

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ხელნაწერის უფლებით

მარგალიტა მარდალეიშვილი

ჰიდროენერგეტიკული ობიექტებიდან გადინებული
გარემოსდაცვითი ხარჯის სიდიდის განსაზღვრა ეკოლოგიური
ფაქტორების გათვალისწინებით

დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად
წარდგენილი დისერტაციის

აკტორეფერატი

სადოქტორო პროგრამა: "ენერგეტიკა და ელექტროინჟინერია"

შიფრი: 0713

თბილისი

2021 წელი

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

ხელმძღვანელი: პროფესორი გ. ხელიძე

რეცენზენტები:

დაცვა შედგება 2021 წლის "-----" "-----" "-----" საათზე
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ენერგეტიკისა და
ტელეკომუნიკაციის ფაკულტეტის საუნივერსიტეტო სადისერტაციო
საბჭოს სხდომაზე, კორპუსი VIII, სხდომათა დარბაზი
მისამართი: 0166, 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. საქართველოს ბუნებრივი სიმდიდრის — წყლის მარაგის მოხმარება სამეურნეო საქმიანობისათვის ტექნიკური პროგრესის განვითარებასთან ერთად განუხრელად იზრდება, რაც გარკვეულწილად აისახება გარემოს ეკოლოგიურ მდგომარეობაზე. ბუნებრივია, რომ საქართველოს მდიდარი ჰიდროენერგეტიკული რესურსების ათვისებისას უნდა იყოს გათვალისწინებული გარემოსდაცვითი მოთხოვნები.

ამასთან, უნდა აღინიშნოს, რომ საქართველოში დღესდღეობით ჰიდროკვანძების წყალშემზღვევით ნაგებობებიდან ეკოლოგიური მიზნით გადინებული წყლის ხარჯების ნორმატიული სიდიდეების განმსაზღვრელი საკანონმდებლო ბაზისა და შესაბამისი ნორმატიულ-ტექნიკური დოკუმენტაციის არ არსებობის გამო, წყლის რესურსების დაცვისა და მათი რაციონალური გამოყენების თვალსაზრისით სერიოზული წინააღმდეგობები იქმნება ენერგეტიკული და ეკოლოგიური პრობლემების ერთობლივი გადაწყვეტის პროცესში, რაც ხელოვნურ ბარიერს უქმნის ქვეყნისათვის სასიცოცხლოდ მნიშვნელოვანი სფეროს — ჰიდროენერგეტიკის დარგის განვითარებას. გარემოსდაცვითი წყლის ხარჯის სიდიდე არსებითად განაპირობებს ენერგეტიკული მიზნებისათვის გამოყენებული მდინარის ჩამონადენის რაოდენობას, რაც თავის მხრივ განსაზღვრავს ჰესის სიმძლავრეს, გამომუშავებას და მის სხვა ძირითად ტექნიკურ-ეკონომიკურ მაჩვენებლებს, რაც საბოლოო ჯამში მისი განხორციელების ეკონომიკური მიზანშეწონილობის დადგენის საფუძველია. აღნიშნული სახელმწიფოებრივი მნიშვნელობის პრობლემის გადაწყვეტა მოითხოვს მის სამეცნიერო უზრუნველყოფას შესაბამისი კვლევების საფუძველზე, რომლის საშუალებითაც შესაძლებელია გარემოსდაცვითი წყლის ხარჯების ისეთი სიდიდის დადგენა, რაც მისაღები იქნება ერთობლივად ენერგო-ეკონომიკური და ეკოლოგიური თვალსაზრისით.

ზემოთ მოყვანილზე დაყრდნობით, შეიძლება ითქვას, რომ ჰიდროენერგეტიკული ობიექტებიდან გადინებული გარემოსდაცვითი წყლის ხარჯის სიდიდის განსაზღვრა აქტუალური საკითხია.

მეცნიერული სიახლე. წინამდებარე ნაშრომში პირველად არის შემოთავაზებული მდინარის ცალკეული წყალაღების გასწორისათვის გარემოსდაცვითი წყლის ხარჯის დადგენა ინდივიდუალურად — ჰესის სადერივაციო უბნის შესაბამისი მდინარის მონაკვეთის სიგრძის, ბუნებრივ-კლიმატური ზონის, ადგილობრივი ლანდშაფტის პირობების, მდინარეში ცოცხალი ორგანიზმების საარსებო პირობების, დასახლებული პუნქტების, სასოფლო-სამეურნეო სავარგულების, აგრეთვე წყალშემზღვევა ნაგებობის ქვედა ბიეფში წყალსამეურნეო კომპლექსის სხვა ობიექტების (წყალმომარაგება, მელიორაცია და სხვ.) არსებობის გათვალისწინებით. ამასთან, გარემოსდაცვითი წყლის ხარჯების განსაზღვრის საკითხი განხილულია კომპლექსურად — თითოეული ობიექტის ენერგეტიკული მიზანშეწონილობისა და ეკოლოგიური რისკ-ფაქტორების მხედველობაში მიღებით.

სამუშაოს მიზანი. სამუშაოს მიზანია მდინარის ჩამონადენის იმ ნაწილის დადგენის თეორიული ასპექტების და მეთოდოლოგიის შემუშავება, რომელიც გატარდება წყალშემზღვევა ნაგებობების ქვედა ბიეფის კალაპოტში გარემოსდაცვითი მიზნებისათვის. წყლის ხარჯის განსაზღვრის საკითხის კომპლექსური შესწავლა ისე, რომ, ერთი მხრივ, მაქსიმალურად გამოყენებული იქნეს მდინარის მოცემულ გასწორში მთლიანი ენერგეტიკული რესურსი, და, მეორე მხრივ, დაცული იყოს ძირითადი ბუნებრივი პირობები. ასეთი მიდგომა საშუალებას მოგვცემს, რომ ჰიდროენერგეტიკული ობიექტების გარემოზე ზემოქმედება იქნეს მინიმუმებული, ჰიდროენერგეტიკული რესურსების მაქსიმალურად გამოყენების პირობებში.

კვლევის ობიექტი და მეთოდები. განხილულია საქართველოს განსხვავებულ ბუნებრივ-კლიმატურ ზონებში მდებარე მდინარეთა

გასწორები, რომლებშიც თითოეული მდინარისათვის დამახასიათებელია საზრდოობის სპეციფიკური ტიპი, წყლიანობის რეჟიმი, წყალშემკრები აუზის ფართობი, წყალშემკრები აუზის საშუალო სიმაღლე, საშუალო მრავალწლიური წყლის ხარჯი. ეს უკანასკნელი დადგენილია წყლის საშუალო წლიური ხარჯების წარმომადგენლობითი (რეპრეზენტატული) რიგის მიხედვით.

კონკრეტული ჰიდროენერგეტიკული ობიექტებისათვის გარემოსდაცვითი წყლის ხარჯის გაანგარიშებას საფუძვლად უდევს მისი განმსაზღვრელი ეკოლოგიური ფაქტორების შესწავლა, როგორცაა: წყალაღების კვეთსა და ჰესის შენობას შორის მდინარის მონაკვეთის უბნის ზონაში წყალსამეურნეო კომპლექსის მონაწილეთა მოთხოვნა სასმელ და სარწყავ წყალზე, მითითებულ არეალში მდინარის ბუნებრივი წყალდენის რეჟიმის ცვლილების გავლენა მცენარეულ საფარზე და ცხოველთა სამყაროზე, იხტოფაუნაზე და წყალმცენარეებზე, ჩამდინარე წყლების გავლენა წყალსადინარის ეკოლოგიურ (დაბინძურების დასაშვებ ზღვრებში შენარჩუნებაზე) მდგომარეობაზე. ამასთან, გარემოსდაცვით წყლის ხარჯის განსაზღვრა გათვალისწინებულია ექსპლუატაციაში მყოფი და ასაშენებელი ჰესებისთვის დიფერენცირებულად.

კვლევის ძირითადი შედეგები და შედეგების გამოყენების სფერო. მდინარეთა საზრდოობის სხვადასხვა ტიპისთვის დამახასიათებელი, მათი განსხვავებული წყლიანობის რეჟიმების ამსახველი ჰიდროგრაფებისა და წყალაღების კვეთსა და ჰესის შენობას შორის მდინარის მონაკვეთის უბნის ზონაში სამეურნეო საქმიანობისა და ცოცხალი ორგანიზმების სიცოცხლის უნარის შენარჩუნებისათვის აუცილებელი წყალმოთხოვნილების ანალიზით დადგენილია გარემოსდაცვითი წყლის ხარჯის სიდიდე. აღნიშნულის პრაქტიკული რეალიზაცია საშუალებას მოგვცემს დაცული იყოს გარემოსდაცვითი წყალგაშვების პირობა ყველა გარემოსდაცვითი ფაქტორისა და ჰესის ეფექტური ფუნქციონირების პირობების ერთობლივი თანაბარი ხარისხით გათვალისწინებით. გარემოსდაცვითი წყლის ხარჯის

განსაზღვრა ხელს შეუწყობს ეკოლოგიურად მიზანშეწონილი ჰიდროენერგეტიკული პოტენციალის დადგენას.

ნაშრომის აპრობაცია. ნაშრომის ძირითადი შედეგები მოსმენილი იქნა საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ენერგეტიკისა და ტელეკომუნიკაციის ფაკულტეტის, ჰიდროენერგეტიკისა და მაგისტრალური სამილსადენო სისტემების დეპარტამენტში I, II და III კოლოქვიუმებზე და დისერტაციის წინასწარ განხილვისას. ასევე, სტუ-ს სტუდენტთა 85-ე ღია საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენციაზე — ჰიდროენერგეტიკისა და მაგისტრალური სამილსადენო სისტემების სექცია, თბილისი 2017 წელი. 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“. აგრეთვე, 2021 წლის 9 ივნისს III საერთაშორისო სამეცნიერო-ტექნიკურ კონფერენციაზე „ენერგეტიკის თანამედროვე პრობლემები და მათი გადაწყვეტის გზები“.

დისერტაციის თემაზე გამოქვეყნებულია 5 სამეცნიერო სტატია, სადისერტაციო საბჭოს მიერ რეკომენდებულ გამოცემებში.

