

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



მირანგულა ლიპარტელიანი

ანთროპოგენული ფაქტორების გავლენის თანამედროვე  
მდგომარეობა შავი ზღვის აუზის ჰიდრობიონტებზე

(წარდგენილი ბიოლოგიის დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად)

ხელმძღვანელები:

თეა მჭედლური - ბიოლოგიის დოქტორი, პროფესორი

ქეთევან დოლიძე - ბიოლოგიის დოქტორი, პროფესორი

ბათუმი - 2023

„როგორც წარდგენილი სადისერტაციო ნაშრომის ავტორი, ვაცხადებ, რომ ნაშრომი წარმოადგენს ჩემს ორიგინალურ ნამუშევარს და არ შეიცავს სხვა ავტორების მიერ აქამდე გამოქვეყნებულ, გამოსაქვეყნებლად მიღებულ ან დასაცავად წარდგენილ მასალებს, რომლებიც ნაშრომში არ არის მოხსენიებული ან ციტირებული სათანადო წესების შესაბამისად“.

მირანგულა ლიპარტელიანი

## სარჩევი

|  |     |
|--|-----|
| შესავალი.....  | 4   |
| თავი I. ლიტერატურის მიმოხილვა -----  | 8   |
| 1.1. მტკნარი წყლის ეკოსისტემები და მათი ბინადარნი -----  | 8   |
| 1.2. მძიმე ლითონების გავრცელება წყლის ეკოსისტემებში და მათი<br>ტოქსიკური მოქმედება ჰიდრობიონტებზე -----  | 11  |
| 1.3. ანთროპოგენური ფაქტორების გავლენა წყალსატევებსა და<br>ჰიდრობიონტებზე.....  | 21  |
| 1.4. წყალსატევების ეკოსისტემებზე ევტროფიკაციის ზემოქმედების<br>მექანიზმი.....  | 24  |
| 1.5 წყალსატევების თვითგაწმენდის პროცესები -----  | 26  |
| თავი II. კვლევის ობიექტი და მეთოდები -----   | 35  |
| კვლევის შედეგების ანალიზი.....   | 46  |
| თავი III. შავი ზღვის აუზის საქართველოს სანაპირო ზოლის მდინარეების<br>(ჭოროხი, აჭარისწყალი, კუბისწყალი, ბარცხანა, ჩაქვისწყალი)<br>ეკოქიმიური და მიკრობიოლოგიური კვლევის შედეგები----- | 46  |
| თავი IV. მდინარეებში - ჩაქვისწყალი, ბარცხანა, ჭოროხი, აჭარისწყალი და<br>კუბასწყალი - ვერცხლისწყლისა და კადმიუმის შემცველობის განსაზღვრა<br>მათში არსებული თევზების სახეობებში -----  | 96  |
| თავი V. მდინარე ბარცხანასა და აჭარისწყლის ეკოლოგიური ხარისხის<br>განსაზღვრა და მათი კლასიფიკაცია ინტეგრალური ჰიდროქიმიური<br>მაჩვენებლების მიხედვით.....                             | 103 |
| დასკვნები.....   | 112 |
| გამოყენებული ლიტერატურა.....   | 114 |

## შესავალი

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, სოფლისმეურნეობაში 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 თვითგამწმენდის 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 დამღუპველი აღმოჩნდეს თევზებისა და წყლის ეკოსისტემების სხვა ცოცხალი ორგანიზმებისათვის. წყალსატევებში ტოქსიკური ნივთიერებების მოხვედრის შედეგად, შესაძლებელია მოხდეს იხტიოფაუნის 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.

სამუშაოს მიზანი და ამოცანები: კვლევის მიზანს წარმოადგენდა შავი ზღვის აუზის მდინარეების - ჭოროხის, აჭარისწყალის, კუბისწყალის, ბარცხანას, ჩაქვის-წყლის 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 მეთოდის 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 მეთოდის 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 შავინ ზღვის აუზის მდინარეების ეკოლოგიური უსაფრთხოების, სისტემის სრულყოფისა და პრაქტიკული რეკომენდაციების შემუშავებისათვის.

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 I. ლიტერატურის მიმოხილვა

### 1.1 მტკნარი წყლის ეკოსისტემები და მათი ბინადარნი

მტკნარი წყლის ეკოსისტემები თავისი შემადგენლობით ძალიან თავისებურია და მნიშვნელოვნად განსხვავდება ზღვის თანასაზოგადოებებისაგან. ორგანიზმები, რომელთაც შეუძლიათ ცხოვრება როგორც მტკნარ, ასევე, ზღვის წყალში, იშვიათ გამონაკლისს წარმოადგენენ. შიდა წყალსატევების ფაუნა თანასაზოგადოებებითა და სახეობებით უფრო ღარიბია, ვიდრე მსოფლიო ოკეანის ფაუნა. თანასაზოგადოებების რაოდენობა, რომლებიც ძირითადად შიდა წყალსატევებში ბინადრობენ, უკიდურესად შეზღუდულია. ამფიბიების, ორგვარადმსუნთქავების, თევზების, როტფიტერების, მცირეჯაგრიანი ჭიების და წურბელების უმეტესი ნაწილის არსებობა დაკავშირებულია მტკნარ წყალთან. მცირე სისტემატური კატეგორიებიდან, უმთავრესად ან ნაწილობრივ, მტკნარი წყლებში არიან: მზიარები, ბრიზოოანები და ფოთლოვანი კიბოსნაირნი, თევზებიდან - კობრი, ლოქო და სხვ.

კონტინენტური წყალსატევების ორი ძირითადი ტიპი არსებობს: მდგარი(ტბები, ჭაობები, წყალსაცავები) და მიმდინარე (წყაროები, ნაკადულები, მდინარეები). ეს ტიპები უკავშირდება გარდამავალ ფორმებს (ნამდინარევი, გამდინარე ტბები, დროებითი ნაკადები). წყალსატევების ბინადართა შორის განასხვავებენ რეოფილურს (სწრაფ მდინარეებსა და ნაკადულებში მობინადრეები) და ლიმნოფილურს (დაკავშირებულს მდგარ წყლებთან). რეოფილურ სახეობებს გააჩნიათ ის საშუალებები, რომლებიც მათ საშუალებას აძლევს თავი შეიკავონ და გადალახონ სწრაფი ნაკადი: ძლიერი კუნთები, სუბსტრატთან მიმაგრების უნარი და სწრაფი ნაკადის გაძლება (მრავალი უხერხემლოები და მათი ლარვები) და სხეულის მარტივი ფორმა (ოვალური ან მრგვალი განივ კვეთაში). ლიმნოფილურ თევზებს ახასიათებთ გვერდებზე ბრტყელი სხეული [17,32].

გამდინარე წყალსატევებში ორგანიზმების არსებობის პირობები იგივე არ არის. ჩვეულებრივ, მდინარეებსა და ნაკადულებს სწრაფი დინება აქვთ მთებსა და მთისწინეთში. დაბლობში მდინარეების დინება უფრო ნელდება, შემდეგ კი უფრო ღრმა მონაკვეთებს შედარებით მშვიდი დინებით ენაცვლება წყალნაკლებობა, სადაც წყლის სიჩქარე საკმაოდ მაღალია. ხშირად მდინარეები ქმნიან ნამდინარევს, რომელიც წლის მშრალ პერიოდში გამოეყოფა ხოლმე მდინარეს.



