

უაკ 551.583

საქართველოში წყლის რესურსების ინტეგრირებული მართვის პრობლემაზე 1980-იანი წლებიდან წარმოებულ სამუშაოთა მიმოხილვა

თ. ცინცაძე, ბ. ბერიტაშვილი, ნ. კაპანაძე, ს. მდივანი

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი

საქართველო, თბილისი knaili1990@gmail.com

2005 წელს გაეროს მიერ გამოცემულ კლიმატის ცვლილებასთან ადაპტაციის სახელმძღვანელო დოკუმენტში [1] დიდი ყურადღება დაეთმო წყლის რესურსების ინტეგრირებული მართვის პრობლემას, რადგანაც თანამედროვე ეტაპზე ჰიდრომეტეოროლოგიურ პროცესებზე მონიტორინგის ავტომატიზებული სისტემების დანერგვასთან ერთად ბევრ ქვეყანაში რეალობად იქცა მდინარეთა აუზებში წყლის კომპლექსური მართვის სისტემის მოწყობა. აღნიშნული სისტემები მიზნად ისახავს წყლის ეკონომიურ და ოპტიმალურ ხარჯვას ეკონომიკის სხვადასხვა სექტორების მოთხოვნათა დასაკმაყოფილებლად. ამიტომ მიმდინარე საუკუნეში, მოსახლეობის ზრდისა და ნალექთა პროგნოზირებული შემცირების პირობებში, მათი პრაქტიკაში დანერგვის მნიშვნელობა სულ უფრო იზრდება. აუზების ორგანიზაციის საერთაშორისო ქსელის (International Network of Basin Organizations – INBO) მონაცემების თანახმად, გარდა მაღალგანვითარებული ქვეყნებისა, წყლის რესურსების ინტეგრირებული მართვის სისტემების დანერგვაზე მუშაობა მიმდინარეობს კამერუნში, ეკვადორში, ჩინეთში, ალჟირში, ტუნისში, თურქეთში და სხვ. [2]. ყველა ქვეყანაში წყლის ინტეგრირებული მართვის სამუშაოთა ერთ-ერთ ძირითად მიზანს შეადგენს ადაპტირება კლიმატის მიმდინარე ცვლილებასთან.

XIX-XX საუკუნეებში საქართველოში წყლის რესურსების კომპლექსური გამოყენების დეტალური მიმოხილვა 1970-იანი წლების მდგომარეობით მოყვანილია ნ. უკლებას მონოგრაფიაში [3], რომელშიც დაწვრილებითაა განხილული ქვეყნის ყველა მთავარ მდინარეთა აუზებში ჰიდროენერგეტიკული, საირიგაციო, რეკრეაციული და სხვა სახის პოტენციალის განაწილება. სამწუხაროდ იმდროინდელი პრიორიტეტების გათვალისწინებით, ამ მონაცემებში ცალკე ვერ მოხერხდა ურბანული (საყოფაცხოვრებო, კომერციული და სამრეწველო) წყალმომარების კომპონენტების გამოყოფა.

ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტში წყლის რესურსების მართვისა და შეფასების პრობლემაზე მუშაობა 1970-იანი წლების მეორე ნახევრიდან მიზანმიმართული გეზით წარიმართა, რაც გულისხმობდა წყლის რესურსებით შედარებით ღარიბ ადმოსავლეთ საქართველოს შერჩეულ რეგიონში – მდ.იორის აუზში – ამ რესურსების დეტალურ შესწავლას და ღრუბლებზე ზემოქმედების მეთოდიკით აღნიშნულ ტერიტორიაზე ნალექთა სეზონური ჯამების გაზრდას მდ. იორის ჩამონადენის მრავალმხრივი გამოყენების სფეროს გასაფართოებლად. 1977 წელს აკად. გ. სვანიძის მიერ გამოთქმულმა ამ იდეამ მხარდაჭერა ჰპოვა რესპუბლიკის ხელმძღვანელობაში, რის შედეგადაც 1979 წლიდან მდ. იორის აუზში დაიწყო ნალექთა ხელოვნური გაზრდის (ნხგ) სამუშაოები, რომლებიც მიზნად ისახავდა მდ.იორის წყლის რესურსების კომპლექსური გამოყენების ხელშეწყობას ირიგაციაში, ჰიდროენერგეტიკაში, დიდი ქალაქების (თბილისისა და რუსთავის) კომუნალურ მეურნეობაში, თევზის მეურნეობაში და რეკრეაციულ საქმიანობაში. იორის პოლიგონი აღჭურვილი იქნა ღრუბლებსა და ნალექებზე დაკვირვების ჩასატარებელი რადიოლოკატორებით, ნალექსაზომი ქსელითა და ჰიდრომეტრიული დანადგარებით, რაც საშუალებას იძლეოდა ჩატარებულიყო ღრუბლებზე ხელოვნური ზემოქმედების ოპერაციები და შეფასებულიყო მათი ეფექტურობა. სრულფასოვანი საკონტროლო ტერიტორიის უქონლობის გამო ზემოქმედება საცდელ ტერიტორიაზე საერთო ფართობით 1000 კმ² ტარდებოდა რანდომიზაციის მეთოდით ალბათობით 2/3 ზემოქმედების სასარგებლოდ.

1981-1983 წლების პერიოდში იორის პოლიგონზე კონვექციურ ღრუბლებზე ჩატარებული რანდომიზებული ექსპერიმენტების შედეგების ანალიზით მიღებული მონაცემების საფუძველზე 1985-1986 წწ. პერიოდში ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტში დამუშავდა ღრუბლებზე ხელოვნური ზემოქმედების შემთხვევაში მდინარის ჩამონადენის ფორმირების მათემატიკური მოდელი [4], რომელშიც საცდელ ტერიტორიაზე ცალკეულ ღრუბლებზე ჩატარებული ზემოქმედების შედეგები განიხილება როგორც ჩამონადენის პიკების ერთობლიობა აუზის ჩამკეტ კვეთში მიღებულ ჰიდროგრაფზე. საკონტროლო და საცდელ ტერიტორიებზე მიღებული შედეგების შედარებისათვის საჭიროა გადასვლა ჩამონადენის მოდულებზე. საკონტროლო ტერიტორიის უქონლობის შემთხვევაში დასაშვებია საცდელი და საკონტროლო დღეებს შორის რანდომიზაციის ჩატარება ჩამონადენის გარბენის დროის აუზისათვის ტიპური მნიშვნელობის გათვალისწინებით, რომელიც მდ.იორის პირობებში ნახევარდღეღამის (12 სთ) ტოლი აღმოჩნდა. ნაშრომში საილუსტრაციოდ მოყვანილია 1982 წლის მაისის თვის ლელოვანის ჩამკეტი კვეთისთვის მიღებული კომპლექსური ჰიდროგრაფი, რომელზედაც ჩამონადენის პიკების მსვლელობა

მჭიდროდ კორელირებს თვის განმავლობაში საცდელ ტერიტორიაზე მძლავრ კონვექციურ ღრუბლებზე ჩატარებული ზემოქმედების ექსპერიმენტებთან. ეს მოდელი საფუძვლად დაედო იორის პოლიგონზე ნხვ სამუშაოთა ეფექტის შესაფასებლად 1985 წელს გ. სვანიძის, ნ. ბეგალიშვილისა და თ. ცინცაძის მიერ შემოთავაზებულ ღრუბლებზე რანდომიზებული ექსპერიმენტების ეფექტურობის დადგენის ჰიდროლოგიურ მეთოდს [5]. მაგალითის სახით მოყვანილია დროის ხსენებულ მონაკვეთში (1981-1983 წწ.) ჩატარებული 53 საცდელი და 32 საკონტროლო ნახევარდღელამის მონაცემთა შედარება, რომელმაც აჩვენა, რომ ზემოქმედების შედეგად ჩამონადენმა მოიმატა საშუალოდ 10%-ით, რაც დამტკიცდა ნალექში მოხდის მონაცემებში ნალექთა რაოდენობის 12%-იანი საშუალო ნაზრდით.

1981-1985 წწ. პერიოდში ჩატარებული ზემოქმედების უფრო მრავალრიცხოვანი ექსპერიმენტული მონაცემების (98 საცდელი და 46 საკონტროლო ცდა) საფუძველზე გ. სვანიძემ, მ. ვატინამა და ნ. კაპანაძემ დეტალიზებული სტატისტიკური ანალიზის საფუძველზე დაადგინეს, რომ ნიშნადობის დონეზე $\alpha=0.05$ საცდელ ნახევარდღელამებში საკონტროლოებთან შედარებით აღინიშნება ნალექთა რაოდენობის გაზრდა 24.6%-ით მაის-ივლისში, 63.0%-ით ივნის-ივლისში და 21.5%-ით აპრილ-ოქტომბერში (ანუ მთლიანად სეზონის განმავლობაში) [6]. მიახლოებითი შეფასებით, ეს ხელოვნური დანამატი საცდელ ტერიტორიაზე (1000 კმ²) ზემოქმედების პერიოდში (აპრილი-ოქტომბერი) აორთქლებზე დანაკარგების გათვალისწინებით შეადგენდა 100 მლნ ტ. წყალს, რაც უზრუნველყოფდა სამუშაოთა რენტაბელობას 1:5 რიცხისა.