ნაშრომის მოცულობა და სტრუქტურა. სადისერტაციო ნაშრომი მოიცავს 130 გვერდს, მათ შორის 35 ცხრილსა და 30 ნახაზს. იგი შეიცავს შესავალს, ხუთ თავს, დასკვნებსა და გამოყენებული 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 წარმოდგენილია მონაცემები საქართველოში და სხვა ქვეყნებში საანგარიშოდ მიღებული გარემოსდაცვითი (ეკოლოგიური) წყლის ხარჯების შესახებ. აღნიშნულია, რომ საქართველოში ამჟამად არ არის შემუშავებული საკანონმდებლო რეგულაციები ჰიდროკვანძების წყალაღების გასწორიდან ქვედა ბიეფში აუცილებლად მისაწოდებელი წყლის ხარჯების განსაზღვრის შესახებ. საქართველოში ჰიდრო-ელექტროსადგურების დაპროექტებისას გარემოსდაცვითი წყლის ხარჯის სიდიდედ მიიღება წყალმიღები ნაგებობის კვეთში მდინარის საშუალო მრავალწლიური წყლის ხარჯის 10%, რომელიც არ არის დადგენილი ნორმატიულ-ტექნიკური დოკუმენტების შესაბამისად.

მსოფლიოს ბევრ ქვეყანაში ადგილობრივი ბუნებრივი და ეკონომიკური პირობების გათვალისწინებით განსაზღვრულია გარემოსდაცვითი წყლის ხარჯების მნიშვნელობები. გაანალიზებული იქნა ევროპის, ამერიკის, აზიის მთელ რიგ ქვეყნებსა და ავსტრალიაში გამოყენებული ეკოლოგიური ხარჯის მნიშვნელობები, რომლებიც, ძირითადად, შემდეგი სახით არის მოცემული: საშუალო მრავალწლიური წყლის ხარჯის 10%, საშუალო წელიწადის წლის 95% უზრუნველყოფის დღე-ღამური წყლის ხარჯი, გარემოსდაცვითი წყლის ხარჯი განსაზღვრული 2 ლ/წმ-ით წყალშემკრები აუზის 1,0 კმ²-ზე, 95%-იანი უზრუნველყოფის მცირეწელიწადი წლის მინიმალური საშუალოთვიური წყლის ხარჯი, ზაფხულის საშუალო წყლის ხარჯის 1/3, საშუალო წელიწადის წლის 347-დღიანი უზრუნველყოფის (განმეორებადობის) წყლის ხარჯი, მინიმალური ერთდღიანი და 30 დღიანი ზაფხულის და ზამთრის წყლის ხარჯები,

წყალმცირობის პერიოდის 7 დღიანი საშუალო მინიმალური წყლის ხარჯი, განმეორებადობით 10 წელი, ან წყალმცირობის პერიოდის 7 დღიანი საშუალო მინიმალური წყლის ხარჯი, განმეორებადობით 2 წელი, ან აგვისტოს თვის საშუალო თვიური წყლის ხარჯი, ან საშუალო წლიური წყლის ხარჯის 25%.

მაგალითის სახით მოყვანილია მდინარეებზე მტკვარი (წყალმიმღების ნიშნული 350 მ), ნატანები (წყალმიმღების ნიშნული 762 მ), ყვირილა (წყალმიმღების ნიშნული 607,5 მ), მდ. მაჭახელა (წყალმიმღების ნიშნული 328 მ), მდ. ხანისწყალი (წყალმიმღების ნიშნული 141 მ) განსახორციელებელი პერსპექტიული ჰესების გარემოსდაცვითი წყალგაშვების სიდიდეები სხვადასხვა ქვეყნებში საანგარიშოდ მიღებული ზემოთ მოყვანილი დამოკიდებულებების მიხედვით.

თითოეული განხილული მდინარისათვის გაანგარიშებით მიღებულ გარემოსდაცვითი წყლის ხარჯის მნიშვნელობებს ახასიათებს გაფანტვის მაღალი დიაპაზონი, რაც ადასტურებს, რომ თითოეული ჰესიდან გარემოსდაცვითი წყალგაშვების სიდიდე უნდა იყოს დადგენილი ინდივიდუალურად — კონკრეტული პირობების გათვალისწინებით, კერძოდ, ჰესის სადერივაციო უბნის შესაბამისი მდინარის მონაკვეთის სიგრძის, ბუნებრივ-კლიმატური ზონის, ადგილობრივი ლანდშაფტის პირობების, მდინარეში ცოცხალი ორგანიზმების საარსებო პირობების, დასახლებული პუნქტების, სასოფლო-სამეურნეო სავარგულების, აგრეთვე წყალშემზღვევითი ნაგებობის ქვედა ბიეფში წყალსამეურნეო კომპლექსის სხვა ობიექტების (წყალმომარაგება, მელიორაცია და სხვ.) არსებობის გათვალისწინებით.

ნაშრომის II თავში განხილულია ეკოლოგიური ჩამონადენის განსაზღვრის მეთოდები, რომელთა დაყოფა შესაძლებელია შემდეგ ჯგუფებად: ჰიდროლოგიური დასაბუთების, ფუნქციონალური ურთიერთდამოკიდებულებით ასახვის, ჰიდრაულიკური ანალიზის, საარსებო გარემოს იმიტირების, კომპლექსური მიდგომის.

ჰიდროლოგიური დასაბუთების მეთოდით სარგებლობისას საწყისი მონაცემების სახით გამოიყენება სტატისტიკურად დამუშავებული მდინარის ჩამონადენის ბუნებრივი რეჟიმის შესაბამისი ჰიდროლოგიური რიგები. ამ შემთხვევაში, გარემოსდაცვითი წყლის ხარჯი განისაზღვრება, როგორც საშუალო მრავალწლიური წყლის ხარჯის ან საშუალო თვიური წყლის ხარჯის ნაწილი. მსგავსი მიდგომის საფუძვლად მიღებულია დაშვება, რომ მდინარის კალაპოტში ბუნებრივი წყლის ხარჯის გარკვეული ნაწილის მიწოდებისას შესაძლებელია ეკოლოგიური წონასწორობის დაცვა. მიუხედავად იმისა, რომ ჰიდროლოგიური მონაცემების შესაბამისი მახასიათებლების გამოყენება მარტივია სხვადასხვა მდინარეებისათვის, ისინი შეიძლება არ იყოს დამაჯერებელი გარემოზე ზემოქმედების თვალსაზრისით.

ფუნქციონალური ურთიერთდამოკიდებულების ასახვის მეთოდის საფუძველია სამდინარო ეკოლოგიური სისტემის ჰიდროლოგიურ და ეკოლოგიურ ფაქტორებს შორის ურთიერთდამოკიდებულების აღწერა. ეს ხერხი ორიენტირებულია სამდინარო რეჟიმის დაყოფაზე წყალმცირობის და წყალუხვობის პერიოდის მახასიათებლების შემცველ, ძირითად ელემენტებად (ბლოკებად), რომლებიც შეესაბამება მითითებული პერიოდებისათვის მდინარის აუზში მყარი ნატანის ჩამონადენის დინამიკის შენარჩუნებისა და კალაპოტური პროცესების აღმწერ პარამეტრებს. ჩამონადენის დასაშვები რეჟიმი, რომელიც უზრუნველყოფს ეკოსისტემის შენარჩუნებას განისაზღვრება ამ ბლოკების გათვალისწინებით.

ჰიდრაულიკური ანალიზის მეთოდები ემყარება ცნობებს წყლის ხარჯის ისტორიული მაქსიმუმისა და მინიმუმის სიდიდეების თაობაზე, რომელიც კრიტიკულია მოცემული წყალსადინარის არსებობის ხანგრძლივი პერიოდის განმავლობაში ჩამოყალიბებული ფლორის ან ფაუნისათვის. აიგება გარემოსდაცვითი წყალგაშვების ფუნქციონალური დამოკიდებულება ჰიდრაულიკური პარამეტრებისაგან (სველი პერიმეტრი, დინების სიჩქარე, ცოცხალი კვეთის ფართობი). გარემოსდაცვითი

ჩამონადენის მნიშვნელობა წარმოდგენილია ან წყლის ხარჯის სახით, რომელიც არის მინიმალური ხარჯი, ან წყალსადინარის ბუნებრივი ჩამონადენის ფიქსირებული პროცენტით, რომლის ქვემოთ ცოცხალი ორგანიზმების საარსებო პირობები უარესდება, ან მათი არსებობა-განვითარება შეწყვეტის საფრთხის ქვეშაა.

საარსებო გარემოს იმიტირების მეთოდის არსი მდგომარეობს წყლის ხარჯებისა და ცოცხალი ორგანიზმების სასიცოცხლო არეს შესაბამის პირობებს შორის კავშირის მოდელირებაში. ბიოორგანიზმების სასიცოცხლო პირობები უშუალოდ განსაზღვრავს მოთხოვნებს გარემოსდაცვითი ჩამონადენის მიმართ. ამ ტიპის მეთოდებიდან ყველაზე გავრცელებულია PHABSIM-ის (Physical Habitat Simulation System) მეთოდი. სასიცოცხლო არეს შესახებ მონაცემებზე დაყრდნობით განისაზღვრება ცალკეული ცოცხალი ორგანიზმის მოთხოვნილება წყლის გარკვეულ რაოდენობაზე. გარემოსდაცვითი ჩამონადენის გავლენა სასიცოცხლო არეს შენარჩუნებაზე აღწერილია მდინარის ჰიდროდინამიკური პარამეტრების, მაგ., ნაკადის სიღრმის ან საშუალო სიჩქარის კავშირით ფიზიკურ პირობებთან, რომელებიც საჭიროა ეკოსისტემის მდგრადი ფუნქციონირებისათვის. ამ ურთიერთკავშირების განსაზღვრის შემდეგ მოდელირდება გარემოსდაცვითი ჩამონადენი, რომლითაც იმიტირდება შესაბამისი წყლის ეკოსისტემის ცვლილება.

კომპლექსური მიდგომა წარმოადგენს ჰიდროლოგიური, ჰიდრაულიკური მეთოდების, აგრეთვე ორგანიზმების საარსებო არეს ერთობლივი გამოსახვის მეთოდს. ხსენებული ხერხი ითვალისწინებს მთლიან ეკოსისტემურ მიდგომას გარემოსდაცვითი წყლის ხარჯის განსაზღვრის პროცესში. ეს უკანასკნელი ხერხი ყველაზე სრულად ეხმიანება გარემოსდაცვითი წყალგაშვების მოთხოვნების დაკმაყოფილებას სამდინარო ეკოსისტემის მდგრადი ფუნქციონირების უზრუნველსაყოფად.