წყალსატევებში, შენელებული წყლის მიმოქცევით, ყველაზე დიდი მრავალფეროვნებით ლიტორალური ზონა გამოირჩევა, სადაც სინათლე ფსკერამდე აღწევს. ამ ზონაში ძირითადად ბინადრობენ უმაღლესი მცენარეები და უხვადაა გავრცელებული პერიფიტონი. მეტად ჭარბობენ ფსკერის ბინადრები, რომელთა უმეტესი ნაწილი გრუნტში ეფლობა და წყლის მცენარეების ფესვებით იკვებება. წყალში მცენარეებთან ერთად ბინადრობს უამრავი პატარა კიბორჩხალა (ფოთლოვანი, ნიჩაბფეხიანი, ნიჟარიანები, ტოლფეხიანები და გვერდულები) და სხვადასხვა ერთუჯრედიანი. ასევე გვხვდება მოლუსკები, განსაკუთრებით მცენარეებზე: ლიმნეასებრნი, მათი წვეტიანი ნიჟარით და მოვარაყებული კოჭელა. ფსკერზე ბინადრობენ მტკნარი წყლის მოლუსკები: უკბილო, დრეისენა და სხვ. კიდევ უფრო პატარა, მაგრამ მაინც აშკარად შესამჩნევია ღია ფერის წყლის ტკიპა, ობობა, რომლებიც სრულად ეგუებიან წყალში ცხოვრებას. სანაპიროზე შესაძლებელია ტბაში მობინადრე თევზის დაჭერა. აქ წყლის მცენარეებში იკვებებიან ნაფოტა და ფარფლწითელა, ლოქორია და კობრი, ტაფელა და მახათა, აგრეთვე მტაცებელი თევზები: წერი, ჭორჭილა და ფარგა. ზღვისპირა ზონაში ბინადრობენ: სიგი, ჭაფალა და ორაგული. აქ ასევე გვხვდებიან ტრიტონები, ბაყაყები და გომბეშები [28.31].

სახეობეთა სიმცირე აღინიშნება პროფუნდალურ ზონაში - წყლის ფსკერსა და მის სიზრქეში, სადაც თითქმის არ აღწევს მზის შუქი და არ არის ტალღები. ლიტორალსა და პროფუნდალს შორის ხშირად შეიძლება აღინიშნოს სუბლიტორალი - გარდამავალი ზონა დინამიური გარემოთი და ბინადართა მრავალფეროვნებით, რომელიც სახეობათა შემადგენლობით განსხვავდება ლიტორალისაგანაც და პროფუნდალისაგანაც. წყლის ღრმა ფენებში, სადაც სინათლე ვერ აღწევს მცენარეებად, პირველ რიგში, იცვლება კვების პირობები. აქ მობინადრე ცხოველები, მკვდარი მცენარეების ნარჩენების გარდა, წყლის ზედა ფენების ცხოველებითაც იკვებებიან. საუბარია ყველაფრის მჭამელ ფორმებზე. მტაცებლური ფორმები სიღრმეში ნაკლებადაა. თანასაზოგადოების შემადგენლობაზე მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს ჟანგბადის მიწოდების დონე, რომელიც მჭიდრო კავშირშია ტბაში წყლის ტემპერატურასთან და მასში მიმდინარე ბიოლოგიური პროცესების ბუნებასთან. წყლის სიზრქეში - პელაგიალურ ზონაში -

ზოგჯერ გამოირჩევა ეფექტური განათების ლიმნოლოგიური ზონა, რომელიც სიღრმემდე ჩადის და რომელშიც მზის შუქის დაახლოებით 1% აღწევს. ეს არის ფიტო - და ზოოპლანქტონის აქტიური ცხოველქმედობის ზონა, სადაც საკმაოდ დიდია სახეობათა მრავალფეროვნება [11, 45].

მდინარის ორგანიზმების ჰაბიტატები, როგორც წესი, ხასიათდება ორი ძირითადი ფაქტორით. წყაროში შესასვლელი მიწისქვეშა წყლებს შედარებით მუდმივი ტემპერატურა ახასიათებთ, რაც დამოკიდებულია მოცემული ტერიტორიის ტემპერატურაზე. წყაროდან მოშორებით უკვე იგრძნობა ზაფხულის დათბობა ან ზამთრის სიცივის გავლენა. ისე რომ მდინარის სათავიდან მოშორებისას, წყლის ტემპერატურის რყევების სეზონური ამპლიტუდა იზრდება. არანაკლებ მნიშვნელოვანია წყლის დინების სიჩქარე. ის ასევე კანონზომიერად იცვლება სათავიდან დაშორების დროს, მაგრამ უშუალო მნიშვნელობა აქვს მხოლოდ ნექტონისთვის. მაგალითად, იმ თევზებისთვის, რომლებიც დინების სიზრქეში ბინადრობენ. ხოლო ბენტოსისთვის მნიშვნელოვანია მხოლოდ წყლის დინება უშუალოდ ქვების ან ფსკერის ზედაპირზე, სადაც დინების სიჩქარე გაცილებით დაბალია, ბენტოსის ცხოველებს მრავალი საშუალება გააჩნიათ, რაც მათეხმარებათ მიემაგრონ სუბსტრატს. მართალია, ისინი ყოველთვის ვერ ახერხებენ წინააღმდეგობა გაუწიონ წყლის დაწნევას, განსაკუთრებით იქ, სადაც ქვებთან მორევი წარმოიქმნება ხოლმე [33].

მდინარეების დინება ართულებს ჰიდრობიონტთა ცხოვრებას. იმ შემთხვევაში, თუ ისინი ახერხებენ გარკვეულ ადგილზე გაჩერებას, მათ შეუძლიათ გამოიყენონ მუდმივად შემომავალი საკვები, რომელიც წყალს მოაქვს. მდინარეებისა და სწრაფი ნაკადულების ბიოცენოზისთვის ყოველთვის დამახასიათებელია სუფთა წყლის მიწოდება საკმარისზე მეტი ჟანგბადით, რადგან ცივ წყალში უფრო მეტი ჟანგბადი იხსნება, ვიდრე თბილში. ჰიდრობიონტები ადაპტირებულნი არიან შემომავალი მიწისქვეშა წყლების ქიმიურ მახასიათებლებთან და უპირატესობას ანიჭებენ მუდმივ ტემპერატურას. ზომიერ განედებში ეს ტემპერატურა 6-დან 10°C- მდე მერყეობს. აქ იმ თბომოყვარულმა ფორმებმა ნახეს თავშესაფარი, რომლებიც ფართოდ გავრცელდა ცენტრალურ ევროპაში გამყინვარებათშორის პერიოდში. მაგალითად, ზოგიერთი მოლუსკი გადარჩა მხოლოდ ცენტრალური ევროპის

მთების ცივ წყაროებში, რომლებიც მკაცრი ზამთრის პირობებში არ გაიყინა. იმის გამო, რომ ცხელ ზაფხულის პერიოდში წყლის ტემპერატურა უმნიშვნელოდ იმატებს, აქ ასევე გვხვდება სიცივის მოყვარული რელიქტური ფორმები, რომლებიც ფართოდაა გავრცელებული ჩრდილოეთში (67).

