრები აუზების სიახლოვეს მდებარე მოქმედი მეტეოსადგურებისა და ჰიდრომეტრიულ საგუშაგოებზე აღრიცხული იმ ცვლადი ფაქტორების დაკვირვების მასალები, რომლებიც მოქმედებენ მისი საზრდოობის წყაროებზე და განსაზღვრავენ მის ოდენობას. რაც შეეხება მეზობელი წყალშემკრები აუზების მეტეოელემენტებს, ისინი სუსტად ახასიათებენ მდინარეების წყლიანობას და მათი გამოყენება არაეფექტურია. ამასთან, მეტეოროლოგიური ელემენტების შესახებ ინფორმაციის დამატებით, შესაძლებელია პროგნოზის სიზუსტის გაზრდა. ასეთ დროს მათი მნიშვნელობები აიღება ამინდის პროგნოზის მიხედვით. თუ არ იქნა მსაგავსი საშუალება, მაშინ გამოიყენება ჰაერის ტემპერატურისა და ატმოსფერული ნალექების საშუალო მრავალწლიური ნორმები ან გრადიენტით მიღებული საპროგნოზო მაჩვენებლები. ამასთან, საპროგნოზო მნიშვნელობა შედარებული უნდა იყოს მათ ნორმებთან და ექსტრემალურ სიდიდეებთან, რათა შემდგომისდაგვარად გამოირიცხოს შეცდომები.

აღსანიშნავია რომ, ინფორმაციის შეზღუდვის პირობებში გამოიყენება მრავალფაქტორიანი სტატისტიკური მოდელი ჩამონადენის იმ მაფორმირებელი ფაქტორების გათვალისწინებით, რომელთა განსაზღვრაც შესაძლებელია ხელთ არსებული წინასწარი და სამომავლო ფაქტორების საშუალებით. მრავალფაქტორული ოპერატიული პროგნოზის შედგენის დროს საანგარიშოდ შეირჩა ის განტოლება, რომლის მონაცემები არის სახეზე პროგნოზის გაცემის დროს. ე. ი. საპროგნოზო განტოლება მიიღება არსებული ინფორმაციისა და საპროგნოზო პერიოდის ხანგრძლივობის მიხედვით.

საპროგნოზო განტოლება საქართველოს მდინარეებისათვის წინა დღის ხარჯებით ასე გამოიყურება:  $Q_n = f(Q_{n-1})$  (1)

მდინარის ჩამონადენი შეიძლება განისაზღვროს სინოპტიკური პროგნოზის გარეშე. კერძოდ  $Q_{\tau-2}$  ხარჯის გამოყენებით. რომელიც დაზუსტდება მეორე დღის დილას პირობითად  $n$  სთ-ზე, ავტომატიზებული პროგრამის შემთვევაში კონკრეტული დროისთვის არსებული წყლის ხარჯის მონაცემების საშუალო მაჩვენებლით. წინა დღის ხარჯის  $Q_{\tau-1}$  გამოთვლა ხდება მისი  $Q_{n\text{დილა}}$  ხარჯთან (წყლის ხარჯი დილის  $n$  საათზე) კავშირით და სადამოს პირობითად  $n$  სთ-ის ფაქტობრივი წყლის ხარჯის ( $Q_{n\text{სადამოს}}$ ) მონაცემით უფრო დაზუსტდება:

$$Q_{\tau-1} = 0,5 (Q_{08} + Q_{20}) \quad (2)$$

ასეთი დეტალური  $Q_{\tau}$  და  $Q_{\tau-2}$  დაზუსტება საჭიროა გარდამავალ პერიოდებში წყალმცრობიდან წყალდიდობისკენ და პირიქით.

ამის შემდეგ აღნიშნული საპროგნოზო განტოლება ზუსტდება სინოპტიკური პროგნოზის საშუალებით ასეთის არსებობის შემთხვევაში.

საპროგნოზო დღის ჰაერის ტემპერატურის შემცველი მოდელი ასეთია:

$$Q_{\tau} = f (Q_{\tau-1}, T_{\tau-1}) \quad (3)$$

ნალექების (წვიმა) რაოდენობის დამატებით კი აღნიშნული მოდელი ფართოვდება და იღებს შემდეგ სახეს:

$$Q_{\tau} = f (Q_{\tau-1}, P_{\tau-1}, T_{\tau-1}) \quad (4)$$

აღნიშნული მოდელი შესაძლებელია გაფართოვდეს სხვა ფაქტორის დამატებით, მაგ., როგორცა სინოტივის დეფიციტი ( $U$ ), ნიადაგის ინფილტრაციის კოეფიციენტი ( $\theta$ ), მყინვარული ჩამონადენი, ნალექების (თოვლი) ჩამონადენი და სხვ.

$$Q_{\tau+T} = f (P_{\tau_0}, \theta_{\tau_0}, U_{\tau_0}, Q_{\tau_0}, P_{\tau_0+1}, \theta_{\tau_0+1}, U_{\tau_0+1}, Q_{\tau_0+1}, \dots, P_{\tau-1}, \theta_{\tau-1}, U_{\tau-1}, Q_{\tau-1}, P_{\tau}, \theta_{\tau}, U_{\tau}, Q_{\tau}, \theta_T, P_T), \quad (5)$$

სადაც,  $\tau_0$  არის ფაქტორების ათვლის საწყისი დღე;

$\tau$  - პროგნოზის გაცემის დღე;

$T$  - საპროგნოზო დრო დღეებში.

ამავე თავში წარმოდგენილია ენერგეტიკული დანიშნულების წყალსაცავების ეფექტური ექსპლუატაციის საკითხები კლიმატის ცვლილების და შეზღუდული ჰიდრომეტეოროლოგიური ინფორმაციის პიორბებში, კერძოდ, განხილულია მოდინებული ხარჯის განსაზღვრა წყალსაცავიანი ჰესებისთვის.

წყლის ბალანსის მეთოდის საშუალებით განსაზღვრულია წყალსაცავში წყლის შემოდინება, გადინება და აკუმულაცია. წყლის ბალანსი შეიძლება განვიხილოთ დინამიკურ წონასწორობაში მყოფი რამდენიმე ურთიერთდაკავშირებული ელემენტისაგან შედგენილი სისტემა. ასეთ შემთხვევაში ერთ-ერთი შემადგენელი ელემენტის ცვლილება იწვევს სხვა ელემენტის ცვლილებას. ეს იძლევა საშუალებას აქტიურად ვიმოქმედოთ წყლის რეჟიმზე და ვმართოთ ის. შეიძლება აგრეთვე წყლის ბალანსი განვიხილოთ, როგორც კონკრეტული წყლის ან/და განსაზღვრული ტერიტორიის კომპლექსური შესწავლის განზოგადოებული შედეგი, რომელიც შეიცავს ცალკეული ელემენტის რაოდენობრივ შეფასებას. ბალანსის თითოეული ელემენტის ცვალებადობის დონით და სამეურნეო ღონისძიებების ჩატარების შედეგად შეიძლება შეფასდეს ნებისმიერი ბუნებრივი ობიექტის წყლის ბალანსის ტრანსფორმაცია. აღსანიშნავია რომ, თანამედროვე პირობებში მკვეთრად გაიზარდა ზუსტი ბალანსური კვლევების მნიშვნელობა, რადგან ბუნებრივ პროცესებში მკვეთრი ანთროპოგენური ჩარევის პირობებში დარღვეულია წონასწორობა-ბალანსის პრინციპი. აღნიშნული ცვლილების მასშტაბის შესაბამისად მოსალოდნელია უკვე დადგენილ ბალანსურ ელემენტებში მეტ-ნაკლები ცვლილება, რამაც ასახვა უნდა ჰპოვოს განტოლების შინაარსში.