ზემოთ მოყვანილი მეთოდების განხილვიდან და საქართველოს მდინარეთა ჩამონადენის, მისი წყლის მეურნეობის ობიექტების მიერ

გამოყენების, ფლორისა და ფაუნის საარსებო პირობების დაცვისათვის არსებულ მონაცემებზე დაყრდნობით კორექტული იქნება თითოეულ კონკრეტულ შემთხვევაში გარემოსდაცვითი წყალგაშვების იმ რაოდენობის დადგენა, რომელიც მაქსიმალურად გაითვალისწინებს ბიოლოგიური მრავალფეროვნების შენარჩუნების მოთხოვნას, ამასთან თხევადი ჩამონადენის დარჩენილი ნაწილის ენერგეტიკული მიზნებით გამოყენება ტექნიკურ-ეკონომიკური თვალსაზრისით მისაღები იქნება.

ნაშრომის III თავში მოყვანილია გარემოსდაცვითი წყლის ხარჯის განმსაზღვრელი ეკოლოგიური და ტექნიკური ფაქტორები. ჰიდროკვანძის ნაგებობებიდან ქვედა ბიეფში მიწოდებულ მდინარის ჩამონადენზე ყველაზე მეტ გავლენას ახდენს კაშხალი და წყალმიმღები. პირველ შემთხვევაში, კაშხლით შექმნილ წყალსაცავებში იცვლება წყლის ჰიდროლოგიური, ტემპერატურული და ბიოქიმიური რეჟიმები, წყალსაცავის ზედაპირიდან ადგილი აქვს აორთქლებას, კაშხლის ქვედა ბიეფში ნატანისგან თავისუფალი ე. წ. „მშიერი“ ნაკადის გადინება იწვევს მდინარის კალაპოტის წარეცხვას ქვედა ბიეფში, კაშხალი ხელს უშლის თევზის მიგრაციას.

მეორე შემთხვევაში, სახეზეა მდინარის გარკვეული მონაკვეთის ნაწილობრივი გაუწყლოება, რაც შედეგია მდინარის ჩამონადენის გარკვეული ნაწილის წარმართვისა ჰესისაკენ მდინარის ბუნებრივი კალაპოტის გვერდის ავლით. მდინარის გარკვეული სიგრძის მონაკვეთის გაუწყლოებამ შესაძლოა ლოკალური გავლენა მოახდინოს როგორც ადგილობრივ ეკოსისტემაზე, ასევე წყალსამეურნეო სუბიექტების წყალ-მოთხოვნილების დაკმაყოფილების პირობებზე.

ჰიდროენერგეტიკისათვის მნიშვნელოვანია გარემოზე ზემოქმედების განხილვა ორ ასპექტში: პირველი — მდინარის ბუნებრივი ჩამონადენის რა ნაწილი დარჩება ენერგეტიკული გამოყენებისათვის გარემოს დაცვითი მოთხოვნების დაკმაყოფილების შემდეგ და, მეორე — რა ღონისძიებების გატარება იქნება აუცილებელი გარემოსდაცვითი მოთხოვნების

დაკმაყოფილებისთვის და როგორ აისახება იგი გამომუშავებული ელექტროენერჯის თვითღირებულებაზე.

წყალსაცავიანი ჰესების მიმართ საზოგადოების ნაწილის უარყოფითი დამოკიდებულების გამო, უკანასკნელ ხანს, პრიორიტეტი დერივაციული ტიპის ჰიდროკვანძებს აქვს, რომლებიც წყალდენის რეჟიმში მუშაობს. ამ ტიპის ჰიდროკვანძებს ახასიათებს ქვედა ბიეფის კალაპოტის გარკვეული ხარისხით გაუწყლოვება. ამიტომ საკითხი განხილული უნდა იყოს კომპლექსურად ისე, რომ, ერთი მხრივ, მაქსიმალურად იქნეს გამოყენებული მთლიანი ენერგეტიკული რესურსი და, მეორე მხრივ, დაცული იყოს ძირითადი ბუნებრივი პირობები.

ჩატარდა გაანგარიშებები მინიმალური საშუალო თვიური წყლის ხარჯების 95%-იანი უზრუნველყოფის წყლის ხარჯებზე, რომელიც განხილული იყო ეკოლოგიური (გარემოსდაცვითი) ხარჯის სახით. ეს მინიმალური ხარჯი ბუნებრივად მიედინება მდინარეში, იმისდა მიუხედავად, აგებულია მასზე წყალშემზღვევით ნაგებობა თუ არა, და ამ პირობებში ფორმირდება ეკოსისტემა. აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ ეს ხარჯი არ არის მუდმივი სიდიდე. იგი შეიძლება ცალკეული დღეების განმავლობაში სამჯერ-ოთხჯერ განსხვავდებოდეს (ნაკლები იყოს) ეკოლოგიური წყლის ხარჯისაგან, რაც დაუშვებელია გარემოსდაცვითი მოთხოვნებიდან გამომდინარე, მაგრამ ბუნებას მეტის გაცემა არ შეუძლია. აღნიშნულის გათვალისწინებით წყალაღების შეწყვეტამ წყალმცირობის პერიოდში შეიძლება მიგვიყვანოს სამეურნეო-საწარმოო საქმიანობის სრულ პარალიზებამდე. აქედან გამომდინარე, შემოთავაზებულია ეკოლოგიური წყლის ხარჯების იმ საბაზო მნიშვნელობების დადგენა, რომლებიც შემდგომში გაკორექტირდება ბუნებისდამცავი მოთხოვნების გათვალისწინებით.

მაგალითის სახით, ნაშრომში წყლის ჩამონადენის შესწავლის ხარისხის მიხედვით მდინარეები დაყოფილია სამ ჯგუფად:

1. მდინარეები, რომელთა ჰიდროლოგიურ რეჟიმზე არსებობს 15-20 წლიანი და მეტი დაკვირვება: მდ. რიონი (ჰიდრომეტრიული საგუმბაგო (ჰ/ს) ალპანა, 64 წ.), მდ. კინტრიში (ჰ/ს ჭახათი, 46 წ.), მდ. ენგური (ჰ/ს ხაიში, 45 წ.), მდ. ჯეჯორა (ჰ/ს პიპილეთი, 45 წ.), მდ. ხანისწყალი (ჰ/ს ბაღდათი, 50 წ.);

2. მდინარეები რომელთა რეჟიმების შესახებ არსებობს მხოლოდ რამოდენიმე წლიანი დაკვირვება: მდ. ნატანები (∇ 780,0 მ, 7 წ.) — ანალოგი მდ. ბახვისწყალი (ჰ/ს ბახმარო, 47 წ.), მდ. ჭოჭიანი (∇ 1465,0 მ, 3 წ.) — ანალოგი მდ. ჭოჭიანი (ჰ/ს თრიალეთი, 34 წ.), მდ. გუბაზეული (∇ 960,0 მ, 2 წ.) — ანალოგი მდ. გუბაზეული (ჰ/ს ხიდისთავი, 44 წ.);

3. მდინარეები, რომელთა ჰიდროლოგიური რეჟიმების შესახებ მონაცემები არ არსებობს: ჰიდროლოგიურად შეუსწავლელი მდ. ბარამიძის წყალი (∇ 728,0 მ) — ანალოგი მდ. სუფსა (ჰ/ს ჩოხატაური, 50 წ.), მდ. ცხენისწყალი (∇ 1340,0 მ) — ანალოგი მდ. ცხენისწყალი (ჰ/ს ლუჯი, 47 წ.), მდ. სტორი (∇ 1250,0 მ) — ანალოგი მდ. სტორი (ჰ/ს ლეჩური, 51 წ.).

განსაზღვრულია მინიმალური გარემოსდაცვითი ხარჯის α კოეფიციენტი, რომელიც წარმოადგენს მდინარის 95%-იანი უზრუნველყოფის მინიმალური საშუალო თვიური წყლის ხარჯის ფარდობას მდინარის საშუალო მრავალწლიური ჰიდროგრაფის მინიმალურ საშუალო თვიურ ხარჯთან. ეს უკანასკნელი დამოკიდებულია მდინარის ჩამონადენის საშუალო წლიურ განაწილებაზე და მდინარე ანალოგის საშუალებით შესაძლებელია საკვლევი მდინარის ცნობილი სიდიდის გარემოსდაცვითი წყლის ხარჯის დადგენა.

საბაზო გარემოსდაცვითი და საშუალო მრავალწლიური წყლის ხარჯები (Q_0) წარმოდგენილია ცხრილში 1. აქვე ცხრილში მოყვანილია გარემოსდაცვითი წყლის ხარჯის მნიშვნელობა %-ში საშუალო მრავალწლიურ წყლის ხარჯთან შედარებით K კოეფიციენტის სახით.

ცხრილი 1 - დან ჩანს, რომ K კოეფიციენტის სიდიდე იცვლება 3,5 %-დან 16,8 %-მდე ფარგლებში, რაც იმის მაჩვენებელია, რომ ამჟამად საპროექტო პრაქტიკაში მიღებული გარემოსდაცვითი წყლის ხარჯის სიდიდე არ

შეესაბამება რეალობას. იგი ყოველი კონკრეტული მდინარისთვის უნდა იყოს აღებული ინდივიდუალურად.

ცხრილი 1. საბაზო გარემოსდაცვითი და საშუალო მრავალწლიური წყლის ხარჯები (Q_0)

მდინარე	Q_0 , მ ³ /წმ	$Q_{საშ.}^{მინ.}$, მ ³ /წმ	$Q_{საბ.} = Q_{95\%}$, მ ³ /წმ	$\alpha = \frac{Q_{95\%}}{Q_{საშ.}^{მინ.}}$	$K = \frac{Q_{95\%}}{Q_0}$, %
რიონი	102,0	35,1	15,1	0,43	14,8
კინტრიში	9,36	7,23	1,54	0,21	16,5
ენგური	114,0	25,6	11,7	0,46	10,3
ჯეჯორა	12,7	2,28	1,46	0,64	11,5
ხანისწყალი	15,8	8,9	2,29	0,26	14,5
ნატანები	3,88	1,30	0,41	0,32	10,6
ჭოჭიანი	0,57	0,11	0,02	0,18	3,5
გუბაზეული	4,14	2,28	0,38	0,17	9,2
ბარამიძის წყალი	3,01	1,63	0,31	0,19	10,3
ცხენისწყალი	13,7	3,99	2,12	0,53	15,5
სტორი	2,31	0,88	0,39	0,44	16,8

აღსანიშნავია, რომ ცხრილში წარმოდგენილი მდინარეებისათვის არ არის გათვალისწინებული მათი საზრდოობის ტიპი, ამასთან მდინარეთა წყლიანობის რეჟიმების ინდივიდუალობა ასოცირდება მათ საზრდოობის რეჟიმთან, რაც ქვემოთ იქნება განხილული.