მდინარის დინების სიჩქარე სათავადად დაშორებით თანდათანობით მცირდება. ასევე მცირდება წყალში ჟანგბადის შემცველობა. იზრდება შეწონილი ნივთიერებებისა და დაშლილი მარილების რაოდენობა, იმატებს ტემპერატურა. ასეთი ცვლილებები სხვადასხვა ბუნებრივ ზონაში არათანაბრად მიმდინარეობს. მდინარის წარმოშობის ადგილიდან მოშორებით, ჩრდილოეთისკენ წყლის ხარისხი და მასში მობინადრე ცოცხალი ორგანიზმების შემადგენლობა თითქმის უცვლელია. მდინარეების შესართავებთან, სადაც ისინი ზღვაში ჩაედინებიან, გავლენას ახდენს მოქცევა და წყლის მარილიანობის პერიოდული მატება. აქ ფორმირდება მარილიანი წყლის ზონა, რომელშიც ბინადრობენ როგორც ზღვის, ისე მტკნარი წყლის ჰიდრობიონტები, თევზები [98].

## 1.2. მძიმე ლითონების გავრცელება წყლის ეკოსისტემებში და მათი

### ტოქსიკური მოქმედება ჰიდრობიონტებზე

ჩვენი დროის უმნიშვნელოვანეს პრობლემას წარმოადგენს წყალსატევების მძიმე ლითონებით დაბინძურება, რაც ძირითადად ანთროპოგენული დაჭუჭყიანების შედეგად ხდება. გარემოს დაბინძურება მძიმე ლითონებით ხდება მაშინ, როდესაც მათი მოპოვება და გამოყენება ძლიერდება. ურბანულმა განვითარებამ ხელი შეუწყო მძიმე ლითონების გავრცელებას, გარდა ამისა, მძიმე ლითონებით დაბინძურების წყაროა ნედლი კანალიზაცია, ნაგავსაყრელი ან გარემოში დარჩენილი ნარჩენები. სამრეწველო და სამთო საქმიანობა პასუხისმგებელია გარემოში ტყვიის, ვერცხლისწყლის, კადმიუმის, დარიშხანისა და ქრომის გამოყოფაზე, რომლებიც საზიანოა როგორც ადამიანის ჯანმრთელობისთვის, ასევე სხვა ცოცხალი არსებებისთვის. ტყვიის გამოყოფა გარემოში ხდება სამრეწველო ნარჩენების გადამამუშავებელი ქარხნებიდან. ტყვია აბინძურებს წყალსატევებს წყალში ხსნადი

მარილების მეშვეობით, რომლებიც ძირითადად წარმოიქმნება საღებავების ინდუსტრიაში, პიროტექნიკისა და მოჭიქული ჭურჭლის წარმოებაში, ქიმიკატების წარმოებაში, სამთო მრეწველობაში და ა.შ.

ლითონის იონები ბუნებრივი რეზერვუარების შეუცვლელი კომპონენტებია. გარემო პირობებიდან გამომდინარე (pH, რედოქს პოტენციალი, ლიგანდების არსებობა), ისინი სხვადასხვა ჟანგვის მდგომარეობაშია და არაორგანული და ორგანომეტალური ნაერთების ნაწილია, რომლებიც შეიძლება დაიშალოს. ლითონების ჭეშმარიტად დაშლილი ფორმები, თავის მხრივ, ძალიან მრავალფეროვანია, რაც დაკავშირებულია ჰიდროლიზის, ჰიდროლიზური პოლიმერიზაციის პროცესებთან და სხვადასხვა ლიგანდებთან. შესაბამისად, ლითონების კატალიზური თვისებები და მათი ხელმისაწვდომობა წყლის მიკროორგანიზმებისათვის დამოკიდებულია წყლის ეკოსისტემაში მათი არსებობის ფორმებზე. ბევრი ლითონი ქმნის საკმაოდ ძლიერ კომპლექსებს ორგანულ ნივთიერებებთან; ეს კომპლექსები წარმოადგენს ბუნებრივ წყლებში ელემენტების მიგრაციის ერთ-ერთ უმნიშვნელოვანეს ფორმას. მძიმე ლითონებს შეუძლიათ მიგრაცია ბუნებრივ წყლებში ძალიან დიდ დისტანციებზე [48].

მძიმე ლითონები და მათი მარილები ფართოდ გავრცელებული სამრეწველო დამაბინძურებელია. ისინი წყლის ობიექტებში შედიან ბუნებრივი წყაროებიდან (ქვები, ნიადაგის ზედაპირული ფენები და მიწისქვეშა წყლები), მრავალი სამრეწველო საწარმოს ჩამდინარე წყლებით და ატმოსფერული ნალექებით, რომლებიც დაბინძურებულია კვამლის გამონაბოლქვით. მძიმე ლითონები, მუდმივად გვხვდება წყალსატევებსა და წყლის ორგანიზმებში (ცხრ.1). ისინი შეიძლება მოხვდნენ იმ სასოფლო-სამეურნეო სავარგულებიდან, სადაც სისტემატურად შეიტანება მძიმე ლითონების შემცველი ფოსფორ-კალიუმიანი სასუქები, ჩამონადენი წყლების ნალექი, კომუნალური და საყოფაცხოვრებო ანარჩენებისაგან მომზადებული კომპოსტები. მძიმე ლითონების მაღალი ტოქსიკურობის გამო, მათი მცირე კონცენტრაციებიც კი შესაძლებელია აღმოჩნდეს თევზებსა და წყლის ეკოსისტემების სხვა ბინადრებზე. [12.13].

## ზღვის და მდინარის წყალში მძიმე ლითონების ბუნებრივი დონე

| ელემენტი | ლითონის შემცველობა<br>( $\mu\text{g} / \text{l}$ ) |                    | ელემენტი      | ლითონის შემცველობა<br>( $\mu\text{g} / \text{l}$ ) |                    |
|----------|--|--------------------|---------------|--|--------------------|
|          | ზღვის<br>წყალში                                    | მდინარის<br>წყალში |               | ზღვის<br>წყალში                                    | მდინარის<br>წყალში |
| კადმიუმი | 0.1  | 0.1 - 1.3          | რკინა         | 10.0   | 10.0 - 67.0        |
| სპილენძი | 3.0  | 1.0 - 20.0         | მანგანუმი     | 2.0  | 1.0 - 50.0         |
| თუთია    | 10.0   | 0.1 - 20.0         | დარიშხანი     | 10.0   | 30.0 - 64.0        |
| კობალტი  | 0.5  | 0.1 - 1.0          | ალუმინი       | 10.0   | 1.0 - 50.0         |
| ქრომი    | 0.02   | 1.0 - 10.0         | ნიკელი        | 2.0  | 0.8 - 5.6          |
| ტყვიის   | 0.03   | 1.0 - 23.0         | ვერცხლისწყალი | 0.04   | 0.1                |

