



სსიპ ბათუმის შოთა რუსთაველის სახელმწიფო უნივერსიტეტი
საბუნებისმეტყველო მეცნიერებათა და ჯანდაცვის ფაკულტეტი
ბიოლოგიის დეპარტამენტი

მირანგულა ლიპარტელიანი

ანთროპოგენური ფაქტორების გავლენის თანამედროვე მდგომარეობა შავი
ზღვის აუზის ჰიდრობიონტებზე

ავტორეფერატი

(წარდგენილი ბიოლოგიის დოქტორის აკადემიური ხარისხის
მოსაპოვებლად)

სამეცნიერო ხელმძღვანელები:

თეა მჭედლური - ბიოლოგიის დოქტორი, პროფესორი
ქეთევან დოლიძე - ბიოლოგიის დოქტორი, პროფესორი

ბათუმი 2023

სადისერტაციო ნაშრომი შესრულებულია სსიპ „ბათუმის შოთა რუსთაველის სახელმწიფო უნივერსიტეტის“ საბუნებისმეტყველო მეცნიერებათა და ჯანდაცვის ფაკულტეტის ბიოლოგიის დეპარტამენტში

სამეცნიერო ხელმძღვანელები:

თეა მჭედლოური – პროფესორი, ბიოლოგიის დოქტორი.

იაკობ გოგებაშვილის სახელობის თელავის სახელმწიფო უნივერსიტეტი.

ქეთევან დოლიძე - პროფესორი, ბიოლოგიის დოქტორი.

ბათუმის შოთა რუსთაველის სახელმწიფო უნივერსიტეტი.

შემფასებლები:

ნანა ზარნაძე - ასოცირებული პროფესორი, ბიოლოგიის დოქტორი.

ბათუმის შოთა რუსთაველის სახელობის უნივერსიტეტი

ლალი ჟღენტი – ასოცირებული პროფესორი. ბიოლოგიის დოქტორი.

ბათუმის შოთა რუსთაველის სახელობის უნივერსიტეტი

ნუგზარ ბუაჩიძე - ქიმიის მეცნიერებათა დოქტორი. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი. ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი. მთავარი მეცნიერ თანამშრომელი. ექსპერტი გარემოს დაცვით საკითხებში.

სადისერტაციო ნაშრომის დაცვა შედგება _____ ბათუმის შოთა რუსთაველის სახელმწიფო უნივერსიტეტის საბუნებისმეტყველო მეცნიერებათა და ჯანდაცვის ფაკულტეტის დარგობრივი სადისერტაციო კომისიის სხდომაზე.

მისამართი: ბათუმი, რუსთაველის/ნინოშვილის ქ. 32/35, 328 აუდიტორია.

სადისერტაციო ნაშრომის გაცნობა შესაძლებელია ბათუმის შოთა რუსთაველის სახელმწიფო უნივერსიტეტის ბიბლიოთეკასა და ამავე უნივერსიტეტის ვებ-გვერდზე www.bsu.edu.ge

ბათუმის შ. რუსთაველის სახელმწიფო უნივერსიტეტის

საბუნებისმეტყველო მეცნიერებათა და ჯანდაცვის ფაკულტეტის

სადისერტაციო საბჭოს მდივანი

ნანა ზარნაძე

ნაშრომის საერთო დახასიათება

თემის აქტუალობა: საქართველო მდიდარია მტკნარი წყლის რესურსებით. სამწუხაროდ, მდინარეების წყლის ხარისხი ხშირად არ შეესაბამება ევროპაში დადგენილ ნორმებს. დღეისათვის აქტუალურ პრობლემას წარმოადგენს წყლის სისუფთავე და ეკოსისტემების დაცვა. წყალსატევების დაჭუჭყიანების ძირითადი მიზეზი ანთროპოგენური დაბინძურებაა. მათი მთავარი დამაბინძურებელია სამრეწველო, სამეურნეო-საყოფაცხოვრებო ჩამდინარე წყლები, სოფლის მეურნეობაში გამოყენებული შხამ-ქიმიკატები და სასუქები. საყოფაცხოვრებო ნახმარი წყლები იწვევენ წყალსატევის ფეკალურ დაბინძურებას, ასეთ გარემოში მრავლადაა პათოგენური მიკროორგანიზმები, რომლებიც წარმოადგენენ ინფექციური სნეულებების გავრცელების წყაროს. დღეს მოქმედი გამწმენდი ნაგებობები ტექნიკურად არასრულყოფილი და არაეფექტურია, რის გამოც, ვერ ხერხდება ჩამდინარე წყლების გაფილტვრა/გასუფთავება. ამ გზით წყლის ობიექტებში ხვდება დიდი ოდენობით ბიოგენური ნივთიერებები, რომლებიც წყალმცენარეების აქტიურ ზრდას (ევტროფიკაციას) იწვევს, რასაც წყალში ჟანგბადის გამოლევა და წყლის ეკოსისტემის რღვევა შეიძლება მოჰყვეს. საქართველოს მდინარეებში ევტროფიკაციის მოვლენა ჯერჯერობით არ არის შემჩნეული.

შავი ზღვა წარმოადგენს ერთ-ერთ უდიდეს შიდაკონტინენტურ ზღვას. მას ეკოლოგიური პრობლემა შეიძლება შეუქმნას იმ მდინარეებმა, რომლებიც მასში ჩაედინებიან. შავი ზღვის დაბინძურების პრობლემა ბოლო ათწლეულებში სულ უფრო იზრდება და მეტ აქტუალობას იძენს. ანთროპოგენური დატვირთვის ფონზე, მდინარეებში გადამეტებული დაბინძურების შემთხვევაში, ეკოსისტემა შეიძლება სერიოზულად დაზიანდეს ან მთლიანად განადგურდეს. დაქვეითდეს წყლის თვითგაწმენდის უნარი, დაჩქარდეს ევტროფიკაციის პროცესი და გაიზარდოს ინფექციური აგენტების გავრცელების შესაძლებლობა. ძლიერი ანთროპოგენური დაბინძურების შედეგად, ხშირ შემთხვევაში, ხდება წყლის რესურსების დეგრადაცია, რაც წყალსატევების ეკოსისტემაში ბალანსის რღვევას, ეკოლოგიური და რეკრეაციული

მდგომარეობის მკვეთრად გაუარესებას გამოიწვევს (Barnes,R.S.& Mann, K. H. 1991).

უმნიშვნელოვანეს პრობლემას წარმოადგენს წყალსატევების მძიმე ლითონებით დაბინძურება, რაც ძირითადად ანთროპოგენული დაჭუჭყიანების შედეგად ხდება. მათი მაღალი ტოქსიკურობის გამო, მცირე კონცენტრაციებიც კი შესაძლებელია დამლუპველი აღმოჩნდეს თევზებისა და წყალსატევების ეკოსისტემების სხვა ცოცხალი ორგანიზმებისათვის (ონიანი.ჯ 2000). მათში ტოქსიკური ნივთიერებების მოხვედრის შედეგად, შესაძლებელია მოხდეს იხტოფაუნის მასობრივი მოწამვლა, რასაც კვებითი ჯაჭვის მეშვეობით მოჰყვება სხვა ცოცხალი ორგანიზმების მოწამვლაც, ბუნებრივი ლანდშაფტების მდგომარეობის გაუარესება, მიკრობულ პოპულაციებს შორის წონასწორობის დარღვევა და ა.შ. ყოველივე ეს უდიდეს საფრთხეს უქმნის როგორც ბიომრავალფეროვნებას და ეკოსისტემების მთლიანობას, ასევე, ადამიანის ჯანმრთელობას.

ვინაიდან, შავი ზღვა გარკვეული ანთროპოგენური დაბინძურების ქვეშ იმყოფება, უმნიშვნელოვანესია მისი დაბინძურების წყაროების დადგენის მიზნით, შესწავლილ იქნას მასში ჩამდინარე მდინარეების ანთროპოგენური დაბინძურების გავლენა ეკოლოგიური მდგომარეობაზე, თვითგაწმენდის პროცესებზე, წყლის ეკოსისტემებზე. ჰიდრობიონტებსა და თევზებზე. შავი ზღვის აუზის მდინარეების ეკოლოგიური სიტუაციის შესაფასებლად, აუცილებელია ხორციელდებოდეს მათი უწყვეტი მონიტორინგი, ამასთანავე, უკვე არსებული ინფორმაციის გაანალიზების საფუძველზე, ეკოსისტემაში მიმდინარე პროცესების ტენდენციების გამოვლენა, შეფასება და კონტროლი.

კვლევის მიზანი და ამოცანები: კვლევის მიზანს წარმოადგენდა შავი ზღვის აუზის მდინარეების - ჭოროხის, აჭარისწყალის, კუბისწყალის, ბარცხანას, ჩაქვისწყლის თანამედროვე ეკოლოგიურ მდგომარეობაზე ანთროპოგენური ფაქტორების ზემოქმედების დადგენა; მდინარეების წყლის სანიტარულ-მიკრობიოლოგიური და ეკოქიმიური მონიტორინგი; თევზებში ისეთი საშიში მძიმე ლითონების შემცველობის განსაზღვრა, როგორცაა Hg და Cd; წყლის ჩარჩო ევროდირექტივის - 2000/60/EC-ის მიერ შემოთავაზებული მეთოდიკის მიხედვით, მდინარე ბარცხანასა და

აჭარისწყლის კლასიფიკაციის მინიჭება ინტეგრალური ჰიდროქიმიური მაჩვენებლების მიხედვით.

მიზნის მისაღწევად დასახული იყო შემდეგი ამოცანები: მდინარეების წყალში სანიტარულ-მიკრობიოლოგიური მაჩვენებლების (ტოტალური კოლიფორმები, *Escherichia coli*, ფეკალური სტრეპტოკოკები, *Salmonella*) განსაზღვრა; წყლის ჰიდროქიმიური და ფიზიკურ-ქიმიური პარამეტრების, ძირითადი იონების, ბიოგენური ელემენტების და მძიმე ლითონის შემცველობის განსაზღვრა მდინარეების წყალსა (*Fe, Cu, Zn, Pb, Hg, Cd*) და ფსკერულ ნალექებში (*Ni, Cu, Zn, As, Cr, Fe, Mn*); თევზების ორგანიზმში ვერცხლისწყლის და კადმიუმის შემცველობის დადგენა; წყლის ჩარჩო ევროდირექტივის მიერ შემოთავაზებული მეთოდიკის მიხედვით, მდინარე ბარცხანას და აჭარისწყლის წყლის ხარისხი შეფასება და კლასიფიკაციის მინიჭება.

კვლევის ობიექტი და მეთოდები: კვლევის ობიექტად შერჩეულ იქნა შავი ზღვის აუზის მდინარეები - ჭოროხი, აჭარისწყალი, კუბისწყალი, ბარცხანა, ჩაქვისწყალი. მდინარეების თანამედროვე ეკოლოგიური მდგომარეობის, მათზე ანთროპოგენური დამაბინძურებლების გავლენის და თევზებში ზოგიერთი მძიმე ლითონის შემცველობის დასადგენად, კვლევებს ვატარებდით 2019, 2020 და 2021 წლებში სეზონურად.

საკვლევ მდინარეებზე სინჯების აღება ხდებოდა წინასწარი შერჩეული სქემის მიხედვით. წყლის საველე გაზომვებს ვატარებდით ადგილზე, საველე პორტატული აპარატით - HORIBA-1. სანიტარულ-მიკრობიოლოგიურ მაჩვენებლების გამოთვლას ვაწარმოებდით მემბრანულ-ფილტრაციის მეთოდით; მძიმე ლითონებს ვსაზღვრავდით აქსიალური ინდუქციური პლაზმის (ICP-OES) სპექტრომეტრით; არაორგანული დამაბინძურებლების რაოდენობრივი განსაზღვრისათვის ვიყენებდით ბიქრომატულ ჟანგვადობას. წყალში ანიონების განსაზღვრისათვის კი - იონ-ქრომატოგრაფულ მეთოდს. ატომურ-აბსორბციული მეთოდით ვსაზღვრავდით წყალში ვერცხლისწყლის და კადმიუმის შემცველობას, თევზის ორგანიზმში ვერცხლისწყლის კონცენტრაციას - კოლორიმეტრული მეთოდით, ხოლო კადმიუმის შემცველობას-ატომურ-აბსორბციული მეთოდით.

მატერიალურ-ტექნიკური ბაზა. გარემოს ეროვნული სააგენტო. ატმოსფერული ჰაერის, წყლისა და ნიადაგის ანალიზის ლაბორატორია. გ. ნათაძის სახელობის სანიტარიის, ჰიგიენის და სამედიცინო ეკოლოგიის სამეცნიერო-კვლევითი ინსტიტუტი

ნაშრომის მეცნიერული სიახლე და პრაქტიკული ღირებულება: განხორციელებული სამეცნიერო კვლევის შედეგებს მნიშვნელოვანი მეცნიერული და პრაქტიკული ღირებულება გააჩნია. 2019-2021 წლების განმავლობაში პირველად იქნა ჩატარებულია შავი ზღვის აუზის მდინარეების - ჭოროხის, აჭარისწყალის, კუბისწყალის, ბარცხანას, ჩაქვისწყლის სისტემური სანიტარულ-მიკრობიოლოგიური და სანიტარულ-ქიმიური კვლევა; შეფასებულია მდინარეების წყლის ხარისხი, მათზე ანთროპოგენური ფაქტორების გავლენა და მათში მიმდინარე თვითგაწმენდის პროცესების დინამიკა; მდინარეების წყალსა და ფსკერულ ნალექებში განსაზღვრულია ზოგიერთი მძიმე ლითონის შემცველობა, ხოლო მდინარეების წყალში დამატებით - ვერცხლისწყლისა და კადმიუმის შემცველობები. მნიშვნელოვანია, რომ საქართველოში, ჩვენს მიერ, პირველად იქნა განსაზღვრული მოცემულ მდინარეების თევზებში Hg და Cd ის შემცველობა. ასევე პირველად იქნა განსაზღვრული წყლის ჩარჩო ევროდირექტივის - 2000/60/EC-ის მიერ შემოთავაზებული მეთოდიკის მიხედვით, მდინარე ბარცხანასა და აჭარისწყლის ეკოლოგიური ხარისხი და მათი კლასიფიკაცია ინტეგრალური ჰიდროქიმიური მაჩვენებლების მიხედვით.

აღსანიშნავია, რომ სადისერტაციო ნაშრომში წარმოდგენილი კვლევის შედეგები აქტუალობით, მეცნიერული სიახლით, ექსპერიმენტით და დასკვნების დონის მიხედვით, გარკვეულ თეორიულ და პრაქტიკულ ინტერესს იწვევს. კვლევის შედეგების გამოყენება შესაძლებელია შავი ზღვის აუზის მდინარეების ეკოლოგიური უსაფრთხოების, სისტემის სრულყოფისა და პრაქტიკული რეკომენდაციების შემუშავებისათვის.

სადისერტაციო ნაშრომის სტრუქტურა: სადისერტაციო ნაშრომი შესრულებულია 121 ნაბეჭდ გვერდზე. შედგება შესავლის, ლიტერატურული მიმოხილვის, 5 თავის, 21 ქვეთავის, დასკვნების და გამოყენებული ლიტერატურის ჩამონათვალისაგან. გამოყენებული ლიტერატურა შეიცავს 120 ლიტერატურულ წყაროს. მათგან 27

ქართულენოვანი, 23 რუსულენოვანი და 70 ინგლისურენოვანი წყარო. ტექსტში მოცემულია 60 ცხრილი და 14 გრაფიკი.

კვლევის შედეგების აპრობაცია და პუბლიკაცია: სადისერტაციო თემის ირგვლივ გამოქვეყნებულია 5 სამეცნიერო ნაშრომი. მათ შორის 1 სკოპუსის, ხოლო 4 იმფაქტ ფაქტორის კლასიფიკატორის მქონე ჟურნალში. 1 საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენციის მასალებში.

თავი 1. ლიტერატურის მიმოხილვა

სადისერტაციო ნაშრომში გაანალიზებულია 120 ლიტერატურული წყარო, სადაც განხილულია სადისერტაციო თემასთან დაკავშირებული საინფორმაციო წყაროების ანალიზი და კვლევის პრობლემასთან დაკავშირებით ძირითადი შედეგები და კონცეფციები. ლიტერატურულ მიმოხილვაში განხილულია მტკნარი წყლის ეკოსისტემები და მათი ბიომრავალფეროვნება, წყალსატევების ეკოსისტემებში მძიმე ლითონების გავრცელება და მათი ტოქსიკური მოქმედება ჰიდრობიონტებზე, ანთროპოგენური ფაქტორების გავლენა წყალსატევებზე და ევტროფიკაციის ზემოქმედების მექანიზმები, ასევე მასში მიმდინარე თვითგაწმენდის პროცესები. აღნიშნული თემატიკის განხილვისას, გამოყენებულია აგრეთვე უახლესი სამეცნიერო სტატიები.

თავი 2. კვლევის ობიექტი და მეთოდები

კვლევის ობიექტად შერჩეულ იქნა შავი ზღვის აუზის მდინარეები - ჭოროხი აჭარისწყალი, კუბისწყალი, ბარცხანა, ჩაქვისწყალი. მდინარეებზე ანთროპოგენური ფაქტორების თანამედროვე მდგომარეობის დასადგენად და ჰიდრობიონტებზე/თევზებზე მათი გავლენის შესაფასებლად, კვლევებს ვაწარმოებდით 2019-2021 წლებში სეზონურად (გაზაფხული-ზაფხული-შემოდგომა).

სინჯების აღება, შეფუთვა ტრანსპორტირება და ლაბორატორიაში ანალიზების ჩატარება ხდებოდა ISO და EPA სტანდარტების შესაბამისად. საველე სამუშაოების დაწყებამდე, ჩვენს მიერ, გაიწერა ყველა სტანდარტული პროცედურა, რაც უზრუნველყოფდა ნიმუშების სწორად აღებას, შენახვასა და ტრანსპორტირებას.

მდინარეების სანიტარულ-ქიმიური და სანიტარულ-მიკრობიოლოგიური მდგომარეობის დასადგენად გამოყენებულ იქნა შემდეგი კვლევის მეთოდები: წყლის სინჯის აღების მეთოდი, წყლის ძირითადი ჰიდროქიმიური პარამეტრებს (pH, ტემპერატურა, ელექტროგამტარობა და გახსნილი ჟანგბადის შემცველობა) ვსაზღვრავდით - HORIBA ფირმის პორტატული საველე აპარატით. წყლის სიმღვრივეს - ტურბიდიმეტრული მეთოდით, პორტატული აპარატის HANNA Instruments Turbidimeter გამოყენებით. მძიმე ლითონებს განსაზღვრისათვის ვიყენებდით აქსიალური ინდუქციური პლაზმის (ICP-OES) სპექტრომეტრის მეთოდს, ანიონებს ვსაზღვრავდით იონ-ქრომატოგრაფული მეთოდით, წყალში Hg და Cd - ატომურ-აბსორბციული მეთოდით. თევზებში ვერცხლისწყლის კონცენტრაციას-კოლორიმეტრული მეთოდით, ხოლო კადმიუმს - ატომურ-აბსორბციული მეთოდით. ტოტალური კოლოფორმების, Enterococcus faecalis და E.coli განსაზღვრისათვის გამოყენებულ იქნა მემბრანული ფილტრაციის მეთოდი.