ზემოთ აღნიშნული იყო, რომ საქართველოში, ამ ეტაპზე, საკანონმდებლო წესით არ არის დადგენილი გარემოსდაცვითი წყალგაშვების სიდიდე, ამასთან ქვეყანაში მოქმედი ნორმატიულ-ტექნიკური დოკუმენტებით რეგლამენტირებულია გარემოსდაცვითი პირობების უზრუნველყოფისათვის აუცილებელი ეკოლოგიური და ტექნიკური მოთხოვნები.

შეიძლება გამოვყოთ გარემოსდაცვითი წყალგაშვების მნიშვნელობაზე მოქმედი შემდეგი ფაქტორები:

გარემოსდაცვითი ხარჯის განმსაზღვრელი ეკოლოგიური ფაქტორები გაუწყლოვების მიხედვით: გაუწყლოვებული უბნის სიგრძე, გავლენა ცხოველთა სამყაროზე, გავლენა მცენარეულ საფარზე, გავლენა

იხტიოფაუნაზე და წყალმცენარეებზე, გავლენა წყალსადინარის სანიტარულ-ეკოლოგიურ მდგომარეობაზე.

გარემოსდაცვითი წყლის ხარჯის განმსაზღვრელი ტექნიკური ფაქტორებია: სასმელ/სარწყავ წყალზე მოთხოვნა გაუწყლოვანების არეში, გაუწყლოვანების გავლენა წყალსამეურნეო კომპლექსის სხვა მონაწილეთა მოთხოვნილებაზე.

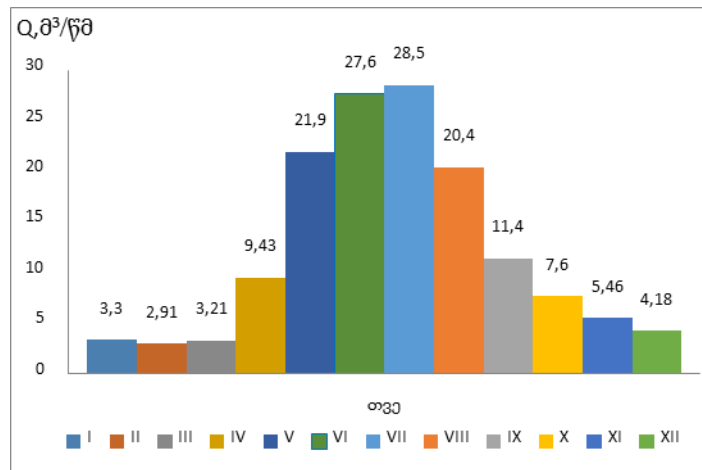
მდინარეებს თვითგაწმენდის ნორმალური პროცესისათვის უნდა გააჩნდეს საკმარისი ჩამონადენი, რომელიც განისაზღვრება გამაჭუჭყიანებელი ნივთიერებების გაზავებით საჭირო კონცენტრაციამდე, რითაც უზრუნველყოფილი იქნება ფლორისა და ფაუნის ბუნებრივი საარსებო გარემო. ყველა ეკოლოგიური და ტექნიკური ფაქტორების მხედველობაში მიღებით უნდა მოხდეს წარმოდგენილი საბაზო გარემოსდაცვითი წყლის ხარჯების $Q_{ს.ა.}$ სიდიდეების კორექტირება კონკრეტული მდინარის ცალკეულ მონაკვეთზე, რომელიც დააკმაყოფილებს როგორც ეკონომიური ეფექტურობის ასევე ბუნების დაცვის პრინციპებს.

ამავე თავში მოყვანილია საქართველოში მოქმედი მოსახლეობის წყლის მოხმარების, სასოფლო-სამეურნეო კულტურების, ცხოველებისა და ფრინველების, სამრეწველო საწარმოებისათვის წყალმიწოდებისა და წყლის დაბინძურებისაგან დაცვის ნორმები, აგრეთვე თევზების მიერ გადალახვას დაქვემდებარებული ნაკადის მოძრაობის საშუალო სიჩქარეების სიდიდეების დიაპაზონი.

ნაშრომის IV თავში შემოთავაზებულია საქართველოს მდინარეების ჰიდროგრაფების ტიპები საზრდოობის მიხედვით და მათი ანალიზი. მდინარეთა ჩამონადენის ფორმირებას განაპირობებს ზედაპირული და მიწისქვეშა წყლები, რომლებიც განსაზღვრავს მდინარეთა საზრდოობის სახეობებს. საქართველოს მდინარეებისათვის საზრდოობის 5 განსხვავებული ტიპი გამოიყოფა დასავლეთ საქართველოს შავი ზღვის აუზის მდინარეებს შორის, ხოლო დანარჩენი ტერიტორიისათვის

დამახასიათებელია საზრდოობის კიდევ სამი განსხვავებული რეჟიმი. მდინარეთა საზრდოობის დომინანტი ტიპი, წყალშემკრები აუზის საშუალო სიმაღლე ($H_{საშ}$) ის ფაქტორებია, რომლებიც განაპირობებს მდინარეთა წყლიანობის რეჟიმის თავისებურებებს. ნაშრომში მოყვანილია საქართველოს მდინარეების კლასიფიკაცია წყლიანობის რეჟიმების მიხედვით:

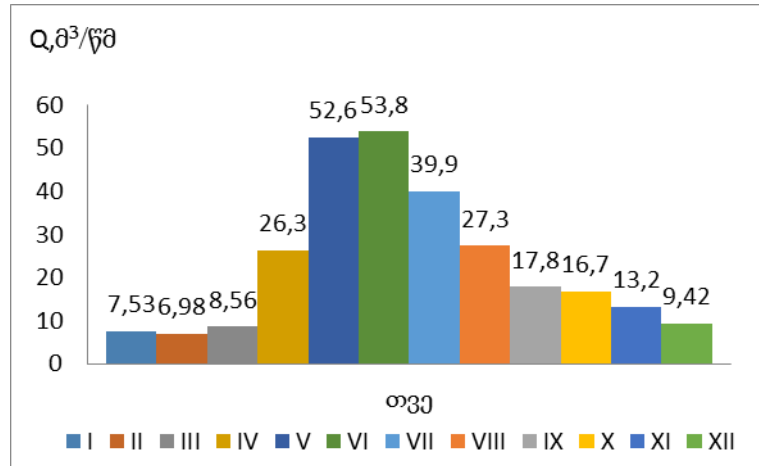
1. მდინარეები ზაფხულის წყალდიდობით, რომელთა წყლის მარაგს, ძირითადად, მყინვარული წყლები უზრუნველყოფს, ხოლო ნალექები წვიმების და თოვლის სახით მეორეხარისხოვან როლს ასრულებს. ამ ტიპის მდინარეებს მიეკუთვნება გვანდრა, მულხურა, ნაკრა, მესტიაჭალა და ენგური ჰ/ს ივარის კვეთში და სხვა. ნახაზზე 1 ამ ტიპის მდინარეების დამახასიათებელი ჰიდროგრაფების სახით მოყვანილია მდ. ნაკრას 44 წლიანი დაკვირვებების შესაბამისი საშუალო თვიური წყლის ხარჯების ჰიდროგრაფი ჰ/ს ნაკის კვეთში ($H_{საშ} = 2790$ მ) .



ნახ. 1. მდ. ნაკრას ჰიდროგრაფი (ჰ/ს ნაკი)

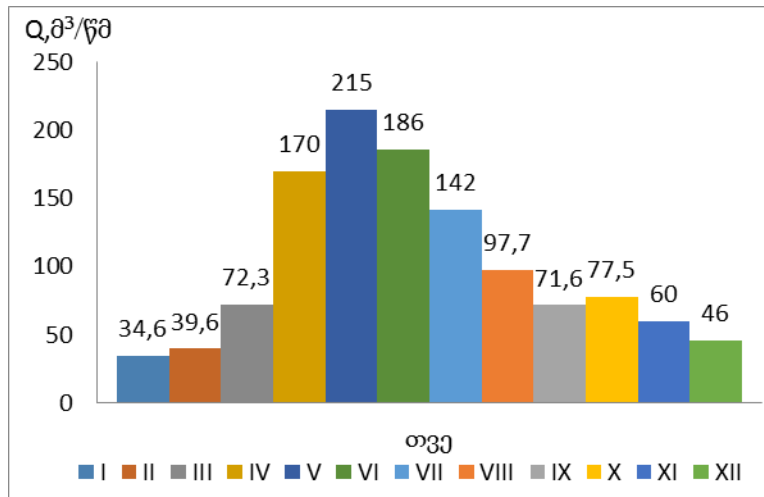
2. მდინარეები გაზაფხული-ზაფხულის წყალდიდობებით. ამ ტიპის მდინარეები საზრდოობს მყინვარების, თოვლის დნობის და წვიმის წყლებით. ამ ტიპის მდინარეებს მიეკუთვნება მდ. კოდორი, ცხენისწყალი, ბზიფი (მდ. რეშავას შესართავამდე), ნენსკრა (ჰ/ს ლახამი), დიდი ლიახვი (ჰ/ს ჯავა), სტორი (ჰ/ს ლეჩური) და სხვა. ნახაზზე 2 ამ ტიპის მდინარეების

დამახასიათებელი ჰიდროგრაფების სახით მოყვანილია მდ. ცხენისწყლის 35 წლიანი დაკვირვებების შესაბამისი საშუალო თვიური წყლის ხარჯების ჰიდროგრაფი ჰ/ს ლუჯის კვეთში ($H_{საშ} = 2240$ მ).