მძიმე ლითონებს აქვთ სხვადასხვა ქიმიური, ფიზიკო-ქიმიური და ბიოლოგიური რეაქციების უნარი. მძიმე ლითონებს და მათ ნაერთებს, სხვა ქიმიური ნაერთების მსგავსად, შეუძლიათ გადაადგილება და გადანაწილება გარემოში. ე. ი. აქვთ მიგრაციის უნარი. მძიმე მეტალების ნაერთების მიგრაცია უმეტესწილად ხდება ორგანო-მინერალური კომპონენტის სახით. ზოგიერთი ორგანული ნაერთი, რომელთანაც ლითონები არის შეკრული, წარმოდგენილია მიკრობიოლოგიური აქტივობის პროდუქტებით. ვერცხლისწყალი ხასიათდება "კვების ჯაჭვის" კავშირებში დაგროვების უნარით [55,60]. ვერცხლისწყალი, ტყვია, კადმიუმი შედის გაეროს წევრი ქვეყნების მიერ შეთანხმებული გარემოს უმნიშვნელოვანესი დამაბინძურებლების საერთო სიაში. განვიხილოთ ეს ნივთიერებები უფრო დეტალურად.

ვერცხლისწყალს აქვს განსაკუთრებული მახასიათებელი, ის თხევად მდგომარეობაშია გარემოში. თუმცა, ის არ არის ისეთი ტოქსიკური, როგორც მისი აორთქლების შედეგად გამოყოფილი ნივთიერებები. ვერცხლისწყლის ზოგიერთი ნაერთი გარემოში ვრცელდება პოლივინილ ქლორიდის (PVC) ქარხნიდან და სხვა ქლორირებული ნაერთებიდან, ფუნგიციდური საღებავებიდან და პესტიციდებიდან. ზოგიერთი ანაერობული ბაქტერიას, რომელიც ცხოვრობს ტბების ფსკერზე, შეუძლია

ვერცხლისწყლის და სხვა არაორგანული წარმოებულების გარდაქმნა ვერცხლისწყლის ორგანულ ნაერთებად მეთილაციის პროცესების მეშვეობით ( $-CH_3$  ჯგუფების დამატება), რაც იწვევს წყალსატევების დაბინძურებას [10, 20].

ზოგიერთ წყალმცენარეს, სოკოებს და ბაქტერიებს შეუძლიათ უჯრედებში ვერცხლისწყლის დაგროვება. ვერცხლისწყალი ოკეანეში შედის  $Hg^{2+}$  სახით, ის შეიძლება ურთიერთქმედებაში შევიდეს ორგანულ ნივთიერებებთან, ანაერობული ორგანიზმების დახმარებით, გარდაიქმნას ტოქსიკურ ნივთიერებად - მეთილვერცხლისწყლად ( $CH_3Hg^+$ ) და დიმეთილვერცხლისწყლად ( $CH_3HgCH_3$ ). ვერცხლისწყალი იმყოფება არა მხოლოდ ჰიდროსფეროში, არამედ ატმოსფეროში, ვინაიდან მას აქვს შედარებით მაღალი ორთქლის წნევა. ვერცხლისწყლის ბუნებრივი შემცველობაა  $\sim 0.003-0.009$  მკგ / მ<sup>3</sup>. ვერცხლისწყალი ხასიათდება წყალში ხანმოკლე ყოფნით. ის სწრაფად გარდაიქმნება ნალექებში ნაერთების სახით [5,30]. .

წყალსატევში მიმდინარე ბიოლოგიური პროცესების შედეგად წარმოქმნილი მეთილირებული ვერცხლისწყალი თევზებისა და წყლის ორგანიზმების სხეულში ხვდება ტროფიკული ჯაჭვით. ადამიანის ორგანიზმში ვერცხლისწყალი შეიძლება მოხვდეს როგორც სასმელი წყლიდან, ისე თევზიდან ან ზღვის სხვა პროდუქტებიდან. თევზებს გააჩნიათ აკუმულაციის უნარი, რის გამოც, მეთილვერცხლისწყალი ასაკოვან თევზებში გაცილებით მეტია. თუ წყალშივერცხლისწყლის კონცენტრაცია შეადგენს 0.006-0.01 მგ/ლ ან მეტს, ის წყლის ორგანიზმებზე დამლუპველად მოქმედებს [12,13].

არსებობს ზოგიერთი ბიონდიკატორი, როგორცაა წყლის მაკროუხერხემლოები, რომლებსაც შეუძლიათ მძიმე ლითონების დაგროვება მათ ეგზოჩონჩხში კვირებისა და თვეების განმავლობაშიც კი. მაგალითად, კოდალას ლარვები კარგი ბიონდიკატორია ლითონების საშუალო კონცენტრაციისთვის, როგორცაა კადმიუმი და მოლიბდენი მთის ნაკადებში, რომლებიც ექვემდებარება მაღაროს კანალიზაციის ემისიას. მიუხედავად იმისა, რომ ლითონები გვხვდება დაბალ კონცენტრაციებში, მათ აქვთ სერიოზული გავლენა ეკოსისტემებზე [45,95].

ნიკელის არსებობა ბუნებრივ წყლებში განპირობებულია ქანების შემადგენლობით, რომლითაც წყალი გადის: ის გვხვდება სულფიდ-სპილენძისა და რკინის ნიკელის საბადოების ადგილებში. ის წყალში ხვდება ნიადაგიდან,

მცენარეული და ცხოველური ორგანიზმებიდან მათი დაშლის დროს. სხვა სახის წყალმცენარეებთან შედარებით, ნიკელის მომატებული შემცველობა აღმოჩნდა ლურჯ-მწვანე წყალმცენარეებში.

წყლის ორგანიზმების მიერ ნიკელის მოხმარებისა და ადსორბციული პროცესების გამო. ზედაპირულ წყლებში ნიკელის ნაერთები დაშლილ, შეჩერებულ და კოლოიდურ მდგომარეობაშია, რომელთა რაოდენობრივი თანაფარდობა დამოკიდებულია წყლის შემადგენლობაზე, ტემპერატურაზე და pH მნიშვნელობებზე. ნიკელის ნაერთების სორბენტები შეიძლება იყოს რკინის ჰიდროქსიდი, ორგანული ნივთიერებები, კალციუმის კარბონატი და თიხები [99].

ნიკელი ერთ - ერთი კანცეროგენული ელემენტია. ითვლება, რომ თავისუფალი ნიკელის იონები ( $Ni^{2+}$ ) დაახლოებით 2-ჯერ უფრო ტოქსიკურია, ვიდრე მისი რთული ნაერთები. მდინარის დაუბინძურებელ და ოდნავ დაბინძურებულ წყლებში ნიკელის კონცენტრაცია ჩვეულებრივ მერყეობს 0.8-დან 10 მკგ/დმ<sup>3</sup> -მდე; დაბინძურებულებში ეს არის რამდენიმე ათეული მიკროგრამი 1დმ<sup>3</sup> -ზე. ნიკელის საშუალო კონცენტრაცია ზღვის წყალში არის 2  $\mu\text{g} / \text{dm}^3$ , მიწისქვეშა წყლებში -  $n. 10^3 \mu\text{g} / \text{dm}^3$ . მიწისქვეშა წყლებში ნიკელის შემცველი ქანების რეცხვაში ნიკელის კონცენტრაცია ზოგჯერ იზრდება 20 მგ / დმ<sup>3</sup>-მდე .