1991 წლიდან, სსრკ დაშლასთან დაკავშირებით, ნხვ სამუშაოები იორის პოლიგონზე შეწყდა. 1979-1990 წლების მანძილზე პოლიგონზე მიღებული შედეგების შემაჯამებელი ანალიზი შესრულდა 1995 წლისთვის და იგი მოცემულია 1997 წელს გამოქვეყნებულ გ. სვანიძის, ნ. ბეგალიშვილის და ბ. ბერიტაშვილის ნაშრომში [7], რომელშიც მოყვანილია დეტალური მონაცემები პროექტ "იორის" ჩატარების პირობების, მეთოდოლოგიისა და ეფექტურობის შეფასების შესახებ. სულ 1979-1990 წწ. პერიოდში ზემოქმედება ჩატარდა 165 ექსპერიმენტულ ერთეულში (ნახევარდღელამში) და საკონტროლო ერთეულებად დატოვებულ იქნა 80 ერთეული. დამუშავებული კონვექციური უჯრედების რაოდენობამ ჯამში შეადგინა 660, ხოლო საკონტროლო უჯრედების რაოდენობამ 310. რადიოლოკაციური დაკვირვებების, ნალექში მოხდისა და მდ. იორზე ჩამონადენის ჰიდროლოგიური გაზომვების მონაცემთა ერთობლივი ანალიზის შედეგად 0.90 სანდო ალბათობის დონეზე მიღებულ იქნა, რომ აუზში ზემოქმედების შედეგად წყლის პოტენციური დამატებითი რესურსების სიდიდე შეიძლება შეფასდეს წელიწადში 30-70 მლნ. ტონად, რაც საფუძვლად იქნება მდ. იორის სრული წლიური ჩამონადენის (440 მლნ. მ³) საგრძნობ ნაწილს (7-16%) წარმოადგენს. ზემოქმედების ტექნოლოგიის დახვეწისა და ზამთრის ნალექთა გაზრდის შესაძლებლობის პირობებში ეს მაჩვენებელი მოსალოდნელია 10-20%-მდეც გაიზარდოს, რაც იდეალურ შედეგად შეიძლება ჩაითვალოს. ამ გამოკვლევებით დასრულდა ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტში წყლის რესურსების შეფასებისა და მართვის პრობლემებზე მუშაობის პირველი ეტაპი და დასაბამი დაედო წყლის რესურსების ინტეგრირებული მართვის სისტემაზე გამოკვლევების მეორე ეტაპს.

კერძოდ, ჯერ კიდევ 1995 წელს ინსტიტუტში შემუშავდა საქართველოში სამელიორაციო სისტემების პროექტირებისა და ექსპლოატაციისათვის საჭირო წყალბალანსური გამოკვლევების პროგრამა [8]. ამ პროგრამაში დასახელებულ სამუშაოებთან ერთად ინსტიტუტის ხელმძღვანელობამ განსაკუთრებული ყურადღება დაუთმო წვეთოვანი მორწყვის პრობლემას, რისთვისაც 1996 წელს ისრაელში მივლინებული იქნა გ. ჩიკვაიძე. შედეგად 1998 წელს მან გამოაქვეყნა ნაშრომი [9], რომელშიც მიმოიხილა ისრაელში გამოყენებული წვეთოვანი მორწყვის სხვადასხვა სისტემები და მათი ტექნიკური აღჭურვილობა. შემდგომში, 1998 წელს, ისრაელში ვიზიტის შედეგად, ინსტიტუტის ხელმძღვანელობამ (გ. სვანიძე და ნ. ბეგალიშვილი) ჩამოიტანა საცდელ ნაკვეთზე წვეთოვანი მორწყვისათვის საჭირო აღჭურვილობა. საცდელ ტერიტორიად შერჩეული იქნა სოფ. ძველ ანაგაში არსებული სავლე ექსპერიმენტული ბაზა, თუმცა სისტემის გამართვა ვერ მოხერხდა მისი ნაწილების დატაცების გამო და მისი მოწყობა გადაიდო უფრო ხელსაყრელი პირობების დადგომამდე. მიუხედავად ამისა, მოგვიანებით, 2000 წლისთვის არსებული ლიტერატურული მონაცემების მიხედვით ინსტიტუტში შეფასებული იქნა სხვადასხვა კლიმატურ ზონაში წვეთოვანი მორწყვის ეფექტურობა [10], რომელმაც თვითდინებით ზედაპირულ მორწყვასთან შედარებით შეიძლება უზრუნველყოს სარწყავი წყლის 67%-მდე ეკონომია.

1990-იანი წლების მდგომარეობით საქართველოს წყლის რესურსების გამოყენების, მოწყვლადობისა და 2075 წლამდე პროგნოზირების საკითხები განალიზებულია გ. სვანიძის, ვ. ცომაიასა და რ. მესხიას 2001 წლის კონცეპტუალურ ნაშრომში [11]. მასში განხილულია საქართველოს ზედაპირული წყლის რესურსების ისტორიული ფორმირების, გეოგრაფიული განაწილებისა და ეკონომიკის სხვადასხვა სექტორში მოხმარების საკითხები 2°C -მდე მოსალოდნელი გლობალური დათბობის ფონზე მდინარეული ჩამონადენის საპროგნოზო მონაცემებთან ერთად შესაბამისი საადაპტაციო ღონისძიებების ჭრილში. ძირითადი პრობლემებიდან

დასახელებულია წყლის რესურსების რაციონალური გამოყენების ახალი გზების მოძიება თანამედროვე ტექნოლოგიების დანერგვის გზით, წყალმომხარების არსებული სისტემების რეაბილიტაცია და გაფართოება, წვეთოვანი მორწყვის სისტემის დანერგვა. ხაზგასმულია კოლხეთის დაბლობზე რამდენიმე ჭაობის ნაკრძალ ზონად გამოხცადების აუცილებლობა, სარწყავ ტერიტორიებზე მეორადი დაჭაობების პროცესებთან ბრძოლის საჭიროება, წყალდიდობების შემცირების გზებიდან წყალსაცავების მშენებლობის პერსპექტიულობა. ნაშრომში ცალკე ყურადღება დაეთმო სეისმურად აქტიურ რეგიონებში დაკვირვების ქსელის მოწყობის საკითხს კლდეზვავებითა და მეწყერებით ხეობების ჩახერგვის მონიტორინგის საწარმოებლად. წყლის რესურსების შევსების გზებიდან პერსპექტიულად არის მიჩნეული ღრუბლებზე ხელოვნური ზემოქმედების მეთოდები წლის როგორც თბილ, ასევე ცივ პერიოდებში. განსაკუთრებით ხაზგასმულია სპეციალური საცდელი პოლიგონის შექმნის აუცილებლობა, სადაც ჩატარებული სამეცნიერო გამოკვლევები საფუძვლად დაედებოდა წყლის რესურსების დაზოგვის, დაცვისა და ხელოვნურად გაზრდის ღონისძიებათა ტექნიკურ-ეკონომიკურ დასაბუთებას.

განხილული შრომა, რომელიც წინამდებარე მიმოხილვის თემასთან შედარებით გაცილებით უფრო მასშტაბურ ხასიათს ატარებს, შექმნილია საბჭოთა კავშირის დაშლის შემდეგ საწყის პერიოდში, ანუ 1990-იან წლების მეორე ნახევარში და ნაწილობრივ ემთხვევა გაეროს კლიმატის ცვლილების ჩარჩო კონვენციისათვის (UNFCCC) მომზადებული საქართველოს პირველი ეროვნული შეტყობინების [12] შესაბამისი თავის მონაცემებს. ამრიგად, 1990-იანი წლების დასასრულისათვის, ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტში უკვე მომზადებული იყო სამეცნიერო ბაზისი ცალკეული მდინარის აუზში წყლის რესურსების კომპლექსური/ინტეგრირებული მართვის სისტემის შესაქმნელად. თუმცა, იმის გათვალისწინებით, რომ 1990-იანი წლების დასასრულისთვის საქართველოში ჯერ არ იყო სათანადო დონეზე განვითარებული ტექნიკური ბაზა ცალკეული მდინარის აუზში ჰიდრომეტეოროლოგიურ ელემენტებზე მონიტორინგის სათანადო დონეზე საწარმოებლად, მიღებულ მონაცემთა ტელეკომუნიკაციის საშუალებით შესაგროვებლად და კომპიუტერული გზით დასამუშავებლად, აგრეთვე არ არსებობდა მოდელის შექმნის გამოცდილება მონიტორინგის მონაცემთა გამოყენებით ცალკეული სექტორების წყალმომხარების ნორმების შესაფასებლად, საჭირო გახდა დასმული პრობლემის შემადგენელი ელემენტები მომდევნო წლებში დამოუკიდებლად დამუშავებულიყო. სამწუხაროდ ეს პროცესი დღესაც გრძელდება.