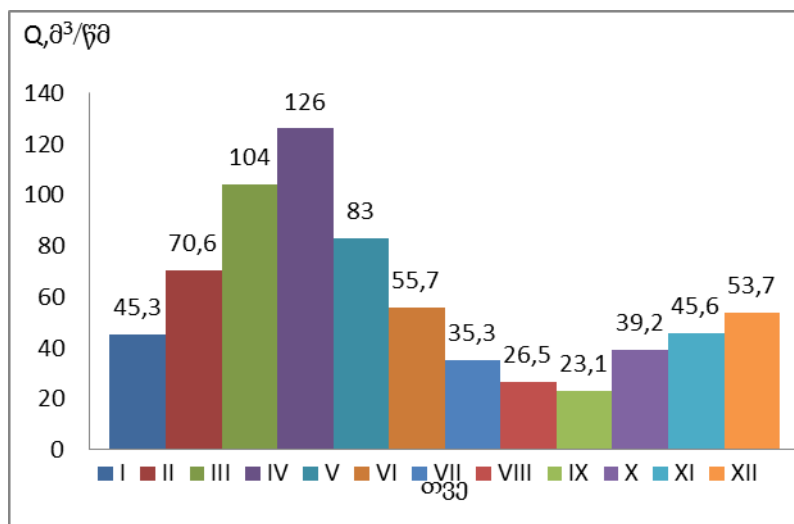
ნახ. 2. მდ. ცხენისწყლის ჰიდროგრაფი (ჰ/ს ლუჯი)

3. მდინარეები გაზაფხული-ზაფხულის წყალდიდობებით და თავსხმა წვიმებით გამოწვეული წყალმოვარდნებით წლის განმავლობაში. მდინარეების ეს ტიპი ხასიათდება შერეული: მყინვარებით, თოვლით და წვიმებით საზრდოობით, ამასთან მყინვარებით კვების კომპონენტი უმნიშვნელოა. ასეთი წყლის რეჟიმი ახასიათებს მდინარეებს: ბზიფს, კოდორს, ენგურს და რიონს, ცხენისწყალს დინების შუაწელში და ამ მდინარეების შენაკადებს. ნახაზზე 3 ამ ტიპის მდინარეების დამახასიათებელი ჰიდროგრაფების სახით მოყვანილია მდ. რიონის 58 წლიანი დაკვირვებების შესაბამისი საშუალო თვიური წყლის ხარჯების ჰიდროგრაფი ჰ/ს ალპანას კვეთში ($H_{საშ} = 1810$ მ).



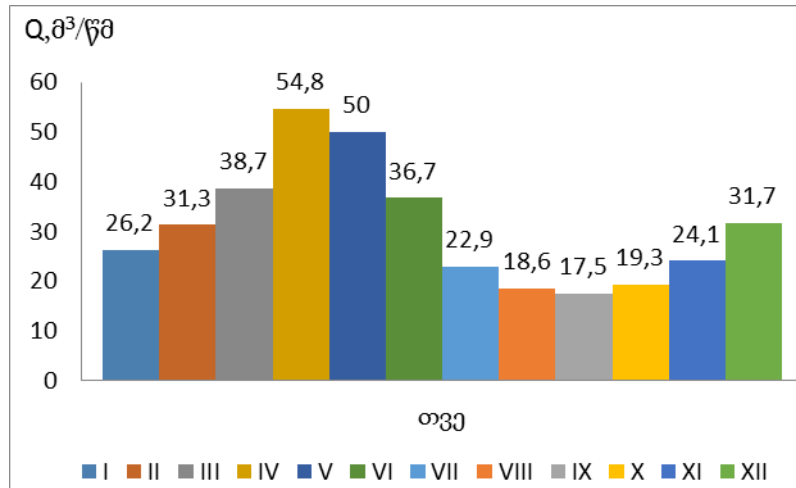
ნახ. 3. მდ. რიონის ჰიდროგრაფი (ჰ/ს ალპანას კვეთი)

4. მდინარეები გაზაფხულის წყალდიდობებით და ზაფხულ-შემოდგომის წყალმოვარდნებით. ასეთი მდინარეებს წყალშემკრები აუზის საშუალო სიდიდე 1500-900 მ ფარგლებშია. ისინი, ძირითადად, თოვლის ნაღობი და წვიმის წყლებით საზრდოობენ, რაც მდინარეთა ჩამონადენის 75 %-ის მაფორმირებელია, თუმცა აქ არსებითი როლი წვიმებს ეკუთვნის, რომელიც წყლის მარაგის 50%-მდე შევსების წყაროა. ასეთი რეჟიმი ახასიათებს მდ. ყვირილას, ძირულას, ჩიხურას, ჩხერიმელას, ხანისწყალს, წაბლარისწყალს. ამავე ტიპს მიეკუთვნება მდ. აჭარისწყალი, რომლისთვისაც დამახასიათებელია შემოდგომის წყალმოვარდნები. ნახაზზე 4 ამ ტიპის მდინარეების შესაბამისი ჰიდროგრაფების სახით მოყვანილია მდ. ყვირილას 51 წლიანი დაკვირვებების შესაბამისი საშუალო თვიური წყლის ხარჯების ჰიდროგრაფი ჰ/ს ზესტაფონის კვეთში ($H_{საშ} = 960$ მ).



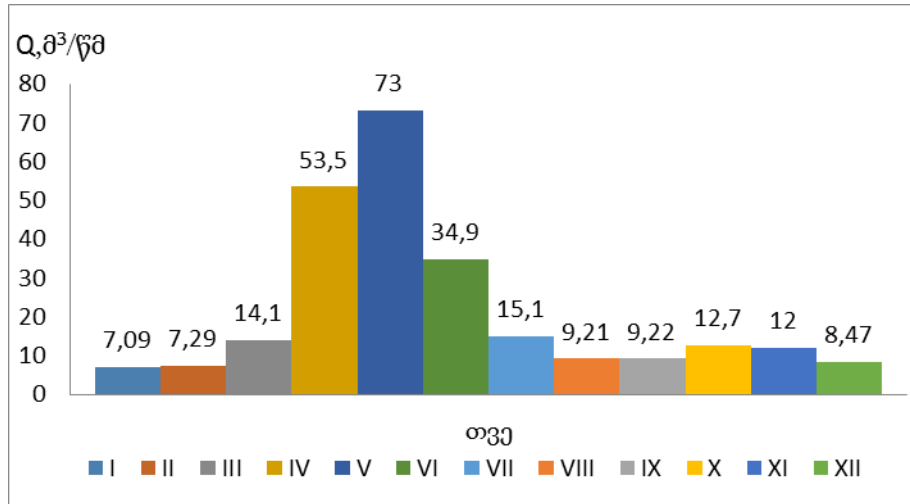
ნახ. 4. მდ. ყვირილას ჰიდროგრაფი (ჰ/ს ზესტაფონის კვეთი)

5. მდინარეები წყალმოვარდნების რეჟიმით. ამ ტიპის მდინარეების ჰიდროგრაფში არ შეიმჩნევა ცალკე გამოყოფილი წყალდიდობის რეჟიმი. მათი წყლის რესურსის უმეტესი ნაწილი წვიმის და თოვლის ნადნობი წყლებით საზრდოობაზე მოდის, ამასთან ზოგიერთი მდინარის ჩამონადენის ფორმირებაში გრუნტის წყლები საერთოდ არ მონაწილეობს, ძირითად როლს კი წვიმის წყალი ასრულებს. მათ მიეკუთვნება შავ ზღვაში ჩამდინარე მცირე მდინარეები: ნატანები, სუფსა, ჩაქვისწყალი, ერისწყალი, კელასური, გუმისთა, დალიძგა, აგრეთვე მდ. რიონის და ენგურის ქვემოწელის შენაკადები. ნახაზზე 5 ამ ტიპის მდინარეების დამახასიათებელი ჰიდროგრაფების სახით მოყვანილია მდ. გუმისთას 34 წლიანი დაკვირვებების შესაბამისი საშუალო თვიური წყლის ხარჯების ჰიდროგრაფი ჰ/ს აჩადარას კვეთში ($H_{ს.ა.ა} = 1070$ მ).



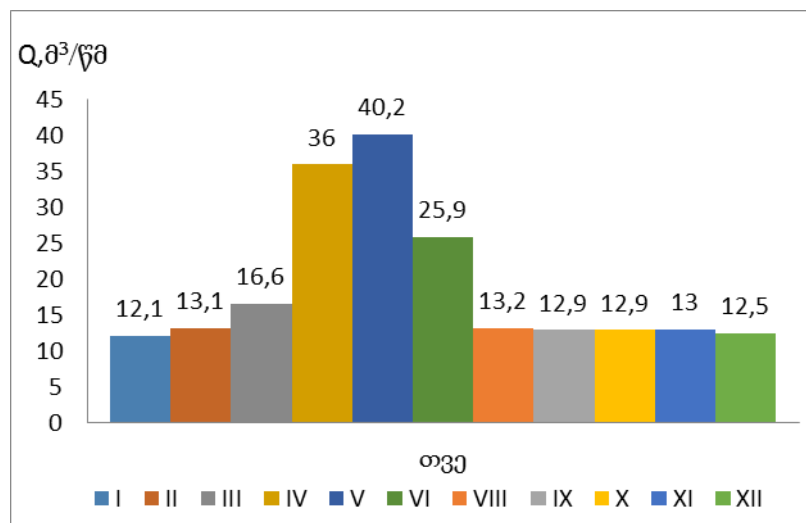
ნახ. 5. მდ. გუმისთას ჰიდროგრაფი (ჰ/ს აჩადარას კვეთი)

6. მდინარეები გაზაფხულის წყალდიდობით და შემოდგომის წვიმებით გამოწვეული წყალმოვარდნებით. თოვლის ნაღობი და წვიმის წყლები ამ მდინარეების საზრდოობაში გადამწყვეტია. ასეთი ჰიდროგრაფი ახასიათებს მდინარეებს: ფოცხოვი, ქობლიანი, ალგეთი, ახასთუმანი, ქცია-ხრამი, დებედა, მდ. მტკვრის ზემოწელის მდინარეებს. თოვლის კომპონენტი ყველაზე წონადია ამ ტიპის მდინარეების წყლის რესურსის შევსებისათვის, მასთან რაოდენობრივად დაახლოებულია პრაქტიკულად ერთმანეთის ტოლი წვიმისა და გრუნტის წყლების კომპონენტები. ნახაზზე 6 ამ ტიპის მდინარეების დამახასიათებელი ჰიდროგრაფების სახით მოყვანილია მდ. ფოცხოვის 54 წლიანი დაკვირვებების შესაბამისი საშუალო თვიური წყლის ხარჯების ჰიდროგრაფი ჰ/ს სხვილისის კვეთში ($H_{საშ} = 1870$ მ).