საანალიზო სინჯებში განვსაზღვრეთ სანიტარულ-მიკრობიოლოგიური მაჩვენებლები - ტოტალური კოლიფორმები, Escherichia coli, ფეკალური სტრეპტოკოკები, Salmonella, წყლის ჰიდროქიმიური და ფიზიკურ-ქიმიური პარამეტრები (სუნი, სიმღვრივე, pH, ელექტროგამტარობა, ტემპერატურა, წყალში გახსნილი ჟანგბადი, ჟბმ₅); ძირითადი იონები (HCO_3^- , Cl^- , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , SO_4^{2-}), ბიოგენური ელემენტები - (NO_2^- , NO_3^- , NH_4^+ , PO_4^{3-}), მძიმე ლითონის შემცველობა მდინარეების წყალში (Fe, Cu, Zn, Pb, Hg, Cd) და ფსკერულ ნალექებში (Ni, Cu, Zn, As, Cr, Fe, Mn,).

კვლევის შედეგების ანალიზი

თავი 3. შავი ზღვის აუზის საქართველოს სანაპირო ზოლის მდინარეების (ჭოროხი, აჭარისწყალი, კუბისწყალი, ბარცხანა, ჩაქვისწყალი) ეკოქიმიური და მიკრობიოლოგიური კვლევის შედეგები

შავი ზღვის აუზის დაბინძურების პრობლემა ბოლო ათწლეულებში სულ უფრო იზრდება და მეტ აქტუალურობას იძენს. მიუხედავად ამისა, ბიოლოგიური თვითგაწმენდის საკითხები დღემდე არ არის სათანადოდ შესწავლილი და შეფასებული. სამრეწველო-ეკონომიკური ზრდა უარყოფითად აისახება წყლის ეკოსისტემებზე (ონიანი, ჯ 2000) მდინარეებში გადამეტებული დაბინძურების შემთხვევაში, ეკოსისტემა შეიძლება სერიოზულად დაზიანდეს ან მთლიანად განადგურდეს. იმ შემთხვევაში, თუ დამაბინძურებელი ნივთიერებების კონცენტრაცია აღემატება ზღვრულად დასაშვებს, შესაძლებელია, დაქვეითდეს წყლის თვითგაწმენდის უნარი, დაჩქარდეს ევტროფიკაციის პროცესი და გაიზარდოს ინფექციური აგენტების გავრცელების შესაძლებლობა (Mitchell, R.). ანთროპოგენური ევტროფიკაციის შედეგად, ხშირ შემთხვევაში, ხდება წყლის რესურსების დეგრადაცია, რაც წყალსატევების ეკოსისტემაში ბალანსის რღვევას, ეკოლოგიური და რეკრეაციული მდგომარეობის მკვეთრად გაუარესებას იწვევს (მჭედლური, თ., 2021)

მდინარეების ეკოქიმიური - ბიოლოგიური მონიტორინგი და წყლის ხარისხის კონტროლი ერთადერთი საშუალებაა, რომლითაც შეიძლება შემოწმდეს მათი ეკოლოგიური მდგომარეობა. ბოლო ათწლეულების განმავლობაში, მკვეთრად შეიცვალა წყლის ეკოსისტემებზე ანთროპოგენული დაბინძურება და ინტენსივობა (Баканов А. И. 1997). მდინარეებში ხვდება არასაკმარისად გაწმენდილი ჩამდინარე წყლები, პესტიციდები, შხამქიმიკატები, ბიოგენური ნივთიერებები და ა.შ. ქიმიური ნივთიერებები, რომლებიც მდინარეში ხვდებიან, ცვლიან წყალსატევის სანიტარულ რეჟიმს და არღვევენ მიკრობულ პოპულაციებს შორის წონასწორობას. საყოფაცხოვრებო ნახმარი წყლები კი იწვევენ მათ ფეკალურ დაჭუჭყიანებას. ტოქსიკური ნივთიერებების მოხვედრის შედეგად, შესაძლებელია მოხდეს იხტიოფაუნის მასობრივი მოწამვლა,

რასაც კვებითი ჯაჭვის მეშვეობით მოჰყვება სხვა ცოცხალი ორგანიზმების მოწამვლაც (Беличенко, Ю.П.1986).

მდინარე ჭოროხი

მდინარე ჭოროხი, რომელიც წარმოადგენს შავი ზღვის აუზის უდიდეს მდინარეს, სათავეს იღებს ოქუს-ბადადალის მთებში. ის მიედინება თურქეთსა და საქართველოში. ჭოროხი ძირითადად მიედინება ტექტონიკურ ხეობაში ლაზისტანისა და ჭოროხის ქედებს შორის. შავ ზღვას ერთვის ქალაქ ბათუმის სამხრეთით. მდინარე ჭოროხის ფიზიკურ-ქიმიურ და ჰიდროქიმიური კვლევის შედეგები მოცემულია ცხრილში №1

ცხრილი №1

მდინარე ჭოროხის წყლის ფიზიკურ-ქიმიური პარამეტრები

დასახელება	მდინარე ჭოროხი								
	2019 წელი			2020 წელი			2021 წელი		
	გაზაფხული	ზაფხული	შემოდგომა	გაზაფხული	ზაფხული	შემოდგომა	გაზაფხული	ზაფხული	შემოდგომა
ტემპერატურა, t°C	14.7	21.3	20.4	16.2	23.4	20.9	13.5	23.7	20.2
სუნი, ბალები	1.0	1.0	1.5	1.2	1.3	1.37	1.1	2.0	2.0
სიმღვრივე, FTU	6.15	5.45	8.15	6.4	7.2	5.5	6.4	4.2	5.8
pH	7.85	7.50	8.05	8.12	8.15	8.10	8.05	8.20	8.25
გახსნილი ჟანგბადი	8.55	8.52	10.05	9.2	8.0	10.0	10.2	9.6	11.2
ჟმზ, მგ/ლ	5.69	6.25	6.38	4.20	5.16	5.16	5.30	5.88	6.24
ელ.გამტარობა	228.4	186.7	214.5	268.6	227.9	195.8	190.5	178.8	220.9
აზოტის ნიტრიტი	0.01	0.09	0.11	0.11	0.008	0.066	0.122	0.137	0.114
აზოტის ნიტრატი	5.44	6.70	8.21	5.22	7.22	8.28	7.77	8.12	6.80
ამონიუმის იონი	0.52	0.65	0.72	0.40	0.68	0.64	0.48	0.62	0.58
ფოსფატი	0.22	0.34	0.33	0.35	0.55	0.45	0.40	0.33	0.38
სულფატი	30.5	33.5	34.9	21.8	24.7	18.6	19.4	20.8	22.5
ქლორიდი	12.0	9.4	13.6	7.9	8.9	8.4	8.9	7.9	8.1
ჰიდროკარბონატი	101.6	82.5	167.4	99.8	79.8	80.6	100.8	105.5	110.8
კალიუმი	14.9	10.6	11.3	20.3	17.3	18.2	17.4	15.7	16.8

ნატრიუმი	5.5	6.7	8.7	4.5	5.1	7.2	8.0	7.8	6.6
კალციუმი	17.2	18.8	16.0	15.2	16.8	17.5	11.8	14.4	16.4
მაგნიუმი	9.5	8.2	10.2	6.9	7.9	8.8	8.9	8.1	7.7
მინერალიზაცია	200.8	222.6	379.5	210.8	180.8	280.6	205.5	215.5	220.2

მდინარე ჭოროხის წყალს ახასიათებს შედარებით მცირე სიმღვრივე, გახსნილი ჟანგბადის რაოდენობა წლების განმავლობაში მერყეობს 8.0 მგ/ლ - იდან 11.2 მგ/ლ მდე, ხოლო ჟბმ₅-ის მნიშვნელობები – 4.20 მგ/ლ - 6,38 მგ/ლ დიაპაზონშია. ჟანგბადის ბიოლოგიური მოხმარების ყველაზე მაღალი მაჩვენებელი დაფიქსირდა 2019 წლის შემოდგომას. მდ. ჭოროხზე შეიმჩნეოდა წყლის მინერალიზაციის მცირე მატება, ხოლო მდინარის წყალში ამონიუმის შემცველობამ ზოგიერთ შემთხვევაში გადააჭარბა ზდკ-ს მნიშვნელობას. კერძოდ, 2019-2020 წლის ზაფხულისა და შემოდგომის პერიოდში მათი კონცენტრაციები წყალში აღემატებოდა ზდკ-ს, რაც მიანიშნებს იმას, რომ მოცემულ პერიოდში მდ. ჭოროხი იმყოფებოდა ფეკალიებით დაბინძურების პროცესში.

მდინარე ჭოროხის წყალში მძიმე ლითონების შემცველობის მონიტორინგის შედეგები წარმოდგენილია ცხრილებში №2. მიუხედავად იმისა, რომ მდინარე ჭოროხის წყალში ლითონების შემცველობა, წლების განმავლობაში, სეზონების მიხედვით, მერყეობს სხვადასხვა დიაპაზონში, მათი რაოდენობა ზდკ-ს მნიშვნელობებზე ბევრად დაბალია. ეს გამოწვეულია მდინარის წყლის მაღალი pH-ის მნიშვნელობებით, რომლის დროსაც ლითონების უმეტესობა ჰიდროლიზდებიან და შესაბამისად, მიემართებიან სედიმენტებისაკენ. რაც შეეხება Hg და Cd, მათი კონცენტრაციები საკმაოდ მცირეა მდინარის წყალში. კვლევის შედეგებიდან გამომდინარე, მდინარე ჭოროხის წყალი მძიმე ლითონებით დაბინძურებული არ აღმოჩნდა. მძიმე ლითონების შემცველობა ფსკერულ ნალექებში მოცემულის ცხრილში №3.

მძიმე ლითონების შემცველობა მდინარე ჭოროხის წყალში

დასახელება	მდინარე ჭოროხი									ზღვ მგ/ლ
	2019 წელი			2020 წელი			2021 წელი			
	გაზაფხული	ზაფხული	შემოდგომა	გაზაფხული	ზაფხული	შემოდგომ	გაზაფხული	ზაფხული	შემოდგომა	
Fe	0.1725	0.263	0.2807	0.2201	0.2403	0.2288	0.1845	0.1744	0.1922	0.3
Cu	0.0028	0.002	0.0024	0.0030	0.0031	0.0037	0.0052	0.0047	0.0055	1.0
Zn	0.0011	0.001	0.0018	0.0116	0.0214	0.0114	0.0154	0.0128	0.0130	1.0
Pb	0.0028	0.003	0.0036	0.0025	0.0015	0.0025	0.0042	0.0031	0.0036	0.03
Hg	0.0001	-	0.00012	-	0.00025	0.00037	0.00011	0.00011	0.0001	0.0005
Cd	-	0.0009	0.00013	-	0.00072	-	0.00034	0.00030	-	0.001

მძიმე ლითონების შემცველობა მდინარე ჭოროხის ფსკერულ ნალექებში

სინჯის აღების დრო	მდინარე ჭოროხი													
	2019 წელი							2020 წელი						
	Ni	Cu	Zn	As	Cr	Fe	Mn	Ni	Cu	Zn	As	Cr	Fe	Mn
გაზაფხული	33	84	199	8.0	100	47	1.0	50.4	62.3	64.7	1.55	38.8	19.6	1.10
ზაფხული	44	146	382	11.4	112	61.3	1.11	58.5	68.8	70	1.85	40.0	22.4	1.12
შემოდგომა	58.4	99.5	218	14.8	108	51.4	0.98	52.8	66.4	71	1.74	37.8	21.1	1.22

სამი წლის განმავლობაში ჩატარებული მონიტორინგის შედეგებიდან ჩანს, რომ მდინარე ჭოროხის მიკრობიოლოგიური დაბინძურების ყველაზე მაღალი მაჩვენებელი დაფიქსირდა 2021 წელს (ცხრილი №4). მაგ: ზაფხულში - ტოტალური კოლიფორმები - 8210, ფეკალური სტრეპტოკოკების - 608.8, E-coli-ის კონცენტრაციამ გადააჭარბა დასაშვებ ზღვარს და მიაღწია 7225 ერთეული/ლ წყალში. Salmonella - არც ერთ სინჯში არ აღმოჩნდა.

მდინარე ჭოროხის წყლის მიკრობიოლოგიური ანალიზის შედეგები

განსაზღვრული მიკროორგანიზმები	მდინარე ჭოროხი								
	2019 წელი			2020 წელი			2021 წელი		
	გაზაფხული	ზაფხული	შემოდგომა	გაზაფხული	ზაფხული	შემოდგომა	გაზაფხული	ზაფხული	შემოდგომა
ტოტალური კოლიფორმები	4850	5250	6800	5720	5240	6240	7890	8210	7990
E-coli	3958	4750	5750	4800	5100	5800	5486	5889	7225
ფეკალური სტრეპტოკოკები	360	340	420	496	525	625	505.8	608.8	568.5
Salmonella	არ აღმოჩნდა			არ აღმოჩნდა			არ აღმოჩნდა		

მიღებული მიკრობიოლოგიური შედეგებიდან გამომდინარე, შეგვიძლია დავასკვნათ, რომ 2021 წელს მდინარე ჭოროხზე შეინიშნება ანთროპოგენური დაბინძურების გაძლიერება და მომატებული ფეკალური დაჭუჭყიანება, რაც გაუწმენდავი საკანალიზაციო წყლების პირდაპირ მდინარეში ჩაშვებით არის განპირობებული.

მდინარე აჭარისწყალი

მდინარე აჭარისწყალი, წარმოადგენს ჭოროხის მარჯვენა შენაკადს. მისი სათავეა არსიანის ქედის დასავლეთ ფერდობზე ზღვის დონიდან დაახლოებით 2375 მ სიმაღლეზე. მდინარის ჰიდროსისტემა სერიოზული კვლევის საგანია, რაც განპირობებულია 400-მეგავატიანი ჰიდროელექტრო-სადგურების კასკადის მშენებლობასთან. მდინარე აჭარისწყლის 2019-2021 წლის ფიზიკურ-ქიმიური მაჩვენებლების შედეგები მოყვანილია ცხრილში №5.

მდინარე აჭარისწყლის ძირითადი ფიზიკურ-ქიმიური პარამეტრები

დასახელება	2019 წელი			2020 წელი			2021 წელი		
	გაზაფხული	ზაფხული	შემოდგომა	გაზაფხული	ზაფხული	შემოდგომა	გაზაფხული	ზაფხული	შემოდგომა
ტემპერატურა, t°C	15.4	22.2	21.0	14.0	22.5	20.1	14.8	22.6	20.7
სუნი, ბალები	1.5	2.0	3.2	1.2	2.6	2.7	1.8	2.2	2.8
სიმღვრივე, FTU	5.88	6.82	7.25	14.5	16.5	17.2	8.8	5.6	6.2
pH	8.0	7.75	7.95	8.10	8.05	7.95	8.10	8.05	7.95
გახსნილი ჟანგბადი.	8.34	7.82	11.05	9.2	8.7	9.7	8.5	7.5	9.6
ჟბმ, მგ/ლ	3.24	3.15	4.88	4.25	5.25	5.50	4.15	4.2	3.85
ელ.გამტარობა,	204.2	186.4	314.1	100.4	120.2	107.4	112.5	88.8	99.9
აზოტის ნიტრიტი	0.002	0.003	0.002	0.018	0.038	0.044	0.032	0.038	0.035
აზოტის ნიტრატი	2.88	3.86	3.77	5.65	8.65	10.55	4.98	5.2	3.80
ამონიუმი	0.34	0.36	0.27	0.39	0.50	0.40	0.27	0.38	0.30
ფოსფატი	0.18	0.24	0.22	0.17	0.28	0.26	0.42	0.33	0.26
სულფატი	15.3	15.8	17.8	18.5	16.5	14.5	17.8	17.0	18.4
ქლორიდი	6.6	6.4	5.4	6.0	6.5	6.8	4.9	6.6	5.6
ჰიდროკარბონატი	78.7	82.4	87.4	78.3	88.4	85.6	77.4	86.5	90.5
კალიუმი, მგ/ლ	6.4	7.8	9.0	6.2	7.4	9.4	8.8	8.0	9.9
ნატრიუმი, მგ/ლ	8.2	8.8	10.2	9.0	9.4	11.2	11.4	10.5	10.6
კალციუმი, მგ/ლ	16.6	15.4	15.8	20.8	16.8	15.8	14.8	16.6	16.8
მაგნიუმი, მგ/ლ	6.8	7.0	6.9	7.5	7.2	7.7	6.5	6.0	6.8
მინერალიზაცია	108.7	122.6	179.5	95.8	104.8	110.8	116.6	133.3	128.8

მდინარე აჭარისწყალს ახასიათებს მცირე სიმღვრივე, გახსნილი ჟანგბადის რაოდენობა წლების განმავლობაში მერყეობს 7.5მგ/ლ- იდან 11.05 მგ/ლ მდე, ხოლო ჟბმ-ის მნიშვნელობები – 3.15 მგ/ლ - 5.50 მგ/ლ დიაპაზონში. მდინარის წყლის მინერალიზაცია დაბალია, ხოლო მისი უმნიშვნელო მატება შეინიშნება 2019 წლის ზაფხულ-შემოდგომის პერიოდში, სრულიად კანონზომიერად, დაბალი მინერალიზაცია დაკავშირებულია წყლის ხარჯის მოცულობის მატებასთან და

შესაბამისად, ამ პერიოდში მაღალია წყლის სიმღვრივეც. მდინარე აჭარისწყლის შეტვივნარებული ნივთიერებების შემცველობა და სიმღვრივე ბევრად მეტია, ვიდრე მდინარე ჭოროხის შემადგენლობაში.

რაც შეეხება მძიმე ლითონების შემცველობას წყალსა და ფსკერულ ნალექებში, როგორც ცხ. №6,7 ჩანს, წყალში, ძირითადად მერყეობს ზდკ-ს ფარგლებში. მხოლოდ რკინის შემცველობა აღემატება ზღვრულად დასაშვებ კონცენტრაციას 2019 წლის ზაფხულსა (0.46 მგ/ლ) და შემოდგომაზე (0.58მგ/ლ), ხოლო გაზაფხულში (0.29 მგ/ლ) უახლოვდება ზდკს.

ფსკერულ ნალექებში კი მძიმე ლითონების შემცველობა 2020 წელთან შედარებით 2019 წელს უფრო მაღალია. მატების ტენდენცია შეინიშნება 2019 წლის გაზაფხული-შემოდგომის პერიოდში. მაგ: Ni მერყეობს 44 მგ/კგ - 53 მგ/კგ. Cu - 48 მგ/კგ - 60 მგ/კგ. Cr შემცველობა გაზაფხულზე დაფიქსირდა 80,6 მგ/კგ, შემოდგომით კი 105,6 მგ/კგ მიაღწია.