ამავე პერიოდში, დასახული პროგრამის შესაბამისად, ინსტიტუტში გრძელდებოდა საქართველოს ზედაპირული წყლების მოხმარების ოპტიმიზაციის სხვადასხვა ასპექტების შესწავლა.

გ. სვანიძემ და გ. ჩიკვაიძემ ნაშრომში [13] ნაღვეებით სხვადასხვა უზრუნველყოფის პირობებში შეაფასეს აღმოსავლეთ საქართველოს მდინარეთა აუზებში სარწყავი წყლის დეფიციტი რეგულირების გარეშე. მიღებული იქნა, რომ მდინარეები ფოცხოვი, ფარავანი, დებედა, ქსანი, არაგვი და მტკვარი მთლიანად უზრუნველყოფენ ახლო პერსპექტივაში მოსარწყავად დასახულ მათზე მიმაგრებულ ფართობებს სარწყავი წყლით. თავიანთ აუზებში სარწყავი წყლით საერთოდ ვერ აკმაყოფილებენ სასოფლო-სამეურნეო სავარგულებს მდინარეები ბუგდაშენი, ასლანკა, ალგეთი, ქცია-ხრამი, იორი და ალაზანი. აღსანიშნავია, რომ ჩამონადენის რეგულირების პირობებში, ანუ წყალსაცავების აგების შემთხვევაში და მოწინავე წყალდამზოგი ტექნოლოგიების (მაგ. წვეთოვანი მორწყვის) გამოყენების შემთხვევაში შეფასების შედეგები შეიძლება სულ სხვა ყოფილიყო, განსხვავებული ზედაპირული მიშვებით მიღებული შედეგებისაგან.

ამასთან ერთად, 1990-იან წლებამდე არსებულ მონაცემებზე დაყრდნობით, გ. ჩიკვაიძისა და ო. შველიძის ხელმძღვანელობით ავტორთა კოლექტივმა აღმოსავლეთ საქართველოს პირობებისათვის შეიმუშავა ოპტიმალური მორწყვის ნორმები ძირითადი სასოფლო-სამეურნეო კულტურების ზრდა-განვითარების სხვადასხვა პერიოდისათვის [14]. მოყვანილი მონაცემები მოიცავს კულტურების ფართო დიაპაზონს და შესაძლებლობას იძლევა მიმდინარე ცვლილების გათვალისწინებით მათში შეტანილი იქნას სათანადო კორექტივები ჰაერის ტემპერატურის, გარემოს სინოტივისა და სხვა პარამეტრების ცვლილების მხედველობაში მიღებით.

გარდა ამისა, რ. მესხიას მიერ დასავლეთ და აღმოსავლეთ საქართველოს პირობებში სხვადასხვა ლანდშაფტებისათვის გაანგარიშებულ იქნა წყლის ბალანსის ელემენტები (ნაღვეები, ჩამონადენი, ჯამური აორთქლება) სიმაღლის მიხედვით მათი ცვლილების გათვალისწინებით [15]. სულ განხილული იქნა 11 ლანდშაფტის ტიპი დასახლებული პუნქტებისა და გზების, სადრენაჟო და სარწყავი სისტემების, ჭაობებისა და წყალსატევების ჩათვლით. სიმაღლეთა დიაპაზონში 10-დან 3650 მეტრამდე ზ.დ. გამოთვლების შედეგად დადგენილი იქნა, რომ დასავლეთ საქართველოში ჩამონადენის ძირითადი მასის ფორმირების ზონა მაქსიმუმს აღწევს 2700-3200 მ შუალედში და შეადგენს საშუალოდ 2800 მმ, ხოლო აღმოსავლეთ საქართველოში-3200-3600 მ შუალედში და მაქსიმუმს შეადგენს საშუალოდ 1560 მმ. ჩატარებულ გამოკვლევებში წყლის ბალანსის ელემენტებიდან, როგორც მცირე სიდიდე, უგულვებელყოფილი იქნა

ნიადაგის ზედაპირსა და მცენარეულ საფარზე წყლის დაკავება, თუმცა მოგვიანებით, 2007 წლისთვის ეს ხარვეზი ავტორის მიერ შევსებული იქნა და აღინიშნა, რომ თოვლის ნადნობი და წვიმის წყლის ნიადაგის ზედა ფენაში და მცენარეულ ზედაპირზე დაკავების სიდიდეების გათვალისწინება ჩამონადენის მოდელში და საპროგნოზო დამოკიდებულებებში აუცილებელია [16].

მდ. მტკვრის აუზის ზემო ნაწილისთვის, საგუშაგო თბილისის ჩამკეტი კვეთის წყალმომკვრებ ტერიტორიაზე განლაგებული ზოგიერთი ჰიდრომეტეოროლოგიური პუნქტის მონაცემები ნ. ბეგალიშვილის, ვ. ცომიასა და ნ.ნ. ბეგალიშვილის მიერ [17] გამოყენებულ იქნა ჩამონადენსა და კლიმატურ ელემენტებს შორის ცნობილი კავშირების დახმარებით ჩამონადენზე კლიმატის შესაძლო ცვლილების გავლენის შესაფასებლად. განხილული იქნა ჯამური ნალექისა და ტემპერატურის სავარაუდო ცვლილების სხვადასხვა სცენარი ნალექთა $\pm 10\%$ და ტემპერატურის $\pm 2^{\circ}\text{C}$ -ით შეცვლის პირობებში. ექსტრემალური გვალვების პირობებში, მიწისქვეშა წყლების როლის გაუთვალისწინებლად, მიღებული იქნა მდ. მტკვრის ჩამონადენის 48%-ით შემცირების შესაძლებლობა.

აღმოსავლეთ საქართველოს მთავარი მდინარეების (ლიახვი, ქსანი, არაგვი, ალაზანი და იორი) სავეგეტაციო პერიოდში წყლიანობის პროგნოზირების მეთოდიკა სარწყავი სისტემების მომსახურების მიზნით 2001 წლისთვის დამუშავებული იქნა ც. ბასილაშვილის, მ. კარტაშოვასა და ნ. კობახიძის მიერ [18]. ნაშრომში ზოგადი სახით მოყვანილია მრავალფაქტორიანი საპროგნოზო მოდელი, რომლის კორექტირება შესაძლებელია სხვადასხვა პრედიქტორის გამოყენებით. განსხვავებული საინფორმაციო უზრუნველყოფის პირობებისთვის, მაგალითის სახით, მდ. არაგვისთვის მიღებულია ჩამონადენის გამოსათვლელი ოთხი განტოლება, რომელთა საფუძველზე პროგნოზის შედგენა შესაძლებელია ალბათური ფორმითაც.

შემდგომში, 2015 წელს ც. ბასილაშვილის მიერ ჟინვალის წყლსაცავის აუზისათვის დამუშავდა ჩამონადენის პროგნოზირების უფრო სრულყოფილი მეთოდიკა [19], რომლითაც შესაძლებელი გახდა მდ. არაგვის სამივე შენაკადის და ჟინვალთან მისი ჯამური წლიური ჩამონადენის პროგნოზირება სხვადასხვა ალბათური უზრუნველყოფით 1-დან 99%-მდე. გარდა ამისა, ამავე ნაშრომში მაგალითის სახით მოყვანილია სავეგეტაციო პერიოდში ჩამონადენის გამოსათვლელი საპროგნოზო განტოლებები მათი სტატისტიკური მახასიათებლებით მდ. შავი არაგვის შესართავისათვის და აგრეთვე მაქსიმალური ჩამონადენის გრძელვადიანი საპროგნოზო განტოლებები მდ. არაგვის სამივე შენაკადისათვის. ამავე დროს აღნიშნულია აუზის წყლის ობიექტებზე სათანადო პრევენციული და ნაპირსამაგრი ღონისძიებების ჩატარების აუცილებლობა.