კიდევ ერთი განსაკუთრებით ტოქსიკური ლითონი არის კადმიუმი, რომელიც მიდრეკილია წყლის ნაერთების წარმოქმნისკენ. კადმიუმი აბინძურებს წყალს ძირითადად ჩამდინარე წყლების გამონადენით. ზოგადად, მძიმე ლითონები, გარდა დარიშხანის, მოლიბდენისა და სელენისა, ცუდად ხსნადია ტუტე წყალში ( $\text{pH} > 7$ ) და შეუძლიათ ორგანულ ნაწილაკებს შებოჭონ. მძიმე ლითონები არის ძლიერი აგენტები, რომლებიც მნიშვნელოვან გავლენას ახდენენ მტკნარი წყლის ეკოსისტემებზე. ეს ლითონები ჩვეულებრივ გვხვდება დაბალ კონცენტრაციებში, ნაწილებში მილიონზე ( $\text{ppm}$ ) ან ნაწილებში მილიარდზე ( $\text{ppb}$ ), ამიტომ მათი აღმოჩენასაკმაოდ რთულია [45].

კადმიუმი ბუნებაში ძალიან მცირე რაოდენობით გვხვდება, ის წარმოადგენს მეტად საშიშ ტოქსიკანტს. მისი 30-40 მგ. მოხვედრა ადამიანის ორგანიზმში სასიკვდილო დოზაა. ის ასევე საშიშია წყლის ორგანიზმებისათვის. ორგანიზმში მოხვედრილი კადმიუმი, მისი ბიოაკუმულაციის მაღალი ეფექტის გამო,

ორგანიზმიდან გამოდევნება ძნელდება. კადმიუმის ნახევრადდაშლის ხანგრძლიობა ცხრამეტი-ორმოცი წელია.

კადმიუმს აქვს სერიოზული გვერდითი მოვლენები. მისი ყველა ნაერთი ტოქსიკურია, იგი მიეკუთვნება მეორე საშიშროების კლასს. მისი მოქმედება დაფუძნებულია გოგირდის შემცველ მჟავებთან და ფერმენტებთან შეკავშირების უნარზე, რის შედეგადაც კადმიუმი ნეფრო- და ჰეპატოტოქსიურია [33].

გარემოში შემავალი კადმიუმის ანთროპოგენური წყაროები შეიძლება დაიყოს ორ ჯგუფად: ადგილობრივი ემისიები, რომლებიც დაკავშირებულია სამრეწველო კომპლექსებთან, რომლებიც აწარმოებენ ან იყენებენ კადმიუმს, და სხვადასხვა სიმძლავრის წყაროები, რომლებიც გაბნეულია დედამიწაზე, დაწყებული თბოელექტროსადგურებიდან და ძრავებიდან დამთავრებული მინერალური სასუქებით და თამბაქოს კვამლით. როდესაც სამრეწველო ჩამდინარე წყლები ჩაედინება წყლის ობიექტებში, გაწმენდილი ჩვეულებრივი მეთოდებით, Cd-ის შემცველობა რამდენიმე ათჯერ იზრდება.

კადმიუმით წყლის ყველაზე სერიოზული დამაბინძურებლებია სამთო და მეტალურგიული კომპლექსის საწარმოები. საწარმოო ობიექტებთან მიმდებარე ტერიტორიებზე დაბინძურებულია როგორც ზედაპირული, ისე მიწისქვეშა წყლები. ბუნებრივ პირობებში კადმიუმი მიწისქვეშა წყლებში შედის ფერადი ლითონის მადნების გამორეცხვის შედეგად, აგრეთვე წყლის მცენარეებისა და მისი დაგროვების უნარიანი ორგანიზმების დაშლის შედეგად. ბოლო ათწლეულების განმავლობაში გავრცელდა ბუნებრივი წყლების კადმიუმის დაბინძურების ანთროპოგენური ფაქტორი. ჩვენს დროში კადმიუმის ბუნებაში ჩაშვებაში მთავარი წვლილი შეაქვს მადნის კონცენტრირების ქარხნების, ფერადი ლითონების ქარხნების, ქიმიური და სხვა სამრეწველო საწარმოების ჩამდინარე წყლებს. ზოგიერთი მონაცემებით, ყოველწლიურად დაახლოებით 5000 ტონა კადმიუმი გამოიყოფა გარემოში [105.107].

კადმიუმი წყალში არის გახსნილი სახით (სულფატი, ქლორიდი, კადმიუმის ნიტრატი) და შეჩერებული სახით, როგორც ორგანო-მინერალური კომპლექსების ნაწილი. წყალში კადმიუმის შემცველობაზე მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს გარემოში pH (ტუტე გარემოში კადმიუმი ნალექი ჰიდროქსიდის სახით), ასევე სორბციის პროცესები.



სპილენძი არის მოწითალო-მოვარდისფრო მცირე ოქროსფერი ელვარე ლითონი, რომელიც ბუნებრივად გვხვდება ნიადაგში, წყალსა და ჰაერში. სპილენძი არის აუცილებელი ელემენტი ყველა ცოცხალი ორგანიზმისთვის, მათ შორის, ადამიანებისათვის. სპილენძის ნაერთები ყველაზე ხშირად გამოიყენება სოფლის მეურნეობაში მცენარეთა დაავადებების სამკურნალოდ ან წყლის გასაწმენდად.

სპილენძი გარემოში შეიძლება მოხვდეს სპილენძისა და სხვა ლითონების მოპოვებით, აგრეთვე ქარხნიდან, რომლებიც აწარმოებენ ან იყენებენ ლითონის ან სპილენძის ნაერთებს. სპილენძი ასევე შეიძლება მოხვდეს გარემოში ნაგავსაყრელების, საყოფაცხოვრებო - საკანალიზაციო სისტემებიდან, საწვავის და ნარჩენების წვის და ა.შ [48,106].

წყალსატევში სპილენძი შეიძლება მოხვდეს როგორც სპილენძის ნაერთების, ისე თავისუფალი სპილენძის სახით. წყალში შემავალი სპილენძი გროვდება მდინარეებისა და ტბების ნალექებში. სპილენძი ცოცხალ ორგანიზმში შეიძლება მოხვდეს სპილენძის შემცველი წყლის ან სპილენძის შემცველი მტკრის შესუნთქვით. წყალში მოხვედრის შემდეგ სპილენძი ვრცელდება დიდ დისტანციებზე და აბინძურებს უფრო და უფრო მეტ წყალს. ის გროვდება მცენარეებსა და მიკროორგანიზმებში. ადამიანის ორგანიზმში სპილენძის დიდი დოზები ანადგურებს მის რეპროდუქციულ სისტემას, ცენტრალური ნერვული სისტემის ორგანოებს.