ყოველივე მითითებული მოითხოვს წლის ბალანსის განტოლების უმნიშვნელოვანეს პარამეტრებზე ჰიდრომეტეოროლოგიური მონიტორინგის არსებობას. როგორც წესი, ექსპლუატაციაში არსებული ჰესების გამომუშავების დაგეგმვის და მიმდინარე კონტროლისთვის აუცილებელია მოდინების ჰიდროლოგიური ინფორმაციის და წყალსაცავის რესურსების ყოველდღიური მონაცემების ანალიზი, რისთვისაც საჭიროა შემდეგი მახასიათებლების არსებობა:

1) წყალსაცავის ნიშნული, რომელიც განისაზღვრება გარკვეული კანონზომიერებით სპეციალურად დამონტაჟებული წყალმზომი ლარტყებით, ან ავტომატური წყლის დონის მზომი რაღარული მოწყობილობებით. დაკვირვებები წყლის დონეებზე წარმოებს მინიმუმ 2-ჯერ ყოველდღიურად (8 და 20 საათზე). ორჯერადი დაკვირვების მონაცემებით განისაზღვრება წყალსაცავის გასაშუალოებული დღეღამური ნიშნული. წყალსაცავის ნიშნულის განსაზღვრის სიზუსტე დამოკიდებულია წყალმზომი ქსელის რაციონალურ განთავსებაზე.

წყალსაცავის ჰიდრომეტრიული მახასიათებლით განისაზღვრება წყალსაცავის გასაშუალოებული დღეღამური ნიშნულის შესაბამისი წყლის მოცულობა და სარკული ზედაპირის ფართი.

2) წყალსაცავში შემოდინება დადგენილი უახლოესი ჰიდრომეტრიული საგუშაგოს მონაცემების მიხედვით.

3) ნალექების რაოდენობა წყალსაცავის სარკულ ზედაპირზე განისაზღვრება ჰიდრომეტეოროლოგიური სამსახურის სანაპირო ნალექების მზომი პუნქტების მონაცემებით. ნალექების ფენის საშუალო შეწონილი მნიშვნელობა წყალსაცავის აკვატორიაზე განისაზღვრება ყველა მზომი პუნქტის მაჩვენებლის საშუალო შეწონილი სიდიდით. ნალექების მოცულობის განსაზღვრის დროს ნალექების ფენა მიეკუთვნება წყალსაცავის სარკული ზედაპირის საშუალო ფართობს საანგარიშო ინტერვალში.

4) სამეურნეო მოხმარების შედეგად დაბრუნებული წყლები, რომლებიც უშუალოდ ხვდებიან წყალსაცავში და არა სამდინარო ქსელში;

5) ბალანსის გასავალ ნაწილში განსაკუთრებული ყურდღება უნდა მიექცეს ჰ/ტურბინებში გამავალი ხარჯის განსაზღვრას ( $Q_{ჰტ}$ ). ამ მიზნით ყველაზე მიზანშეწინილია ჰ/ტურბინის ხარჯმზომების გამოყენება. ხარჯმზომების მოწყობა მოითხოვს ხარჯის აბსოლიტური მეთოდით გაზომვას და შრომატევად სამუშაოებთან არის დაკავშირებული. აღნიშნულის გამო, არსებულ ჰესებზე დატარირებული ხარჯმზომები იშვიათობას წარმოადგენს და ხარჯის აღრიცხვა წარმოებს საშუალო სიმძლავრით (გამომუშავებით) და ხვედრითი ხარჯით, რაც ჰიდროტურბინის საპასპორტო მონაცემებშია მოყვანილი. შესაძლებელია, აგრეთვე, ჰიდროაგრეგატის ხარჯის მახასიათებლის გამოყენება.

6) გარემოსდაცვითი წყალგაშვება გულისხმობს როგორც სანიტარული, ასევე ეკოლოგიური ნორმის გამოყენების შესაძლებლობას. სანიტარული ნორმა გამოიყენება იმ შემთხვევაში, როდესაც მოსალოდნელია ჩამდინარე წყლების განზავების აუცილებლობა. მიღებული ნორმით, სანიტარული ხარჯის მინიმუმი, რომლის დატოვება აუცილებელია მდინარის კალაპოტში, განისაზღვრება მცირეწყლიანი წლის (90% უზრუნველყოფის) გასაშუალოებული მინიმალური წყლის ხარჯებით. საქართველოს პირობებისთვის ეკოლოგიური მინიმუმი

განისაზღვრებოდა ნორმის (საშუალო მრავალწლიური წყლის ხარჯით) 10%-ით, რაც მოქმედებაშია დღევანდელ პირობებში.

7) უქმი გადაღვრა განისაზღვრება შესაბამისი წყალსაგდები კონსტრუქციის ხარჯის მახასიათებლით.

8) წყლის დანაკარგი წყალსაცავის ზედაპირიდან აორთქლებაზე განისაზღვრება აორთქლების მზომი მოწყობილობით.

9) ფილტრაციული წყლის ხარჯის გაჟონვა წყალსაცავის ნაპირებში და ამ ხარჯის წყალსაცავში დარუნება, ბალანსის შედგენის დროს მხედველობაში არ მიიღება.

10) ფილტრაციული გაჟონვა კაშხლის ტანში, ფარებს და კილოებს შორის ღრეჩოებში და ტურბინის დახურულ მიმმართველ აპარატში. თუ მისი სიდიდე მნიშვნელოვანია, უნდა გაიზომოს და აღირიცხოს ბალანსის გასავალ ნაწილში. თუ აღნიშნული ფილტრაციის სიდიდე უმნიშვნელოა და არ ექვემდებარება გაზომვას, მისი გათვალისწინება უნდა მოხდეს პროექტით გათვალისწინებული ნორმების მიხედვით.

11) წყალსაცავიდან მორწყვაზე, წყალმოხმარებაზე და სხვა მიზნებით გაცემული წყლის ხარჯის საერთო ოდენობა.

12) აორთქლება წყალსაცავის ზედაპირიდან.

13) წყლის ბალანსის ნაშთი. მიღებულია, რომ წლიური და სეზონური ბალანსებისთვის დასაშვები წყლის ბალანსის ნაშთი არ უნდა აღემატებოდეს  $\pm 5\%$ -ს, რაც შეესაბამება ჰიდრომეტრიული გაზომვების თანამედროვე სიზუსტეს.

წყალსაცავის წყალსამეურნეო ბალანსის დეტალური ანალიზიდან გამომდინარეობს, რომ ბალანსის ძირითადი კომპონენტია წყალსაცავში შემოდინებული მდინარის ჰიდროლოგიური მონაცემები.