იორი-არაგვის წყალსამეურნეო კომპლექსური სისტემის გამოყენებით ქართლ-კახეთის რაიონებში გვალვის შედეგების შერბილების შესაძლებლობა 2002 წელს განხილული იქნა გ. გრიგოლიას, ე. საბაძისა და გ. ხმაღაძის ნაშრომში [20]. სიონის, ჟინვალისა და თბილისის წყალსაცავების შეთანხმებულ რეჟიმში მუშაობისათვის თვითონ ინტერვალების გათვალისწინებით შემოთავაზებულ იქნა ჯგუფური მოდელირების მეთოდი, რომელშიც ცვლადებისათვის გამოყენებულ იქნება ჯონსონის SB განაწილება. მეთოდის პრაქტიკული რეალიზაციისათვის საჭირო ჰიდროლოგიურ დაკვირვებათა ხანგრძლივი და უწყვეტი რიგების განსახილველ მდინარეებსა და წყალსაცავებზე უქონლობის გამო მისი გამოცდა და დანერგვა ვერ განხორციელდა, თუმცა ფაქტობრივად ეს ნაშრომი წარმოადგენს განხილული ორი მდინარის აუზში წყლის რესურსების ინტეგრირებული მართვის სისტემის თეორიულ პირველ სახეს (პროტოტაპს).

ამასთან დაკავშირებით უნდა აღინიშნოს, რომ მდინარის აუზში წყლის რესურსების ინტეგრირებული მართვის განხორციელებული პროექტის მაგალითს წარმოადგენს რ. ჯონსონის მიერ ავსტრალიაში მიურეი-დარლინგის აუზში მოკლედ აღწერილი სამუშაოები [21], რომლებშიც ხაზგასმულია მათემატიკური მოდელის ოპერატიული გამოყენების აუცილებლობა ეკონომიკის სხვადასხვა დარგის მიერ მდინარის აუზში არსებული წყლის რესურსების ოპტიმალური გამოყენების საქმეში. ამ თვალსაზრისით განსაკუთრებით ღირებულია სწორედ ავსტრალიის გამოცდილების გაზიარება, რომელმაც გაუძლო 2000-2009 წლების უწყვეტი გვალვების პერიოდს და გამოიტანა ამ გამოცდილებიდან მიღებული დასკვნები წყლის რესურსების მომჭირნე და რაციონალური მოხმარების მეთოდების შესახებ.

ავსტრალიასთან ერთად სისტემატურად არანაკლებ ზარალს განიცდის კალიფორნიის შტატიც, რომლისთვისაც ბოლო ხანებში ფართოდ გამოყენებული წყალბალანსური მოდელი WEAP 21 დ.იეტსის, დ. პარკის, ჯ.სიბერის, ა. ჰიუბერ-ლის და კ. გალბრაიტის მიერ იქნა გამოყენებული ორი შერჩეული მდინარის აუზში სხვადასხვა პრაქტიკული ამოცანების გადასაჭრელად [22].

WEAP 21 მოდელი გამოყენებული იქნა საქართველოს მეორე ეროვნულ შეტყობინებაში [23] კლიმატის რეგიონალური მოდელის დახმარებით მდინარეების ალაზნისა და იორის ჩამონადენის 2100 წლამდე პროგნოზირებისათვის.

საქართველოს მტკნარი წყლის რესურსული პოტენციალი და ეკონომიკის ცალკეული დარგების მიერ მისი მოხმარების რაოდენობრივი შეფასებები 1990 და 2010 წლების მდგომარეობით მოყვანილი იქნა ვ. გელაძის, გ. გელაძის, ნ. ბოლაშვილისა და ნ. მაჭავარიანის ნაშრომში [24]. ამ ნაშრომის მიხედვით, აღმოსავლეთ საქართველოში 2010 წელს სოფლის მეურნეობის სექტორში მოხმარებული იყო 3.74 კმ³ წყალი, რამაც სერთო წყალმოხმარების (მრეწველობისა და კომუნალური მოხმარების ჩათვლით) 68% შეადგინა. აღსანიშნავია, რომ ეს სიდიდე დაემთხვა გ. სვანიძისა და ვ. ცომიას რედაქციით შედგენილ მონოგრაფიაში [25] მოყვანილ საპროგნოზო შეფასებას, რომელიც შეეხება მდ. მტკვრის აუზში 1990 წელს სოფლის მეურნეობაში მოხმარებული წყლის წილს საერთო წყალმოხმარებაში და ახლოს აღმოჩნდა 1980 წლისთვის მიღებულ ფაქტობრივ სიდიდესთან, რომელმაც შეადგინა 65% (შედარებისთვის: კომუნალური მეურნეობა - 5% , მრეწველობა - 22%, მეთევზეობა -8%). ზემოთ განხილულ ნაშრომში [24] წყლის რესურსული პოტენციალის მენეჯმენტის ყველაზე მიზანშეწონილ საშუალებად დასახელებულია გეოგრაფიული საინფორმაციო სისტემები (გსს), რომელთათვისაც 2008 წელს დაგეგმილი იყო მონაცემთა ბაზის შექმნა. ამ სისტემების საფუძველზე 2011 წლისთვის გეოგრაფიის ინსტიტუტის თანამშრომელთა მიერ მომზადდა კახეთის რეგიონში წყლის რესურსების მართვის საპროგრამო ნაშრომი [26].

2011 წელს თსუ გეოგრაფიის ინსტიტუტის ავტორთა კოლექტივის (ლ. მაჭავარიანი, ვ. გელაძე, ნ. ბოლაშვილი, თ. ყარალაშვილი, ნ. გეთიაშვილი) მიერ გამოქვეყნებულ ზემოთ აღნიშნულ ნაშრომში გაანალიზებულია კახეთის საირიგაციო სისტემების მდგომარეობა 2010 წლისთვის და შემოთავაზებულია ხელოვნური დაწვიმების ახალი სისტემებისა და თვითდინების მეთოდის გამოყენება გეოსაინფორმაციო ტექნოლოგიების მონაცემთა გამოყენებით. სხვა რეკომენდაციებთან ერთად აღნიშნულია წყალსამეურნეო მართვის ავტომატიზებული სისტემების დანერგვის მიზანშეწონილობა წყალმოხმარების კონტროლის უზრუნველყოფის გათვალისწინებით. აღნიშნული პრობლემის გარშემო მსგავსი მოსაზრებებია გამოთქმული იმავე ინსტიტუტის ავტორების მიერ 2015 წელს მომზადებულ ნაშრომში [27], სადაც დამატებით აღნიშნულია მდ. ალაზნის საირიგაციო პოტენციალის არსებითი გაზრდის შესაძლებლობა დედოფლისწყაროს მუნიციპალიტეტის სამხრეთ ნაწილში ზემო ალაზნის სარწყავი სისტემის დასრულების შემთხვევაში.

კორელაციური კავშირი ნალექებსა და ჩამონადენს შორის მცირე მდინარის მაგალითზე 2008 წელს შესწავლილ იქნა გ. გრიგოლიას, მ. ალავერდიაშვილის, ვ. ტრაპაიძის, გ. ბრეგვაძის, დ. კიკნაძის, ნ. ხუფენიასა და ნ. კოკაიას მიერ [28]. საანალიზოდ შეირჩა 190 კმ² ფართობის მქონე მდ. ვერეს აუზი, რომელშიც 1963-2007 წწ. პერიოდში მიმდინარეობდა უწყვეტი დაკვირვებები ატმოსფერულ ნალექებსა და ჩამონადენზე. აღმოჩნდა, რომ თვეების მიხედვით კორელაციის კოეფიციენტი ჩამონადენსა და ნალექებს შორის იცვლება დიაპაზონში 0.17-დან 0.70-მდე, სადაც ყველაზე მჭიდრო კავშირები აღინიშნა უხვნალექიან თვეებში (აპრილი-ივნისი), ხოლო სუსტი - ზამთრის წყალმცირობის თვეებში (ნოემბერი-დეკემბერი), როდესაც ჩამონადენში დომინირებს მიწისქვეშა მდგენელი.

2015 წლისთვის კლიმატის დათბობის სულ უფრო მკვეთრ გამოვლინებასთან ერთად აღმოსავლეთ საქართველოში წყლის რესურსების კომპლექსური მართვის იდეამ, რომელიც უკვე განიხილებოდა 2001-2008 წწ. პერიოდში სტატიებში [11, 20 და 24], მზარდი აქტუალობა შეიძინა. ამას მოწმობს ქვეყანაში ბოლო ათი წლის მანძილზე შემუშავებული კლიმატის ცვლილებასთან საადაპტაციო პროექტების არასრული ჩამონათვალი [29], რომელშიც 34 პროექტიდან ხუთი შეეხება კახეთის რეგიონში სასოფლო-სამეურნეო მიწების მორწყვის პრობლემას, ეს პროექტები დეტალურადაა განხილული საქართველოს მესამე ეროვნული შეტყობინების თანმდევ დოკუმენტში [30].