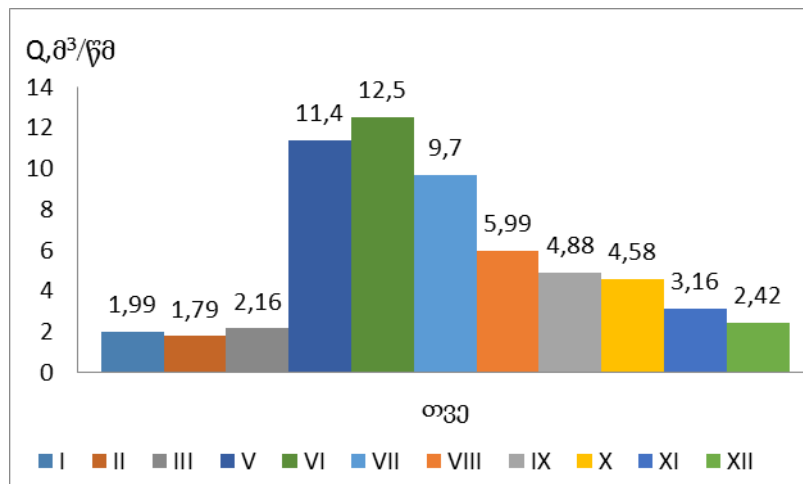
ნახ. 6. მდ. ფოცხოვის ჰიდროგრაფი (ჰ/ს სხვილისის კვეთი)

7. მდინარეები გაზაფხულის წყალდიდობებით და ტბებიდან, გრუნტის წყლებით და წყაროებიდან საზრდოობით. ამ მდინარეებზე წყალუხვობის პერიოდი გრძელდება აპრილიდან ივნისამდე. ასეთი ტიპის მდინარეებია კორხისწყალი, ფარავანი, ქსანი. ამ მდინარეების მთავარი მასაზრდოებელია გრუნტის წყლები, თოვლის ნადნობი და წვიმის წყლებით კვება მეორეხარისხოვანია. ნახაზზე 7 ამ ტიპის მდინარეების დამახასიათებელი ჰიდროგრაფების სახით მოყვანილია მდ. ფარავანის 45 წლიანი დაკვირვებების შესაბამისი საშუალო თვიური წყლის ხარჯების ჰიდროგრაფი ჰ/ს ხერთვისის კვეთში ($H_{საშ} = 2120$ მ).



სურ. 7. მდ. ფარავანის ჰიდროგრაფი (ჰ/ს ხერთვისის კვეთი)

8. მდინარეები გაზაფხული-ზაფხულის წყალდიდობებით. ამ ტიპის მდინარეებს დასავლეთ საქართველოს მდინარეების მსგავსად (მდ. ენგურის ზემოწელი, მდ. ცხენისწყალი) მიეკუთვნება მდ. არაგვი, მდ. იორი და მდ. ალაზნის ზემოწელში მდებარე მდინარეები. მათ ახასიათებთ წყალუხვობის ფაზა წლის თბილ პერიოდში. ნახაზზე 8 ამ ტიპის მდინარეების დამახასიათებელი ჰიდროგრაფების სახით მოყვანილია მდ. სამყურისწყალის 31 წლიანი დაკვირვებების შესაბამისი საშუალო თვიური წყლის ხარჯების ჰიდროგრაფი ჰ/ს ყადორის კვეთში ($H_{საშ} = 2590$ მ).



ნახ. 8. მდ. სამყურისწყალის ჰიდროგრაფი (ჰ/ს ყადორის კვეთი)

მდინარეთა გაუწყლოების უბანზე ძირითადი გარემოსდაცვითი მოთხოვნების დაკმაყოფილება, უნდა განხორციელდეს იმის მიხედვით თუ წყალდენის რა რეჟიმი ახასიათებს თითოეულ მდინარეს.

ზემოთ განხილულ მდინარეთა საზრდოობის სხვადასხვა ტიპებისთვის დამახასიათებელი მდინარეთა ჰიდროგრაფები ასახავს მდინარეთა სხვადასხვა წყლიანობის რეჟიმებს, რომელთა ანალიზიდან ჩანს, რომ პირველი, მე-2, მე-3, მე-6 და მე-8 ტიპის მდინარეებისათვის წყალუხვი პერიოდის ჩამონადენი შეადგენს წლიური ჩამონადენის არანაკლებ 60%-ს და კონცენტრირებულია გაზაფხულ-ზაფხულში და, ამასთან, წყალუხვობის პერიოდის წყლის ხარჯები მნიშვნელოვნად აჭარბებს წლის დანარჩენი პერიოდის წყლის ხარჯებს. ამ ტიპის მდინარეებისთვის წყალმცირობის

პერიოდში გარემოსდაცვითი წყლის ხარჯი შესაძლებელია მიღებული იქნეს დაკვირვებული მინიმალური წყლის ხარჯის საშუალო მნიშვნელობაზე (არსებული დაკვირვებების რიგის შესაბამისად), ხოლო წყალუხვობის პერიოდში — ამავე პერიოდის თითოეული თვის საშუალო თვიური წყლის ხარჯის 10%-ზე არანაკლები.

მე-4 და მე-7 ტიპის მდინარეებისთვის რომელთა წყალუხვი პერიოდის ჩამონადენი სრული წლიური ჩამონადენის 50%-ის ფარგლებშია, წყალმცრობის პერიოდში გარემოსდაცვითი წყლის ხარჯი შესაძლებელია მიღებული იქნეს ამ პერიოდის თითოეული თვის მინიმალურ წყლის ხარჯზე (არსებული დაკვირვებების რიგის შესაბამისად), ხოლო წყალუხვობის პერიოდში — ამავე პერიოდის თითოეული თვის საშუალო თვიური წყლის ხარჯის 10%-ზე არანაკლები.

მე-5 ტიპის მდინარეებისთვის, რომლებსაც არ გააჩნიათ გამოკვეთილი წყალდიდობის რეჟიმი, გარემოსდაცვითი წყლის ხარჯი შეიძლება მიღებულ იქნეს თითოეული თვის საშუალო თვიური წყლის ხარჯის 10%, მაგრამ არანაკლები დაკვირვებული მინიმალური წყლის ხარჯის მნიშვნელობაზე.

შემოთავაზებული მიდგომა ეფუძნება შემდეგს: წყალუხვობის პერიოდში წყალაღების კვეთის ქვედა უბანზე შესაბამისი საშუალო თვიური წყლის ხარჯის 10%-ის დატოვება არსებით გავლენას ვერ მოახდენს ჰესის გამომუშავებაზე იმის გათვალისწინებით, რომ წყალმეტობა ემთხვევა წლის თბილ პერიოდს და მოთხოვნა ელექტროენერგიაზე შემცირებულია, ამასთან ქვედა ბიეფში გაშვებული აღნიშნული წყლის ხარჯი მეტი იქნება, ვიდრე ამჟამად საპროექტო პრაქტიკაში მიღებული საშუალო მრავალწლიური წყლის ხარჯის 10%, რაც დადებით გავლენას იქონიებს მდინარის წყალში დაბინძურების კონცენტრაციის შემცირებაზე. ეს მნიშვნელოვანია სანიტარული მოთხოვნების დაცვის თვალსაზრისით. რაც შეეხება მოთხოვნას, რომ წყალმცრობის პერიოდში გარემოსდაცვითი წყლის ხარჯი განისაზღვროს საშუალო მინიმალური ან მინიმალური

დაკვირვებული წყლის ხარჯის ოდენობით, იგი გამომდინარეობს იქიდან, რომ იძლევა ჩამონადენზე მომუშავე ჰესის ფუნქციონირების საშუალებას — მდინარის საშუალო თვიური წყლის ხარჯი ყოველთვის მეტია დაკვირვებულ მინიმალურ წყლის ხარჯზე, რომელზე მეტის მოცემა მდინარეს არ შეუძლია და ამ პირობებში მდინარის ეკოსისტემა შენარჩუნებულია. შემოთავაზებული მიდგომა გარკვეულად კომპრომისულია, ითვალისწინებს რა წყალსამეურნეო კომპლექსის მონაწილეთა ინტერესებს და ძირითად გარემოსდაცვით პირობებს.

ნაშრომის V თავში ჩამოყალიბებულია გარემოსდაცვითი წყლის ხარჯის რაოდენობრივ შეფასებასთან დაკავშირებული მოსაზრებები ექსპლუატაციაში მყოფი და პერსპექტიული ჰესებისთვის ცალ-ცალკე.

ექსპლუატაციაში მყოფი ჰესებისათვის, როცა ანგარიშით მიღებული გარემოსდაცვითი წყლის ხარჯი ცალკეული თვისათვის მეტია ამჟამად საპროექტო და საექსპლუატაციო საქმიანობაში საანგარიშოდ მიღებულზე (საშუალო მრავალწლიური წყლის ხარჯის 10%), მაშინ გარემოსდაცვითი წყლის ხარჯი უნდა დარჩეს საშუალო მრავალწლიური წყლის ხარჯის 10%. ეს დაშვება ეყრდნობა იმას, რომ დაუშვებელია ექსპლუატაციაში მყოფი ჰესის ელექტროენერჯის გამომუშავების შემცირება. რაც შეეხება გარემოსდაცვითი წყლის ხარჯის დადგენას იმ თვეებისათვის (იმ პერიოდისათვის), როცა მისი ანგარიშით მიღებული სიდიდე ნაკლებია საშუალო მრავალწლიური წყლის ხარჯის 10%-ზე, იგი არ უნდა იყოს აღებული ნაკლები საშუალო დღიურ მინიმალურ წყლის ხარჯზე, რომლის მოცემაც ფაქტობრივად შეუძლია მდინარეს ყველაზე წყალმცირე წელს. დეფიციტის ყოველ შემთხვევაში მსგავს სიტუაციაში უნდა არსებობდეს ელექტროენერჯის შევსების ალტერნატიული ეკონომიკურად და ეკოლოგიურად დასაბუთებული ვარიანტი.

რაც შეეხება დასაპროექტებელი სადგურების გარემოსდაცვითი წყლის ხარჯის განსაზღვრას იგი უნდა განხორციელდეს ყველა ზემოთ მოყვანილი ფაქტორის გათვალისწინებით და საპროექტო ჰესის ტექნიკურ-

ეკონომიკური მახასიათებლების ეფექტურობის მიზანშეწონილობის შეფასებით.