ცხრილი №6

მძიმე ლითონების შემცველობა მდინარე აჭარისწყალში

დასახელება	მდინარე აჭარისწყალი									ზდკ მგ/ლ
	2019 წელი			2020 წელი			2021 წელი			
	გაზაფხული	ზაფხული	შემოდგომა	გაზაფხული	ზაფხული	შემოდგომ	გაზაფხული	ზაფხული	შემოდგომა	
Fe	0.29	0.46	0.58	0.07	0.16	0.11	0.21	0.30	0.24	0.3
Cu	0.0014	0.0019	0.0020	0.0042	0.0052	0.0082	0.0085	0.0078	0.0050	1.0
Zn	0.0010	0.0012	0.0014	0.0060	0.0044	0.0048	0.0064	0.0074	0.0082	1.0
Pb	0.0088	0.0078	0.0070	0.0055	0.0070	0.0076	0.0073	0.0068	0.0064	0.03
Hg	0.00010	0.0009	-	-	0.00011	0.00010	-	0.0008	0.0008	0.0005
Cd	-	0.00085	0.0009	-	0.00010	0.00010	-	0.00018	0.00014	0.001

მძიმე ლითონების შემცველობა მდინარე აჭარისწყლის ფსკერულ ნალექებში

სინჯის ალების დრო	მდინარე აჭარისწყალი													
	2019 წელი							2020 წელი						
	Ni	Cu	Zn	As	Cr	Fe	Mn	Ni	Cu	Zn	As	Cr	Fe	Mn
გაზაფხული	44	48	87	2.7	80.6	45.9	0.59	16.6	13	32	6.4	59.8	17.5	0.57
ზაფხული	48	58	105	3.4	94.5	61.0	0.90	17.1	16	40.6	7.7	61.4	29.7	0.78
შემოდგომა	53	60	98.5	5.8	105.6	50.2	0.84	22.5	14	40.4	7.0	70.0	32.0	0.69

მდინარე აჭარისწყლის წყლის მიკრობიოლოგიური ანალიზის შედეგები

განსაზღვრული მიკროორგანიზმები	მდინარე აჭარისწყალი								
	2019 წელი			2020 წელი			2021 წელი		
	გაზაფხული	ზაფხული	შემოდგომა	გაზაფხული	ზაფხული	შემოდგომა	გაზაფხული	ზაფხული	შემოდგომა
ტოტალური კოლიფორმები	7120	8020	8840	4986	5300	5100	5280	5890	6910
E-coli	5050	6840	6245	5000	6055	5850	4885	4880	5220
ფეკალური სტრეპტოკოკები	548	640	730	440	490	499	395.8	408.0	468.1
Salmonella	არ აღმოჩნდა			არ აღმოჩნდა			არ აღმოჩნდა		

მდინარე აჭარისწყლის 2019.2020.2021 წლის სანიტარულ-მიკრობიოლოგიური ანალიზების შედეგებიდან კარგად ჩანს, რომ მდინარის მიკრობიოლოგიური დაბინძურების მაჩვენებლები მნიშვნელოვან ცვლილებას არ განიცდიან. ტოტალური კოლიფორმების (8840) და ფეკალური სტრეპტოკოკების (730) ყველაზე მაღალი მაჩვენებელი დაფიქსირდა 2019 წლის შემოდგომის სეზონზე. E-coli -ის კი ზაფხულში (6840). Salmonella არც ერთ სინჯში არ აღმოჩნდა. მიღებული შედეგები მიუთითებს მდინარის ანთროპოგენური დატვირთვის გავლენასა და მის ფეკალურ დაჭუჭყიანებაზე. მიუხედავად ამისა, შეიძლება ითქვას, რომ მდინარეში მიმდინარე თვითგაწმენდის პროცესების გავლენით, მისი ეკოლოგიური მდგომარეობა დამაკმაყოფილებელია.

მდინარე კუბისწყალი

მდინარე კუბისწყალი, რომლის სიგრძე დაახლოებით 5,4 კმ-ია, მოედინება აჭარა-გურიის მთიანი სისტემიდან. მდინარე შავ ზღვას უერთდება ბათუმის ნავთობგადამამუშავებელი ქარხნის ტერიტორიის გასწვრივ ხელოვნურად მოწყობილი ბეტონის არხით.

მდ. კუბისწყალის ფიზიკურ-ქიმიური და ჰიდროქიმიური ანალიზების შედეგებიდან ჩანს, რომ ჩვენს მიერ სტანდარტულად განსაზღვრული კომპონენტების კონცენტრაციები ნორმის ფარგლებში იყო. სეზონურად ცვლილებას განიცდიდა და იმატებდა როგორც NO_2^- და NO_3^- , ასევე NH_4^+ , რომლის შემცველობამ 2020 წელს 1,8 ჯერ გადააჭარბა ზდკ-ს. ეს წყლის ფეკალური დაბინძურების მაჩვენებელია.

მდინარე კუბისწყალში მძიმე ლითონების განსაზღვრის დროს, აღინიშნა მხოლოდ რკინის მომატებული შემცველობები (გაზაფხული - 0,3 მგ/ლ, ზაფხული - 0,44 მგ/ლ, შემოდგომა - 0,55მგ/ლ) დანარჩენი მძიმე ლითონები კი დაფიქსირდა ზღვრულად დასაშვები კონცენტრაციის ფარგლებში. ფსკერულ ნალექებში მძიმე ლითონების მკვეთრი მატება არ შეინიშნება.

მიკრობიოლოგიური ანალიზის შედეგებიდან გამომდინარე, მდინარე კუბისწყალი 2020-2021 წლებში ხასიათდება მიკრობული დაბინძურებით, რაც მათ ფეკალურ დაბინძურებაზე მიუთითებს. მაგ: 2020 წელს E-coli-ის შემცველობები მერყეობს 5186 დან 6885 მდე. 2021 წელს ის მერყეობს - 6887 – 7236 - ის ფარგლებში. რაც შეეხება ტოტალური კოლიფორმების რაოდენობას ყველაზე მაღალი შემცველობა დაფიქსირდა 2021 წელს (9914). Salmonella - არც ერთ სინჯში არ აღმოჩნდა. მიუხედავად ამისა, მდინარე ეპიდემიოლოგიურად უსაფრთხოა.

მდინარე ჩაქვისწყალი

მდინარე ჩაქვისწყალი, რომლის სიგრძე 25,2 კმ-ია, სათავეს იღებს მესხეთის ქედის ჩრდილო-დასავლეთ კალთიდან, მიედინება ქობულეთის მუნიციპალიტეტში და ჩაედინება შავ ზღვაში. მდინარე ჩაქვისწყალი ტიპიური მთის მდინარეს წარმოადგენს. მდინარე სწრაფი დინებით ხასიათდება

ჩვენს მიერ, მდინარე ჩაქვისწყლიდან აღებულ საანალიზო სინჯებში ფიზიკურ-ქიმიური და ჰიდროქიმიური ანალიზის შედეგებიდან ჩანს,

რომ 2019-2021 წლების გაზაფხულ - შემოდგომის პერიოდში, მდინარეში მინერალიზაციის მკვეთრ ცვლილებას ადგილი არ ჰქონია. ჟბმ5-ის კონცენტრაცია მდინარის წყალში უახლოვდება ზდკ-ს მნიშვნელობას და ასევე მცირედ იზრდება შემოდგომის პერიოდში. ფიზიკურ-ქიმიური მაჩვენებლების მიხედვით, შეგვიძლია ვთქვათ, რომ მოცემულ პერიოდში არ ჰქონია ადგილი სერიოზულ ანთროპოგენულ დაბინძურებას და დიდი რაოდენობით დამაბინძურებელი ნივთიერებების ჩაშვებას მდინარეში. რაც შეეხება ამონიუმის იონის შემცველობას მდ. ჩაქვისწყალში, მისი კონცენტრაციები მომატებული იყო და გადააჭარბა ზდკ-ს მნიშვნელობებს 2019 და 2021 წლებში.

კვლევის შედეგებიდან გამომდინარე, მდ. ჩაქვისწყალში მძიმე ლითონების (Fe, Cu, Zn, Pb, Hg, Cd) შემცველობის მონაცემები ზღვრულად დაშავებ კონცენტრაციაზე დაბალია. რაც ჩვენი აზრით, გამოწვეულია წყლის მაღალი pH - ით. მძიმე ლითონები ჰიდროლიზდება და სორბირდება ტივტივა ნატანზე. რკინის კონცენტრაციამ ზდკ-ს მაჩვენებელს მცირედ, მაგრამ მაინც გადააჭარბა 2019 წლის შემოდგომაზე. რაც შეეხება მდ. ჩაქვისწყალის ფსკერული ნალექების ქიმიური ანალიზის შედეგებს, მისი ფსკერული ნალექების შემადგენლობა ზოგიერთი ლითონის შემცველობასთან მიმართებაში, მნიშვნელოვნად არ განსხვავდება დანარჩენი მდინარეების შედეგებისაგან.

მდინარე ჩაქვისწყლის მიკრობიოლოგიური ანალიზის შედეგების მიხედვით, შეგვიძლიათ დავასკვნათ, რომ მისი სანიტარულ-ეკოლოგიური მდგომარეობა დამაკმაყოფილებელია და უკეთესი სურათი იკვეთება, ვიდრე ნებისმიერი სხვა მდინარის შემთხვევაში, იმდენად რამდენადაც ამ შემთხვევაში მდინარის წყალში E-coli-ის რაოდენობა მხოლოდ ერთხელ მიუახლოვდა ნორმატივის ზღვარს ამ წლების განმავლობაში.

მდინარე ბარცხანა

დასავლეთ საქართველოს მდინარე - ბარცხანა, რომლის სიგრძე 8,2 კმ-ია მცირე მდინარეებს მიეკუთვნება. იგი შავ ზღვას ერთვის ბათუმის სამხრეთით, თამარის დასახლებაში, ნავსადგურთან ახლოს. წლებია მისი დაბინძურება ხდება ბათუმის ფარმაკოქიმიური ქარხნის მიერ და ნავთობტერმინალის და ნავთობგადამამუშავებელი ქარხნის ნარჩენებით.

ასევე ხდება დიდი რაოდენობით საკანალიზაციო წყლებისა და საყოფაცხოვრებო ნარჩენებით დაბინძურება.

2019-2021 წლებში მდ. ბარცხანაზე ჩატარებული ეკოქიმიური მონიტორინგის შედეგები, წარმოდგენილია ცხრილში №9

ცხრილი №9

მდ. ბარცხანას ძირითადი ფიზიკურ-ქიმიური და ჰიდროქიმიური პარამეტრები

დასახელება	მდინარე ბარცხანა								
	2019 წელი			2020 წელი			2021 წელი		
	გაზაფხული	ზაფხული	შემოდგომა	გაზაფხული	ზაფხული	შემოდგომა	გაზაფხული	ზაფხული	შემოდგომა
ტემპერატურა, t°C	16.8	24.6	22.7	17.0	24.8	20.8	17.0	24.8	21.0
სუნი, ბალები	1.0	1.5	1.5	3.0	4.0	4.08	4.3	3.8	3.2
სიმღვრივე, FTU	12.4	20.45	24.15	4.5	5.5	5.44	3.55	2.65	2.86
pH	8.20	8.10	7.89	8.18	8.15	7.95	7.98	8.2	8.2
გახსნილი ოქსიგენი	8.15	9.80	7.45	9.4	9.7	9.2	8.9	9.68	9.2
ჟბმ, mg/l	7.75	7.95	7.22	7.92	7.72	5.70	5.37	7.86	5.24
ელ.გამტარობა, mg/l	205.3	192.4	308.5	188.2	168.5	172.5	174.4	170.2	167.9
აზოტის ნიტრიტი	0.078	0.15	0.95	0.078	0.18	0.057	0.075	0.12	0.082
აზოტის ნიტრატი	8.75	9.30	8.22	9.33	9.37	8.30	6.38	8.8	8.44
ამონიუმი, mg/l	0.72	0.78	0.62	0.75	0.76	0.54	0.40	0.72	0.56
ფოსფატი, mg/l	0.56	0.46	0.26	0.52	0.48	0.38	0.47	0.52	0.37
სულფატი, mg/l	14.7	17.2	6.4	15.6	13.2	9.6	5.9	16.4	6.6
ქლორიდი, mg/l	9.5	9.6	12.3	9.8	9.9	8.2	9.4	9.8	8.8
ჰიდროკარბონატი	72.0	68.2	75.5	105.7	88.6	87.5	92.1	90.9	89.9
კალიუმი, mg/l	13.4	12.6	14.7	16.8	17.8	17.0	16.4	18.6	22.2
ნატრიუმი, mg/l	8.6	6.9	7.2	7.7	8.0	8.5	5.9	6.3	6.8
კალციუმი, mg/l	12.4	10.6	11.4	13.34	13.6	14.4	12.5	14.8	15.4
მაგნიუმი, mg/l	5.1	6.2	4.8	4.2	7.2	7.9	9.0	9.4	8.8
მინერალიზაცია	130.8	122.4	179.6	120.5	142.5	128.5	148.0	156.7	154.5

მდინარე ბარცხანას წყალში ჟბმ₅-ს კონცენტრაციებმა გადააჭარბა ზღვ მაჩვენებელს. ის იცვლებოდა 5.37მგ/ლ -დან 7,95 მგ/ლ-მდე. მინერალიზაცია მერყეობდა 120.5 მგ/ლ-179.6 მგ/ლ ფარგლებში. შეინიშნება NO₂⁻, NO₃⁻ და NH₄⁺ მატება. ამონიუმის იონის შემცველობა ზოგიერთ შემთხვევაში 1.5-1.8 ჯერ აჭარბებს ზღვ-ს, რაც ეკოლოგიური თვალსაზრისით ყურადსაღები ფაქტია.

ცხრილი №10

მძიმე ლითონის შემცველობა მდინარე ბარცხანას წყალში

დასახელება	მდინარე ბარცხანა									ზღვ მგ/ლ
	2019 წელი			2020 წელი			2021 წელი			
	გაზაფხული	ზაფხული	შემოდგომა	გაზაფხული	ზაფხული	შემოდგომ	გაზაფხული	ზაფხული	შემოდგომა	
Fe	0.28	0.38	0.44	0.10	0.09	0.08	0.18	0.18	0.20	0.3
Cu	0.0020	0.0014	0.0018	0.0054	0.0068	0.0078	0.0076	0.0065	0.0064	1.0
Zn	0.0015	0.0017	0.011	0.0032	0.0072	0.0070	0.0013	0.0032	0.0042	1.0
Pb	0.0065	0.0078	0.0072	0.0068	0.0070	0.0067	0.0085	0.0067	0.0074	0.03
Hg	0.0001	-	0.0001	-	-	0.00009	0.0004	0.0003	0.0001	0.0005
Cd	-	0.0001	0.0001	0.0003	-	0.00028	0.0002	0.00022	0.0002	0.001

რაც შეეხება მძიმე ლითონების შემცველობას წყალსა და ფსკერულ ნალექებში, აღმოჩნდა, რომ 2019 წელს ზაფხულსა (0,38 მგ/ლ) და შემოდგომაზე (0,44 მგ/ლ) მხოლოდ რკინის შემცველობამ გადააჭარბა ზღვ-ს. აღსანიშნავია, რომ სხვადასხვა სეზონზე, მდინარის წყალში ზღვ-ზე მაღიან დაბალი, მაგრამ მაინც დაფიქსირდა Cd-ისა და Hg-ის შემცველობები. მდინარე ბარცხანას წყალში მძიმე ლითონების დაბალი კონცენტრაცია გამოწვეულია წყლის pH-ის მაღალი მაჩვენებლით, რომლის დროსაც ხდება მოცემული ლითონების ჰიდროლიზი და შესაბამისად მათი სედიმენტებში გადასვლა. ლითონების შემცველობა აღნიშნული მდინარის ფსკერულ ნალექებში აჭარა-თრიალეთის ზონის სხვა მდინარეების ანალოგიურია, თუმცა ქრომის შემთხვევაში, მდ.

ბარცხანა ხასიათდება საკმაოდ მომატებული შემცველობით ვიდრე ეს შეინიშნება სხვა მდინარეების მაგალითზე.

ცხრილი №11

მძიმე ლითონის შემცველობა მდინარე ბარცხანას ფსკერულ ნალექებში

სინჯის ადების დრო	მდინარე ბარცხანა													
	2019 წელი							2020 წელი						
	Ni	Cu	Zn	As	Cr	Fe	Mn	Ni	Cu	Zn	As	Cr	Fe	Mn
გაზაფხული	99	45	105	1.7	140	56	1.1	55.5	66.4	70	1.44	36.2	26.0	1.3
ზაფხული	115	65	135	2.0	145	72	1.35	62.5	77.8	79	1.95	42.2	26.4	1.32
შემოდგომა	130	52	115	2.8	170	60.8	1.1	60.8	76.4	81	1.64	35.7	31.1	1.28

მდინარე ბარცხანას 2019-2021 წლის მიკრობიოლოგიური ანალიზის შედეგები წარმოდგენილია ცხრილებში №12

ცხრილი №12

მდინარე ბარცხანას წყალში მიკრობიოლოგიური ანალიზის შედეგები

განსაზღვრული მიკროორგანიზმები	მდინარე ბარცხანა								
	2019 წელი			2020 წელი			2021 წელი		
	გაზაფხული	ზაფხული	შემოდგომა	გაზაფხული	ზაფხული	შემოდგომა	გაზაფხული	ზაფხული	შემოდგომა
ტოტალური კოლიფორმები	6885	7550	8250	6522	7542	7644	8664	9056	8114
E-coli	6855	5850	6100	5850	7850	8856	6542	7126	5927
ფეკალური სტრეპტოკოკები	530	650	580	608	578	588	498.9	628.5	660.5
Salmonella	არ აღმოჩნდა			არ აღმოჩნდა			არ აღმოჩნდა		

მდინარე ბარცხანაში წყლის ფეკალური დაბინძურების მაჩვენებლის- Escherichia coli - ს განსაზღვრისას აღმოჩნდა, რომ სამივე წელს, სეზონების მიხედვით, მისი კონცენტრაციები მომატებულია. 2019 წელს მერყეობს 5850 -8856 ერთეული/ლ ფარგლებში, 2020 წელს - 5850-

8856 ერთეული/ლ ფარგლებში, ხოლო 2021 წელს - 5927-9056 ერთეული/ლ ფარგლებში. ის მდინარეში შეიძლება მოხვდეს ადამიანების და/ან ცხოველების ექსკრემენტებიდან, გაუწმენდავი საკანალიზაციო ჩამდინარე წყლებიდან. ცვლილებას განიცდიდა ტოტალური კოლიფორები და მერყეობდა 6885 - დან (2019 წელი) - 9056 - მდე (2021 წელი). ხოლო ფეკალური სტრეპტოკოკები, წყლის დაბინძურების ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი სანიტარულ-მაჩვენებლური მიკროორგანიზმი, რომელიც მიუთითებს ძველ ფეკალურ დაბინძურებაზე, ყველაზე მაღალი (628.5) დაფიქსირდა 2021 წლის ზაფხულში Salmonella სამი წლის მონაცემებში, არც ერთ სინჯში არ აღმოჩნდა.

საკურორტო სეზონზე მდინარის არასასურველი ბაქტერიოლოგიური მდგომარეობა, ჩვენი აზრით, ტურისტული ნაკადის მატებითაც არის განპირობებული, რაც იწვევს როგორც კანალიზაციაზე მიერთებული, ისე მასზე მიუერთებული ობიექტებიდან (სასტუმროები, მათ შორის, საოჯახო სასტუმროები) გაუწმენდავი საყოფაცხოვრებო წყლების გაზრდილი მოცულობით ჩაშვება/ჩადინებას. ყოველივე აძლიერებს წყლის ფეკალური დაბინძურებას. აღსანიშნავია, რომ მდინარე ბარცხანას ქვემოწელში ეკოლოგიური მდგომარეობა საკმაოდ დიდი ხანია არადაამაკმაყოფილებელია. ამ შემთხვევაში გვაქვს როგორც საყოფაცხოვრებო, ასევე საწარმოო დაბინძურებაც. მიღებული შედეგებიდან ჩანს, რომ მდინარე ბარცხანაზე ანთროპოგენური დაბინძურება გაძლიერებულია 2021 წელს და მისი სანიტარულ-ჰიგიენური მდგომარეობა მოითხოვს მუდმივ მონიტორინგს და ეკოლოგიური მდგომარეობის დაცვას.