წყლის რესურსების ინტეგრირებული მართვის პრობლემები ამ რესურსებით შედარებით ღარიბ სომხეთის რესპუბლიკაში 2014 წლის მდგომარეობით განხილულია ვ. სტეფანიანისა და მ. გალსტიანის სტატიაში [31], სადაც აღნიშნულია, რომ 2040 წლამდე კლიმატის ცვლილების საპროგნოზო მონაცემებით სევანის ტბის აუზში მოსალოდნელია ნალექთა შემცირება 5-6%-ით, რაც კიდევ უფრო გაამწვავებს ქვეყანაში არსებულ წყალმომარაგების დაძაბულ სიტუაციას. არარატის ველზე გრუნტის წყლების დონის კატასტროფულ კლებასთან დაკავშირებით აშკარა გახდა ეკონომიკის ყველა დარგის მოთხოვნათა გათვალისწინებით როგორც ზედაპირული, ისე მიწისქვეშა წყლების ინვენტარიზაცია და წყლის კადასტრის ფორმირება, რომელზედაც დამყარებული იქნება წყალმოხმარების ნებართვები. წყლის რესურსების ინტეგრირებული მართვის მათემატიკური მოდელი უნდა ითვალისწინებდეს საფინანსო, უფლებრივი შესაბამისობის, ინსტიტუციური შესატყვისობის, ეკოლოგიური უსაფრთხოებისა და საზოგადოებრივი ცნობიერების ამაღლების შეფასებებს. შემუშავებული მოდელი უნდა უზრუნველყოფდეს მიღებული გადაწყვეტილებების გამჭვირვალობას და თანამშრომლობას წყლის მომხმარებელთა შორის.

2015 წელს თსუ გეოგრაფიის ინსტიტუტის ავტორთა კოლექტივის მიერ (ვ. გელაძე, ნ. ბოლაშვილი, თ. ყარაღაშვილი, ნ. მაჭავარიანი, ნ. ჩხიზაძე, დ. ქართველიშვილი) გამოქვეყნდა ზემოთ უკვე ნახსენები ნაშრომი, რომელშიც განხილულია კახეთში წყლის რესურსების მენეჯმენტის სისტემის შექმნის საფუძვლები [27]. გეოგრაფიული საინფორმაციო სისტემის გამოყენებით მიღებული მონაცემების ბაზაზე სტატიაში მოყვანილია ცნობები მდ. ალაზნის აუზში არსებული სარწყავი სისტემის შესახებ, ხაზგასმულია მისი რეაბილიტაციის აუცილებლობა მორწყვის ახალი ტექნოლოგიების დანერგვასთან ერთად, მათ შორის ხელოვნური დაწვიმების მეთოდის ფართო გამოყენების პერსპექტიულობა. მდ. ალაზნის შედარებითი წყალუხვობის გათვალისწინებით ნაშრომში ნაკლები ყურადღება დაეთმო მდ. იორის წყლის რესურსების გამოყენების საკითხს, რაზედაც აქცენტი გაკეთდა სტუ ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის მიერ მომდევნო წელს მომზადებულ შრომაში [32].

ეს შრომა ეყრდნობა სტუ რექტორის ა. ფრანგიშვილის მიერ 2016 წლის თებერვალში წამოყენებულ იდეას საქართველოს ტერიტორიაზე ჰიდრომეტეოროლოგიური ელემენტების მონიტორინგის ავტომატიზებული სისტემის მოწყობის შესახებ. საწყის ეტაპად ჩვენს მიერ 2016 წლის ივნისში შეთავაზებული იქნა მდ. იორის აუზის ტერიტორიაზე წყლის რესურსების მართვის ინტეგრირებული მენეჯმენტის სისტემის შექმნა ნალექთა ხელოვნური გაზრდის სამუშაოთა თანხლებით. ამ პროექტს პირობითად შეიძლება ეწოდოს "იორი-2".

მაგალითის სახით აღებული იქნა ავსტრალიაში მიურეი-დარლინგის აუზში წარმოებული წყლის რესურსების ოპტიმალური მართვის პრაქტიკა, რომელიც საშუალებას იძლევა მტკნარი წყლის ლიმიტირებული მოხმარების ფარგლებში, არსებული წყალსამეურნეო ინფრასტრუქტურის გამართული მუშაობის პირობებში, მიღწეული იქნას ოპტიმალური კომპრომისი წყლის რესურსების შეთანხმებული გამოყენების აგრარულ, ურბანულ და ბიოეკოლოგიურ სექტორებს შორის [21].

ამ იდეაზე დაყრდნობით შრომაში [32] მდ. იორის აუზის ფიზიკურ-გეოგრაფიული პირობების მიმოხილვის შემდეგ მოყვანილია ცნობები ეკონომიკისა და მოსახლეობის შესახებ აუზში შემავალი მუნიციპალიტეტების მიხედვით, ინფორმაცია აუზში წყლის რესურსების გამოყენების ისტორიიდან და მისი არსებული მდგომარეობის შესახებ. ცალკეა განხილული წყლის მენეჯმენტის ინტეგრირებული სისტემის გეგმა და მისი ცალკეული ელემენტები, სამ სექტორად დაყოფილ აუზში ჰიდროლოგიური და მეტეოროლოგიური დეტექტორების სავარაუდო განთავსების რუკები, რომლებიც მოიცავს 92 მეტეოროლოგიურ და 13 ჰიდროლოგიურ დეტექტორს, აგრეთვე აუზში ნალექთა ხელოვნური გაზრდის მეთოდიკა, რომელიც ეყრდნობა ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის მიერ 1979-1990 წლებში მდ. იორის აუზში წლის თბილ პერიოდში ჩატარებულ ნალექთა ხელოვნური გამოწვევის სამუშაოთა შედეგებს.

აღნიშნული შრომის მომზადებასთან ერთდროულად 2016 წელს საქართველოს ადგილობრივ თვითმმართველობათა ეროვნული ასოციაციისა და USAID-ის მიერ გამოქვეყნდა კლიმატის ცვლილებასთან ადაპტაციის გზამკვლევი [33], რომელშიც მოყვანილია საგულისხმო ინფორმაცია 2015 წლის მდგომარეობით საქართველოში ირიგაციის სისტემების ფაქტიური გამოყენების შესახებ მუნიციპალიტეტების მიხედვით. კერძოდ, მოყვანილი ცნობების თანახმად, მდ. არაგვის ტერიტორიის უმეტეს ნაწილზე საირიგაციო სისტემების ფაქტიური გამოყენების მაჩვენებელი მინიმალურია (0.000-0.026) და იგი საშუალოსთან მიახლოებულ სიდიდეს (0.398) აღწევს მხოლოდ მცხეთის მუნიციპალიტეტის სამხრეთ ნაწილში. აღნიშნული მაჩვენებელი მეტად დაბალია აგრეთვე მდ. იორის აუზში დედოფლისწყაროს ტერიტორიაზე (0.026), სიღნაღის (0.132) და თიანეთის (0.160-0.207) მუნიციპალიტეტების ტერიტორიაზე, თუმცა შედარებით მაღალია საგარეჯოს მუნიციპალიტეტის ტერიტორიაზე (0.269). შედარებისთვის, ხსენებული მაჩვენებელი მაქსიმალურ სიდიდეებს აღწევს კასპის (0.983), გარდაბნისა (0.759) და ბოლნისის (0.671) მუნიციპალიტეტების ტერიტორიაზე. ყოველივე ეს მოწმობს მდინარეების არაგვისა და იორის აუზებში საირიგაციო სისტემების რეაბილიტაციისა და გაფართოების აუცილებლობას.

რაც შეეხება წყლის რესურსების ინტეგრირებული მართვის სისტემის პერსპექტიულ როლს კლიმატის ცვლილებასთან ადაპტირების სამუშაოთა განვითარების საქმეში, სტუ ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის ავტორთა კოლექტივის მიერ 2017 წლისთვის განხილული იქნა აღნიშნული სისტემის სავარაუდო დანერგვის უპირატესობანი ქვეყნის ეკონომიკის პრიორიტეტულ სექტორებში - სოფლის მეურნეობასა და ტურიზმში, აგრეთვე დიდი ქალაქების (თბილისი და რუსთავი) კონგლომერატის განვითარებაში [34] (შემსრ. ბ. ბერიტაშვილი, ნ. კაპანაძე, თ. ცინცაძე, ლ. ქართველიშვილი, ნ. ზოტიკიშვილი). კერძოდ, სოფლის მეურნეობის სექტორში აღმოსავლეთ საქართველოს რეგიონებისთვის ჩატარებულმა საექსპერტო შეფასებებმა აჩვენა, რომ სარწყავად წყლის რესურსების ეფექტურად გამოყენების შემთხვევაში კლიმატის პროგნოზირებული ცვლილებასთან ადაპტაციის პოტენციური საშუალო მაჩვენებლით შეიძლება შეფასდეს მესხეთ-ჯავახეთსა და შიდა ქართლში, მაღალი მაჩვენებლით მცხეთა-თიანეთსა, ქვემო ქართლსა და

კახეთში. ეს მიგვითითებს იმაზე, რომ მომავალში სოფლის მეურნეობის პროდუქტიულობა აღმოსავლეთ საქართველოს რეგიონებში უშუალოდ იქნება განპირობებული წყლის რესურსების მომჭირნე და ეფექტური გამოყენებით და ამ რეგიონებში წყლის რესურსების ინტეგრირებული მართვის სისტემის დანერგვა უმნიშვნელოვანეს ამოცანას შეადგენს. წინააღმდეგ შემთხვევაში სოფლის მეურნეობა, განსაკუთრებით გვალვიან წლებში, სულ მუდამ ჩამოსარჩენად იქნება განწირული.