ექსპლუატაციაში მყოფი ჰესებისათვის გარემოსდაცვითი წყლის ხარჯის განსაზღვრა განხილულია ზაჰესის მაგალითზე. ზაჰესისასთვის ამჟამად მიღებულია გარემოსდაცვითი წყლის ხარჯის სიდიდე საშუალო მრავალწლიური წყლის ხარჯის 10%-ის ე. ი. 19,0 მ³/წმ-ის ოდენობით. ზემო ავჭალის ჰიდროელექტროსადგურის შენობამდე, სადაც მასზე გადამუშავებული წყალი უბრუნდება მდ. მტკვრის კალაპოტს, წყალმიმღების კვეთიდან მანძილი არის 3,7 კმ. მდ. მტკვრის ხსენებული უბნიდან არ ხდება წყალაღება სამრეწველო საწარმოების მომარაგების, სასოფლო-სამეურნეო კულტურების მორწყვის, შინაური ცხოველების (მეცხოველეობის კომპლექსების) დარწყულების მიზნით, დასახლებული პუნქტების წყალმომარეგებისთვის. ამ უბანზე გასატარებელი გარემოსდაცვითი წყლის ხარჯი უნდა განისაზღვროს არსებული თევზების გადასადგილებლად აუცილებელი და მასში მავნე ნივთიერებათა კონცენტრაციის დაბინძურების დასაშვები ნორმების ფარგლებში დარჩენის პირობიდან გამომდინარე. გამოვლინდა მდ. მტკვრის მითითებულ უბანზე მობინადრე თევზების სახეობები რომელთა მიერ გადალახვას დაქვემდებარებული ნაკადის მოძრაობის საშუალო სიჩქარეების ზღვრული სიჩქარის ინტერვალია 0,6-1,2 მ/წმ. მდინარის საკვლევ უბანზე გაანგარიშებული ნაკადის ფაქტობრივი სიჩქარე გარემოსდაცვითი წყლის ხარჯის გატარების პირობებში (ნაშრომში ანგარიში სრულად არის წარმოდგენილი) არის 0,63 მ/წმ, რაც საშუალებას მისცემს თევზებს გადაადგილდეს მდინარის დინების საწინააღმდეგოდ. ამას გარდა, გათვალისწინებულია წყალაღების კვეთსა და ჰესის შენობას შორის მდინარის წყლის ჩამდინარე წყლებით დაბინძურების მაჩვენებლის ზღვრულად დასაშვებ ნორმაზე დაბალი მაჩვენებლის შენარჩუნება, შესაბამისი სიდიდის წყალგამვების პირობებში. დამაბინძურებელ ნივთიერებათა კონცენტრაციის დადგენის მიზნით მდ. მტკვრის საკვლევ

უბანზე წყლის სინჯების აღება განხორციელდა: ზაჰესის კაშხლის ზედა ბიეფში (წყალსაცავში), კაშხლის მიმდებარედ (კვეთი I-I), ზაჰესის კაშხლიდან მდინარის დინების მიმართულებით 2200 მ მანძილზე (კვეთი II-II), რომლის გასწვრივ (მარჯვენა ნაპირზე) არის განლაგებული საზოგადოებრივი კვების ობიექტების უმრავლესობა, ზაჰესის კაშხლიდან მდინარის დინების მიმართულებით 3400 მ მანძილზე (კვეთი III-III) საზოგადოებრივი კვების ობიექტების და რკინა ბეტონის ნაკეთობათა საამქროს განლაგების ზონაში, ზაჰესის შენობის ქვედა ბიეფში მდ. მტკვრის კალაპოტში (კვეთი IV-IV) (ნახ. 9).



ნახ. 9. მდ. მტკვრის საკვლევ მონაკვეთზე წყლის სინჯების აღების კვეთები

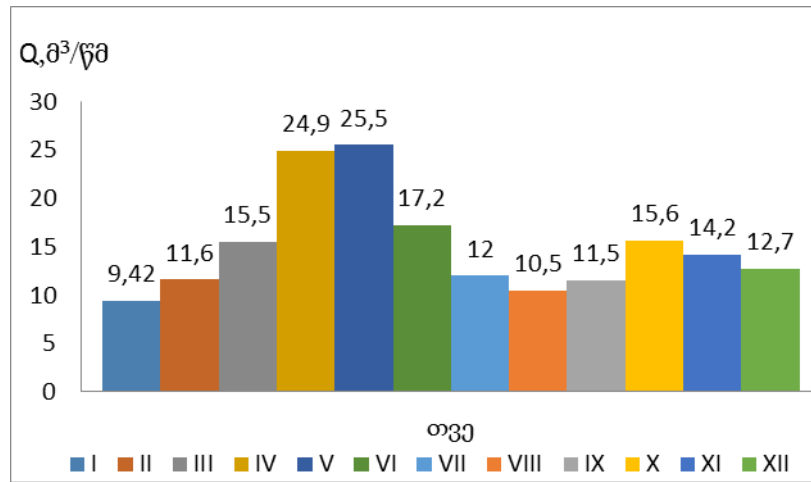
ჩვენი მონაწილეობით, „დჯ კონსალტინგის“ სპეციალისტების მიერ ადგილზე გაიზომა წყალბადის ინდექსი pH, წყლის მინერალიზაცია, გახსნილი ჟანგბადი, ტემპერატურა, ხოლო ლაბორატორიული კვლევისთვის აღებულ იქნა წყლის ნიმუშები. ლაბორატორიული ქიმიური კვლევა მოიცავდა ჟანგბადის ქიმიური და ბიოლოგიური მოხმარების, ბუნებრივ წყლებში აზოტნაერთების (ნიტრიტი-NO₂, ნიტრატი-NO₃ და

ამონიუმი-NH₃), შეტივენარებული ნაწილაკების განსაზღვრას. ქიმიური კვლევის შედეგად დადგინდა, რომ მდ. მტკვრის ზაჰესის კაშხალსა და ჰესის შენობას შორის უბანზე ამჟამად არსებული ნორმების მიხედვით დადგენილი გარემოსდაცვითი წყლის ხარჯის გატარებისას წყლის ქიმიური მაჩვენებლები მოქმედი ნორმის ფარგლებშია.

გარემოსდაცვითი წყლის ხარჯის არსებული სიდიდე შედარებული იქნა მდ. მტკვრისათვის ზაჰესის საკვლევ კვეთებში შესაბამისი მეთოდით (დისერტაციაში მოყვანილია სრულად) სხვადასხვა უზრუნველყოფის (75 – 99 %) ზაფხულ-შემოდგომისა და ზამთრის მინიმალურ წყლის ხარჯებთან, რომლებიც მეტია საშუალო მრავალწლიური წყლის ხარჯის 10%-ზე, ანუ შესაძლებელია გარემოსდაცვითი წყალგაშვების პირობის დაკმაყოფილება წყალმცირობის პერიოდში.

შესრულებული იქნა დასაპროექტებელი ჰიდროელექტროსადგურიდან გარემოსდაცვითი წყალგაშვების წყლის ხარჯის შეფასება მდ. მაჭახლისწყალზე ასაშენებელი პერსპექტიული ჰესის მაგალითზე, რომლის წყალმიმღები განლაგებული იქნება 328 მ ნიშნულზე ზღვის დონიდან. მდინარის გაუწყლოებული უბნის სიგრძე 7000 მ-ს უტოლდება.

მეოთხე თავში მოყვანილი კლასიფიკაციით მდ. მაჭახლისწყალი მიეკუთვნება მდინარეების მე-5 ტიპს დამახასიათებელი წყალმოვარდნის რეჟიმით. მისი საშუალო მრავალწლიური წყლის ხარჯების ჰიდროგრაფი (კვეთი ∇ 328 მ) მოყვანილია ნახაზზე 10. მდ. მაჭახლისწყლისთვის, რომელსაც არ გააჩნია გამოკვეთილი წყალდიდობის რეჟიმი, გარემოსდაცვითი წყლის ხარჯი შეიძლება მიღებულ იქნეს თითოეული თვის საშუალო თვიური წყლის ხარჯის 10%, მაგრამ არანაკლები დაკვირვებული მინიმალური წყლის ხარჯის მნიშვნელობაზე, რომელიც 1,09 მ³/წმ-ის ტოლია. საშუალო თვიური წყლის ხარჯების 10%-ით გაანგარიშებული მდ. მაჭახლისწყლის გაუწყლოებულ კალაპოტში მისაწოდებელი საშუალო თვიური გარემოსდაცვითი წყლის ხარჯის სიდიდეები მოცემულია ცხრილში 2.



ნახ. 10. მდ. მაჭახლისწყლის ჰიდროგრაფი (კვეთი ∇ 328 მ)

ცხრილი 2. საშუალო თვიური წყლის ხარჯების 10%-ით გაანგარიშებული მდ. მაჭახლისწყლის გაუწყლოებულ კალაპოტში მისაწოდებელი საშუალო თვიური გარემოსდაცვითი წყლის ხარჯის სიდიდეები

თვე	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
წყლის ხარჯი, მ ³ /წმ	0,95	1,16	1,55	2,49	2,55	1,72	1,20	1,05	1,15	1,56	1,42	1,27

მითითებულ მონაკვეთზე მდინარის წყალი არ გამოიყენება სამელიორაციო და საწარმოების წყალმომარაგების მიზნით. მდინარის ბინადარი თევზების სახეობების მიგრაციის უზრუნველსაყოფად მდინარის საკვლევ მონაკვეთზე ნაკადის მინიმალური ზღვრული სიჩქარე უნდა იყოს არაუმეტეს 0,6-1,2 მ/წმ. თევზის მიგრაციას შეესაბამება გარემოსდაცვითი წყლის ხარჯის მინიმალური სიდიდე (საშუალო თვიური წყლის ხარჯის 10%) 1,05 მ³/წმ, ამასთან იგი ნაკლებია ამ კვეთში დაკვირვებულ მინიმალურ წყლის ხარჯზე 1,09 მ³/წმ. ამიტომ საანგარიშოდ უნდა იქნეს მიღებული ეს უკანასკნელი. განსაზღვრულია ნაკადის სიჩქარე მდინარის გაუწყლოებულ უბანზე თევზის მიგრაციის პერიოდის მინიმალური 1,09 მ³/წმ და მაქსიმალური 2,55 მ³/წმ წყლის ხარჯებისათვის შესაბამისად 0,44 მ/წმ და 0,7 მ/წმ, რაც საშუალებას მისცემს თევზებს გადაადგილდეს მდინარის დინების საწინააღმდეგოდ.