$Cu^{2+}$  იონები განსაკუთრებით ტოქსიკურია სოკოების, ბაქტერიების და წყალმცენარეებისათვის. წყალსატევის ეკოსისტემაში მოხვედრილი  $Cu^{2+}$  ის იონი უფრო ტოქსიკურია, ვიდრე სპილენძის სხვა ფორმები. მათი მაღალი კონცენტრაცია ხასიათდება მაღალი ტოქსიკურობით თევზებსა და ჰიდრობიონტებისათვის.

თუთია არის მყიფე მოვარდისფრო-თეთრი ფერის ლითონი. ის აუცილებელი ელემენტია ადამიანის ორგანიზმისათვის. ჯერ კიდევ ძველ ეგვიპტეში თუთიის მალამოებს იყენებდნენ ჭრილობების სწრაფი შეხორცებისათვის. თუთიის სასარგებლო თვისებები ვლინდება დღიური დოზით 5-20 მგ სხვა მიკროელემენტებთან და ვიტამინებთან ერთად. ადამიანის ორგანიზმში თუთიის გადაჭარბებულმა დოზა (150-600მგ), რომელიც უკვე შხამია, სერიოზული ზიანს აყენებს მას.

ორგანიზმში დიდი ხნის განმავლობაში დიდი რაოდენობით თუთიის მარილების, განსაკუთრებულად სულფატების და ქლორიდების მიღებამ, შეიძლება გამოიწვიოს მოწამლვა  $Zn^{2+}$ -ის იონების ტოქსიკურობის გამო.  $ZnSO_4$ -ის თუთიის სულფატის 1 გრამი საკმარისია, რათა გამოიწვიოს მოწამლვის მძიმე ფორმა. ყოფაცხოვრებაში თუთიის ქლორიდები, სულფატები და ოქსიდები შეიძლება წარმოიქმნან საკვები პროდუქტების თუთიის ან მოთუთიებულ ჭურჭელში შენახვისას.  $ZnSO_4$ -ით მოწამლვა იწვევს სისხლის ანემიას, ზრდის შეფერხებას და უშვილობას [107].

თუთიის ოქსიდით მოწამლვა ხდება მისი ორთქლის ჩასუნთვის გამო. ის ვლინდება პირში მოტკბო გემოს გაჩენით, აპეტიტის დაქვეითებით ან სრული გაქრობით, ძლიერი წყურვილით. ჩნდება დაღლილობა, მოთენთილობა, მკერდის არეში შებოჭვა დაწოლითი ტკივილით, მძინარობა და მშრალი ხველა [47,48,56].

თუთია გარემოს დამაბინძურებელი ერთ-ერთი მთავარი ნივთიერებაა. თუთიით გარემოს დაბინძურების ძირითადი წყაროა ფერადი მეტალურგიის საწარმოები. როგორც წესი, თუთიასთან ერთად გარემოში შემოდის სხვა დამაბინძურებლები, როგორცაა კადმიუმი და ტყვია. სხვა ლითონებისაგან შედარებით, თუთია ნაკლებ ტოქსიკურია. თუმცა, ნიადაგის ზედა ფენებში მათი ჭარბი რაოდენობა მაინც გროვდება, რაც იწვევს ნაყოფიერი ფენის დაბინძურებას.

თუთია სასიცოცხლო მნიშვნელობის ელემენტია, თუმცა მათი კონცენტრაციის ზრდამ წყალსატევში, შესაძლებელია თევზებში ტოქსიკური ეფექტი გამოიწვიოს. აღსანიშნავია, რომ თუთიის ტოქსიკურობა თევზებში ბევრად უფრო ძლიერია, ვიდრე თბილსისხლიან ცხოველებში. თუთიისა და სპილენძის კომბინაცია თევზებისათვის უფრო ტოქსიკურია, ვიდრე თითოეული ცალცალკე.

რკინა ფართოდ გავრცელებული ლითონია. იგი ცოცხალი ორგანიზმისათვის მეტად საჭირო მიკროელემენტია. რკინის რაოდენობა ორგანიზმში უნდა იყოს დარეგულირებული, რადგან მისი ჭარბი რაოდენობით დაგროვება იწვევს მთელ რიგ დაავადებებს.

ცხოველებისა და ადამიანის ორგანიზმში რკინა საკვებთან ერთად ხვდება ზრდასრული ადამიანისათვის რკინის სადღეღამისო მოხმარება შეადგენს – მამაკაცებისათვის 10 მგ/დღე-ღამეში, ქალებისათვის 18 მგ/დღე-ღამეში.

ზღვის წყალში რკინა ძალიან მცირე რაოდენობითაა 0,002—0,02 მგ/ლ. მდინარის წყალში ცოტათი მეტია — 2 მგ/ლ. წყალში რკინის მომატებული შემცველობა (1—2 მგ/ლ-ზე მეტი) მნიშვნელოვნად აუარესებს წყლის ორგანოლექტიკურ მაჩვენებლებს, რომელიც აძლევს არასასიამოვნო გემოს, და წყალს ხდის გამოუყენებადს, ადამიანში იწვევს ალერგიულ რეაქციებს, შეუძლია გახდეს სისხლისა და ღვიძლის დაავადების მიზეზი. რკინის ზღვრული დასაშვები რაოდენობა წყალში არის 0,3 მგ/ლ.

ტყვიის ბუნებრივი წყაროები, რომლებიც შედიან ზედაპირულ წყლებში, არის ენდოგენური და ეგზოგენური მინერალების დაშლის პროცესები. ტყვიის შემცველობის მნიშვნელოვანი ზრდა გარემოში (ზედაპირული წყლების ჩათვლით) დაკავშირებულია ქვანახშირის წვასთან, ტეტრაეთილ ტყვიის გამოყენებასთან, როგორც საწინააღმდეგო საშუალება საავტომობილო საწვავში, მადნის გადამამუშავებელი საწარმოების, ზოგიერთი მეტალურგიული ქარხნის მოცილებადასთან, ქიმიური მრეწველობა წყლის ობიექტებში ჩამდინარე წყლებით. ნაღმები და ა.შ. წყალში ტყვიის კონცენტრაციის შემცირების მნიშვნელოვანი ფაქტორები არის მისი ადსორბცია შეჩერებული მყარი ნივთიერებებით და მათთან ერთად ქვედა ნალექებში [11, 48]

ტყვია გვხვდება ბუნებრივ წყლებში დაშლილ და შეჩერებულ (სორბირებულ) მდგომარეობაში. დაშლილი ფორმით, ის გვხვდება მინერალური და ორგანომინერალური კომპლექსების, აგრეთვე მარტივი იონების სახით, უხსნადი სახით, ძირითადად სულფიდების, სულფატების და კარბონატების სახით. მდინარის წყლებში ტყვიის კონცენტრაცია მერყეობს მეთაედიდან რამდენიმე მიკროგრამამდე 1 დმ<sup>3</sup>-ზე<sup>3</sup>. პოლიმეტალური მადნების უბნების მიმდებარე წყლის ობიექტების წყალშიც კი, მისი კონცენტრაცია იშვიათად აღწევს ათობით მილიგრამს 1 დმ<sup>3</sup>-ზე<sup>3</sup>. მხოლოდ ქლორიდის თერმულ წყლებში ტყვიის კონცენტრაცია ზოგჯერ აღწევს რამდენიმე მილიგრამს 1 დმ<sup>3</sup>-ზე<sup>3</sup>. ტყვიის მავნეობის შემზღუდველი მაჩვენებელი არის სანიტარული და ტოქსიკოლოგიური. ის ადამიანის ორგანიზმში შემოდის ძირითადად სასუნთქი და საჭმლის მომნელებელი ორგანოების მეშვეობით. ის სხეულიდან ძალიან ნელა მოიხსნება, რის შედეგადაც იგი გროვდება ძვლებში, ღვიძლში და თირკმელებში [48].