დღეისთვის წყალსაცავებში შემოდინებული მდინარეების უმეტეს ნაწილზე ჰიდრომეტრიული საგუშაგო გაუქმებულია და არ მიმდინარეობს მდინარის ჩამონადენის აღრიცხვა. ამასთან არის შემთხვევები როდესაც წყალსაცავში შემოდინებული წყლის ხარჯის გაზომვა ჰიდრომეტრიული საგუშაგოს არსებობის შემთხვევაშიც კი გართულებულია წყალსაცავის აგებულების ტიპიდან გამომდინარე. ამიტომ, წყალსაცავებში სადაც ბუნებრივი პირობებიდან გამომდინარე გართულებულია ჰ/ს მოწყობა და ბუნებრივი შემონადენის



სრულყოფილი აღრიცხვა, ან იქ სადაც დროებით არ ფუნქციონირებს ჰ/ს და ვერ ხერხდება კლასიკური ბალანსის განტოლებით წყალსაცავებში ბუნებრივი შემოდინების დადგენა, წყალსაცავის ბუნებრივი შემონადენის განსაზღვრისთვის უნდა ვიხელმძღვანელოთ შემდეგი სახის წყალსამეურნეო ბალანსით:

$$Q_{\text{მოდინება}} = Q_{\text{ჰესი}} + Q_{\text{წყალმოხმარება}} + Q_{\text{გადაღვრილი}} + Q_{\text{აორთქ}} + Q_{\text{ფილტ}} + Q_{\text{დაზ}} + + Q_w \quad (6)$$

სადაც ბალანსის შემადგენელი ელემენტებია:

$Q_{\text{ჰესი}}$  - წყლის ხარჯი ელექტროენერჯის გამომუშავებისთვის;

$Q_{\text{წყალმოხმარება}}$  - მოსახლეობის წყალმომარაგებისთვის აუცილებელი წყლის ხარჯი;

$Q_{\text{გადაღვრილი}}$  - ქვემო ბიეფში გაშვებული ჭარბი წყლის ხარჯი, არსებობის შემთხვევაში;

$Q_{\text{ფილტ}}$  - ფილტრაციული წყლის ხარჯის გაჟონვა წყალსაცავის ნაპირებში და ამ ხარჯის წყალსაცავში დაბრუნება, ბალანსის შედგენის დროს მხედველობაში არ მიიღება. ფილტრაციული გაჟონვა კაშლის ტანში, ფარების ღრეჩოებში და ტურბინის დახურულ მიმართველ აპარატებში არ ექვემდებარება გაზომვას, მისი გათვალისწინება ხდება პროექტით გათვალისწინებული ნორმების მიხედვით;

$Q_{\text{აორთქ}}$  - წყლის დანაკარგი წყალსაცავის ზედაპირიდან აორთქლების მზომი მოწყობილობით;

$Q_{\text{დაზ}}$  - სამეურნეო მოხმარების შედეგად/დამატებითი საზრდოობის სახით დაბრუნებული წყლის ხარჯი, რომელიც უშუალოდ ხვდება წყალსაცავში და არა სამდინარო ქსელში;

$Q_w$  - წყალსაცავის მოცულობის ცვლილება (წყალსაცავის რეგულირების მაჩვენებელი). იგი განისაზღვრება წყალსაცავის მოცულობის მრუდის მიხედვით წყალსაცავის გასაშუალოებული დღეღამური ნიშნულის შესაბამისად.

მაშასადამე, წყალსაცავის ბუნებრივი მოდინების დასადგენად გამოვიყენეთ წყალსაცავის ნიშნულები, რომლითაც განისაზღვრება წყალსაცავის მოცულობები თვის დასაწყისში და ბოლოს. აღნიშნულით დადგინდა წყალსაცავის შევსება-დამუშვება. ჰესის ელექტროენერჯის გამომუშავების ნამრავლით ხვედრითი მოცულობის მაჩვენებელზე გამოთვლილ იქნა ჰიდროტურბინებში გამავალი წყლის მოცულობა/წყლის ხარჯი, ჰესის წყლის ხარჯს ემატება წყალსაცავის შევსების ხარჯი და აკლდება წყალსაცავის დამუშავების ხარჯი. ვინაიდან

ინფორმაციის დეფიციტის პირობებში ვერ ხერხდება კლასიკური ბალანსის განტოლებით წყალსაცავებში ბუნებრივი შემოდინების აღრიცხვა, წარმოდგენილი მიდგომით შესაძლებელია წყალსაცავის რეგულირების მაჩვენებლის ( $Q_w$ ) გამოყენებით განისაზღვროს წყლის ბალანსის უმნიშვნელოვანესი ელემენტი – ბუნებრივი შემოდინება ( $Q_{\text{მოდინება}}$ ). ფაქტობრივი შემოდინების განსაზღვრის შემდეგ დგინდება წყალსაცავში შემოდინებული წყლის რაოდენობის საპროგნოზო მაჩვენებელი, აღნიშნული ეფუძნება ტენდენციის მეთოდს და მრავალფაქტორიან სტატისტიკურ მოდელებს.

გარდა ზემოაღნიშნული საკითხებისა, მე-3 თავში შემოთავაზებულია კასკადური ჰესების წყალსაცავების სამუშაო რეჟიმების დაგეგმვა, კერძოდ, ზედა საფეხურის წყალსაცავის სამუშაო რეჟიმების შერჩევა, ქვედა ბიეფის ჰესების მაღალი ენერგეტიკული მაჩვენებლებით მუშაობის გათვალისწინებით.

ცნობილია რომ, წყალსაცავიანი ჰესების ერთ-ერთი ძალიან მნიშვნელოვანი დადებითი მხარეა სიმძლავრის ფართო დიაპაზონში ცვლილების უნარი, რაც მათი ჰიდრომალოვანი დანადგარების კონსტრუქციულ თავისებურებებთან არის დაკავშირებული. მათ შეუზღუდავად შეუძლიათ სიმძლავრის ცვლილება (0-დან 100%-მდე) დროის უმოკლეს მონაკვეთში, რის გამოც შესაძლებელია ენერგოსისტემის დატვირთვაზე მოქნილად რეაგირება. ჰიდროელექტრო-სადგურებით შესაძლებელია ელექტროენერგიის გამომუშავება მასზე მოთხოვნის მიხედვით: როდესაც ელექტროენერგიის მოთხოვნა დაბალია, შესაძლებელია ჭარბი ენერგია (წყალი) დაგროვებული იქნას წყალსაცავში. ხოლო, ელექტროენერგიის მოხმარების ზრდის დროს, ის გამოყენებული იქნას ამ დეფიციტის დასაფარად. მსგავსი ქმედების განხორციელება პრაქტიკულად შეუძლებელია სხვა ტიპის ელექტროსადგურებით. როგორც ზემოთ იქნა აღნიშნული, წყლის ბალანსის მეთოდის საშუალებით შესაძლებელია წყალსაცავში წყლის შემოდინების, გადინებისა და აკუმულაციის განსაზღვრა. წყალსაცავის დანიშნულებიდან გამომდინარე, ყოველდღიურად, წყლის ბალანსის ელემენტების გამოყენებით, კერძოდ, მდინარის ბუნებრივი მოდინების შესაბამისად და წყალსაცავში არსებულ მარაგს დამატებული წყლის მოცულობით, ზედა ბიეფში არსებულ წყალსაცავიან ჰესს შეუძლია გარკვეულ საათებში პიკურ რეჟიმში

მუშაობა, შემდეგ კი, ისევ მდინარის ბუნებრივი მოდინებით ხორციელდება წყალ-საცავის შევსება. დღეღამური რეგულირების პარამეტრების განსაზღვრისთვის n-საათიან ხანგრძლიობის ზონაში გამოყენებულია წყლის ბალანსის განტოლება:

$$Q_{\text{ბაზისი}} \times 24 \times 3600 = t_{\text{პიკური}} \times Q_{\text{პიკური}} \times 3600 \quad (7)$$

სადაც,  $Q_{\text{ბაზისი}}$  არის დღეღამური წყლის ხარჯი, რომლითაც განისაზღვრება ჰესის მუშაობა ბაზისურ რეჟიმში, მ<sup>3</sup>/წმ;

$Q_{\text{პიკური}}$  - ჰესის მაქსიმალური (პიკური) წყლის ხარჯი, მ<sup>3</sup>/წმ,;