ჩვენს მიერ, კვლევის ობიექტად შერჩეულ მდინარეებზე მონიტორინგის შედეგებიდან გამომდინარე, შეგვიძლია დავასკვნათ, რომ მათზე ძლიერი ანთროპოგენური დატვირთვა არ შეინიშნება. თუმცა, რიგ შემთხვევაში იკვეთება მათი დაბინძურება საყოფაცხოვრებო-კომუნალური ჩამდინარე გაუფილტრავი წყლებით, მდინარის სანაპირო ზოლში არსებული არაკონტროლირებადი ნაგავსაყრელების არსებობით და სხვა. ანთროპოგენური ფაქტორების გავლენა აისახება ძირითადი იონებისა და ბიოგენური ელემენტების ბუნებრივი ფორმების შემცველობაზე, ასევე მდინარეების მინერალიზაციაზე. მდინარეების

წყალში ხშირად იმატებს ისეთი კომპონენტების შემცველობები როგორებიცაა ამონიუმის იონი და ჟანგბადის ბიოლოგიური მოთხოვნილება (ჟბმ). მდინარეებზე ჩატარებული კვლევების შედეგად ჩანს, რომ მძიმე ლითონების ხსნადი ფორმები იცვლება. წყლის pH-ის გავლენით ხდება მათი ჰიდროლიზი, რის გამოც, ძირითადი მასა ფსკერზე ილექება, ნაწილის სორბირება კი ხდება ტივტივა ნატანზე. ამიტომ, მათი კონცენტრაციები ძირითადად ზღვრულად დასაშვები კონცენტრაციის ფარგლებში მერყეობს. აქედან გამომდინარე, მოცემულ მდინარეებში, მძიმე ლითონების (Fe, Cu, Zn, Pb, Hg, Cd) შემცველობა ძირითადად ზღვ-ფარგლებშია. (ფსკერული ნალექები) არც თუ ისე იშვიათად, დაფიქსირდა ვერცხლისწყლისა და კადმიუმის გარკვეული დოზით შემცველობები, რაც იწვევს ინტერესს იმისა, რომ განისაზღვროს მდინარეში არსებული ზოგიერთი თევზის შემადგენლობაში ამ კომპონენტების შემცველობის ხარისხი.

ჩვენს მიერ წყლის სანიტარულ-ბაქტერიოლოგიური სისუფთავის შესაფასებლად კვლევის ობიექტად გამოყენებულ მდინარეებში გამოკვლეული ნაწლავის ჩხირის (*Escherchia coli*) რაოდენობის, ტოტალური კოლიფორმების, ფეკალური სტრეპტოკოკების მნიშვნელობები გვიჩვენებს, რომ მიუხედავად მათზე მიმდინარე ანთროპოგენური დატვირთვის, მასში მიმდინარე თვითგაწმენდის პროცესების ხარჯზე, მათი დაჭუჭყიანების ხარისხი დამაკმაყოფილებელია.

კვლევის შედეგებიდან გამომდინარე, შეგვიძლია დავასკვნათ, რომ მდინარეებში (ჩაქვისწყალი, ბარცხანა, ჭოროხი, აჭარისწყალი და კუბასწყალი) მოხვედრილი ანთროპოგენური ნივთიერებები ქიმიური, ფიზიკურ-ქიმიური და ბიოლოგიური პროცესების შედეგად, ტრანსფორმირდებიან არატოქსიკურ ნაერთებად. ორგანული და ბიოგენური ნივთიერება იჟანგება, ან მოიხმარება ცოცხალი ორგანიზმების მიერ. ამ და სხვა პროცესების შედეგად, რომელიც ცნობილია თვითგაწმენდის სახელით, წყალი მეტ-ნაკლებად ინარჩუნებს დამაკმაყოფილებელ ეკოლოგიურ მდგომარეობას.

**თავი 4. მდინარეებში - ჩაქვისწყალი, ბარცხანა, ჭოროხი,
აჭარისწყალი და კუბასწყალი - ვერცხლისწყლისა და კადმიუმის
შემცველობის განსაზღვრა მათში არსებული თევზების სახეობებში**

მძიმე ლითონებიდან წყალსატევების საშიშ დამაბინძურებლებს წარმოადგენენ Hg და Cd. მათ გააჩნიათ კუმულაციისა და მიგრაციის უნარი. უარყოფითად მოქმედებენ წყალსატევის ფლორასა და ფაუნაზე. თითქმის შეუსწავლელია თუ როგორ ხდება მათი გავრცელება ბიოტაში, მათი ტრანსფორმაცია დროსა და სივრცეში, ტოქსიკურობა ორგანიზმების მიმართ, აგრეთვე ბიოქიმიური - პათოლოგიური რეაქციები და სხვ. ამიტომ, ამ დამაბინძურებლების წყლის ეკოსისტემებში მოხვედრა ქმნის პოტენციურ საფრთხეს როგორც წყლის ფლორისა და ფაუნისათვის, ასევე ადამიანის ჯანმრთელობისათვის (Wren C. D., et al 1983).

მძიმე ლითონებისათვის პრაქტიკულად არ არსებობს თვითგაწმენდის მექანიზმი, რადგანაც ისინი მხოლოდ ერთი წყალსატევიდან მეორეში გადაინაცვლებენ, ზემოქმედებენ სხვადასხვა კატეგორიის ცოცხალ ორგანიზმებზე და როგორც წესი, არასასურველ, ზოგჯერ დამლუპველ შედეგებს იწვევენ (ლოლობერიძე, მ. 1992).

ზოგიერთი მკვლევარის აზრით, მძიმე ლითონები, განსაკუთრებით კი ვერცხლისწყალი (Hg), როდესაც ხვდება წყალსატევეში, ილექება მის ფსკერზე და პრაქტიკულად უვნებელი ხდება. კვლევებმა აჩვენა, რომ მათი დაშლა ხდება ბაქტერიების მეშვეობით, რის შედეგადაც ისინი ბაქტერიებთან ერთად ხვდებიან თევზის საკვებში, შემდეგ თევზებში და ბოლოს ადამიანის ორგანიზმში. ვერცხლისწყალი წყალსატევეებში ძირითადად ხვდება საწარმოებიდან. მტკნარი წყლის პლანქტონში და ბენტოსში ვერცხლისწყლის საერთო შემცველობა გაცილებით მეტია, ვიდრე ზღვის წყლების ასეთივე ორგანიზმებში (Mchedluri T., et al 2018).

სპეციალისტებს თხუთმეტი წელი დასჭირდათ იმის დასადგენად, თუ რამ გამოიწვია 1956-60 წლებში მინამატას მოსახლეობაში გავრცელებული საშინელი დაავადების მიზეზი. იმ დროისათვის უცნობი დაავადების შედეგად დაიღუპა ათეულობით ადამიანი. ავადმყოფობის გამომწვევი მიზეზი გახდა ერთ-ერთ ქიმიური კომბინატის ჩამდინარე წყლებით ოკეანეში ჩატანილი ვერცხლისწყლის ნაერთები. მინამატაში წლების

განმავლობაში იბადებოდნენ ფიზიკურად და გონებრივად არასრულყოფილი, პარალიზებული ბავშვები, რომელთაც დარღვეული ჰქონდათ ცენტრალური ნერვული სისტემა. აღნიშნულ დაავადებას „სამრეწველო ხიროსიმა“, ანუ „მინამატას ავადმყოფობა“ შეარქვეს და მედიცინაში ამ ტერმინით სამრეწველო ნარჩენებით ადამიანის მოწამვლას აღნიშნავენ (David Lennett., et al 2018).

ბუნებრივ წყლებში არსებული pH-ის მნიშვნელობების გამო, წყალსატევებში მოხვედრილი კადმიუმი განიცდის ჰიდროლიზს. Cd^{2+} სორბირდება შეწონილ ნაწილაკებზე, ორგანულ ნივთიერებებთან წარმოქმნის კომპლექსურ ნაერთებს და გადაადგილდება ამ ფორმით. კადმიუმის სორბციისა და დესორბციის პროცესები წყალსატევის ფსკერულ ნალექებში მიმდინარეობს ძალიან სწრაფად და ამ პროცესებში მადომინირებელი ფაქტორი არის ჰუმუსური მჟავები.

კადმიუმის საერთო შემცველობა მტკნარი წყლის მცენარეულობაში 1 კგ. მშრალ წონაზე შეიძლება იცვლებოდეს 0.15-342 მგ - მდე. წყლის დაბალი ტემპერატურა ამცირებს კადმიუმის შთანთქმას. კადმიუმი თევზებში უპირველესად გროვდება შინაგანი ორგანოების ქსოვილებში. არის რამდენიმე დაფიქსირებული შემთხვევა კადმიუმით ადამიანების მოწამვლის თევზის მიღების ან წყლის გამოყენების დროს.

ყველაზე თვალსაჩინო მაგალითი კადმიუმით მოწამვლისა არის ე.წ დაავადება „იტაი-იტაი“, რომელიც აღმოჩნდა 1940-60 წწ. იაპონიის ერთ-ერთი რაიონის მცხოვრებლებს (Alan D. Woolf. 2022). აქ საბადოებიდან გაბინძურებული წყლები გაწმენდის გარეშე ჩაუშვეს მცირე მდინარეებში, რამაც იმოქმედა სასმელი წყლის ხარისხზე. ამავე წყლით მორწყეს ბრინჯის ნათესები. კადმიუმით ადამიანების მოწამვლის დროს ადგილი აქვს ძვლების დარბილებას, კალციფიკაციას და თირკმელების პიელონეფრიტებს, რასაც თან სდევს ძვლების დეფორმაცია და თირკმელების დისფუნქცია. ორგანიზმში დაგროვილი კადმიუმის ნახევრად გამოყოფის პერიოდი 10-30 წელია, უფრო მეტიც - არსებობს პირდაპირი კორელაციური კავშირი კადმიუმის ზემოქმედებასა და კიბოთი დაავადებას შორის (Mchedluri T., 2021)

ჩვენს მიერ შესწავლილი მდინარეების წყალში Cd და Hg ანალიზის შედეგებმა აჩვენა, რომ ზოგიერთი მდინარის წყალში ზდკ-ზე ბევრად

მცირეა. ვერცხლისწყალს და კადმიუმს გააჩნია ბიომაგნიფიკაციისა და ბიოაკუმულაციის უნარი. გარემოში ისინი შესაძლოა უფრო სახიფათო ფორმებად გარდაიქმნენ, რის გამოც, ჰიდრობიონტებისათვის და ადამიანებისათვის განსაკუთრებული ტოქსიკურობით ხასიათდებიან. მათ შეუძლიათ წყლის ორგანიზმების მოწამვლა და/ან მათი რაოდენობის შემცირება, ბუნებრივი ლანდშაფტების დაბინძურება, რღვევა და წყლის ეკოსისტემების ბიომრავალფეროვნების შემცირება (Mchedluri, T. *et al* 2017).

აღნიშნული პრობლემიდან გამომდინარე, აქტუალურად ჩავთვალით, ჩვენს მიერ საკვლევ ობიექტებად აღებულ მდინარეებში (ჩაქვისწყალი, ბარცხანა, ჭოროხი, აჭარისწყალი და კუბასწყალი) გავრცელებული თევზების ორგანიზმში ვერცხლისწყლის და კადმიუმის შემცველობის დადგენა, რათა დაგვეჩვენა, რამდენად ადვილად იყო შესაძლებელი თევზების ორგანიზმში, ცხიმოვანი საფარის გავლით Hg და Cd შეღწევა, ათვისება და აკუმულირება.

კვლევებს ვატარებდით 2019-2020 წლის სექტემბერში. მიღებული შედეგები წარმოდგენილია ცხრილებში №13,14

ცხრილი № 13

თევზების საანალიზო ნიმუშებში Hg და Cd შემცველობები

№	მდინარე	ნიმუშის აღების დრო	შედეგი Hg მგ/კგ	ზღვ მგ/კგ	შედეგი Cd მგ/კგ	ზღვ მგ/კგ	შენიშვნა
1	ჩაქვისწყალი	2019 წელი სექტემბერი	0.0030	0.5	0.0112		საანალიზო წონა 350 გრ.
2	ბარცხანა		0.0035		—		
3	ჭოროხი		0.0055		0.0119		
4	აჭარისწყალი		-		0,0111		
5	კუბისწყალი		-		0.0100		

თევზების საანალიზო ნიმუშებში Hg და Cd შემცველობები

№	მდინარე	ნიმუშის აღების დრო	შედეგი Hg მგ/კგ	ზღვ მგ/კგ	შედეგი Cd მგ/კგ	ზღვ მგ/კგ	შენიშვნა
1	ჩაქვისწყალი	2020 წელი სექტემბერი	0.0030	0.5	0.010	0.05	საანალიზო წონა 350 გრ.
2	ბარცხანა		0.0032		—		
3	ჭოროხი		—		0,012		
4	აჭარისწყალი		—		0.011		
5	კუბისწყალი		-		0.010		

2019-2020 წლის კვლევის შედეგებმა აჩვენა, რომ მიუხედავად იმისა, რომ საკვლევ მდინარეებში Hg-ის და Cd კონცენტრაციები საკმაოდ მცირეა და ზოგიერთ წერტილში არც კი დაფიქსირებულა, სხვადასხვა წერტილებიდან აღებულ თევზების ნიმუშებში ვერცხლისწყლის და კადმიუმის კონცენტრაციები ძალიან დაბალი კონცენტრაციებით აღმოჩნდა და მიღებულ შედეგებს შორის განსხვავებაც მცირეა.

2019 წლის მონაცემებით, თევზების ორგანიზმში ვერცხლისწყლის ყველაზე დაბალი კონცენტრაცია დაფიქსირდა ჩაქვისწყალიდან ამოყვანილ თევზებში (0,0030 მგ/კგ), ხოლო ყველაზე მაღალი - მდინარე ჭოროხის თევზებში (0.0055 მგ/კგ). დაბალია ასევე კადმიუმის კონცენტრაციები. მაგ, ყველაზე დაბალი იყო კუბისწყლის თევზებში (0.01 მგ/კგ). ყველაზე მაღალი - ჭოროხის თევზებში (0.0119 მგ/კგ). აჭარისწყლის და კუბისწყლის თევზებში არ დაფიქსირებულა.

2020 წლის მონაცემებით, ვერცხლისწყალი დაფიქსირდა მდინარე ბარცხანას (0.0032 მგ/კგ) და ჩაქვისწყალის თევზებში (0.003 მგ/კგ). ჭოროხის, კუბისწყლის და აჭარისწყლიდან ამოყვანილ თევზებში ვერცხლისწყლის შემცველობა არ დაფიქსირებულა. Cd შემცველობის ძალიან დაბალი მაჩვენებელია მხოლოდ ჩაქვისწყლის (0.01 მგ/კგ) და კუბისწყლის თევზებში (0,01). ჭოროხის, ბარცხანასა და აჭარისწყალიდან ამოყვანილ თევზებში კადმიუმი არ დაფიქსირებულა.

2019-2020 წწ. მიღებული შედეგებიდან ჩანს, რომ მიუხედავად იმისა, მდინარეები (ჩაქვისწყალი, ბარცხანა, ჭოროხი, აჭარისწყალი და

კუბასწყალი) განიცდიან ანთროპოგენული დაბინძურებას, ანთროპოგენული ფაქტორებით ყველაზე დატვირთულ წერტილებშიც კი ვერცხლისწყლისა და კადმიუმის საკმაოდ მცირე კონცენტრაციები აღმოჩნდა. მდინარეებიდან მოპოვებულ საანალიზო თევზებში ძალიან დაბალია როგორც ვერცხლისწყლის, ასევე კადმიუმის შემცველობები (ზოგიერთში მათი კონცენტრაცია არ დაფიქსირებულა).

ჩვენი ზრით, ეს განპირობებულია იმით, რომ საქართველოში არ არსებობს ისეთი საწარმოები, რომლებიც გამოიწვევენ წყალსატევების ეკოსისტემების დაბინძურებას ვერცხლისწყლითა და კადმიუმით. ამიტომ, შეუძლებელია ჰიდრობიონტების, თევზების და მათი პოპულაციების მოწამვლა აღნიშნული მძიმე ლითონებით. მნიშვნელოვანია აღინიშნოს, რომ ვერცხლისწყალი ხასიათდება წყალში ხანმოკლე ყოფნით. ის სწრაფად გარდაიქმნება ნალექებში ნაერთების სახით.

ამრიგად, ჩვენს მიერ, პირველად იქნა განსაზღვრული დასავლეთ საქართველოს მდინარეების (ჩაქვისწყალი, ბარცხანა, ჭოროხი, აჭარისწყალი და კუბასწყალი) თევზებში Hg და Cd შემცველობები. მიღებული შედეგებიდან ჩანს, რომ შესაძლებელია კონკრეტული წერტილიდან აღებული წყალში არ იყოს Hg და Cd ან აღინიშნებოდეს ძალიან დაბალი კონცენტრაცია მასში, მაგრამ იმავე წერტილიდან ამოყვანილი თევზის ქსოვილებში ეს ელემენტები აღმოჩნდეს აკუმულირებული გარკვეული რაოდენობით. აღსანიშნავია, რომ ამ ელემენტებით თევზებში დაბინძურების პროცესები შეიძლება წარიმართოს საკმაოდ ადვილად და სწრაფად. მიუხედავად ამისა, Cd და Hg კონცენტრაციები თევზების ორგანიზმში ძალიან დაბალია და არც ერთ შემთხვევაში ვერც კი უახლოვდება ზდკ-ს მნიშვნელობებს.

აღსანიშნავია ის ფაქტი, რომ ევროპის ბევრ ქვეყანაში ტარდება მონიტორინგი ღია წყალსატევების ჰიდრობიონტებსა და თევზებში მძიმე ლითონების შემცველობაზე, მიუხედავად იმისა, რომ აღნიშნული მდინარეები არ არის დაბინძურებული მძიმე ლითონებით. სამწუხაროდ, საქართველოში არ ტარდება ასეთი მონიტორინგი ჰიდრობიონტებსა და თევზებზე. ამიტომ, შეგვიძლია აღვნიშნოთ, ჩვენს მიერ თევზებზე ჩატარებული კვლევები აქტუალური და მნიშვნელოვანია. შედეგები საინტერესოა სპეციალისტებისა და დაინტერესებული პირებისათვის.