მძიმე ლითონების ზემოქმედება შეიძლება კლასიფიცირდეს როგორც მწვავეან ქრონიკული. მწვავე ეფექტები ხდება მოკლე დროში და ჩვეულებრივ იწვევს სიკვდილს ან ორგანიზმების სერიოზულ დაზიანებას. ტიპური ქველეთალური ეფექტებია ზრდის შეფერხება და ცვლილებები ქცევაში ან განვითარებაში.

მეორეს მხრივ, ქრონიკული ეფექტები არის ის, რაც ხდება გრძელვადიან პერსპექტივაში. ბევრი ლითონი არის კანცეროგენი - იწვევს კიბოს; ტერატოგენული-უარყოფითად მოქმედებს განვითარებაზე; მუტაგენური - იწვევს დნმ-ის დაზიანებას; ნეიროტოქსიკური - უარყოფითად მოქმედებს ნეირონულ და კოგნიტურ ფუნქციებზე; ენდოკრინული დარღვევები - მოქმედებს როგორც ჰორმონები ან ერევა მათში. მათ შეუძლიათ ორგანიზმების იმუნური სისტემის დაზიანებაც კი.

მძიმე ლითონები ასევე ირიბად ახდენენ გავლენას ცოცხალ ორგანიზმებზე, რადგან ისინი ბიოაკუმულირდებიან ორგანიზმებში. ბევრი ლითონი, როგორცაა ორგანული ვერცხლისწყლის ნაერთები, ლიპოფილურია, რაც იმას ნიშნავს, რომ ისინი უფრო ხსნადია ცხიმში, ვიდრე წყალში და, შესაბამისად, მიდრეკილია დაგროვდეს ცხოველის ცხიმოვან ქსოვილში. მიუხედავად იმისა, რომ ბევრი ლითონი გვხვდება დაბალ კონცენტრაციებში, ტრილიონზე ნაწილების რიგითობით, ისინი შეიძლება იყოს ან არ იყოს ტოქსიკური ცოცხალი ორგანიზმებისათვის, თუმცა ბიოაკუმულაციის გამო, ისინი შეიძლება დაგროვდნენ ორგანიზმებში ძალიან ტოქსიკურ დონეზე.

ბიომანგიფიკაცია არის ეკოსისტემაში პროცესების თანმიმდევრობა, რომელთა მეშვეობითაც ორგანიზმში სპეციფიური ნივთიერებების მაღალი კონცენტრაციები მიიღწევა კვებითი ჯაჭვის უმაღლეს დონეზე. მაგალითად, ფიტოპლანქტონი წყლის გაფილტვრისას აგროვებს ორგანიზმში ლიპოფილურ ლითონებს და, შესაბამისად, ორგანიზმში მეტალების კონცენტრაცია უფრო მაღალი გახდება, ვიდრე წყალში. როდესაც ზოოპლანქტონი მოიხმარს ფიტოპლანქტონს, ამ ლითონებიდან ზოგიერთი გარდაიქმნება ზოოპლანქტონურ ცხიმებად, რაც თავის მხრივ, ზრდის მათ კონცენტრაციას ფიტოპლანქტონთან შედარებით. ეს პროცესი გრძელდება კვებითი ჯაჭვის ზედა ნაწილში. ძალიან გავრცელებული წესი არის ის, რომ თითოეულ ტროფიკულ დონეს შეუძლია ათჯერ მეტი ტოქსიკურობის დაგროვება, ვიდრე წინა ტროფიკულ დონეს (113).

ბოლო ათწლეულების განმავლობაში, მრეწველობის ინტენსიური განვითარების გამო, გარემოში საგრძნობლად გაიზარდა მძიმე ლითონების შემცველობა, რაც მავნე ზემოქმედებას ახდენს წყალსატევების ეკოსისტემაზე, ჰიდრობიონტებზე და ცოცხალ ორგანიზმებზე. მძიმე ლითონებს შორის ძირითად დამაბინძურებლებად ითვლება Hg, Pb, Cd, As, ძირითადად იმიტომ, რომ მათი ტექნოგენური დაგროვება გარემოში მაღალი ტემპით მიმდინარეობს (117).

1.3 ანთროპოგენური ფაქტორების გავლენა წყალსატევებსა და ჰიდრობიონტებზე წყალსატევების დაჭუჭყიანებაში იგულისხმება მათი ეკონომიკური მნიშვნელობის და ბიოსფეროს ფუნქციის გაუარესება მავნე ანთროპოგენური ნივთიერების შესვლის გამო. დამაჭუჭყიანებელი ნივთიერებების ეკოლოგიური მოქმედება გამოვლინდება ორგანიზმების, პოპულაციების, ბიოცენოზების და ეკოსისტემის დონეზე. ორგანიზმების დონეზე შეინიშნება ცალკეული ფიზიოლოგიური ფუნქციის დარღვევა, ქცევის ცვლილება, ზრდის ტემპის დაქვეითება, სიკვდილიანობის გაზრდა პირდაპირი მოწამვლების ან გარემო არის სტრესული მდგომარეობისადმი მდგრადობის დაქვეითების გამო. დიდი მნიშვნელობა აქვს ინდივიდთა მემკვიდრულ ცვლილებას, რაც ხშირად იცვლება მათი გენეტიკური აპარატის და საწყისი გენოფონდის ტრანსფორმაციის დაზიანების შედეგად.

ანთროპოგენურმა დაჭუჭყიანებამ პოპულაციის დონეზე შეიძლება გამოიწვიოს ცხოველთა რაოდენობისა და ბიომასის, შობადობისა და სიკვდილიანობის, სქესობრივი და ზომითი სტრუქტურის, დინამიკის ტიპის ცვლილება და რიგი ფუნქციური დარღვევები. ასევე შიდა პოპულაციური დამოკიდებულების ქაოტიზაცია, რომელიც გამოწვეულია ინდივიდთა ქცევის ცვლილებებით და ქიმიური სიგნალების გადაცემის დამახინჯებით, რაც დიდ როლს თამაშობს ინდივიდთა კომუნიკაციებში [10,11,13].