$t_{\text{პიკური}}$  - ჰესის მუშაობის ხანგრძლიობა პიკურ რეჟიმში, სთ;

$$t_{\text{პიკური}} = \frac{24 \times Q_{\text{მოდინება}}}{Q_{\text{პიკური}}} \quad (8)$$

როგორც წესი, ჰიდროელექტროსადგურების ექსპლუატაციის დროს გათვალისწინებულია გარემოსდაცვითი (ეკოლოგიური) წყლის ხარჯის განსაზღვრული რაოდენობით გაშვება, რომელიც აუცილებელია წყლის ფლორისა და ფაუნის სასიცოცხლო უნარის უზრუნველსაყოფად მდინარის გაუწყლოებულ უბანზე. ამიტომ ტექნიკური გამოყენების წყალაღება ( $Q_{\text{სასარგებლო}}$ ) შეზღუდულია ეკოლოგიური მინიმუმით: ( $Q_{\text{სასარგებლო}} = Q_{\text{მოდინება}} - Q_{\text{ეკოლოგია}}$ ) გარემოსდაცვითი წყლის ხარჯი ამცირებს ობიექტის რენტაბელობას, ვინაიდან ის ვერ იქნება გამოყენებული ენერჯის წარმოებისათვის. როდესაც დღეღამური სასარგებლო მოდინება ( $Q_{\text{სასარგებლო}}$ ), რომლითაც განისაზღვრება ჰესის მუშაობის რეჟიმი, ნაკლებია ტურბინის მინიმალურ წყლის ხარჯზე ( $Q_{\text{ტურბინა}}$ ) ჰესის მუშაობის რეჟიმი ერთსაფეხურიანია (პიკური) n-საათიან პერიოდში, სადაც გამოყენებული უნდა იყოს შემდეგი სახის მონაცემები: ა) ჰესების მცირეწყლიანი წლის დეკემბრის თვის საშუალო მრავალწლიური წყლის ხარჯი, რომელიც ანგარიშებში უნდა შევიდეს ჰესების ეკოლოგიური წყლის ხარჯის გათვალისწინებით, ბ) შესაძლო მაქსიმალური პიკური ხარჯი (ჰესის საანგარიშო წყლის ხარჯი), გ) ჰესის დადგმული სიმძლავრე, დ) ჰესის პიკური სიმძლავრე, ე) ჰიდროტურბინის მინიმალური ხარჯი - მინიმალური წყლის ხარჯი, რომელიც მიღებულია საანგარიშოს 30-50%-ის ოდენობით, ვ) პიკის დაწყების საათი, ზ) წყალსაცავის

ავსებისა/ჩამოცლის დღედამური სასარგებლო მოცულობა, რომელიც განისაზღვრა შემდეგი სახის ბალანსის დამოკიდებულებით:

$$W_{\text{დღ}} = Q_{\text{პიკური}} - Q_{\text{სასარგებლო მოდინება}} \times 3600 \times t_{\text{პიკური}} \quad (9)$$

$Q_{\text{პიკური}}$  - პიკური რეჟიმის დღედამური გამომუშავება მიიღება პიკური სიმძლავრის გამრავლებით პიკურ რეჟიმში მუშაობის ხანგრძლიობაზე:

$$Q_{\text{პიკური}} = N_{\text{პიკური}} \times t_{\text{პიკური}} \quad (10)$$

როდესაც ჰესის დღედამური სასარგებლო წყლის მოდინება ( $Q_{\text{სასარგებლო}} = Q_{\text{მოდინება}} - Q_{\text{ეკოლოგია}}$ ) რომლითაც განისაზღვრება ჰესის მუშაობა ბაზისურ რეჟიმში, მეტია ტურბინის მინიმალურ წყლის ხარჯზე ( $Q_{\text{ტურბინა}}$ ), შესაძლებელია ჰესის გადასვლა ორსაფეხურიან მუშაობის გრაფიკზე  $n$ -საათიან პერიოდში, მაქსიმალური დატვირთვით  $n$ -საათის განმავლობაში, რომელიც აღიწერება შემდეგი საბალანსო განტოლებით:

$$Q_{\text{სასარგებლო მოდინება}} \times 24 = Q_{\text{ბაზისი}}(24 - t_{\text{პიკური}}) \times Q_{\text{პიკური}} t_{\text{პიკური}} \quad (11)$$

ზემოაღნიშნული მიდგომით გაანგარიშებები ჩატარებულია არსებული (ლაჯანურის) და პერსპექტიული (ნამახვანის) წყალსაცავების დღედამური რეგულირების შემთხვევისათვის, ამასთან განხილულია რეგულირების ერთსაფეხურიანი (პიკური რეჟიმი) და ორსაფეხურიანი (პიკური და ბაზისური რეჟიმები) ვარიანტი.

**IV თავში მოცემულია** ჩვენს მიერ შემოთავაზებული მეთოდის მიხედვით შედგენილი საანგარიშო პროგრამის ალგორითმი და ბლოკ-სქემა, ხოლო მისი პრაქტიკული რეალიზაციის შესაძლებლობების სადემონსტრაციოდ წარმოდგენილია საანგარიშო პროგრამით შესრულებული გაანგარიშებები საწყისი ჰიდროლოგიური მონაცემების დეფიციტის პირობებში.

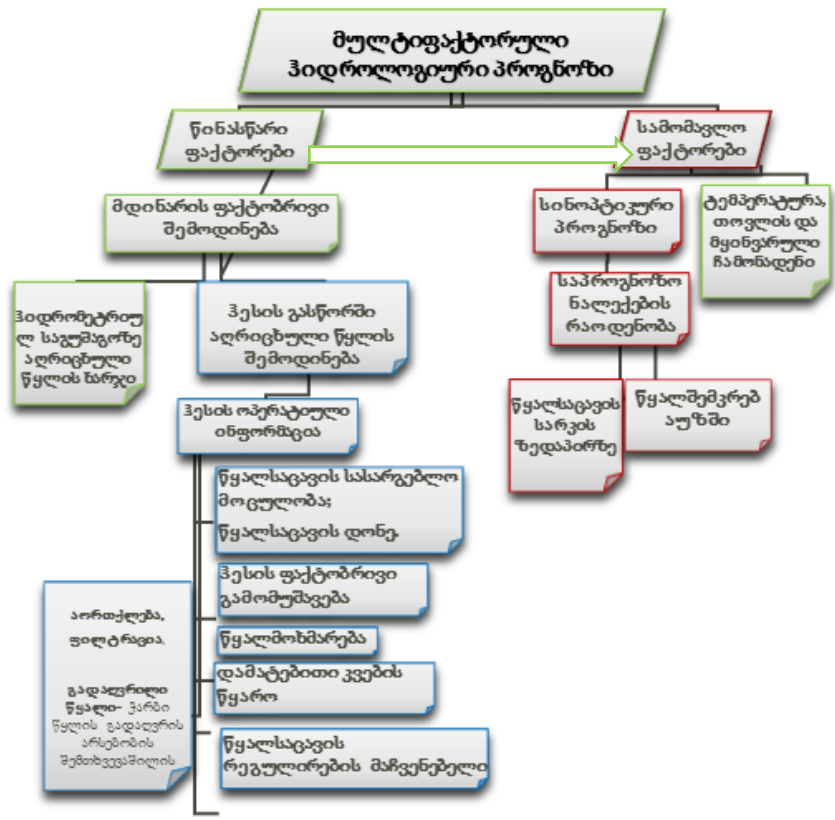
მრავალფაქტორული ოპერატიული პროგნოზის ალგორითმი ჰიდროლოგიური მონაცემების დეფიციტის პირობებში მიიღება არსებული ინფორმაციის და საპროგნოზო პერიოდის ხანგრძლივობის მიხედვით - მდინარის ჩამონადენის წინასწარი და სამომავლო მაფორმირებელი ფაქტორებისა და სხვადასხვა საპროგნოზო ჰიდროლოგიური მეთოდების კომბინაციით, კერძოდ: გამოყენებულია ტენდენციის მეთოდი, რომლის არსი მდგომარეობს იმაში, რომ გარკვეული დროის განმავლობაში მდინარის ჰიდროლოგიური რეჟიმი