ყოველივე მოყვანილის გარდა, გარემოსდაცვითი წყლის ხარჯის სიდიდის 1,09 მ³/წმ პირობებში უნდა იყოს უზრუნველყოფილი საქართველოში მოქმედი გარემოსდაცვითი მოთხოვნების შესაბამისად მდინარის წყლის ბიოქიმიური მაჩვენებლების მნიშვნელობების შენარჩუნება და მდინარის გაუწყლოებულ მონაკვეთზე სხვადასხვა დანიშნულების ობიექტებიდან წყლის ჩაშვებისას მდინარის წყლის ხარისხი უნდა აკმაყოფილებდეს აღნიშნული ნორმის მოთხოვნებს.

დასკვნა

1. მსოფლიოს რიგ ქვეყნებში საანგარიშოდ მიღებული გარემოსდაცვითი წყლის ხარჯის სიდიდეების ანალიზის და მათ შესაბამისად საქართველოს პირობებისათვის ჩატარებული გამოთვლებით მიღებული შედეგები ხასიათდება დიდი გაფანტვით, რაც ცხადყოფს, რომ მიუხედავად იმისა, თუ რა უზრუნველყოფით არის გამოსახული გარემოსდაცვითი წყლის ხარჯი, ამ სიდიდის უნიფიცირებულად გამოყენება ყველა მდინარის ყველა გასწორისათვის არ იქნება კორექტული.
2. გარემოსდაცვითი წყალგაშვებების შეფასების სხვადასხვა მეთოდების შესწავლამ აჩვენა, რომ კორექტული იქნება თითოეული მდინარის ცალკეული წყალაღების გასწორისათვის გარემოსდაცვითი წყლის ხარჯის დადგენა ინდივიდუალურად, თითოეული ობიექტის ენერგო-ეკონომიკური მიზანშეწონილობისა და ეკოლოგიური რისკ-ფაქტორების მხედველობაში მიღებით.
3. გარემოსდაცვითი წყლის ხარჯის განმსაზღვრელი ეკოლოგიური და ტექნიკური ფაქტორების სახით უნდა იქნეს განხილული: გაუწყლოებული უბნის სიგრძე, ხსენებული უბნის გავლენა ცხოველთა სამყაროზე, მცენარეულ საფარზე, იხტოფაუნაზე და წყალმცენარეებზე, წყალსადინარის სანიტარულ მდგომარეობაზე, გაუწყლოების არეალში მოთხოვნა სასმელ, სარწყავ და სამრეწველო წყალმომარაგებაზე.
4. მდინარეთა საზრდოობის სხვადასხვა ტიპებისთვის დამახასიათებელი ჰიდროგრაფების ანალიზიდან ჩანს, რომ წყალუხვობის გამოკვეთილი პერიოდის მქონე მდინარეებისთვის ამ ინტერვალში გარემოსდაცვითი წყლის ხარჯი უნდა განისაზღვროს საშუალო თვიური წყლის ხარჯის 10%-ით, ხოლო წყალმცირობის პერიოდში — დაკვირვებული მინიმალური წყლის ხარჯის საშუალო

მნიშვნელობაზე არანაკლები, როცა წყალმცირობის ჩამონადენი წლიური ჩამონადენის 40%-ზე ნაკლებია, ან ამ პერიოდის თითოეული თვის მინიმალურ წყლის ხარჯზე არანაკლები, როცა წყალმცირობის ჩამონადენი წლიური ჩამონადენის 50%-ის ფარგლებშია.

5. მდინარეებისათვის, რომლებსაც არ გააჩნიათ გამოკვეთილი წყალდიდობის რეჟიმი, გარემოსდაცვითი წყლის ხარჯი შეიძლება მიღებულ იქნეს თითოეული თვის საშუალო თვიური წყლის ხარჯის 10%, მაგრამ არანაკლები დაკვირვებული მინიმალური წყლის ხარჯის მნიშვნელობაზე.
6. გარემოსდაცვითი წყლის ხარჯი უნდა განისაზღვროს ექსპლუატაციაში მყოფი და პერსპექტიული ჰესებისთვის დიფერენცირებულად, ამასთან იგი უნდა უზრუნველყოფდეს მდინარეში თევზების დინების საწინააღმდეგოდ გადაადგილებისათვის აუცილებელ სიჩქარეს და დაბინძურების მახასიათებლების შენარჩუნებას ნორმებით დასაშვებ ზღვრულ სიდიდეების ფარგლებში. ამ პირობების დაცვით გაანგარიშებები შესრულებულია ექსპლუატაციაში მყოფი ზაჰესის და პერსპექტიული მაჭახელჰესისათვის.
7. გარემოსდაცვითი წყლის ხარჯის განსაზღვრა ხელს შეუწყობს ეკოლოგიურად მიზანშეწონილი ჰიდროენერგეტიკული პოტენციალის დადგენას, რაც მნიშვნელოვანია პერსპექტიული ჰიდროენერგეტიკული ობიექტების შედარებითი ეკოლოგიური ეფექტურობის შეფასებისათვის.

დისერტაციის თემაზე გამოქვეყნებული სამეცნიერო შრომები:

1. ლომიძე ი., ხელიძე გ., ჩოხელი ხ., მარდალეიშვილი მ. ეკოლოგიური წყლის ხარჯი და მისი განმსაზღვრელი ძირითადი ფაქტორები. „საქართველოს საინჟინრო სიახლენი“, 2017, №3, გვ. 65-67.
2. ლომიძე ი., ხელიძე გ., პატარაია კ., მარდალეიშვილი მ. საქართველოს მდინარეების გარემოსდაცვითი წყლის ხარჯის დადგენის პრინციპები ჰიდროენერგეტიკული ობიექტებისათვის. „ენერჯია“, 2018, №2(86), გვ. 49-54.
3. ხელიძე გ., მარდალეიშვილი მ. გარემოსდაცვითი წყლის ხარჯის შეფასება საქართველოს განსხვავებული წელიწადის რეჟიმის მდინარეებისათვის. „ენერჯია“, 2019, №1(89), გვ. 61-70.
4. ხელიძე გ., ფიფია ბ., მარდალეიშვილი მ. ენერგეტიკული წყალსაცავების მოწყობის ეკოლოგიური ასპექტები. „ენერჯია“, 2020, №2/3(94/95), გვ. 5-15.
5. მარდალეიშვილი მ. გარემოსდაცვითი წყლის ხარჯის შეფასება ექსპლუატაციაში მყოფი ჰესებისათვის, „ენერჯია“, 2021 , №2 (98) II, გვ. 157-161.

Abstract

The utilization of Georgia's hydropower potential is considered in terms of possible complete compliance with ecological requirements, as well as rational development of hydropower.

The thesis discusses the issue of quantitative determination of the necessary discharge of water into the dehydrated section of the derivation HPPs, taking into account the compliance with environmental requirements.

Chapter I discusses the environmental protection (ecological) values of water discharge based on different principles of assessment, calculated in other countries of the world. The results of calculating the environmental protection amount of culvert of prospective hydropower plants to be carried out on the rivers of Georgia according to the above-mentioned ratios in different countries showed a high scattering range, which confirms that the amount of environmental protection culvert from each HPP should be determined individually according to specific conditions.

Chapter II Methods for determining ecological surface runoff are discussed, which can be divided into the following groups: hydrological reasoning, functional interrelationship reflection, hydraulic analysis, living environment simulation, complex approach. The complex approach is a method of joint depiction of hydrological, hydraulic methods, as well as the living space of organisms. This approach envisages a whole ecosystem approach in the process of determining environmental protection water discharge. The latter approach most fully responds to meeting environmental protection discharge requirements to ensure the sustainable functioning of the river ecosystem.

Chapter III lists the environmental and technical factors determining environmental protection water discharge. Among the ecological factors determining the environmental protection discharge are: the length of the site, the impact on wildlife, the impact on vegetation, the impact on ichthyofauna and algae, the impact on the sanitary-ecological condition of the water conduit. As for the technical factors – the demand for drinking water and the demand for irrigation water in the area of drying-up as well as the impact of drying-up on the demand of other participants of the complex of water economy.

Chapter IV river water content analysis is conducted according to river hydrographs and sustenance types. The formation of river surface runoff is caused by surface and groundwater, which determine the types of river sustenance. Georgian rivers are characterized by different types of sustenance. For rivers with a pronounced high-water period, the environmental protection water discharge in this interval should be 10% of the average monthly water discharge, and in the low water period - not less than the average minimum water discharge observed when the surface runoff is less than 40% of the annual surface runoff or not less than the minimum water discharge of each month of this period, when the low

water runoff is within 50% of the annual runoff. For rivers which do not have a defined flood regime, environmental protection water discharge can be calculated as 10% of the average monthly water discharge for each month, but not less than the amount of the observed minimum water discharge. The proposed assessment of environmental protection water discharge is mainly based on the features of the water content regimes conditioned by the type of river feeding. It can be used at an early stage of design to assess environmental protection water discharge.

Chapter V presents a quantitative assessment of environmental protection water discharge with differentiation for operating and to be constructed hydropower plants. For operating hydropower plants, when the reported environmental protection water discharge for a particular month is higher than currently calculated for design and operation activities (10% of the average multi-year water discharge), then the environmental protection water discharge should remain at 10% of the average multi-year water discharge. This assumption is based on the fact that it is not permissible to reduce the electricity generation of the operating HPP. As for the determination of environmental protection water discharge for those months (for the period) when its reported amount is less than 10% of the average multi-year water discharge, it should not be calculated less than the average daily minimum water discharge that the river can actually produce in the low water year. In any case of shortage in a similar situation, there should be an economically and ecologically sound alternative to electricity replenishment. As for the determination of the environmental protection water discharge of the projected stations, it should be carried out taking into account all the above factors, as well as evaluating the feasibility of the efficiency of the technical-economic characteristics of the project HPP. The determination of environmental protection water discharge for operating hydropower plants is discussed on the example of Zemo-Avchala hydroelectric station (ZAHES), and for prospective hydropower plants - Matchakhel HPP.

Determining environmental water discharge will help maintain the ecological balance of the environment, while allowing us to determine the amount of water discharge for hydropower purposes, which will essentially determine the main technical and economic characteristics of prospective hydropower plants and their economic and objective characteristics.