რაც შეეხება ეკონომიკის მეორე პრიორიტეტულ სექტორს - ტურიზმს, მისი სამომავლო განვითარება აღმოსავლეთ საქართველოს მთიან რეგიონებში, საერთაშორისო ტურიზმში ამჟამად დამკვიდრებული სტანდარტების გათვალისწინებით, საერთოდ შეუძლებელი იქნება ტურისტული ობიექტების უხვი და ხარისხიანი წყალმომარაგების გარეშე. ცხადია, რომ ამ ამოცანის გადაჭრის ერთ-ერთ მთავარ რგოლს წარმოადგენს წყლის ინტეგრირებული მართვის სისტემის დანერგვა, რაც წყალმომარაგების ინფრასტრუქტურის მოწესრიგებასთან ერთად უზრუნველყოფს აღმოსავლეთ საქართველოში აღნიშნული დარგის წარმატებულ განვითარებას კლიმატის მოსალოდნელი ცვლილების პირობებში.

თუ ამას დავუმატებთ წყლის რესურსების გადამწყვეტ როლს ურბანული ინფრასტრუქტურის განვითარებაში (საყოფაცხოვრებო, საწარმოო და სანიტარული წყალმომარაგება, მწვანე საფარის უზრუნველყოფა სარწყავი წყლით და სხვ.), ნათელი ხდება აღმოსავლეთ საქართველოს ბუნებრივად ლიმიტირებული წყლის რესურსების პირობებში მათი ინტეგრირებული მენეჯმენტის სისტემის შექმნის აქტუალობა, რომლის პირველ საცდელ პოლიგონად შეიძლება დასახელდეს მდ. იორის აუზი, ხოლო შემდგომში ანალოგიურმა სამუშაოებმა შეიძლება მოიცვას აღმოსავლეთ საქართველოს ცენტრალურ ნაწილში ერთმანეთთან დაკავშირებული 3 წყალსაცავის სისტემა [20] მათ წყალმემკრებზე მოქმედი ტერიტორიულ-ეკონომიკური კომპლექსით.

განხილული საკითხის აქტუალობამ და პროექტ იორი-2-ში მონაწილეობამ ბიძგი მისცა ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის ახალგაზრდა სპეციალისტს, თსუ დოქტორანტს ს. მდივანს წარედგინა 2018 წლის ივნისში შ. რუსთაველის ეროვნულ სამეცნიერო ფონდში განაცხადი პროექტის შსრულებაზე „მდინარე არაგვის აუზის წყლის ინტეგრირებული მართვის საფუძვლები“ (ხელმძღვანელი დ. კერესელიძე).

წყლის რესურსების ინტეგრირებული მართვის პრობლემაზე საქართველოში ბოლო პერიოდში ჩატარებული სამუშაოების მოკლე მიმოხილვიდან შესაძლებელია შედგევი დასკვნების გამოტანა:

1. განხილული შრომების სიიდან შესაძლებელია 5 ნაშრომის გამოყოფა, რომელთაც შეიძლება საეტაპო მნიშვნელობა მიენიჭოს. მათ შორის პირველია გ. სვანიძის, ვ. ცომიასა და რ. მესხიას 2001 წელს გამოქვეყნებული კონცეპტუალური ნაშრომი [11], რომელშიც წყლის რესურსების კომპლექსური მართვის პრობლემასთან მიმართებაში გაანალიზებულია წყლის რესურსების რაციონალური გამოყენების გზები, ხაზგასმულია ახალი, თანამედროვე წყალდამზოვი სისტემების, ძირითადად წვეთოვანი მორწყვის სისტემების დანერგვის აუცილებლობა, წყალსაცავების ქსელის გაფართოების პერსპექტიულობა და ნალექთა ხელოვნური გაზრდის სამუშაოების აღდგენის მიზანშეწონილობა. განსაკუთრებით აქცენტირებულია სპეციალური საცდელი პოლიგონის შექმნის იდეა, რომელიც გამოყენებული იქნება წყლის რესურსების დაზოგვის, დაცვისა და კომპლექსური გამოყენების მეთოდების შესაქმნელად და პრაქტიკაში დასანერგად.

მეორე საეტაპო ნაშრომად შეიძლება ჩაითვალოს 2002 წელს გ. გრიგოლიას, ე. საბაძის და გ. ხმაღალის მიერ გამოქვეყნებული სტატია [20] სადაც გამოთქმულია აღმოსავლეთ საქართველოს ცენტრალურ ნაწილში არსებული 3 წყალსაცავის კომბინირებული მართვის იდეა წყალმოთხოვნილ პრიორიტეტების გათვალისწინებით. ნაშრომში შემოთავაზებულია ჩამონადენის მოდელირების მეთოდი, რომელიც ჰიდროლოგიურ დაკვირვებათა რიგების თანამედროვე მეთოდებით აღდენის შემდეგ შეიძლება მოყვანილ იქნას ოპერატიული გამოყენების დონემდე.

2. ამავე კატეგორიის მესამე საკვანძო ნაშრომად გვესახება ვ. გელაძის, გ. გელაძის, ნ. ბოლაშვილისა და ნ. მაჭავარიანის მიერ 2008 წელს გამოქვეყნებული სტატია [24], რომელშიც გეოგრაფიული საინფორმაციო სისტემები (გსს) მითითებულია როგორც წყლის რესურსული პოტენციალისა და მენეჯმენტის პრობლემის გადაჭრის ძირითადი საშუალება. ნაშრომში მოყვანილია ობიექტების ვრცელი სია, რომელთა მახასიათებლები საფუძვლად დაედება დასმული ამოცანის თანამედროვე დონეზე გადაჭრას.

3. წყლის რესურსების მართვის საკითხს კახეთის რეგიონში (ძირითადად მდ. ალაზნის აუზში) შეეხება 2011 წელს ნ. მაჭავარიანის, ვ. გელაძის, ნ. ბოლაშვილის, თ. ყარალაშვილისა და ნ. გეთიაშვილის მიერ მომზადებულ საეტაპო ნაშრომი [26], რომელშიც ჩამოყალიბებულია კახეთის რეგიონში წყლის რესურსების მართვის კონცეფცია გსს მონაცემების გამოყენებით.

4. დაბოლოს, მოყვანილი სიიდან მეხუთე საეტაპო ნაშრომად უნდა ჩაითვალოს, 2016 წელს, სტუ ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტში მდ. იორის აუზისთვის ჰიდრომეტეოროლოგიური პარამეტრების მონიტორინგის ბაზაზე დაგეგმილი წყლის ინტეგრირებული მენეჯმენტის სისტემის დასაბუთება [32], რომელშიც გათვალისწინებულია სტატიაში [11] გამოთქმული შენიშვნა ღრუბლებზე ზემოქმედების გზით წყლის რესურსების შევსების პერსპექტიულობის შესახებ.
5. წინამდებარე მიმოხილვის ანალიზიდან ვლინდება 2000-იანი წლების დასაწყისიდან აღმოსავლეთ საქართველოში წყლის რესურსების ინტეგრირებული მენეჯმენტის იდეის განვითარება ორი მიმართულებით - გსს მონაცემთა გამოყენებით მდ. ალაზნის აუზში და ჰიდრომეტეოროლოგიური პარამეტრების მონიტორინგის ქსელის მონაცემთა გამოყენებით მდ. იორის აუზში. პირველ მიმართულებას ავითარებს თსუ გეოგრაფიის ინსტიტუტი [26], ხოლო მეორეს - სტუ ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი [32]. მეორე მიმართულების სამუშაოებში ატმოსფერულ ნალექთა და მდინარეული ჩამონადენის მონიტორინგთან ერთად გათვალისწინებულია მდ. იორის აუზში ნალექთა ხელოვნური გაზრდის სამუშაოთა წარმოება.
6. მდინარის აუზში წყლის რესურსების მართვის ორივე კონცეფციაში დაუმუშავებელი რჩება ეკონომიკის ცალკეულ დარგებს შორის წყლის რესურსების განაწილების მათემატიკური მოდელი, რომელიც უნდა ითვალისწინებდეს კონკრეტული წლის ამინდის ცვლად პირობებში დარგების ეფექტურობას წყლის არსებულ და მოთხოვნად რესურსებს შორის.
7. ცალკე სამომავლო ამოცანას შეადგენს შერჩეული მდინარის აუზის ტერიტორიაზე ნალექთა, ზედაპირული ჩამონადენისა და მიწისქვეშა წყლების, ნიადაგის ზედაპირისა და მცენარეული საფარის შესახებ მონაცემთა შეგროვების, კომპიუტერული დამუშავებისა და ანალიზის ერთიანი სისტემის შექმნა შემდგომში გარემოს მონიტორინგის სისტემაში მისი გაერთიანების პერსპექტივით.
8. ინტეგრირებული მენეჯმენტის სისტემის ამოქმედების შემდეგ არანაკლებ მნიშვნელობას შეიძენს მიღებული პროდუქციის /ინფორმაციის მომხმარებლამდე მიყვანა და შედეგების ადგილზე რეალიზება ჩატარებული სამუშაოების ეფექტურობის შესაფასებლად.

ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. Adaptation Policy Frameworks for Climate Change. UNDP, 2005.
2. INBO Newsletter, 2016, N 24.
3. უკლება ნ.ლ. საქართველოს სსრ წყლის რესურსების კომპლექსური გამოყენება სახალხო მეურნეობაში. თსუ გამომცემლობა, თბილისი, 1977.
4. Tsintsadze T.N. A Mathematical Model of Formation of the River Run-off in the Case of Anthropogenic Influence on Croud Systems. Internat. Conference "Hydrological Processes in the Catchment". Krakow, Poland, 1986, pp 163-169.
5. Сванидзе Г.Г., Бегалишвили Н.А., Цинцадзе Т.Н. О гидрологическом методе оценки эффекта воздействия в рандомизированных экспериментах по увеличению осадков из конвективных облаков. Сообщения АН Груз.ССР, 1985, том 117, №1, с. 69-72.
6. Сванидзе Г.Г., Ватьян М.Р., Капанაძე Н.И. К оценке рандомизированных экспериментов в проекте увеличения осадков "Иори". Матер. Всесоюзного семинара-совещания "Планирование и оценка эффективности работ по искусственному увеличению осадков". Тбилиси, 1986, с. 43-45.
7. სვანიძე გ., ბეგალიშვილი ნ., ბერიტაშვილი ბ. აღმოსავლეთ საქართველოში ნალექთა ხელოვნური გაზრდის პროექტის შედეგები. თბილისის გეოფიზიკური ობსერვატორიის 150 წლისთავისადმი მიძღვნილი შრომათა კრებული. "მეცნიერება", თბილისი, 1997, გვ. 51-58.
8. ჩიკვაძე გ., შველიძე ო., გელაძე ი. საქართველოში სამელიორაციო სისტემების პროექტირებისა და ექსპლუატაციისათვის საჭირო კომპლექსური წყალბალანსური გამოკვლევები. საქ. მეცნ. აკად. ჰიდრომეტ. ინსტ. შრომები, 1996, ტომი 100, გვ. 143-147.
9. ჩიკვაძე გ. წვეთოვანი მორწყვის სისტემა და მისი აღჭურვილობა. საქ. მეცნ. აკად. ჰიდრომეტ. ინსტ. შრომები, 1998, ტომი 101, გვ. 234-244
10. ჩიკვაძე გ., შველიძე ო., გელაძე ი., დევდარიანი ნ., არქიელიძე ნ. გვალვიან რაიონებში წვეთოვანი მორწყვის დანერგვა, როგორც წყლის რესურსების რაციონალურად გამოყენების და გვალვასთან ბრძოლის ღონისძიება. საქ. მეცნ. აკად. ჰიდრომეტ. ინსტ. შრომები, 2002, ტომი 107, გვ. 218-222.
11. სვანიძე გ., ცომაია ვ., მესხია რ. საქართველოს წყლის რესურსების მოწყვლადობა და ადაპტაციის ღონისძიებები. საქ. მეცნ. აკად. ჰიდრომეტ. ინსტ. შრომები, 2001, ტომი 106, გვ. 11-30.
12. საქართველოს პირველი ეროვნული შეტყობინება გაეროს კლიმატის ჩარჩო კონვენციაზე. თავი 8. კლიმატის მოსალოდნელი ცვლილების მიმართ ადაპტაციის ღონისძიებთა ანალიზი და სტრატეგია. კლიმატის კვლევის ეროვნული ცენტრი. თბილისი, 1999, გვ. 119-124.

13. სვანიძე გ., ჩიკვაძე გ. აღმოსავლეთ საქართველოს მდინარეთა აუზებში სარწყავი წყლის დეფიციტის საკითხისთვის. საქ. მეცნ. აკად. ჰიდრომეტ. ინსტ. შრომები, 2001, ტომი 106, გვ. 31-39.
14. გელაძე ი., დევიდარიანი ნ., კოპაძე ს., ჩიკვაძე გ., შველიძე ო. ოპტიმიზებული მორწყვის ნორმები ძირითადი კულტურების ზრდა-განვითარების სხვადასხვა პერიოდისათვის აღმოსავლეთ საქართველოს პირობებში. საქ. მეცნ. აკად. ჰიდრომეტ. ინსტ. შრომები, 2001, ტომი 106, გვ. 108-118.
15. მესხია რ. წყლის ბალანსის სტრუქტურა ლანდშაფტის ტიპების მიხედვით. საქ. მეცნ. აკად. ჰიდრომეტ. ინსტ. შრომები, 2001, ტომი 106, გვ. 165-169.
16. მესხია რ. ნიადაგისა და მცენარეული საფარის მიერ ნალექის დაკავების ფენის გაანგარიშება მდინარის ჩამონადენის მოდელირებისათვის. ჰიდრომეტ. ინსტიტუტის შრომები, 2007, ტომი 111, გვ. 58-61.
17. ბეგალიშვილი ნ. ცომაია ვ., ბეგალიშვილი ნ. კლიმატის ცვლილების პირობებში მდინარეული ჩამონადენის ცვლილების შეფასება მათემატიკური მოდელის საფუძველზე. ჰიდრომეტ. ინსტიტუტის შრომები, 2002, ტომი 107, გვ. 133-138.
18. ბასილაშვილი ც., კარტაშოვა ნ., კობახიძე ნ. მდინარეთა წყლიანობა სავეგეტაციო პერიოდში და მისი პროგნოზირება მთავარი სარწყავი სისტემების მომსახურებისთვის. საქ. მეცნ. აკად. ჰიდრომეტ. ინსტ. შრომები, 2002, ტომი 107, გვ. 139-146.
19. Basilashvili Ts. Impact of climate change on river resources flowing into mountain water reservoir and its forecast (on the example of Zhinvali water reservoir). Proceedings ICAE-2015. Tbilisi State University, 2015, pp. 70-74.
20. გრიგოლია გ. საბაძე ე., ხმალაძე გ. გვალვის შედეგების შერბილების შესაძლებლობა იორი-არაგვის წყალსამურნეო კომპლექსური სისტემის გამოყენებით. საქ. მეცნ. აკად. ჰიდრომეტ. ინსტ. შრომები, 2002, ტომი 107, გვ. 200-205.
21. Jones R. Water resources case study: The Murray- Daling Basin in Australia. Adaptation Policy Frameworks for Climate Change. UNDP, 2005, pp. 241-244.
22. Yates D., Purkey D., Sieber Y., Huber – Lee a., Galbraith H. WEAP21 –A demand -, priority,- and preference - driven water planning model. Water International, 2005, vol. 30, N4, pp. 501-512.
23. საქართველოს მეორე ეროვნული შეტყობინება კლიმატის ცვლილების ჩარჩო კონვენციისათვის. საქ. გარემოს დაცვისა და ბუნ. რეს. სამინისტრო/UNDP. თბილისი, 2009, გვ. 164-166.
24. ვ. გელაძე, გ. გელაძე ნ. ბოლაშვილი, ნ.. მაჭავარიანი. საქართველოს მტკნარი წყლის რესურსული პოტენციალი და მენეჯმენტი. ჰიდრომეტ. ინსტიტუტის შრომები, 2008, ტომი 115, გვ. 41-45.
25. Водные ресурсы Закавказья (под ред. Г.Г. Сванидзе и В.Ш. Цома), гл. 6-Водообеспеченность и использование водных ресурсов. Гидрометеиздат, Ленинград, 1988, стр. 255-258.
26. მაჭავარიანი ნ., გელაძე ვ., ბოლაშვილი ნ., ყარალაშვილი თ., გეთიაშვილი ნ. კახეთის წყლის რესურსების რაციონალური გამოყენების პრობლემები კლიმატის მოსალოდნელი ცვლილების ფონზე. თსუ გეოგრაფიის ინსტიტუტის შრომათა კრებული, 2011, ახალი სერია, N3 (82), თბილისი, გვ. 247-250.
27. Geladze V., Bolashvili N., Karalashvili T., Machavariani N. , Chikhradze N., Kartvelishvili D. Proceedings ICAE 2015. Tbilisi State University, 2015, pp. 79-82.
28. გრიგოლია გ., ალავერდაშვილი მ., ტრაპაძე ვ., ბრეგვაძე გ., კიკნაძე დ., ხუფენია ნ., კოკია ნ., კლიმატის ცვლილების ფონზე მდინარის ჩამონადენის და ნალექების ერთობლივი სტატისტიკური ანალიზი. ჰიდრომეტ. ინსტიტუტის შრომები, 2008, ტომი 115, გვ. 105-111.
29. Beritashvili B., Shvangiradze M., Kapanadze N., Tsintsadze N. Adaptation to climate change in Georgia. Proceedings ICAE-2015. Tbilisi State University, 2015, pp. 67-69.
30. კლიმატის ცვლილება და კახეთის სოფლის მეურნეობა. სტრატეგიული სამოქმედო გეგმა UNDP-Georgia, 2014, გვ. 190.
31. Степанян В.Э., Галстян М.А. Интегрированное управление водными ресурсами Армении.
32. გეოგრაფიისა და ანთროპოლოგიის თანამედროვე პრობლემები. აკად. ალ. ჯავახიშვილის 140-ე წლისთავისადმი მიძღვნილი საერთაშორისო კონფერ. მასალები. თსუ, თბილისი, 2015, გვ. 237-239
33. თ. ცინცაძე, ბ. ბერიტაშვილი, ნ. კაპანაძე, მდინარე იორის აუზში წყლის ინტეგრირებული მენეჯმენტის სისტემის შექმნის დასაბუთება. ნაწილი I. ჰიდრომეტეოროლოგიური პარამეტრების მონიტორინგის სისტემა. ნალექთა ხელოვნური გაზრდა. სტუ ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი. თბილისი, 2016, (პროექტი „იორი-2“)
34. კლიმატის ცვლილებასთან ადაპტაციის გზამკვლევი. სოფლის მეურნეობის მგრძობიარობა კლიმატის ცვლილების მიმართ. ირიგაციის სისტემის ფაქტიური გამოყენების მაჩვენებლები მუნიციპალიტეტების მიხედვით 2015 წლისთვის. NALAG/USAID, 2016, გვ. 113.
35. ბერიტაშვილი, ნ. კაპანაძე, თ. ცინცაძე, ლ. ქართველიშვილი, ნ. ზოტიკიშვილი. კლიმატის ცვლილებასთან ადაპტაციის პოტენციალის დადგენა საქართველოს ეკონომიკის პრიორიტეტული