ინარჩუნებს სტაციონარულ კანონზომიერებას, რაც გვამღვეს მდინარის ხარჯების ექსტრაპოლაციის საშუალებას წინა პერიოდის წყლის ხარჯების გამოყენებით (საპროგნოზო განტოლება (1)). აღნიშნული მეთოდის საშუალებით გაითვალისწინება ჩამონადენის მაფორმირებელი ფაქტორები გამომდინარე იქედან, რომ ცალ-ცალკე არის შესაძლებელი საპროგნოზო განტოლების (2) შედგენა ტემპერატურის ცვლილების, ნალექიან და უნალექო დღეებისთვის და ა.შ. საპროგნოზო განტოლება (1) ზუსტდება სინოპტიკური პროგნოზის საშუალებით ასეთის არსებობის შემთხვევაში, ემატება საპროგნოზო დღის ჰაერის ტემპერატურა, ნალექის საპროგნოზო რაოდენობა. აღნიშნული მოდელის აღმწერი განტოლება (5) შესაძლებელია გაფართოვდეს მე-3 თავში ხსენებული ფაქტორების დამატებით. ამასთან მაღალმთიანი წყალშემკრები აუზებისათვის, პროგნოზის ალგორითმი ითვალისწინებს ტემპერატურის და ნალექების ვერტიკალური გრადიენტის გამოყენებას წვიმის, თოვლის და მყინვარული ჩამონადენის განსაზღვრის დროს.

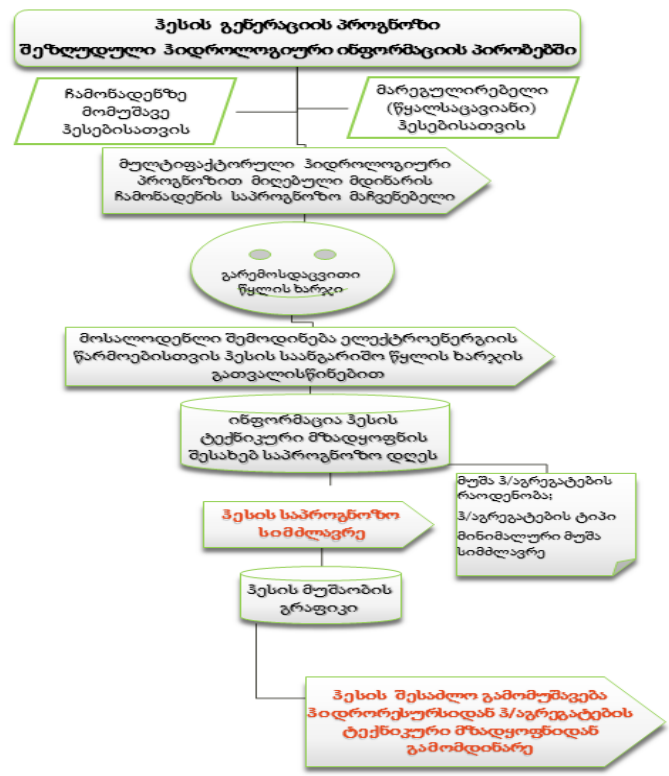
ჩვენს მიერ შემუშავებულ ბალანსის განტოლებას (6) ვიყენებთ მოდინებული წყლის ხარჯის განსასაზღვრად წყალსაცავიანი ჰესებისთვის შეზღუდული ინფორმაციის პირობებში.

ზემოთ მოყვანილი ალგორითმის მიხედვით შეზღუდული ჰიდროლოგიური ინფორმაციის პირობებისათვის შემუშავებულია მრავალფაქტორული ჰიდროლოგიური და ჰესის გენერაციის პროგნოზირების ბლოკ-სქემები, რომლებიც მოყვანილია შესაბამისად ნახ. 1-ზე და ნახ. 2-ზე.

მოყვანილ ბლოკ-სქემებზე დაყრდნობით ასევე შემუშავებულია ჰესების გამომუშავების პროგნოზირების კომპიუტერული ვებ-პროგრამა-JavaScript, HTML, CSS პროგრამული ენების საშუალებით.



ნახ.1. მრავალფაქტორული ჰიდროლოგიური პროგნოზის ბლოკ-სქემა



ნახ.2. ჰესის გენერაციის პროგნოზი შეზღუდული ჰიდროლოგიური ინფორმაციის პირობებში

გარდა ზემოაღნიშნულისა მე-4 თავში განსაზღვრულია:

ა) შაორის წყალსაცავის ბუნებრივი მოდინების პროგნოზი, რისთვისაც გამოიყენება წყალსამეურნეო ბალანსის განტოლება და შაორჰესის ოპერატიული მონაცემები შეზღუდული ჰიდრომეტეოროლოგიური ინფორმაციის პირობებში, კერძოდ, გამოყენებულია: წყალსაცავის ნიშნულები, რომლითაც განისაზღვრება წყალსაცავის მოცულობები დღის დასაწყისში და ბოლოს. აღნიშნულით განისაზღვრება წყალსაცავის შევსება-დამუშავება. ჰესის ელექტროენერჯის გამომუშავების ნამრავლით ხვედრითი მოცულობის მაჩვენებელზე გამოითვლება ჰიდროტურბინებში გამავალი წყლის მოცულობა/წყლის ხარჯი და შესაბამისი წამების რიცხვზე გაყოფით, ჰესის წყლის ხარჯს ემატება წყალსაცავის შევსების ხარჯი და აკლდება წყალსაცავის დამუშავების ხარჯი. ასევე გათვალისწინებულია ფილტრაციული დანაკარგები (საპროექტო) და დამატებითი კვების წყარო-სატუმბო სადგური „ცივწყალას“ მიერ წყალსაცავში გადატუმბული წყლის რაოდენობის სახით.

შაორის წყალსაცავის შემოდინების პროგნოზი შეზღუდული ინფორმაციის პირობებში განისაზღვრება ჩვენს მიერ შემუშავებული მრავალფაქტორული ოპერატიული პროგნოზის ალგორითმით, კერძოდ: წინა დღის ფაქტობრივი შემოდინებისა და სინოპტიკური პროგნოზის საშუალებით. წყალსაცავის წინა დღის ფაქტობრივი შემოდინება განისაზღვრება ზემოთ აღწერილი წყალსამეურნეო ბალანსის მეთოდით, ხოლო სინოპტიკური პროგნოზი თავის მხრივ მოიცავს: ატმოსფერული ნალექის რაოდენობრივ პროგნოზს (მმ)-ში, სადაც გათვალისწინებულია წყალშემკრები აუზის ფართობი, წყალსაცავის სარკის ზედაპირის ფართობი და მათზე მოსალოდნელი ნალექის რაოდენობა. აღნსანიშნავია რომ, სამდინარო ჩამონადენის ჰიდროლოგიურ გათვლებს ძირითადად, საფუძვლად უდევს მდინარის აუზში მოსული ატმოსფერული ნალექების რეჟიმის ცვალებადობა. ჩამონადენის საპროგნოზო მოდელების და სქემების შემუშავება ყოველთვის ითვალისწინებს წყალშემკრებზე ნალექების საათობრივი სვლის მონაცემებს.