თავი 5. მდინარე ბარცხანასა და აჭარისწყლის ეკოლოგიური მდგომარეობა და მათი კლასიფიკაცია ინტეგრალური ჰიდროქიმიური მაჩვენებლების მიხედვით

(წყლის ჩარჩო ევროდირექტივის - 2000/60/EC-ის მიერ შემოთავაზებული მეთოდის მიხედვით)

სამრეწველო პოტენციალის ზრდამ, შავი ზღვის და მასში ჩამდინარე მდინარეების ეკოსისტემები ეკოლოგიური თვალსაზრისით რისკის ქვეშ დააყენა. ევროპისა და აზიის ქვეყნებს შორის საქართველოს ენიჭება სატრანზიტო ფუნქცია, რაც ზღვისპირა რეგიონში ეკოლოგიური სიტუაციის გართულების საშიშროებას ქმნის. შავი ზღვის აუზის მდინარეების ეკოლოგიური მდგომარეობის შესაფასებლად აქტუალურია მათი ქიმიური და ბიოლოგიური მიმართულებით კვლევების ჩატარება, მუდმივი მონიტორინგი და უკვე არსებული ინფორმაციის გაანალიზების საფუძველზე, წყლის ეკოსისტემაში მიმდინარე პროცესების ტენდენციების გამოვლენა. აღნიშნული პრობლემის პრიორიტეტულობას მოწმობს შავი ზღვის დაცვასთან დაკავშირებული საერთაშორისო კონვენციები და შეთანხმებები. საქართველომ ხელი მოაწერა ევროკავშირთან ასოცირებას, რითაც ევროკავშირის კანონმდებლობის მიერ, წყლის დაბინძურებასთან დაკავშირებული მოთხოვნების ეროვნულ კანონმდებლობაში ასახვის და მათი შესრულების ვალდებულება აიღო.

ევროკავშირის გარემოსდაცვითი კანონმდებლობის მიერ, ერთ-ერთი ყველაზე სრულყოფილად რეგულირებული სფერო არის წყალი. გარემოსდაცვითი ღონისძიებების გატარების შედეგად, ზედაპირული წყლების მდგომარეობა გაუმჯობესდა. მიუხედავად ამისა, სასურველი შედეგები ჯერ ისევ ვერ იქნა მიღწეული. ძირითადად, ეს მცირე მდინარეებს ეხება. წყლის ჩარჩო დირექტივა წარმოადგენს საფუძველს წყლის რესურსებთან დაკავშირებული სტრატეგიებისათვის. გარემოსდაცვითი მიზნების მისაღწევად სავალდებულოა წყლის რესურსების დაბინძურებასთან დაკავშირებული მთელი რიგი დირექტივების შესრულება (წყლის ჩარჩო დირექტივა (2000/60/EC)).

ჩვენი კვლევის ერთ-ერთ მიზანს წარმოადგენდა, მდინარე ბარცხანასა და მდინარე აჭარისწყლისათვის ჰიდროქიმიური მაჩვენებლების

მონიტორინგის შედეგების გათვალისწინებით, მიგვენიჭებინა წყლის ხარისხის კლასიფიკაცია ინტეგრალური ჰიდროქიმიური მაჩვენებლების მიხედვით (წყლის ჩარჩო ევროდირექტივის - 2000/60/EC-ის მიერ შემოთავაზებული მეთოდით).

მონიტორინგს ვატარებდით 2019-2020 წლებში სეზონურად (წლის ცივი და თბილი პერიოდი). მდინარის წყლის ფიზიკურ-ქიმიური პარამეტრების გაზომვა ხდებოდა ადგილზე, ხოლო საანალიზო სინჯების ქიმიური და მიკრობიოლოგიური კვლევა ჩატარებულ იქნა ლაბორატორიაში თანამედროვე მეთოდებისა და ტექნიკის გამოყენებით, რომლებიც აკმაყოფილებენ საერთაშორისო ევროპულ სტანდარტებს. მიღებული შედეგების მიხედვით, შეფასებულ იქნა ამ მდინარეების თანამედროვე ეკოლოგიური მდგომარეობა და შესაბამისად გამოიკვეთა მათი კორელაცია სეზონურობასთან.

მდინარე ბარცხანას და მდინარე აჭარისწყლის 2019-2020 წლების თბილი და ცივი პერიოდის გასაშუალებებული ფიზიკურ-ქიმიური, ჰიდროქიმიური და მიკრობიოლოგიური მონაცემების მიხედვით ჩანს, რომ მათი მაჩვენებლები ზღვრულად დასაშვები კონცენტრაციის ფარგლებში მერყეობს და წყლის ხარისხი დამაკმაყოფილებელია.

მდინარეების კლასიფიკაციის მისანიჭებლად გამოყენებულ იქნა ბიოგენური ელემენტები - NH_4^+ , NO_2^+ , NO_3^+ , PO_4^{3-} რომლებიც ასახავენ ზედაპირული წყლების დაბინძურების ხარისხს და არიან მათი ინდიკატორები, მნიშვნელოვან კომპონენტებს წარმოადგენენ წყლის ფეკალური დაბინძურების ხარისხის დადგენისათვის. განსაკუთრებით საინტერესოა მათი ცალკეული ფორმების შემცველობების კონტროლი წყალში, რომლებიც მიუთითებენ ისეთი პროცესების გაძლიერებაზე, როგორცაა ფეკალური დაბინძურება, ევტროფიკაცია, კომუნალური და სასოფლო სამეურნეო ჩამდინარე წყლების ჩაშვებები მდინარეში და სხვა.

კვლევის შედეგებიდან გამომდინარე, ჩანს რომ მდ. ბარცხანას წყალში ამონიუმის იონების წლიური გასაშუალებებული შემცველობა აჭარბებს ზღვრულად დასაშვებ კონცენტრაციას (ზდკ) წყალში, რაც საყურადღებოა და მიანიშნებს მდ. ბარცხანას წყლის ფეკალიებით დაბინძურებაზე. მდ. ბარცხანას ფეკალიებით დაბინძურების ერთერთი მაჩვენებელია ისიც, რომ მასში მაღალია pH -მ,

მდინარების ბარცხანას და აჭარისწყლის ინდიკატორების ნუსხაში შეტანილი გვაქვს ის მძიმე ლითონი (Fe), რომლების წარმოადგენენ პოტენციურ დამაბინძურებლებს და რომლებზეც ჩვენს მიერ წლების განმავლობაში ჩატარებული იქნა კვლევები. მდინარეების წყალში აგრეთვე განვსაზღვრეთ, წყლის ფეკალური დაბინძურების მაჩვენებელი *Escherichia coli*, რომელიც მდინარეში შეიძლება მოხვდეს ადამიანების ან ცხოველების ექსკრემენტებიდან ან გაუწმენდავი საკანალიზაციო ჩამდინარე წყლებიდან. ტოტალური კოლიფორმების მაჩვენებელი, ფეკალური სტრეპტოკოკები, წყლის დაბინძურების ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი სანიტარულ-მაჩვენებლური მიკროორგანიზმი, რომელიც მიუთითებს ძველ ფეკალურ დაბინძურებაზე. რაც შეეხება მდინარეების სანიტარულ-მიკრობიოლოგიური ანალიზის შედეგებს (*Escherichia coli*, ტოტალური კოლიფორმები, ფეკალური სტრეპტოკოკი), ჩანს, რომ მათი ეკოლოგიური მდგომარეობა დამაკმაყოფილებელია. თუმცა მდ. ბარცხანას შემთხვევაში, მის წყალში *E-coli*-ის შემცველობა ოდნავ აჭარბებს ნორმას.

ევროკავშირის ქვეყნების წყლის ჩარჩო დირექტივის (2000/60/EC) რეკომენდაციების მიხედვით, მდინარეების ბარცხანასა და აჭარისწყლის კლასიფიკაციის მინიჭების მიზნით, აღნიშნული მდინარეების მიმართ, ჩვენს მიერ, გამოანგარიშებულ იქნა ე. წ. წყლის დაბინძურების ინდექსები (S). ამისათვის ჩარჩო დირექტივის რეკომენდაციის საფუძველზე, ჩვენს შემთხვევაში, გამოყენებულ იქნა 9 ჰიდროქიმიური მაჩვენებელი, ანუ ინდიკატორი (მეთოდის მიხედვით, გამოთვლებში გამოყენებულ უნდა იქნას არანაკლებ 6 ან 7 ინდიკატორი). ზედაპირული წყლისთვის სათანადო კლასიფიკაციის მისანიჭებლად აუცილებელია განგვესაზღვრა წყლის pH, გახსნილი ჟანგბადი (DO) და ჟანგბადის ბიოლოგიური მოხმარება (ჟბმ). დანარჩენი ინდიკატორები შევარჩიეთ იმის მიხედვით, რომელიც პრიორიტეტული ჩავთვალეთ აღნიშნული მდინარეების დაბინძურების კუთხით. ასევე, აუცილებელია, გამოყენებული ინდიკატორების მონაცემების გარდა, ფორმულაში შეტანილ იქნას წყლის დამაბინძურებლების შესაბამისი ზღვრულად დასაშვები კონცენტრაციების (ზდკ) მნიშვნელობებიც.

**მდინარეების წყლის დაბინძურების ინდექსი გამოვთვალეთ
შემდეგი განტოლებით:**

$$S = \sum_{i=1}^N \frac{C_i/MAC}{N}$$

სადაც: S - წყლის დაბინძურების ინდექსი; C_i - ჰიდროქიმიური ინდიკატორის კონცენტრაცია; MAC - ჰიდროქიმიური კომპონენტის ზღვრულად დასაშვები კონცენტრაცია; N - გამოთვლებში გამოყენებული ინდიკატორების რაოდენობა

იმ ჰიდროქიმიური ინდიკატორების ნუსხა, რომლებიც ჩვენის აზრით, მეტ-ნაკლებად დაახასიათებდა ჩვენს მიერ შერჩეულ საკვლევ მდინარეებს, მოცემულია ცხრ. №15.

ცხრილი №15

**ბარცხანასა და აჭარისწყალისათვის შერჩეული ხარისხის
ინდიკატორები**

№	ინდიკატორები	ზღვ
1	pH	7.5-8.5
2	გახსნილი ჟანგბადი (მგ/ლ)	4-6 (მგ/ლ)
3	ჟბმ ₅ , მგ/ლ	3 (მგ/ლ)
4	NO ₂ ⁻	1.1 (მგ/ლ)
5	NO ₃ ⁻	10 (მგ/ლ)
6	NH ₄ ⁺	0.39 (მგ/ლ)
7	PO ₄ ³⁻	3.5 (მგ/ლ)
8	SO ₄ ⁻	500 (მგ/ლ)
9	Cl ⁻	350 (მგ/ლ)

მიღებული შედეგების საფუძველზე, მდინარეების კლასიფიკაციები (ანუ დაბინძურების ხარისხის კლასი) შეფასებულ იქნა ცხრილი №16-ის მიხედვით, რომელშიც მოცემულია წყლის ხარისხის კლასიფიკაციის

შეფასება დაბინძურების ინდექსების გამოყენებით. ზედაპირული წყლების კლასიფიკაციის მისანიჭებლად, წყლის ჩარჩო დირექტივების (2000/60/EC) რეკომენდაციით ეკოლოგიური ხარისხის კოეფიციენტების შკალა იყოფა 5 კატეგორიად.

ცხრილში №16 მოცემულია წყლის ხარისხის კლასიფიკაციის შეფასება დაბინძურების ინდექსების გამოყენებით

ცხრილი №16

№	ზედაპირული წყალი	დაბინძურების ინდექსი	წყლის ხარისხის კლასი
1	სუფთა	0.2 - 1.0	1
2	მცირედ დაბინძურებული	1.0 - 2.0	2
3	საშუალოდ დაბინძურებული	2.0 - 4.0	3
4	ბინძური	4.0 - 6.0	4
5	ძლიერ დაბინძურებული	> 6.0	5

ჩვენს მიერ შესწავლილი მდინარეების წყლების ჰიდროქიმიური მონაცემების დამუშავების საფუძველზე, შევაფასეთ მდინარეების წყლის დაბინძურების ხარისხი და მათი კოლერაცია სეზონურობასთან. შესაბამისი განტოლების საშუალებით გამოვთვალეთ დაბინძურების ინდექსი, რამაც საშუალება მოგვცა დაგვედგინა ამ მდინარეების წყლის ხარისხის კლასი

ჩვენს მიერ მინიჭებული ხარისხის კვალიფიკაციები დაბინძურების ინდექსების მიხედვით მოყვანილია ცხრილში №17

ცხრილი №17

მდინარე ბარცხანას და აჭარისწყლის ხარისხის კლასიფიკაცია

მდინარე	დაბინძურების ინდექსი	წყლის ხარისხის კლასი
ბარცხანა (წლის ცივი პერიოდი)	0.91	1
ბარცხანა (წლის თბილი პერიოდი)	1.04	2
აჭარისწყალი (წლის ცივი პერიოდი)	0.51	1
აჭარისწყალი (წლის თბილი პერიოდი)	0.52	1

ჩვენს მიერ, 2019-2020 წლის განმავლობაში, წყლის ჩარჩო ევროდირექტივის - 2000/60/EC-ის მიერ შემოთავაზებული მეთოდის მიხედვით შესრულებულმა კვლევებმა აჩვენა, რომ მდინარე ბარცხანას წყალი ჰიდროქიმიური ინდიკატორების მიხედვით, უფრო დაბინძურებულია, ვიდრე მდინარე აჭარისწყალი. დაბინძურების ხარისხში სხვაობა მკვეთრად იკვეთება წლის თბილ პერიოდში (წყალმცრობის პერიოდი). მაგალითად, ბარცხანას წყალი უფრო დაბინძურებულია, ვიდრე მდინარე აჭარისწყალი. დაბინძურების ხარისხში სხვაობა განსაკუთრებით იზრდება წლის თბილ პერიოდში (წყალმცრობის პერიოდი). რაც შეეხება მდ. აჭარისწყალს, მისი დაბინძურების ხარისხი (ჰიდროქიმიური მაჩვენებლების მიხედვით) ბევრად უფრო დაბალია, ვიდრე მდ. ბარცხანას წყლის წლის ორივე პერიოდში.

მაგალითად წლის თბილ პერიოდში მდ. ბარცხანას წყლის ხარისხი მიღებული დაბინძურების ინდექსის მიხედვით შეფასდა როგორც კლასი 2 (ანუ მცირედ დაბინძურებული), ხოლო წლის ცივ პერიოდში კი დაბინძურების ინდექსის მნიშვნელობამ მიაღწია 0.91-ს, ანუ მიუახლოვდა წყლის სუფთა (კლასი 1) და მცირედ დაბინძურებულის (კლასი 2) საზღვარს. რაც შეეხება მდ. აჭარისწყალს, მისი დაბინძურების ხარისხი (ჰიდროქიმიური მაჩვენებლების მიხედვით) ბევრად უფრო დაბალია ვიდრე მდ. ბარცხანას წყლისა წლის ორივე პერიოდში. ჩვენი აზრით, ეს გამოწვეულია იმით, რომ მდინარე ბარცხანა, სანამ ზღვაში ჩაედინება გაივლის მთელ რიგ სოფლებს და რაც მთავარია ქალაქ ბათუმს. მდინარის ანთროპოგენური დაბინძურება ძირითადად ხდება საყოფაცხოვრებო-ნახმარი, მეცხოველეობის ფერმებიდან ჩამონადენი გაუწმენდავი წყლებით, სოფლის მეურნეობაში გამოყენებული შხამ-ქიმიკატებითა და ა.შ.

ჩვენს მიერ, მდინარე აჭარისწყლისა და მდინარე ბარცხანას წყლის ხარისხის კლასიფიკაციის მინიჭება ჰიდროქიმიური ინდიკატორების მეშვეობით (წყლის ჩარჩო ევროდირექტივის - 2000/60/EC-ის მიერ შემოთავაზებული მეთოდის მიხედვით), მეტად აქტუალურია. იმ შემთხვევაში, თუ მომდევნო წლების განმავლობაში, სტატისტიკური მონაცემების საფუძველზე, მოხდება წყლის დაბინძურების ინდექსით (S) გამოთვლა, შესაძლებელი გახდება დადგინდეს გაუარესდა და

გაუმჯობესდა მოცემული მდინარეების ეკოლოგიური მდგომარეობა. ზედაპირული წყლების მიმართ ასეთი მიდგომები საშუალებას მოგვცემს ნებისმიერი მდინარის აუზის მონიტორინგი ვაწარმოოთ, რის შედეგადაც მოხდება წყლის ხარისხის სწორი შეფასება, რაც დაგვეხმარება პრევენციული ღონისძიებების დაგეგმვა-გატარებაში.

დასკვნები

1. შავი ზღვის აუზის მდინარეების (ჭოროხი, აჭარისწყალი, კუბისწყალი, ბარცხანა, ჩაქვისწყალი) 2019-2021 წლებში ჩატარებული ეკოლოგიური მონიტორინგისა და მათზე ანთროპოგენული ფაქტორების შედეგად გამოწვეული დაბინძურების ხარისხის შეფასების საფუძველზე დადგინდა დამაბინძურებელი ნივთიერებების გავლენა მდინარეების ეკოლოგიურ მდგომარეობაზე;
2. მდინარეების წყალში განისაზღვრა წყალსატევების ეკოსისტემების დამაბინძურებელი ზოგიერთი მძიმე ლითონის (Fe, Cu, Zn, Pb, Hg, Cd) შემცველობა. ისინი ზღვრულად დასაშვები კონცენტრაციის ფარგლებში მერყეობდნენ. აღნიშნულს ხელს უწყობს წყლის pH, რომლის გავლენითაც ეს ლითონები განიცდიან ჰიდროლიზს და მათი ძირითადი მასა ილექება ფსკერზე, ხოლო ნაწილი სორბირდება ტივტივა ნატანზე. ამიტომ, ისინი მდინარის თვითგაწმენდის პროცესებზე და შესაბამისად, მის ეკოლოგიურ მდგომარეობაზე ნეგატიური გავლენას ვერ ახდენენ;
3. დადგენილი იქნა, რომ მდინარეების ფსკერულ ნალექებში მძიმე ლითონების (Ni, Cu, Zn, As, Cr, Fe, Mn) შემცველობა ზღვრულად დასაშვები კონცენტრაციის ფარგლებში მერყეობს;
4. მდინარეებზე (ჭოროხი, აჭარისწყალი, კუბისწყალი, ბარცხანა, ჩაქვისწყალი) სეზონურად ჩატარებული ფიზიკურ-ქიმიური და სანიტარულ-მიკრობიოლოგიური ანალიზის კვლევის შედეგებიდან კარგად ჩანს, რომ მათში მიკრობიოლოგიური და ქიმიური დაბინძურების მაჩვენებლები მნიშვნელოვან ცვლილებას არ განიცდის. მიუხედავად იმისა, რომ მდინარეების შესწავლილ მონაკვეთებზე აღინიშნება ანთროპოგენული დატვირთვის გავლენა, მათი ეკოლოგიური მდგომარეობა დამაკმაყოფილებელია და ეპიდემიოლოგიურად უსაფრთხოა;

5. დასავლეთ საქართველოს საანალიზო მდინარეების თევზებში შესწავლილი Hg-სა და Cd-ის შემცველობის ანალიზის შედეგად, რაც ჩვენს მიერ პირველად იქნა განხორციელებული, წყალში არსებული მძიმე ლითონების მცირე კონცენტრაციის მიუხედავად, თევზის ორგანიზმში დაფიქსირდა მათი შემცველობის გარკვეული რაოდენობა (თუმცა, ზდკ-ზე დაბალი). რაც, ჩვენი აზრით, განპირობებულია თევზებისათვის დამახასიათებელი კუმულაციური ეფექტით. ისინი უფრო ხსნადია ცხიმში, ვიდრე წყალში და შესაბამისად, გროვდება თევზის ცხიმოვან ქსოვილში, მიუხედავად წყალში მათი დაბალი კონცენტრაციით არსებობისა.
6. საქართველოში არ არსებობს ისეთი საწარმოები, რომლებიც გამოიწვევენ წყალსატევების ეკოსისტემების დაბინძურებას ვერცხლისწყლითა და კადმიუმით. ამიტომ, შეუძლებელია ჰიდრობიონტების, თევზების და მათი პოპულაციების მოწამვლა აღნიშნული მძიმე ლითონებით. მნიშვნელოვანია აღინიშნოს, რომ ვერცხლისწყალი ხასიათდება წყალში ხანმოკლე ყოფნით. ის სწრაფად გარდაიქმნება ნალექებში ნაერთების სახით.
7. საერთაშორისო ჰიდროქიმიურ პრაქტიკაში მიღებული შეფასების მეთოდის გამოყენებითა და საკვლევი რეგიონებისათვის დამახასიათებელ შერჩეულ ინდიკატორებზე დაყრდნობით, დახასიათებული და შეფასებულია შავი ზღვის აუზის მდინარეების - ბარცხანას და აჭარისწყლის ეკოლოგიური მდგომარეობა. დადგენილი და გამოყენებული იქნა ის პრიორიტეტული ინდიკატორები (pH, DO, pH_5 , NO_2^- , NO_3^- , NH_4^+ , PO_4^{3-} , SO_4^- , Cl^-), რომლებიც მათთვის კლასიფიკაციის მინიჭების საფუძველს იძლევა.
8. წყლის ჩარჩო ევროდირექტივის მიერ შემოთავაზებული მეთოდიკის მიხედვით, 2019-2020 წლებში (თბილი პერიოდი), ჰიდროქიმიური ინდიკატორების გათვალისწინებით, მდინარე ბარცხანას წყლის ხარისხი შეფასებული იქნა, როგორც მცირედ დაბინძურებული (კლასი 2), წლის ცივ პერიოდში კი შეფასებული იქნა, როგორც სუფთა (კლასი 1). ასე რომ, მდინარის დაბინძურების ხარისხი, გარკვეულწილად, დამოკიდებულია წლის სეზონურობაზე.