სექტორებისათვის. დასკვნითი ანგარიში (2015-2017). შემსრულებლები ბ სტუ ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი, თბილისი 2017.

საქართველოში წყლის რესურსების ინტეგრირებული მართვის პრობლემაზე 1980-იანი წლებიდან წარმოებულ სამუშაოთა მოკლე მიმოხილვა. /თ. ცინცაძე, ბ. ბერიტაშვილი, ნ. კაპანაძე, ს. მდივანი/სტუ-ს კმი-ის სამეცნ. რეფ. შრ. კრებ. - 2018. - ტ.125. - გვ.27-38. - ქართ.; რეზ.: ქართ., ინგლ., რუს. მიმოხილულია ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტში წყლის რესურსების შევსებისა და მართვის პრობლემაზე 1970-იანი წლების მეორე ნახევრიდან წარმოებული სამუშაოები. პირველ ეტაპზე ეს სამუშაოები მოიცავდა მდ. იორის აუზის ზემოწელში კონვექციური ღრუბლებიდან ნალექთა ხელოვნური გაზრდის ექსპერიმენტებს. 1979-1990 წწ. პერიოდში ჩატარებული 970 ექსპერიმენტის შედეგად მიღებულ იქნა 1000კმ² ფართობის აუზის ტერიტორიაზე წყლის პოტენციური რესურსების 7-12%-ით გაზრდის შესაძლებლობა სანდო ალბათობის დონეზე 0.90. სამუშაოთა მეორე ეტაპი დაიწყო 1995 წელს სამელიორაციო სისტემების პროექტირებისა და ექსპლუატაციისათვის საჭირო წყალბალანსური გამოკვლევების პროგრამის შედგენით. მის შესასრულებლად ინსტიტუტში სხვა სამუშაოებთან ერთად გაანალიზდა საქართველოს წყლის რესურსების გამოყენების, მოწყვლადობისა და 2075 წლამდე პროგნოზირების საკითხები, შეფასდა აღმოსავლეთ საქართველოს მდინარეთა აუზებში სარწყავი წყლის დეფიციტი და შემუშავდა ოპტიმალური მორწყვის ნორმები ძირითადი კულტურების ზრდა-განვითარების სხვადასხვა პერიოდისათვის. დამუშავდა აღმოსავლეთ საქართველოს მთავარი მდინარეების წელიწადობის პროგნოზირების სხვადასხვა მეთოდები. განხილულია აგრეთვე თსუ გეოგრაფიის ინსტიტუტის მიერ შესრულებული რამდენიმე ნაშრომი, რომლებიც შეეხება გეოსაინფორმაციო ტექნოლოგიების მონაცემთა გამოყენებით მდ.ალაზნის აუზში წყალსამეურნეო მართვის ავტომატიზებული სისტემების დანერგვის საკითხს. ცალკეა გამოყოფილი ჰიდრომეტეოროლოგიის მიერ მდ. იორის აუზის წყლის რესურსების ინტეგრირებული მენეჯმენტის სისტემის შექმნის პრობლემა, რომელშიც შედის ინსტიტუტის სამუშაოთა პირველ ეტაპზე მიღებული შედეგების გამოყენება..

Overview of activities carried out since 1980es in Georgia on the problem of integrated management of water resources. /T. Tsintsadze, B. Beritashvili, N. Kapanadze, S. Mdivani/. Transactions of the IHM at the GTU. - 2018. - vol.125. - pp.28-39. - Georg.; Summ: Georg., Eng., Rus.

Activities undertaken by the Institute of Hydrometeorology since the end 1970es on the problem of refilling and management of water resources are reviewed. At the first stage these works comprised precipitation enhancement experiments from the convective clouds in the upper part of R. Iori basin. Resulting from 970 tests carried out during the 1979-1990 period, the possibility of increasing potential water resources by 7-12% at the confidence probability level 0.90 has been established. The second stage started in 1995 with working out of program on water balance research. For its implementation, among other topics, the use, vulnerability and projection up the 2075of Georgia's water resources were analyzed, deficiency of irrigation water in the catchments of rivers in East Georgia was assessed and optimal irrigation norms for main crops were determined. Different methods for the prediction of water content in the rivers of East Georgia were worked out. Some works performed by the TSU Institute of Geography are also discussed concerning the use of GIS for the integrated management of water resources in the basin of R. Alazani. Separately is reviewed the problem of creation of integrated water management system in the catchment of R. Iori which includes the application of results obtained by the Institute of Hydrometeorology at the initial stage of activities in this field.

Обзор работ, выполненных в Грузии с 1980-х годов в области проблемы интегрированного управления водными ресурсами/Цинцадзе Т.Н., Бериташвили Б.Ш., Капанадзе Н.И., Мдивани С.Г./ Сб. Трудов ИГМ ГТУ-а. - 2018. - вып.125. - с.28-39. - Груз.; Рез: Груз., Англ., Рус.

Дан обзор работ, выполненных с конца 1970-х годов в Институте гидрометеорологии по проблеме пополнения и управления водных ресурсов. На первом этапе эти работы включали эксперименты по искусственному увеличению осадков из конвективных облаков в верхней части бассейна р.Иори. В результате проведения 970 экспериментов за период 1979-1990 гг. была установлена возможность увеличения потенциальных водных ресурсов на 7-12% при уровне доверительной вероятности 0.90. Второй этап был начат в 1995 году составлением программы воднобалансовых исследований. Для ее выполнения наряду с другими работами, были проанализированы вопросы использования, уязвимости и прогнозирования водных ресурсов Грузии до 2075 года, был оценен дефицит поливной воды в бассейнах рек Восточной Грузии и определены оптимальные нормы полива для основных сельскохозяйственных культур. Были разработаны различные методы прогнозирования водности главных рек Восточной Грузии. Рассмотрены также несколько Трудов Института географии ТГУ, касающихся вопроса внедрения автоматизированных систем водохозяйственного управления в бассейне р.Алазани с использованием данных ГИС. Отдельно выделена проблема создания в бассейне р.Иори интегрированной системы менеджмента водных ресурсов, в которую входит использование результатов работ, выполненных в Институте гидрометеорологии на первом этапе разработки этой