შაორის წყალსაცავის ბუნებრივი მოდინების საპროგნოზო მაჩვენებლის განსასაზღვრად, გამოყენებულია: წყალსაცავის ოპერატიული მონაცემები:

(წყალსაცავის ნიშნული,მ, წყალსაცავის მოცულობა, მლნ მ<sup>3</sup>, წყალსაცავის ენერგეტიკული მარაგი, მლნ კვტ.სთ, წინა დღის ფაქტობრივი შემოდინება წყალსაცავში , მ<sup>3</sup>/წმ), წყალსაცავის მორფომეტრიული პარამეტრების (წყალსაცავის სარკის ზედაპირის ფართობი, კმ<sup>2</sup>, წყალშემკრები აუზის ფართობი,კმ<sup>2</sup>) და სინოპტიკური პროგნოზის (საპროგნოზო ნალექის რაოდენობა, მმ) გამოყენებით განისაზღვრება საპროგნოზო ნალექის მოცულობა წყალსაცავისთვის და საპროგნოზო ნალექის მოცულობა წყალშემკრები აუზისთვის, რის შედეგად გაანგარიშებებით მიიღება წყალსაცავის შემოდინების საპროგნოზო მაჩვენებელი. შაორის წყალსაცავის ბუნებრივი მოდინების საპროგნოზო მაჩვენებლის - შესაბამისი დღიური დონის რყევის მიხედვით მოცემულია ცხრილ №1-ში.

**ცხრილი №1. შაორის წყალსაცავის შემოდინების პროგნოზი**

დღე	წყალსაცავის ნიშნული,მ	წყალსაცავის მოცულობა, მლნ მ <sup>3</sup>	წყალსაცავის ენერგეტიკული მარაგი, მლნ კვტ.სთ	საპროგნოზო ნალექის რაოდენობა, მმ	წყალსაცავის სარკის ზედაპირის ფართობი, კმ <sup>2</sup>	საპროგნოზო ნალექის მოცულობა წყალსაცავისთვის მლნ მ <sup>3</sup>	წყალშემკრები აუზის ფართობი, კმ <sup>2</sup>	საპროგნოზო ნალექის მოცულობა წყალშემკრები აუზისთვის, მლნ მ <sup>3</sup>	წინა დღის ფაქტობრივი შემოდინება წყალსაცავში , მ <sup>3</sup> /წმ	წყალსაცავის დონის სარეზერვო სიმაღლე, მ	დღიური დონის რყევა, მ
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
20.07.2021	1129.92	47.11	41.65	0.000	13.2	0.000	112.8	0.000	1.00	3.280	
21.07.2021	1129.89	46.79	41.35	0.800	13.2	0.011	112.8	0.063	1.00	3.310	-0.030
22.07.2021	1129.87	46.54	41.12	26.300	13.2	0.347	112.8	2.077	1.00	3.333	-0.023
23.07.2021	1130.06	48.64	43.09	6.000	13.2	0.079	112.8	0.474	1.00	3.140	0.193
24.07.2021	1130.08	48.87	43.30	2.100	13.2	0.028	112.8	0.166	1.00	3.120	0.020
25.07.2021	1130.07	48.74	43.18	4.400	13.2	0.058	112.8	0.347	1.00	3.131	-0.011
26.07.2021	1130.08	48.83	43.26	7.300	13.2	0.096	112.8	0.576	1.00	3.123	0.007
27.07.2021	1130.11	49.18	43.59	24.400	13.2	0.322	112.8	1.927	1.00	3.093	0.031



ბ) განხილულია რიონის ჰესების კასკადის ზედა საფეხურის, არსებული ლაჯანურჰესის ან პერსპექტიული ნამახვანჰესის წყალსაცავების ისეთი სამუშაო რეჟიმების შერჩევა, რაც უზრუნველყოფს კასკადის ქვედა საფეხურის ჰესების (გუმათჰესები და რიონჰესი) ეფექტურ ფუნქციონირებას. გაანგარიშებები შესრულებულია ლაჯანურის და ნამახვანჰესების წყალსაცავების დღედამური რეგულირების შემთხვევისთვის, ამასთან განხილულია რეგულირების ერთსაფეხურიანი (პიკური რეჟიმი) და ორსაფეხურიანი (პიკური და ბაზისური რეჟიმები) ვარიანტები. აღნიშნულმა ანგარიშებმა გამოავლინა ორი ძირითადი ფაქტორი:

პირველი ფაქტორი: როდესაც ლაჯანურჰესის პიკური წყლის ხარჯი (ჰესის საანგარიშო წყლის ხარჯი 100 მ<sup>3</sup>/წმ) ნაკლებია/ტოლია გუმათჰეს I და გუმათჰეს II პიკური წყლის ხარჯზე (ჰესის საანგარიშო წყლის ხარჯი (214 მ<sup>3</sup>/წმ), მაშინ დღედამური რეგულირებით, ერთსაფეხურიან (მხოლოდ პიკური) რეჟიმში ქვედა ბიეფის ჰესების ელექტროენერჯის ჯამური გამომუშავება არ მცირდება და ენერგეტიკულ-ეკონომიკური მახასიათებლები არ უარესდება.

მეორე ფაქტორი: როდესაც ლაჯანურჰესის პიკური წყლის ხარჯი (ჰესის საანგარიშო წყლის ხარჯი 100 მ<sup>3</sup>/წმ) მეტია რიონჰესის პიკური წყლის ხარჯზე (ჰესის საანგარიშო წყლის ხარჯი 75.0 მ<sup>3</sup>/წმ), მაშინ მისი დღედამური რეგულირებით, ერთსაფეხურიან (მხოლოდ პიკური), წყლის აკუმულირების პერიოდში რიონჰესს დააკლდება ჩამონადენის რაოდენობა, რაც აისახება სიმძლავრის შემცირებით (ან აღნიშნულ პერიოდში რიონჰესის გაჩერებით), ხოლო ლაჯანურის წყალსაცავის დამუშავების პერიოდში რიონჰესი მიაღწევს მაქსიმალურ სიმძლავრეს, მაგრამ დაუფიქსირდება წყლის გადაღვრა ჭარბი რესურსის სახით.

წყლის რესურსის ეფექტურად გამოყენების მიზნით, უწყვეტი მუშაობის უზრუნველსაყოფად, მიგვაჩნია, რომ ლაჯანურჰესის ექსპლუატაცია უნდა განხორციელდეს დღედამური რეგულირების ორსაფეხურიან რეჟიმში. მითითებული ითვალისწინებს, ზედა საფეხურის - ლაჯანურჰესის ერთი ჰიდროაგრეგატის მუდმივად მუშაობას ბაზისურ რეჟიმში, რათა შენარჩუნებულ იქნეს ქვედა ბიეფში

არსებული ჰესების ეფექტური ფუნქციონირება, ხოლო პიკური რეჟიმით ჰესი ჩაერთოს ენერგოსისტემის მაქსიმალური დატვირთვების დაფარვაში .