LEPL „Batumi Shota Rustaveli University”



Faculty of Natural Sciencies and Health care
Department of Biology

Mirangula Liparteliani

**The modern state of the influence of anthropogenic factors on the
hydrobionts of the Black Sea basin**

(Presented for granting the PhD quality of Biology

A u t o r e f e r a t

Batumi 2023

Doctoral thesis is prepared at the Biological Department of Batumi Shota Rustaveli State University, Faculty of Natural Sciences and Healthcare

Scientific supervisors:

Ketevan Dolidze – Professor, Doctor of Biology, Batumi Shota Rustaveli State University

Tea Mchedluri - Professor, Doctor of Biology, Iakob Gogebashvili Telavi State University

Valuers:

Nana Zarnadze - Professor, Doctor of Biology, Batumi Shota Rustaveli State University

Lali Jghenti – Associated Professor, Doctor of Biology, Batumi Shota Rustaveli State University

Nugzar Buachidze - Doctor of Chemical Sciences, Technical University of Georgia, Institute of Hydrometeorology. Chief Scientific Associate. Expert in environmental issues

Defence of the thesis will be implemented on _____ at 13:00 o'clock, at the Dissertation Committee Meeting of the Batumi Shota Rustaveli State University Natural Sciences and Healthcare Faculty

Address: N32/35 Rustaveli/Ninoshvili street, Batumi, auditory N 328

Doctoral thesis can be available in the library of Batumi Shota Rustaveli State University or on the web site of the university www.bsu.edu.ge

Secretary of the Dissertation Council of Batumi
Shota Rustaveli State University Natural Sciences and
Healthcare Faculty, Associated Professor

Nana Zarnadze

General Description of the Work

Relevance of the topic: The problem of clean water and protection of water ecosystems is an actual problem today. Georgia is very rich in fresh water resources. Unfortunately, the water quality of the rivers often does not correspond to the norms established in Europe. The reason for this is mainly anthropogenic pollution of rivers. Their main pollutants are industrial, agricultural and domestic wastewater, poisons and chemicals used in agriculture, and fertilizers. Domestic waste water causes fecal pollution of the watercourse. In such environment there are many pathogenic microorganisms, which are the source of the spread of infectious diseases. The treatment facilities operating today are technically imperfect and inefficient, which is why it is not possible to filter/purify waste water. In this way, a large amount of biogenic substances enter the water bodies, which lead to the active growth of algae (eutrophication), which can lead to the release of oxygen into the water and the destruction of the water ecosystem. The phenomenon of eutrophication in the rivers of Georgia has not been noticed yet.

The Black Sea is one of the largest inland seas. The rivers that flow into it can create an ecological problem. The problem of pollution of the Black Sea has been growing and becoming more urgent in recent decades. Against the background of anthropogenic load, in case of excessive pollution in rivers, the ecosystem can be seriously damaged or completely destroyed. The self-purification ability of water may decrease, the process of eutrophication might accelerate and it may increase the possibility of spread of infectious agents. As a result of strong anthropogenic pollution, in many cases, water resources are degraded, which will lead to a disruption of the balance in the ecosystem of water bodies, a sharp deterioration of the ecological and recreational conditions (Barnes, R.S.& Mann, K.H.1991).

The most important problem is the contamination of water bodies with heavy metals, which mainly occurs as a result of anthropogenic pollution. Because of their high toxicity, even small concentrations can be harmful to fish and other living organisms in aquatic ecosystems. As a result of toxic substances entering water bodies, mass poisoning of ichthyofauna is possible, which will lead to poisoning of other living organisms through the food chain, deterioration of the

condition of natural landscapes, disturbance of the balance between microbial populations, etc. All this poses a great threat to both biodiversity and the integrity of ecosystems, as well as human health.

Since the Black Sea is under certain anthropogenic pollution, in order to determine the sources of its pollution, it is of the utmost importance to study the impact of anthropogenic pollution of the rivers flowing into it on the ecological state, self-cleaning processes, water ecosystems, hydrobionts and fishes. In order to assess the ecological situation of the rivers of the Black Sea basin, it is necessary to carry out their continuous monitoring. At the same time, based on the analysis of the existing information, the trends of the processes in the ecosystem should be detected, evaluated and controlled.

The aim and objectives of the study: the aim of the study was to determine the impact of anthropogenic factors on the current ecological condition of the rivers of the Black Sea basin – the Chorokhi, the Adjaristskali, the Kubistskali, the Bartskhana, the Chakvistskali; Sanitary-microbiological and Eco chemical monitoring of river water; Determination of the content of dangerous heavy metals such as Hg and Cd in fish; According to the methodology proposed by the Water Framework Directive - 2000/60/EC, classification of the Bartskhana and the Adjaristskali rivers according to integral hydro chemical indicators.

To achieve the goal, the following tasks were set: determination of sanitary-microbiological indicators (total coliforms, *Escherichia coli*, fecal streptococci, *Salmonella*) in river water; Determination of hydro chemical and physio-chemical parameters of water, biogenic elements of basic ions and heavy metal content in river water (Fe, Cu, Zn, Pb, Hg, Cd) and bottom sediments (Ni, Cu, Zn, As, Cr, Fe, Mn); determination of mercury and cadmium content in the body of fish; According to the methodology proposed by the water framework European directive, the quality assessment and classification of the water quality of the rivers Bartskhana and the Adjaristskali.

Research object and methods: The rivers of the Black Sea basin, the Chorokhi, the Adjaristskali, the Kubistskali, the Bartskhana, the Chakvistskali were selected as research objects. In order to determine the present ecological condition of rivers, the influence of anthropogenic pollutants on them and the

content of some heavy metals in fish, we conducted research in 2019, 2020 and 2021 seasonally.

Sampling in the research rivers was done according to a pre-selected scheme. We carried out water field measurements on the spot, with a portable field device - HORIBA-1. We calculated the sanitary-microbiological indicators using the membrane-filtration method; Heavy metals were determined with an axial induction plasma (ICP-OES) spectrometer; For the quantitative determination of inorganic pollutants, we used bichromatic oxidation. For determination of anions in water - ion-chromatographic method. We determined the content of mercury and cadmium in water using the atomic-absorption method, the concentration of mercury in the fish body - using the colorimetric method, and the content of cadmium - using the atomic-absorption method.

Material and technical base. National Environment Agency. Laboratory of atmospheric air, water and soil analysis. G. Natadze Scientific-Research Institute of Sanitation, Hygiene and Medical Ecology.

Scientific novelty and practical value of the work: The results of the conducted scientific research have significant scientific and practical value. During the years 2019-2021, a systematic sanitary-microbiological and sanitary-chemical study of the rivers of the Black Sea Basin – the Chorokhi, the Adjaristskali, the Kubistskali, the Bartskhana, the Chakvistskali was conducted for the first time; The water quality of the rivers, the influence of anthropogenic factors on them and the dynamics of self-cleaning processes taking place in them are evaluated; The content of some heavy metals was determined in the river water and bottom sediments, and in addition, mercury and cadmium content in river water. It is important that in Georgia, for the first time, we have determined the content of Hg and Cd in the fish of these rivers. Also, for the first time, the water framework was determined according to the methodology proposed by the European Directive - 2000/60/EC, the ecological quality of the Bartskhana and Adjaristskali and their classification according to integral hydrochemical indicators.

It should be noted that the results of the research presented in the thesis are of some theoretical and practical interest due to their relevance, scientific novelty, experiment and level of conclusions. The results of the research can be

used for the development of ecological safety of the rivers of the Black Sea basin, improvement of the system and for working out practical recommendations.

Thesis structure: Thesis consists of 121 typed pages. It consists of an introduction, a literature review, 5 chapters, 21 subsections, conclusions and a list of references. The bibliography contains 120 literary sources, 27 of them are in Georgian, 23 in Russian and 70 in English. The text contains 60 tables and 14 graphs.

Approbation and publication of research results: 5 scientific works have been published around the dissertation topic; Among them, 1 in the journal with Scopus and 3 in journal having an impact factor classifier. 1 in resources of the International Scientific Conference.

Chapter 1. Literature review

The thesis analyzes 120 literary sources, where the analysis of information sources related to the thesis topic and the main results and concepts related to the research problem are discussed. Fresh water ecosystems and their biodiversity, distribution of heavy metals in water reservoir ecosystems and their toxic effects on hydrobionts, influence of anthropogenic factors on water bodies and mechanisms of eutrophication, as well as ongoing self-cleaning processes are discussed in the literature review. The latest scientific articles are also used while discussing the mentioned topic.

Chapter 2. Research object and methods

The rivers of the Black Sea basin – the Chorokhi, the Adjaristskali, the Kubistskali, the Bartskhana, the Chakvistskali - were selected as objects of research. In order to determine the current state of anthropogenic factors on rivers and to assess their impact on hydrobionts/fish, we conducted research in 2019-2021 seasonally (spring-summer-autumn).

Sampling, packaging, transportation and laboratory analysis were carried out in accordance with ISO and EPA standards. Before fieldwork, we followed all standard procedures to ensure proper collection, storage, and transportation of samples.

The following research methods were used to determine the sanitary-chemical and sanitary-microbiological condition of the rivers: water sampling method, we determined the main hydrochemical parameters of water (pH, temperature, electrical conductivity and dissolved oxygen content) - with a HORIBA portable field device. Water turbidity - by the turbidimeter method, using the portable device HANNA Instruments Turbidimeter. We used the axial induction plasma (ICP-OES) spectrometer method to determine heavy metals, anions were determined by the ion-chromatographic method, Hg and Cd in water by the atomic-absorption method. The concentration of mercury in fish - by colorimetric method, and cadmium - by atomic absorption method. Membrane filtration method was used to determine total coliforms, *Enterococcus faecalis* and *E.coli*.

In the analysis samples, we determined sanitary-microbiological indicators - total coliforms, *Escherichia coli*, fecal streptococci, *Salmonella*, hydrochemical and physico-chemical parameters of water (odor, turbidity, pH, electrical conductivity, temperature, oxygen dissolved in water, BOC₅); Basic ions (HCO_3^- , Cl^- , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , SO_4^{2-}), biogenic elements - (NO_2^- , NO_3^- , NH_4^+ , PO_4^{3-}), heavy metal content in river water (Fe, Cu, Zn, Pb, Hg, Cd) and bottom sediments (Ni, Cu, Zn, As, Cr, Fe, Mn).

Research results obtained

Chapter 3. Results of ecochemical and microbiological research of the rivers of the Black Sea coast of Georgia (the Chorokhi, the Adjaristskali, the Kubistskali, the Bartskhana, the Chakvistskali)

The problem of pollution of the Black Sea basin has been increasing and becoming more urgent in recent decades. Nevertheless, the issues of biological self-cleaning have not been adequately studied and evaluated until recently. Industrial economic growth has a negative impact on aquatic ecosystems (Oniani. J 2000). In case of excessive pollution in rivers, the ecosystem can be seriously damaged or completely destroyed. If the concentration of polluting substances exceeds the permissible limit, it is possible to reduce the self-purification ability

of water, to accelerate the process of eutrophication and to increase the possibility of spread of infectious agents. As a result of anthropogenic eutrophication, in many cases, water resources are degraded, which leads to a disruption of the balance in the ecosystem of water bodies, a sharp deterioration of the ecological and recreational conditions. (Mchedluri,T 2021)

Ecochemical-biological monitoring of rivers and water quality control is the only way to check their ecological condition. In recent decades, anthropogenic pollution and intensity of water ecosystems have changed dramatically (Баканов А. И. 1997). Insufficiently purified wastewater, pesticides, poisonous chemicals, biogenic substances, etc. get into the rivers. Chemicals entering the river alter the sanitary regime of the aqueduct and disrupt the balance between microbial populations. Domestic waste water causes their fecal pollution. As a result of the introduction of toxic substances, mass poisoning of ichthyofauna is possible, which will lead to poisoning of other living organisms through the food chain.

The River Chorokhi

The River Chorokhi, which is the largest river in the Black Sea basin, originates in the Okus-Badag mountains. It flows through Turkey and Georgia. The Chorokhi mainly flows in the tectonic valley between Lazistan and Chorokhi ridges. It flows into the Black Sea south of the city of Batumi. The results of the physical-chemical and hydrochemical research of the River Chorokhi are given in Table No. 1

Table No. 1

Main physico-chemical and hydrochemical parameters of the river Chorokhi

Ingredients to be determined	The River Chorokhi								
	2019			2020			2021		
	Spring	Summer	Autumn	Spring	Summer	Autumn	Spring	Summer	Autumn
temperature, t ⁰ C	14.7	21.3	20.4	16.2	23.4	20.9	13.5	23.7	20.2
Smell, points	1.0	1.0	1.5	1.2	1.3	1.37	1.1	2.0	2.0
Turbidity	6.15	5.45	8.15	6.4	7.2	5.5	6.4	4.2	5.8
pH	7.85	7.50	8.05	8.12	8.15	8.10	8.05	8.20	8.25
dissolved oxygen. mg / l	8.55	8.52	10.05	9.2	8.0	10.0	10.2	9.6	11.2

BOD ₅ , mg / l	5.69	6.25	6.38	4.20	5.16	5.16	5.30	5.88	6.24
Electrical conductivity mS/bθ	228.4	186.7	214.5	268.6	227.9	195.8	190.5	178.8	220.9
Nitrite of nitrogen	0.01	0.09	0.11	0.11	0.008	0.066	0.122	0.137	0.114
Nitrate of nitrogen	5.44	6.70	8.21	5.22	7.22	8.28	7.77	8.12	6.80
Ammonium ion	0.52	0.65	0.72	0.40	0.68	0.64	0.48	0.62	0.58
Phosphate	0.22	0.34	0.33	0.35	0.55	0.45	0.40	0.33	0.38
Sulfate	30.5	33.5	34.9	21.8	24.7	18.6	19.4	20.8	22.5
Chloride	12.0	9.4	13.6	7.9	8.9	8.4	8.9	7.9	8.1
Hydrocarbonate,	101.6	82.5	167.4	99.8	79.8	80.6	100.8	105.5	110.8
Potassium	14.9	10.6	11.3	20.3	17.3	18.2	17.4	15.7	16.8
sodium	5.5	6.7	8.7	4.5	5.1	7.2	8.0	7.8	6.6
Calcium	17.2	18.8	16.0	15.2	16.8	17.5	11.8	14.4	16.4
Magnesium	9.5	8.2	10.2	6.9	7.9	8.8	8.9	8.1	7.7
mineralization, mg/l	200.8	222.6	379.5	210.8	180.8	280.6	205.5	215.5	220.2

The river Chorokhi water is characterized by comparatively little turbidity, the amount of dissolved oxygen varies from 8.0 mg/l to 11.2 mg/l over the years, and the values of BOC₅ are in the range of 4.20 mg/l - 6.38 mg/l. The highest rate of biological oxygen consumption was recorded in autumn 2019. Minor increase of mineralization in the river Chorokhi water was observed. Ammonium content in some cases exceeded the MPC value. In particular, in the summer and autumn of 2019-2020, their concentrations in water exceeded the MAC which indicates that in this period the river Chorokhi was in the process of being contaminated with feces.

The results of monitoring the content of heavy metals in the water and bottom sediments of the Chorokhi River are presented in Tables *No. 2, 3*. Although the content of metals in the river water varies over the years, depending on the seasons, their amount is much lower than the MPC values. In our opinion, this is due to the pH values of the river water, at which most of the metals are hydrolyzed and therefore move to the sediments. As for Hg and Cd, their concentrations are quite small in river water. Based on the results of the research, the water and bottom sediments of the Chorokhi River were not found to be contaminated with heavy metals.

Table No. 2

The content of heavy metals in the watre of the Chorokhi River

Ingredients to be determined	The River Chorokhi									MAC Mg/l
	2019			2020			2021			
	Spring	Summer	Autumn	Spring	Summer	Autumn	Spring	Summer	Autumn	
Fe	0.1725	0.263	0.2807	0.2201	0.2403	0.2288	0.1845	0.1744	0.1922	0.3
Cu	0.0028	0.002	0.0024	0.0030	0.0031	0.0037	0.0052	0.0047	0.0055	1.0
Zn	0.0011	0.001	0.0018	0.0116	0.0214	0.0114	0.0154	0.0128	0.0130	1.0
Pb	0.0028	0.003	0.0036	0.0025	0.0015	0.0025	0.0042	0.0031	0.0036	0.03
Hg	0.0001	_	0.00012	_	0.00025	0.00037	0.00011	0.00011	0.0001	0.0005
Cd	_	0.0009	0.00013	_	0.00072	_	0.00034	0.00030	-	0.001

Table No. 3

The content of heavy metals in bottom sediments of the Chorokhi River

Time of taking samples	The River Chorokhi (mg/kg)													
	2019							2020						
	Ni	Cu	Zn	As	Cr	Fe	Mn	Ni	Cu	Zn	As	Cr	Fe	Mn
Spring	33	84	199	8.0	100	47	1.0	50.4	62.3	64.7	1.55	38.8	19.6	1.10
Summer	44	146	382	11.4	112	61.3	1.11	58.5	68.8	70	1.85	40.0	22.4	1.12
Autumn	58.4	99.5	218	14.8	108	51.4	0.98	52.8	66.4	71	1.74	37.8	21.1	1.22

From the results of the three-year monitoring, it can be seen that the highest rate of microbiological pollution of the Chorokhi River was recorded in 2021 (Table No. 4). For example, in summer - total coliforms - 8210, fecal streptococci - 608.8, concentration of E-coli exceeded the permissible limit and reached 7225 units/l of water. Salmonella was not found in any samples.