ანალოგიური მიდგომით ჩატარებულმა ანგარიშებმა ნამახვანჰესისთვის აჩვენა, რომ რიონჰესების კასკადზე ელექტროენერჯის გამომუშავების დანაკარგის თავიდან აცილების მიზნით ქვემო ნამახვანჰესმა აუცილებლად უნდა იმუშაოს ორსაფეხურიანი დღედამური რეჟიმით, კერძოდ, როდესაც მდინარე რიონის სასარგებლო მოდინება: ა) ნაკლებია რიონის საანგარიშო ხარჯზე-75 მ<sup>3</sup>/წმ, მაშინ ქვემო ნამახვანჰესი მუშაობს პიკის გარეშე 75 მ<sup>3</sup>/წმ-ით; ბ) ნაკლებია გუმათჰესების საანგარიშო ხარჯზე-214 მ<sup>3</sup>/წმ და მეტია რიონჰესის საანგარიშო ხარჯზე-75 მ<sup>3</sup>/წმ, მაშინ ქვედა ნამახვანი მუშაობს ბაზისში 75 მ<sup>3</sup>/წმ და მე-2 საფეხური პიკში -214 მ<sup>3</sup>/წმ-ით; გ) მეტია გუმათჰესის საანგარიშო ხარჯზე-214 მ<sup>3</sup>/წმ, მაშინ ქვემო ნამახვანჰესი მუშაობს ბაზისში 214 მ<sup>3</sup>/წმ და მე-2 საფეხური პიკში -334 მ<sup>3</sup>/წმ-ით.

დისერტაციაში მოყვანილი გაანგარიშებების შედეგები აჩვენებს:

1) როცა ზედა საფეხურის პიკური ხარჯი ნაკლებია ან ტოლია ქვედა საფეხურის ჰესის პიკურ ხარჯზე, მაშინ დღედამური რეგულირებით, როგორც ერთსაფეხურიან (მხოლოდ პიკური რეჟიმი), ასევე ორ საფეხურიან რეჟიმში (პიკური რეჟიმი და ბაზისური რეჟიმი) ქვედა ბიეფის ჰესების ელექტროენერჯის ჯამური გამომუშავება არ მცირდება და ენერგეტიკულ-ეკონომიკური კუთხით არ ახდენს უარყოფით ზემოქმედებას;

2) როცა ზედა საფეხურის პიკური ხარჯი უფრო მეტია ვიდრე ქვედა საფეხურის ჰესის პიკური ხარჯი (ჰესის საანგარიშო წყლის ხარჯი), მაშინ მისი დღედამური რეგულირებით, როგორც ერთსაფეხურიან (მხოლოდ პიკური რეჟიმი), ასევე ორ საფეხურიან რეჟიმში (პიკური რეჟიმი და ბაზისური რეჟიმი) ირღვევა წყლის ბალანსის განტოლება, კერძოდ, წყლის აკუმულირების პერიოდში ქვედა საფეხურის ჰესს დააკლდება ჩამონადენის რაოდენობა, ხოლო წყლის დამუშავების პერიოდში დაფიქსირდება წყლის გადაღვა. თუმცა პოზიტიურ მაჩვენებელად ითვლება სიმძლავრის ზრდა პიკების პერიოდში.

მიგვაჩნია, რომ წყლის რესურსის ეფექტურად გამოყენების მიზნით ზემოაღნიშნული რეგულირების ტიპებიდან სახელმძღვანელოდ უნდა გამოყენებული იყოს რეგულირების ორსაფეხურიანი რეჟიმი, რომელიც

უზრუნველყოფს 24 საათიან წყლის რესურსით უზრუნველყოფას მასზე ნაკლები საანგარიშო წყლის ხარჯის მქონე ჰესისთვის, რათა გამოირიცხოს ელექტროენერჯის დანაკარგები, ან მათი არსებობის შემთხვევაში შემცირდეს მინიმალურ მნიშვნელობამდე. ზედა საფეხურის წყალსაცავის რეგულირების ორსაფხურიანი გრაფიკი (პირველი საფეხური-ბაზისური; მეორე საფეხური-პიკური) წარმოადგენს ყველაზე ოპტიმალურ სამუშაო რეჟიმს ქვედა ბიეფში არსებული ჰესების ეფექტური ფუნქციონირებისათვის, რაც ასევე შესაძლებელს ხდის ჰესების მონაწილეობის გაზრდას ენერგეტიკული სისტემის დატვირთვის პიკების დაფარვაში.

გ) მდ. მტკვრის ჩამონადენი ჩითახევჰესი-ორთაჭლჰესის უბანზე, რომლის მიხედვით შესაძლებელია ხსენებულ უბანზე არსებული და პერსპექტიული ჰესების საანგარიშო წყლის ხარჯების განსაზღვრა და საპროექტო ენერგეტიკული პარამეტრების დაზუსტება, რაც მნიშვნელოვანია ჰიდროენერგეტიკული ობიექტების წყალსატევი და წყალსატარი ჰიდრტექნიკური ნაგებობების უსაფრთხოების უზრუნველსაყოფად მათი დაპროექტების, მშენებლობის, რეკონსტრუქციის, ექსპლუატაციისა და დემონტაჟის ეტაპებზე, ასევე წყალდიდობის წინა პერიოდში განსახორციელებელი ჰიდროკვანძის ნაგებობებისა და მოწყობილობების მოსამზადებელი სამუშაოების დასაგეგმად, ჰესების ეფექტური და უსაფრთხო მუშაობის რეჟიმების დაგეგმვისათვის, ელექტროენერჯის გამომუშავების პროგნოზირებისთვის, მდინარის სხვადასხვა წელიწადის პერიოდში.

## დასკვნა

1. შესწავლილია გლობალური კლიმატის ევოლუციის ტენდენციები და მათზე დაყრდნობით გამოკვლეულია საქართველოს მდინარეების ჩამონადენის მაფორმირებელი ფაქტორების ცვლილების მიზეზები.

2. მდინარის ჩამონადენის პროგნოზირების არსებული მეთოდების შესწავლამ და კრიტიკულმა ანალიზმა აჩვენა, რომ სადისერტაციო ნაშრომის ფარგლებში ჩატარებული კვლევებისათვის მიზანშეწონილია მულტიფაქტორული მეთოდის არჩევა, ამასთან, პრაქტიკული გამოყენების მიზნით, აუცილებელია მისი მისადაგება შეზღუდული ოპერატიული ჰიდრომეტეოროლოგიური ინფორმაციის პირობებთან.

3. დადგენილია მდინარეების წყლის რესურსების საპროგნოზო მაჩვენებლები საქართველოს სხვადასხვა საზრდოობის ტიპის მდინარეებისათვის მათი მაფორმირებელი ბუნებრივი და ანთროპოგენული ფაქტორების გათვალისწინებით.

4. შემოთავაზებულია ჩამონადენზე მომუშავე და მარეგულირებელი ჰესების მუშაობის რეჟიმების დაგეგმვის მეთოდი მდინარეში წყლის რესურსის განმსაზღვრელი ფაქტორების მოკლევადიანი პროგნოზის მიხედვით.

5. წარმოდგენილია წყალსაცავიანი ჰესის მოკლევადიანი საპროგნოზო გამომუშავების გაანგარიშების მეთოდი საწყისი ჰიდროლოგიური ინფორმაციის დეფიციტის პირობებში.

6. ჰესის მუშაობის რეჟიმების დაგეგმვის შემოთავაზებული მეთოდის მიხედვით შედგენილია გაანგარიშების ალგორითმი, ბლოკ-სქემა და საანგარიშო პროგრამა, რომლის მიხედვით შესაძლებელია ჰიდროენერგეტიკული რესურსის ეფექტური მართვა, გლობალური დათბობის და გამკაცრებული გარემოსდაცვითი მოთხოვნების პირობებში. ჩატარებულია გაანგარიშებები შაორჰესის, რიონისა და მტკვრის ჰესების კასკადისათვის.