Table No. 4

The results of microbiological analysis of the water of the river Chorokhi

Determined microorganisms	The River Chorokhi								
	2019			2020			2021		
	Spring	Summer	Autumn	Spring	Summer	Autumn	Spring	Summer	Autumn
Total coliforms	4850	5250	6800	5720	5240	6240	7890	8210	7990
E-coli	3958	4750	5750	4800	5100	5800	5486	5889	7225
Fecal streptococci	360	340	420	496	525	625	505.8	608.8	568.5
Salmonella	were not found			were not found			were not found		

Based on the obtained microbiological results, we can conclude that in 2021 there will be an increase in anthropogenic pollution and increased fecal pollution on the Chorokh River, which is due to the discharge of untreated sewage directly into the river.

The River Adjaristskali

The river Adjaristskali is the right tributary of the Chorokhi. Its source is on the western slope of the Arsian ridge at an altitude of about 2375 m above sea level. The hydro system of the river is a subject of serious research, which is due to the construction of a cascade of 400 megawatt hydroelectric stations. The results of the 2019-2021 physical and chemical indicators of the Adjaristskali river are given in table No.5.

Table No. 5

Main physico-chemical and hydrochemical parameters of the river Adjaristskali

Ingredients to be determined	The River Adjaristskali								
	2019			2020			2021		
	Spring	Summer	Autumn	Spring	Summer	Autumn	Spring	Summer	Autumn
temperature, t ⁰ C	15.4	22.2	21.0	14.0	22.5	20.1	14.8	22.6	20.7
Smell, points	1.5	2.0	3.2	1.2	2.6	2.7	1.8	2.2	2.8
Turbidity	5.88	6.82	7.25	14.5	16.5	17.2	8.8	5.6	6.2
pH	8.0	7.75	7.95	8.10	8.05	7.95	8.10	8.05	7.95
dissolved oxygen. mg / l	8.34	7.82	11.05	9.2	8.7	9.7	8.5	7.5	9.6
BOD ₅ , mg / l	3.24	3.15	4.88	4.25	5.25	5.50	4.15	4.2	3.85
Electrical conductivity	204.2	186.4	314.1	100.4	120.2	107.4	112.5	88.8	99.9
Nitrite of nitrogen	0.002	0.003	0.002	0.018	0.038	0.044	0.032	0.038	0.035
Nitrate of nitrogen	2.88	3.86	3.77	5.65	8.65	10.55	4.98	5.2	3.80
Ammonium ion	0.34	0.36	0.27	0.39	0.50	0.40	0.27	0.38	0.30
Phosphate	0.18	0.24	0.22	0.17	0.28	0.26	0.42	0.33	0.26
Sulfate	15.3	15.8	17.8	18.5	16.5	14.5	17.8	17.0	18.4
Chloride	6.6	6.4	5.4	6.0	6.5	6.8	4.9	6.6	5.6
Hydrocarbonate,	78.7	82.4	87.4	78.3	88.4	85.6	77.4	86.5	90.5
Potassium	6.4	7.8	9.0	6.2	7.4	9.4	8.8	8.0	9.9
sodium	8.2	8.8	10.2	9.0	9.4	11.2	11.4	10.5	10.6
Calcium	16.6	15.4	15.8	20.8	16.8	15.8	14.8	16.6	16.8
Magnesium	6.8	7.0	6.9	7.5	7.2	7.7	6.5	6.0	6.8
mineralization, mg/l	108.7	122.6	179.5	95.8	104.8	110.8	116.6	133.3	128.8

The Adjaristskali river is characterized by low turbidity, the amount of dissolved oxygen ranges from 7.5 mg/l to 11.05 mg/l over the years, and the values of BOC₅ are in the range of 3.15 mg/l - 5.50 mg/l . The mineralization of the river water is low, and its slight increase is observed in the summer-autumn period of 2019. Quite regularly, low mineralization is associated with an increase in the volume of water consumption. Consequently, water turbidity is also high during this period. The content and turbidity of the Adjaristskali River is much higher than that of the Chorokhi River.

As for the content of heavy metals in water and bottom sediments, as shown in Table No. 6,7 can be seen in the water, it mainly fluctuates within the MAC. Only the iron content exceeds the marginally permissible concentration in the summer (0.46 mg/l) and autumn (0.58 mg/l) of 2019 , while in the spring (0.29 mg/l) it approaches the MPC.

The content of heavy metals in bottom sediments is higher in 2019 than in 2020. An increasing trend is observed in the spring-autumn period of 2019. E.g. Ni ranges from 44 mg/kg - 53 mg/kg. Cu - 48 mg/kg - 60 mg/kg. The Cr content in spring was 80.6 mg/kg, and in autumn it reached 105.6 mg/kg.

Table No. 6

The content of heavy metals in the water of the river Adjaristskali

Ingredients to be determined	The River Adjaristskali									MAC Mg/l
	2019			2020			2021			
	Spring	Summer	Autumn	Spring	Summer	Autumn	Spring	Summer	Autumn	
Fe	0.29	0.46	0.58	0.07	0.16	0.11	0.21	0.30	0.24	0.3
Cu	0.0014	0.0019	0.0020	0.0042	0.0052	0.0082	0.0085	0.0078	0.0050	1.0
Zn	0.0010	0.0012	0.0014	0.0060	0.0044	0.0048	0.0064	0.0074	0.0082	1.0
Pb	0.0088	0.0078	0.0070	0.0055	0.0070	0.0076	0.0073	0.0068	0.0064	0.03
Hg	0.00010	0.0009	-	-	0.00011	0.00010	-	0.0008	0.0008	0.0005
Cd	-	0.00085	0.0009	-	0.00010	0.00010	-	0.00018	0.00014	0.001

Table No. 7

The content of heavy metals in the bottom sediments of the Adjaristskali River

Time of taking samples	The River Adjaristskali													
	2019							2020						
	Ni	Cu	Zn	As	Cr	Fe	Mn	Ni	Cu	Zn	As	Cr	Fe	Mn
Spring	44	48	87	2.7	80.6	45.9	0.59	16.6	13	32	6.4	59.8	17.5	0.57
Summer	48	58	105	3.4	94.5	61.0	0.90	17.1	16	40.6	7.7	61.4	29.7	0.78
Autumn	53	60	98.5	5.8	105.6	50.2	0.84	22.5	14	40.4	7.0	70.0	32.0	0.69

Table No. 8

Results of microbiological analysis of the water of the river Adjariskalli

Determined microorganisms	The River Adjaristskali								
	2019			2020			2021		
	Spring	Summer	Autumn	Spring	Summer	Autumn	Spring	Summer	Autumn
Total coliforms	7120	8020	8840	4986	5300	5100	5280	5890	6910
E-coli	5050	6840	6245	5000	6055	5850	4885	4880	5220
Fecal streptococci	548	640	730	440	490	499	395.8	408.0	468.1
Salmonella	were not found			were not found			were not found		

From the results of 2019.2020.2021 sanitary-microbiological analyzes of the Adjaristskali river, it is clear that the indicators of microbiological pollution of the river have not undergone significant changes. The highest rate of total coliforms (8840) and fecal streptococci (730) was observed in the autumn of 2019, E-coli- in summer (6840). Salmonella was not found in any of the samples. The obtained results indicate the influence of the anthropogenic load of the river and its fecal pollution. Nevertheless, it can be said that due to the self-cleaning processes taking place in the river, its ecological condition is satisfactory.

The river Kubistskali

The river Kubistkali, which is about 5.4 km long, flows from the Adjara-Guria mountain system. The river is connected to the Black Sea by an artificial concrete channel along the territory of the Batumi oil refinery.

From the results of the physical and hydrochemical analyzes of the Kubistskali, it can be seen that the concentrations of the components determined by us are within the norm. Both NO_2^- and NO_3^- , as well as NH_4^+ , the content of which in 2020 exceeded MPC by 1.8 times, underwent seasonal changes and increased. This is an indicator of fecal contamination of water.

During the determination of heavy metals in the Kubastskali, only iron was increased (spring - 0.3 mg/l, summer - 0.44 mg/l, autumn - 0.55 mg/l) and the rest of the heavy metals were recorded within the limits of permissible concentration. There is no sharp increase of heavy metals in bottom sediments.

Based on the results of the microbiological analysis, the river Kubistskali in 2020-2021 is characterized by microbial pollution, which indicates their fecal pollution. Eg: E-coli contents in 2020 range from 5186 to 6885. In 2021, it ranges from 6887 to 7236.

The River Chakvistskali

The river Chakvistskali, which is 25.2 km long, flows from the northwestern slope of the Meskheti ridge, through Kobuleti municipality and flows into the Black Sea. The Chakvistskali is a typical mountain river. The river is characterized by a fast current

From the results of the physico-chemical and hydrochemical analysis of the analyses samples taken by us from the river Chakvistskali, it appears that in the spring-autumn period of 2019-2021, sharp mineralization change did not take place in the river. The concentration of BOC_5 in river water approaches the value of MPC and also slightly increases in the autumn period. According to the physico-chemical indicators, we can say that there was no serious anthropogenic pollution and discharge of a large amount of polluting substances into the river during the given period did not happen. As for the ammonium ion content of the river in the Chakvistskali, its concentrations were elevated and exceeded the MPC values in 2019 and 2021.

Based on the research results, the data on the content of heavy metals (Fe, Cu, Zn, Pb, Hg, Cd) in the river Chakvistskali are below the marginally harmful concentration. Which we think is caused by the high pH of the water. Heavy metals are hydrolyzed and sorbed on the sediment. The concentration of iron slightly, but still exceeded the indicator of MPC in the fall of 2019. As for

the river, according to the results of the chemical analysis of bottom sediments of the Chakvistkali, the composition of its bottom sediments in relation to the content of some metals does not differ significantly from the results of other rivers. According to the results of the microbiological analysis of the Chakviskali river, we can conclude that its sanitary-ecological condition is satisfactory and a better picture emerges than in the case of any other rivers, to the extent that in this case the amount of E-coli in the river water approached the normative limit only once during these years.

The river Bartskhana

The river of West Georgia - Bartskhana, the length of which is 8.2 km, belongs to small rivers. It is attached to the Black Sea in the south of Batumi, in the settlement of Tamar, near the harbor. For years, it has been polluted by the Batumi pharmacochemical plant and by waste from the oil terminal and oil refinery. There is also a large amount of sewage and household waste pollution.

In 2019-2021, the results of ecochemical monitoring conducted on the river Bartskhana are presented in the table No.9

Table No. 9

Main physico-chemical and hydrochemical parameters of the river Bartskhana

Ingredients to be determined	The river Bartskhana								
	2019			2020			2021		
	Spring	Summer	Autumn	Spring	Summer	Autumn	Spring	Summer	Autumn
temperature, t ⁰ C	16.8	24.6	22.7	17.0	24.8	20.8	17.0	24.8	21.0
Smell, points	1.0	1.5	1.5	3.0	4.0	4.08	4.3	3.8	3.2
Turbidity	12.4	20.45	24.15	4.5	5.5	5.44	3.55	2.65	2.86
pH	8.20	8.10	7.89	8.18	8.15	7.95	7.98	8.2	8.2
dissolved oxygen. mg /l	8.15	9.80	7.45	9.4	9.7	9.2	8.9	9.68	9,2
BOD ₅ , mg /l	7.75	7.95	7.22	7.92	7.72	5.70	5.37	7.86	5.24
Electrical conductivity	205.3	192.4	308.5	188.2	168.5	172.5	174.4	170.2	167.9
Nitrite of nitrogen	0.078	0.15	0.95	0.078	0.18	0.057	0.075	0.12	0.082
Nitrate of nitrogen	8.75	9.30	8.22	9.33	9.37	8.30	6.38	8.8	8.44
Ammonium ion	0.72	0.78	0.62	0.75	0.76	0.54	0.40	0.72	0.56

Phosphate	0.56	0.46	0.26	0.52	0.48	0.38	0.47	0.52	0.37
Sulfate	14.7	17.2	6.4	15.6	13.2	9.6	5.9	16.4	6.6
Chloride	9.5	9.6	12.3	9.8	9.9	8.2	9.4	9.8	8.8
Hydrocarbonate,	72.0	68.2	75.5	105.7	88.6	87.5	92.1	90.9	89.9
Potassium	13.4	12.6	14.7	16.8	17.8	17.0	16.4	18.6	22.2
sodium	8.6	6.9	7.2	7.7	8.0	8.5	5.9	6.3	6.8
Calcium	12.4	10.6	11.4	13.3.4	13.6	14.4	12.5	14.8	15.4
Magnesium	5.1	6.2	4.8	4.2	7.2	7.9	9.0	9.4	8.8
mineralization, mg/l	130.8	122.4	179.6	120.5	142.5	128.5	148.0	156.7	154.5

BOC₅ in the water of the Bartskhana exceeded the MPC indicator. It varied from 5.37 mg/L to 7.95 mg/L. Mineralization ranged from 120.5 mg/l to 179.6 mg/l. An increase in NO₂⁻, NO₃⁻ and NH₄⁺ is observed. In some cases, the content of ammonium ion exceeds MAC by 1.5-1.8 times, which is a noteworthy fact from the ecological point of view.

Table No. 10

The content of heavy metals in the water of the river Bartskhana

Ingredients to be determined	The river Bartskhana									MAC Mg/l
	2019			2020			2021			
	Spring	Summer	Autumn	Spring	Summer	Autumn	Spring	Summer	Autumn	
Fe	0.28	0.38	0.44	0.10	0.09	0.08	0.18	0.18	0.20	0.3
Cu	0.0020	0.0014	0.0018	0.0054	0.0068	0.0078	0.0076	0.0065	0.0064	1.0
Zn	0.0015	0.0017	0.011	0.0032	0.0072	0.0070	0.0013	0.0032	0.0042	1.0
Pb	0.0065	0.0078	0.0072	0.0068	0.0070	0.0067	0.0085	0.0067	0.0074	0.03
Hg	0.0001	-	0.0001	-	-	0.00009	0.0004	0.0003	0.0001	0.0005
Cd	-	0.0001	0.0001	0.0003	-	0.00028	0.00020	0.00022	0.0002	0.001

As for the content of heavy metals in water and bottom sediments, it was found that in summer (0.38 mg/l) and autumn (0.44 mg/l) in 2019, only iron content exceeded MPC. It should be noted that in different seasons, very low levels of Cd and Hg contents were observed in the river water. The low concentration of heavy metals in the water of the river Bartskhana is caused by the high pH index of the water, during which the given metals are hydrolyzed and, accordingly, they pass into the sediments. The content of metals in the bottom sediments of the mentioned river is similar to other rivers of the Adjara-Trialeti zone. However, in the case of chromium, the river Bartskhana is characterized by a rather high content compared to other rivers.

Table No. 11

The content of heavy metals in bottom sediments of the Bartskhana River

Time of taking samples	The river Bartskhana													
	2019							2020						
	Ni	Cu	Zn	As	Cr	Fe	Mn	Ni	Cu	Zn	As	Cr	Fe	Mn
Spring	99	45	105	1.7	140	56	1.1	55.5	66.4	70	1.44	36.2	26.0	1.3
Summer	115	65	135	2.0	145	72	1.35	62.5	77.8	79	1.95	42.2	26.4	1.32
Autumn	130	52	115	2.8	170	60.8	1.1	60.8	76.4	81	1.64	35.7	31.1	1.28

The results of the 2019-2021 microbiological analysis of the river Bartskhana are presented in tables No.12

Table No. 12

Results of microbiological analysis of the river Bartskhana water

Determined microorganisms	The river Bartskhana								
	2019			2020			2021		
	Spring	Summer	Autumn	Spring	Summer	Autumn	Spring	Summer	Autumn
Total coliforms	6885	7550	8250	6522	7542	7644	8664	9056	8114
E-coli	6855	5850	6100	5850	7850	8856	6542	7126	5927
Fecal streptococci	530	650	580	608	578	588	498.9	628.5	660.5
Salmonella	were not found			were not found			were not found		

While determining the indicator of fecal contamination of water in the Bartskhana River - *Escherichia coli*, it was found that its concentrations are increased in all three years, depending on the seasons. In 2019, it varies within 5850-8856 units/l, in 2020 - within 5850-8856 units/l, and in 2021 - within 5927-9056 units/l. It can enter the river from human and/or animal excrement, untreated sewage effluent. Total coliforms varied from 6885 (2019) to 9056 (2021). And fecal streptococci, one of the most important sanitary-indicator microorganisms of water pollution, which indicates old fecal pollution, was the highest (628.5) recorded in the summer of 2021 in all three years. Salmonella was not found in any sample.

In the season of holidays, undesirable bacteriological condition of the river, in our opinion, is due to touristic flow which causes an increased amount of discharge of uncleaned household waters from sewage connected, as well as

from unattached buildings (hotels , including guest houses). All this increases the fecal pollution of the water. It is worth noting that the ecological condition of the middle waist of the river Bartskhana has been unsatisfactory for a long time. In this case we have both household and production pollution . The obtained results show that the anthropogenic pollution in the Bartskhana was intensified in 2021 and its sanitary-hygienic condition requires constant monitoring and protection of its ecological condition.

Thus, based on the results of our monitoring of the rivers selected as research objects, we can conclude that there is no strong anthropogenic load on them. However, in a number of cases, their pollution caused by unfiltered household-communal wastewater as well as by the presence of uncontrolled landfills along the river bank, etc. is observed. The influence of anthropogenic factors affects the content of natural forms of basic ions and biogenic elements, as well as the mineralization of rivers. The contents of such components as ammonium ion and biological oxygen often increase in the water of rivers . As a result of research conducted on rivers, it can be seen that the soluble forms of heavy metals are changing. Under the influence of water pH, their hydrolysis occurs, due to which the main mass is deposited on the bottom, and a part is sorbed on the sediment. Therefore, their concentrations mostly vary within the limits of permissible concentration. Therefore, in these rivers, the content of heavy metals (Fe, Cu, Zn, Pb) is mostly in within the limits of MAC. Not so rarely, certain doses of Hg and Cd concentrations have been recorded, which raises the interest to determine the degree of content of these components in some fish in the river.

In the rivers used as a research object to assess the sanitary-microbiological condition of water the number of *Escherichia coli*, of total coliforms, fecal streptococci show that despite the anthropogenic load on them, the degree of their pollution is satisfactory at the expense of the self-cleaning processes taking place in it. However, in summer and autumn, in some cases, their increase is observed.

Based on the research results, we can conclude that the anthropogenic substances entering the rivers (the Chakvistskali, the Bartskhana, the Chorokhi, the Adjaristskali and the Kubistskali) are transformed into non-toxic compounds

as a result of chemical, physical-chemical and biological processes. Organic and biogenic substance is oxidized or consumed by living organisms. As a result of these and other processes known as self-cleaning, water maintains a more or less satisfactory ecological condition.

Chapter 4. Determination of the content of mercury and cadmium in fish of rivers

(Chakvistkali, Bartskhana, Chorokhi, Ajaristskali and Kubistskali)

Among heavy metals, Hg and Cd are dangerous contaminants of water reservoirs. They can accumulate and migrate. Have a negative effect on the flora and fauna of water reservoirs. It is almost unexplored how they spread in the biota, their transformation in time and space, toxicity to organisms, as well as biochemical-pathological reactions, etc. Therefore, the introduction of these pollutants into aquatic ecosystems poses a potential threat to aquatic flora and fauna, as well as to human health. [Wren C. D., et al 1983].

There is practically no self-cleaning mechanism for heavy metals because they only move from one water reservoir to another, affect different categories of living organisms, and usually cause undesirable, sometimes disastrous consequences. (Ghoghoberidze, M. 1992).

According to some researchers, heavy metals, in particular, Hg, when they get into a reservoir, they settle to its bottom and become practically harmless. Studies showed that they are broken down by bacteria, as a result of which they get into fish food along with bacteria, after which they get in fish and finally in the human body. Mercury enters water bodies mainly from industries. The total mercury content in freshwater plankton and benthos is much higher than in similar organisms in seawater. Hg gets into water reservoirs mainly from the industry. The total content of Hg in freshwater plankton and benthos is much higher than in similar organisms of seawater. (Mchedluri T., et al 2018)

It took specialists fifteen years to determine It took specialists fifteen years to determine what caused the terrible disease that spread through the population of Minamata in 1956-60. Dozens of people died as a result of an unknown disease at that time. The cause of the illness was mercury compounds introduced into the

ocean by the wastewater of one of the chemical plants. For years, mentally and physically imperfect, paralyzed children with a damaged central nervous system were born in Minamata. This disease was called "industrial Hiroshima", that is, "Minamata disease", and in medicine this term refers to human poisoning by industrial waste (David Lennett., et al 2018) .

Due to the pH values in natural waters, cadmium enteredt reservoir undergoes hydrolysis. Cd^{2+} is adsorbed on suspended particles, forms complex compounds of organic substances, and moves in this form. The processes of cadmium sorption and desorption in bottom sediments of water bodies are very fast, and humic acids are the dominant factor in these processes.

The total content of cadmium in freshwater vegetation is 1 kg. Dry weight can vary from 0.15 to 342 mg. Low water temperature reduces cadmium absorption. Cadmium in fish accumulates primarily in the tissues of internal organs. There are a few reported cases of cadmium poisoning in humans by consuming fish or using water.

The most well-known example of cadmium poisoning is the so-called "Itai-Itai" disease, which was found in the residents of one of the districts of Japan in 1940-60. Here, contaminated waters from deposits were discharged into small rivers without treatment, which affected the quality of drinking water (Alan D. Woolf. 2022) .

The same was used to irrigate rice crops. When people are poisoned by cadmium, softening of bones, calcification and pyelonephritis of the kidneys followed by bone deformation and kidney dysfunction take place. The half-life of cadmium accumulated in the body is 10-30 years, moreover - there is a direct correlation between cadmium exposure and cancer. (*Mchedluri T., 2021*)

The results of the analysis of Cd and Hg in the water of the rivers studied by us showed that the water of some rivers is much smaller than MAC. Mercury and cadmium have the ability to biomagnify and bioaccumulate. In the environment, they may transform into more dangerous forms, which is why they are characterized by special toxicity for hydrobionts and humans. They can poison and/or reduce the number of aquatic organisms, pollute natural landscapes, disrupt and reduce the biodiversity of aquatic ecosystems (*Mchedluri, T. et al 2017*)

Based on the mentioned problem, we considered it topical to determine the content of mercury and cadmium in the bodies of fish common in the rivers (Chakvistiskali, Bartskhana, Chorokhi, Ajaristskali and Kubastskali) taken by us as research objects, to see how easily Hg and Cd could penetrate into the body of fish through the fatty coating, absorption and accumulation.

We conducted research in September 2019-2020. The obtained results are presented in tables No. 13,14.

Table No. 13

Cd and Hg contaminations in the fish tissue samples from the rivers

№	Place sample was taken	Time sample was taken	Finding Hg mg/kg	MAC mg/kg	Finding Cd mg/kg	MAC mg/kg	Comment
1	The river Chakvistiskali	September, 2019	0.0030	0.5	0.0112		Weight of taken samples – 350 gr
2	The river Bartskhana		0.0035		—		
3	The river Chorokhi		0.0055		0.0119		
4	The river Ajaristskali		-		0,0111		
5	The river Kubistskali		-		0.0100		

Table No. 14

Cd and Hg contaminations in the fish tissue samples from the rivers

№	Place sample was taken	Time sample was taken	Finding Hg mg/kg	MAC mg/kg	Finding Cd mg/kg	MAC mg/kg	Comment
1	The river Chakvistiskali	September, 2020	0.0030	0.5	0.010	0.05	Weight of taken samples – 350 gr
2	The river Bartskhana		0.0032		—		
3	The river Chorokhi		—		0,012		
4	The river Ajaristskali		—		0.011		
5	The river Kubistskali		-		0.010		

The results of the 2019-2020 research showed that even though the concentrations of Hg and Cd in the research rivers are quite small and in some points were not even detected, the concentrations of mercury and cadmium in the fish samples taken from different points were found to be very low concentrations and the difference between the obtained results is also small.

Based on the data of 2019, the lowest concentration of mercury was recorded in the fish taken from Chakvistskal (0.0030 mg/kg), and the highest - in the fish of Chorokhi River (0.0055 mg/kg). The concentration of cadmium is also very low. For instance, it was the lowest in Kubastskali fish (0.01 mg/kg), the highest - in chorokhi fish (0.0119 mg/kg). It was not observed in the fish of Ajaristskali and Kubitskali.

According to the data of 2020, mercury was recorded in the fish of Bartskhana River (0.0032 mg/kg) and Chakvistskali (0.003 mg/kg). No mercury content was recorded in the fish taken from Chorokhi, Kubistskali and Ajaristskali. Cd content is very low only in Chakvistskali (0.01 mg/kg) and Kubistskali fish (0.01). No cadmium was detected in the fish taken from Chorokhi, Bartskhana and Adjaristskali.

The obtained results of 2019-2020 show that even though the rivers (Chakvistskali, Bartskhana, Chorokhi, Adjaristskali and Kubastskali) suffer from anthropogenic pollution, quite small concentrations of mercury and cadmium were found even in the points most loaded with anthropogenic factors. Both mercury and cadmium contents are very low in the analytical fish taken from the rivers (in some of them their concentration was not observed).

In our opinion, this is because there are no such enterprises in Georgia that result in the pollution of water bodies' ecosystems with mercury and cadmium. Therefore, it is impossible to poison hydrobionts, fish and their populations with the mentioned heavy metals. It is important to note that mercury is characterized by a short stay in water. It rapidly transforms into compounds in sediments.

Thus, for the first time, we have determined Hg and Cd contents in fish of Western Georgian rivers (Chakvistskali, Bartskhana, Chorokhi, Adjaristskail and Kubastskali). The obtained results show that it is possible that Hg and Cd are absent in water taken from a particular point or there is a very low concentration in it, but in the tissues of fish taken from the same point, these elements are accumulated in certain amounts. It should be noted that the processes of contamination in fish with these elements can take place quite easily and quickly. Nevertheless, the concentrations of Cd and Hg in the body of fish are very low and in no case can they even approach MAC values.

It is noticeable that many European countries carry out monitoring of the content of heavy metals in hydrobionts and fish of open water reservoirs, even though the mentioned rivers are not polluted by heavy metals.

Unfortunately, such monitoring of hydrobionts and fish is not carried out in Georgia. Therefore, we can say that our research on fish is topical and important. The results are worthy for specialists and interested parties.

Chapter 5. Ecological condition of the Bartskhana and the Adjaristskali and their classification according to integral hydrochemical indicators

(according to the methodology proposed by the Water Framework Directive - 2000/60/EC)

The growth of industrial potential has put the ecosystems of the Black Sea and the rivers flowing into it at risk from an ecological point of view. Georgia is assigned a transit function between European and Asian countries, which creates a danger of complicating the ecological situation in the coastal region. In order to assess the ecological condition of the rivers of the The Black Sea basin, it is relevant to carry out research in their chemical and biological direction, to constantly monitor and, based on the analysis of already existing information, to reveal the trends of the current processes in the water ecosystem. International conventions and agreements related to the protection of the Black Sea testify to the priority of the mentioned problem. Georgia has signed the association with the European Union, thus undertook to reflect requirements of European Union legislation connected to water pollution nationally in legislation and fulfilling them.

According to the European Union environmental legislation, one of the most fully regulated areas is water. As a result of carrying out environmental measures, the condition of surface waters has improved. Nevertheless, the desired results have not been achieved yet. Mostly, it refers to small rivers. Water framework Directive represents foundation for the strategies connected with water resources . In order to achieve environmental goals it is mandatory to fulfill some of the directives connected to water resources pollution (Water Framework Euro Directive (2000/60/EC))

One of the goals of our research was to classify the water quality according to integral hydrochemical indicators (methodology proposed by the European Water Framework Directive - 2000/60/EC), taking into account the results of the monitoring of hydrochemical indicators for the rivers Bartskhana and the Adjaristskali.

We conducted monitoring in 2019-2020 seasonally (cold and warm period of the year) . The physico-chemical parameters of the river water were measured on site, and the chemical and microbiological research of the analytical samples was carried out in the laboratory using modern methods and technology that meet international European standards. According to the obtained results, the current ecological condition of these rivers was evaluated and their correlation with seasonality was identified accordingly.

According to the results of the hydrochemical research of the rivers, it can be seen that the hydrochemical parameters of the rivers studied by us vary within the limits of the permissible concentration and the water quality is satisfactory.

Biogenic elements - NH_4^+ , NO_2^+ , NO_3^+ , PO_4^{3-} - which reflect the quality of surface water pollution and are their indicators, are important components for determining the quality of fecal water pollution. It is especially interesting to control the contents of their separate forms in water, which indicate on strengthening processes, such as fecal pollution , eutrophication , dumping communal and rural agricultural waste waters in the river and others.

Based on the results of the research, it can be seen that the annual average content of ammonium ions in the river Bartskhana water exceeds the maximum permissible concentration (MAC) in water, which is noteworthy and indicates on contamination of the Bartskhana water with feces. One of the indicators of river Bartskhana's fecal pollution is that it has a high concentration of BOC_5 .

In the list of indicators of the rivers Bartskhana and Adjaristskali, we have included the heavy metal (Fe), which are potential pollutants and on which we have been conducting research over the years. In the water of the rivers, we also determined the indicator of faecal water pollution *Escherichia coli*, which can enter the river from human or animal excrement or untreated sewage water. The rate of total coliforms, faecal streptococci, one of the important sanitary-indicator microorganisms of water pollution, indicates on old fecal pollution. As

for the results of sanitary-microbiological analysis of rivers (*Escherichia coli*, total coliforms, faecal streptococcus), it can be seen that their ecological condition is satisfactory. However, in the case of the river Bartskhana, the content of E-coli in its water is slightly above the norm.

According to the Water Framework Directive (2000/60/EC) of the European Union countries, in order to assign the classification of the rivers Bartskhana and Adjaristskali, we have calculated the so called water pollution indices (S). For this, based on the recommendation of the framework directive, in our case, 9 Hydrochemical indicator was used, i.e. indicator (depending on the methodology, at least 6 or 7 indicators should be used in calculations). For surface water to be properly classified, it is necessary to determine water pH, dissolved oxygen (DO) and biological oxygen consumption (BOC₅). We selected the rest of the indicators based on what we considered to be a priority in terms of the pollution of the mentioned rivers. Also, in addition to the data of the used indicators, it is necessary to include in the formula the values of the corresponding maximum permissible concentrations of water pollutants.

We calculated the river water pollution index using the following equation:

$$S = \sum_{i=1}^N \frac{C_i/MAC}{N}$$

where: *S* - water pollution index; *C_i* - concentration of the hydrochemical indicator; MAC - marginally allowable concentration of the hydrochemical component; *N* - quantity of the indicators used in calculations

The list of hydrochemical indicators, which, in our opinion, would more or less characterize the research rivers selected by us, is given in table No15

Table No. 15

Quality indicators selected for the Bartskhana and the Adjaristskali

№	Indicators	MAC
1	pH	7.5-8.5
2	dissolved oxygen. mg / l	4-6 (mg/l)
3	BOD ₅ , mg / l	3 (mg/l)

4	NO ₂ ⁻	1.1 (mg/l)
5	NO ₃ ⁻	10 (mg/l)
6	NH ₄ ⁺	0.39 (mg/l)
7	PO ₄ ³⁻	3.5 (mg/l)
8	SO ₄ ⁻	500 (mg/l)
9	Cl ⁻	350 (mg/l)

Based on the obtained results, river classifications (ie pollution quality class) were evaluated according to Table No.16 which provides an assessment of water quality classification using pollution indices. To assign the classification of surface waters, with the recommendation of water frame directives (2000/60/EC). the scale of ecological quality coefficients is divided into 5 categories.

Table No.16 provides an assessment of water quality classification using pollution indices.

Table No. 16

Nº	The water	Pollution index	water quality class
1	Clean	0.2 - 1.0	1
2	slightly polluted	1.0 - 2.0	2
3	moderately polluted	2.0 - 4.0	3
4	dirty	4.0 - 6.0	4
5	heavily polluted	> 6.0	5

Based on the processing of hydrochemical data of the waters of the rivers studied by us, we evaluated the degree of water pollution of the rivers and their correlation with seasonality. Using the corresponding equation, we calculated the pollution index, which enabled us to establish water quality class of these rivers.

The quality qualifications given by us according to pollution indices are given in table N17

Table No. 17

Classification of the quality of the rivers Bartskhana and Adjaristskali

The river	Pollution index	water quality class
The river Bartskhana (cold period of the year)	0.91	1
The river Bartskhana (warm period of the year)	1.04	2
The river Adjaristskali (cold period of the year)	0.51	1
The river Adjaristskali (warm period of the year)	0.52	1

During the year 2019-2020, the studies carried out by us according to the methodology proposed by the European water framework directive - 2000/60/EC showed that the water of the river Bartskhana is more polluted than the Adjaristskali according to hydrochemical indicators. The difference in the degree of pollution is sharply marked in the warm period of the year (period of water scarcity). For example, the water in the Bartskhana is more polluted than in the Adjaristskali. The difference in the degree of pollution increases especially in the warm period of the year (period of water scarcity). As for the river Adjaristskali, its degree of pollution (according to hydrochemical parameters) is much lower than that of the river Bartskhana in both periods of the year.

For example, during the warm period of the year, according to the obtained pollution index, the quality of the Bartskhana water was assessed as class 2 (that is, slightly polluted), and in the cold period of the year, the value of the pollution index reached 0.91, that is, it approached the border of clean (class 1) and slightly polluted (class 2) water. As for the river Adjaristskali, its degree of pollution (according to hydrochemical parameters) is much lower than that of the river Bartskhana (in both periods of the year. In our opinion, this is due to the fact that the river Bartskhana, before flowing into the sea, passes through a number of villages and, most importantly, the city of Batumi. The anthropogenic pollution of the river is mainly caused by household-used, untreated runoff water from livestock farms, poisons used in agriculture, etc.

Our assignment of the water quality classification of the rivers Adjaristskali and the Bartskhana by using hydrochemical indicators (according to the methodology proposed by the European Water Framework Directive - 2000/60/EC) is very important. If in the following years, on the basis of statistical data, the water pollution index (S) is calculated, it will be possible to determine whether the ecological condition of the given rivers has deteriorated or improved. Such approaches to surface waters will allow us to monitor any river basin, as a result of which a correct assessment of water quality will be made, which will help us plan and carry out preventive measures.

Conclusions

1. In 2019-2021, ecological monitoring of the Black Sea rivers (the Chorokhi, the Adjaristskali, the Kubistskali, the Bartskhana, the Chakvistskali) was carried out and according to the degree of pollution caused by anthropogenic factors, the influence of polluting substances on the ecological condition of rivers was established;
2. The content of some heavy metals (Fe, Cu, Zn, Pb, Hg, Cd) polluting the ecosystems of water bodies was determined in the river water. They ranged within the limit of permissible concentration. This is facilitated by the pH of the water, under the influence of which these metals undergo hydrolysis and their main mass settles on the bottom, while a part is adsorbed on the sediment. Therefore, they cannot have a negative impact on the self-cleaning processes of the river and, accordingly, on its ecological condition;
3. It was concluded that the content of the studied heavy metals (Ni, Cu, Zn, As, Cr, Fe, Mn) in the bottom sediments of the rivers varies within the limits of permissible concentration;
4. From the results of the physical-chemical and sanitary-microbiological analysis conducted seasonally on the rivers (the Chorokhi, the Adjaristskali, the Kubistskali, the Bartskhana, the Chakvistskali) it is clear that the indicators of microbiological and chemical pollution in them do not undergo significant changes. Although the studied sections of the rivers are affected by anthropogenic load, their ecological condition is satisfactory and epidemiologically safe;
5. As a result of the analysis of the content of Hg and Cd in the fish of the analytical rivers of Western Georgia, which was carried out by us for the first time, despite the small concentration of heavy metals in the water, a certain amount of their content was recorded in the body of the fish (however, lower than MPC). Which, in our opinion, is due to the cumulative effect characteristic of fish. They are more soluble in fat than in water and therefore accumulate in the adipose tissue of fish, despite their low concentration in water.
6. There are no such enterprises in Georgia that cause the pollution of water bodies' ecosystems with mercury and cadmium. Therefore, it is impossible to poison hydrations, fish and their populations with the mentioned heavy metals.

It is important to note that mercury does not stay in water for a long time. It quickly transforms into compounds in sediments.

7. Using the evaluation method adopted in international hydro chemical practice and based on the selected indicators typical for the study regions, the ecological condition of the rivers of the Black Sea Basin, the Bartskhana and the Adjaristskali is described. The priority indicators (pH, DO, BOD₅, NO₂⁻, NO₃⁻, NH₄⁺, PO₄³⁻, SO₄⁻, Cl⁻), which were used for their classification have been established and used.

8. According to the methodology proposed by the European Water framework Directive, in 2019-2020 (warm period), taking into account the hydro chemical indicators, the water quality of the Bartskhana was assessed as slightly polluted (class 2), during the cold period of the year it was assessed as clean (class 1), So, the degree of pollution depends to some extent on the seasonality of the year.

დისერტაციის თემაზე გამოქვეყნებული ნაშრომები:

Published articles on the topic of the dissertation:

1. Mirangula Liparteliani., Tea Mchedluri., Ketevan Dolidze (2023), „Microbiological monitoring of the rivers Achariskali and the Bartskhana in Western Georgia” European Journal of Humanities and Educational Advancements (EJHEA). <https://scholarzest.com/index.php/> Imfact Factor 7.223. Vol. 4 No.4. pp.275-278.

2. Mirangula Liparteliani.,Tea Mchedluri., Lali Koptonashvili (2023) „Determination of the Content of Mercury and Cadmium in Fish of Rivers (Chakvistskali, Bartskhana, Chorokhi, Ajaristskali and Kubistskali)” Journal of Multidisciplinary Research. <https://webofjournals.com/>. Web of Scientists and Scholars. IFSIJ JIF: 7.995

3. Mirangula Liparteliani.,Tea Mchedluri (2021) „ Results of Hydrochemical Research of the Black Sea Basin Rivers.” European Journal of Agricultural and Rural Education (EJARE) <https://www.scholarzest.com> Impact Factor 7.354 Vol. 2 No. 1 pp. 18-21.

4. Mirangula Liparteliani.,Tea Mchedluri.,Tinatin Iosebidze (2021) „Eco-chemical condition of the rivers Bartskhana and Adjaristskali and their classification according to integrated hydro-chemical indicators.” Journal of Hard Tissue Biology. <https://www.scijournal.org/>

5. Mirangula Liparteliani.,Tea Mchedluri.,Tinatin Iosebidze (2020) „RESULTS OF ECOLOGICAL RESEARCH OF THE BLACK SEA (ADJARA TERRITORY) BASIN RIVERS.” International Conference.San Francisco, California, USA. <http://www.bmpubgroup.com>.