7. ნაშრომში მოყვანილი მეთოდი იძლევა ზედა საფეხურის წყალსაცავში მდინარის ბუნებრივი ჩამონადენის იმგვარი რეგულირების საშუალებას, რაც უზრუნველყოფს ქვედა ბიეფში განლაგებული ჰიდროელექტროსადგურების

მაღალი ენერგეტიკული მაჩვენებლებით მუშაობას-პიკური სიმძლავრით წყალმცრობის და გაზრდილი ელექტრომოთხონილების პირობებში.

8. მდინარეთა ჩამონადენის შესახებ შეზღუდული ჰიდრომეტეოროლოგიური ინფორმაციის პირობებში ჩამონადენის მართვის და ჰიდროგენერაციის პროგნოზირების ავტომატიზებული სისტემის გამოყენება ხელს შეუწყობს ჰიდროელექტროსადგურების ოპერატორ კომპანიებს ელექტროენერჯის გამომუშავების დაგეგმვაში „ენერგეტიკული ბირჟის“ მოთხოვნების შესაბამისად.

## დისერტაციის თემაზე გამოქვეყნებული სამეცნიერო ნაშრომები:

1. ჩოხელი ხ., ხელიძე გ., არშა თ. მდინარის ჩამონადენის განსაზღვრა ჰიდროლოგიური მონაცემების დეფიციტის პირობებში მდ. მტკვრის ჰესების კასკადის მაგალითზე. „სტუ-ის შრომები“, 2020, №4(518), გვ. 113-121.  
<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2020-4-113-121>
2. Chokheli Kh. Elaboration of the water balance of the reservoir using the example of the Shaori reservoir. Proceedings of Middle East International Conference On Contemporary Scientific Studies-V, March 27-28, 2021, Ankara, Turkey, Vol.III, p. 243-252.  
[https://cahid.info/pdf/konfrans2021/27032021/proceedingsbook\\_volume\\_1.pdf](https://cahid.info/pdf/konfrans2021/27032021/proceedingsbook_volume_1.pdf)  
<https://www.cahid.info/archives/2979>
3. Chokheli Kh., Khelidze G. Determining of the river run-off and developing of the control methodology using the example of existing energy purpose water reservoirs. International Journal of Novel Research and Development (IJNRD), 2022, Volume 7, Issue 4, p. 808-817.  
<https://www.ijnrd.org/viewpaperforall?paper=IJNRD2204098>  
<https://www.ijnrd.org/papers/IJNRD2204098>  
<https://www.ijnrd.org/papers/IJNRD2204098.pdf>  
<https://ijnrd.org/pubcurrentissue.php?v=7&i=4&m=April&y=2022>  
<https://www.ijnrd.org/viewpaperforall?paper=IJNRD2204098>
4. Chokheli Kh., Khelidze G. Multifacorial forecast of river runoff for reservoir under limited information conditions. 5<sup>th</sup> international conference on innovative studies of contemporary sciences, January 14-16, 2022, Tokio, Japan, p. 329-344.  
<https://www.tokyosummit.org/conference-book>  
[https://www.tokyosummit.org/\\_files/ugd/614b1f\\_e9a9fe3d30e34a59ad69c05a19ff9be0.pdf](https://www.tokyosummit.org/_files/ugd/614b1f_e9a9fe3d30e34a59ad69c05a19ff9be0.pdf)  
<https://www.tokyosummit.org/conference-book>
5. ჩოხელი ხ., ხელიძე გ. ზედა საფეხურის წყალსაცავის სამუშაო რეჟიმების შერჩევა, ქვედა ბიეფის ჰესების ეფექტური ფუნქციონირების გათვალისწინებით, რიონის ჰესების მაგალითზე. „სტუ-ის შრომები“, 2022, №2(524), გვ. 96-104.

## Abstract

Effective management of water resources, under the conditions of global warming and tightened environmental requirements, represents the most important challenge in our days. Territorial and time redistribution and rational management of river runoff within river catchment area is very important for generating hydropower.

In view of high density of hydrographic network, climatic, and ect diversity of the territory, formation of water runoff during separate periods of a year takes place under different, specific hydrometeorological conditions. It is expected that global warming will effect not necessarily the amount of annual runoff of rivers, but rather its distribution during the year. For this reason, individual prognosis methodology should be developed. Our work presents the following: necessity for updating the methods of the existing hydrological prognosis of the river runoff in view of the changes of climate forming factors under the conditions of reduction of information (in fact under the conditions of 35-year interruption of hydrological information); as planning and current control of operating HPP generations require analyzing hydrological information of the runoffs and daily data of the water resources, establishment of actual and forecasted inlet water waste in the headwork of seasonal and regulatory HPPs is carried out through aquatic accounts for different periods.

**Chapter I** studies the trends of evolution of global climate and the reasons of changing the factors forming river runoffs of the rivers of Georgia. The particular hydrographic network of Georgian rivers are also taken into account. Progression of river runoffs over the year is considered, which is determined, in the first place, by climatic factors. The impact of other factors is also quite large, such as relief of catchment area, geological composition, the nature of ground and vegetation cover etc.

**Chapter II** considers forecast indicators of aquatic resources of rivers for the rivers of different types of nutrition for Georgia, in view of the natural and anthropogenic factors forming them. The methods determining future and preliminary factors forming the runoff are presented. Preliminary factors include geomorphological factors of watershed and climatic factors representing future factors, which are being formed and acting during the period of development of average forecasted element. Main forming factors of mountain river runoffs are discussed too. In particular, the methods of determining the factor forming river runoffs for mountainous conditions are presented: a) determination of temperature at different heights; b) determination of runoffs caused by atmospheric precipitations; c) infiltration and surface retention; d) evaluation of snow stock in the river reservoir; e) determination of glacial runoff.

**Chapter III** analyzes existing methods of forecasts of river runoffs, under the conditions of limited initial information for the mountain rivers. It was established that it is justified for the studies to select multifactorial method, and for the purpose of practical application, it shall be fitted to the conditions of limited operative hydrometeorological information. It shall be noted, that in course of conclusion of multi-factorial operative prognosis the equation was selected for reporting, data of which are in place when issuing forecasts.

The issues of effective operation of reservoirs of energetical importance are presented in the same chapter, in particular, the method of planning operation modes of

regulatory HPPs as per the short-termed forecast of the factors determining aquatic resource in the river and the means for regulation of the runoff of river in the reservoir of upstream are offered, providing operation of HPPs located in the downstream with high power indicators.

**Chapter IV** presents the algorithm and block-scheme of reporting program concluded as per the method offered by us. Calculations are presented under the lack of initial hydrological data:

- a) Runoff of the r. Mtkvari is determined on the areas of Chitakhevi HPP and Ortatchala HPP, according to which expenses of reporting water of the existing and prospective HPPs in the referred area may be determined and designing energy parameters specified, which is important for planning of the effective and safe working modes of such HPPs, during different hydrological periods of the River Mtkvari.
- b) Selection of working modes of upstream of cascade of HPPs of r. Rioni, Lajanuri HPP or prospective Namakhvani HPP reservoirs are considered, providing effective operation of the HPPs of downstream of cascade (Gumati HPP and Rioni HPP). Calculations are done for the events of daily regulation of Lajanuri and Namakhvani HPP reservoirs, and one-step and two-step modes options are considered.
- c) Calculations are made for Shaori HPP reservoir, based on the method of approach offered by us – by jointly foreseeing actual inflow and synoptic prognosis, determination of spend of running water in different time intervals.

Insummary, under the conditions of limited hydrometeorological information, creation and application of automated forecast system of river runoff and hydrogeneration will facilitate effective incorporation of HPPs of Georgia into the electric power trading system.