ანთროპოგენური დაბინძურება ბიოცენოზურ დონეზე გავლენას ახდენს გაერთიანების სტრუქტურასა და ფუნქციაზე, ვინაიდან ერთი და იგივე დამაბინძურებელი ნივთიერება არათანაბრად მოქმედებს ბიოცენოზის სხვადასხვა კომპონენტზე. ანთროპოგენური დაბინძურების შედეგად, თითოეული ტოქსიკური

ნივთიერება ხასიათდება განსაზღვრული ზემოქმედებით უჯრედებზე, ქსოვილებზე, ორგანოებსა და ორგანიზმზე მთლიანად, რაც განაპირობებს სპეციფიკური რეაგირების მექანიზმების მოშლის შედეგად ცვლილებებს საპასუხო რეაქციებით [11,12, 30]

წყალსატევების ანთროპოგენური დაბინძურება გამოწვეული ადამიანის საქმიანობის შედეგად იყოფა: ბიოლოგიურ, მექანიკურ, ფიზიკურ და ქიმიური ტიპის დაბინძურებად. ბიოლოგიური დაბინძურება გამოვლინდება მიკროორგანიზმების მასიურ გამრავლებაში ადამიანის გარემოზე ზემოქმედების შედეგად. მექანიკური დამაბინძურებლები ისეთი მექანიკური აგენტებია, რომლებიც არ იწვევენ გარემოში რაიმე ფიზიკურ, ქიმიურ ცვლილებებს. ფიზიკური დამაბინძურებლები იყოფა - სითბურ, ხმაურის, სინათლის, ელექტრომაგნიტურ, რადიოაქტიურ დამაბინძურებლად. სითბური ანუ თერმული დაბინძურების მიზეზებია საწარმოდან ატმოსფეროში ცხელი ჰაერის მასების გამოყოფა, ცხელი წყლებისა და გაზების გამოყოფა. სინათლით დაბინძურების წყაროებია სხვადასხვა ხელოვნური განათებები, რომლებიც ანომალიებს იწვევენ მცენარეთა და ცხოველთა განვითარებაში. ხმაური განსაკუთრებით იგრძნობა დიდ ქალაქებში, ტრანსპორტისა და სამრეწველო კომპლექსების მუშაობის შედეგად. ელექტრო მაგნიტური დაბინძურების წყაროებია ელექტრო გადამცემი ხაზები, ფიჭური სატელეფონო კავშირები, რადიო და ტელევიზია, ზოგიერთი საწარმოთა დანადგარები და ა.შ. სხვადასხვა დამაბინძურებლები, რომლებიც ხვდებიან ბიოგეოცენოზებში, არღვევენ ნივთიერებათა წრებრუნვას, მათ ასიმილაციას, ენერჯის ნაკადს, რის შედეგად მოცემული ეკოსისტემა ირღვევა და ქვეითდება მისი პროდუქტიულობა [11,12].

სოფლის მეურნეობისა და მრეწველობის განვითარება იწვევს წყალსატევების დაჭუჭყიანებას, რომლებშიც ხშირად გაწმენდის გარეშე ჩაედინება სასოფლო-სამეურნეო, საყოფაცხოვრებო, ე.წ ჩამდინარე წყლები. ჭუჭყიანდება როგორც მტკნარი წყლები, ასევე ზღვები და ოკეანეები. გავრცელების მაშტაბითა და ჰიდრობიონტებზე ზემოქმედების ძალით წყალსატევების დაბინძურება ტოქსიკური ნივთიერებებით დაჭუჭყიანების ერთ-ერთი ძირითადი ფორმაა. ასეთი დაჭუჭყიანება ქმნის საფრთხეს ადამიანებისათვის, რომლებიც საკვებით ღებულობენ ისეთ ორგანიზმებს, რომლებიც შეიცავენ მძიმე ლითონებს, პესტიციდებს, რადიოაქტიურ ნივთიერებებს.

წყალსატევების ტოქსიკური დაჭუჭყიანების წყაროები სხვადასხვაა. წყალსატევებში ხდება იმ ტოქსიკური ნივთიერებების აკუმულირება, რომლებიც ჰაერში და ნიადაგში ხვდება პირველად საყოფაცხოვრებო და სამრეწველო ჩამონადენების გზით. ორგანული ნივთიერებებიდან დიდი ტოქსიკურობით ხასიათდება პესტიციდები, რომლებიც ფართოდ გამოიყენება როგორც სოფლის მეურნეობაში, ასევე სატყეო მეურნეობაში. ჰიდრობიონტებისთვის სერიოზულ საშიშროებას წარმოადგენს დეტერგენტები - სინთეზური, ზედაპირულად აქტიური ნივთიერებებით წყალსატევების გაჭუჭყიანებას, ანტისეპტიკებით და სხვ.

ბოლო ათწლეულების განმავლობაში ადამიანის ზემოქმედების მასშტაბები წყალსატევებზე კიდევ უფრო გაიზარდა. ანთროპოგენულმა დატვირთვამ უარყოფითი გავლენა მოახდინა მდინარეების ეკოლოგიურ მდგომარეობაზე, რამაც სერიოზული საფრთხე შეუქმნა წყლის ეკოსისტემების მრავალფეროვნებას. ზოგიერთ ქვეყანაში მდინარეების და სასმელი წყლების დაბინძურება საშიშ მასშტაბებს აღწევს, რის გამოც, წყლის შემოტანა ხდება სხვა ქვეყნებიდან.

ჩამდინარე წყლებით ბუნებრივადაც საკმაოდ დიდი რაოდენობით ჩადის მდინარეებში სხვადასხვა ქიმიური და ტოქსიკური შენაერთები. მაგალითად, მარტო ნიადაგების ბუნებრივი გამოფიტვის შედეგად მათში ხვდება 150 ათასი ტონა ტყვია. ავტომობილების საწვავით წყლის რესურსების დაბინძურება ორჯერ მეტია ამ რაოდენობაზე და 300 ათას ტონას აღემატება. მდინარეების სარწყავად გამოყენებით ბინძურდება ნიადაგები და საკვები პროდუქტები, რითაც დიდი საშიშროება ექმნება ადამიანთა და ცხოველთა ჯამრთელობას [26,27,28].

უკანასკნელ ათწლეულებში, ჩამონადენის შიგაწლიურ განაწილებაზე სულ უფრო მეტ გავლენას ახდენს ადამიანის სამეურნეო საქმიანობა, რომელიც არღვევს წყლის ობიექტების ბუნებრივ მდგომარეობას. წყლის დაბინძურება გარემოს მნიშვნელოვან ეკოლოგიურ და მიკრობიოლოგიურ პრობლემას წარმოადგენს. ანთროპოგენური ზემოქმედების შედეგად, წყალსატევებში ჩამდინარე სხვადასხვა ბიოგენური, თუ ტოქსიკური ნაერთი არღვევს ბალანსს ეკოსისტემაში, რის შედეგადაც ქვეითდება, ან მთლიანად იკარგება მისი თვითგაწმენდის უნარი [12].

#### 1.4. წყალსატევების ეკოსისტემებზე ევტროფიკაციის ზემოქმედების მექანიზმი

ევტროფიკაცია ეწოდება წყლის ხარისხის გაუარესების პროცესს, რომელიც გამოწვეულია წყალსატევებში ბიოგენური ელემენტების, პირველ რიგში, აზოტისა და ფოსფორის ნაერთების გადაჭარბებული რაოდენობით მოხვედრას ბუნებრივი და ანთროპოგენური ფაქტორების გავლენით. ევტროფიკაცია იწვევს წყალსატევებში ბიოლოგიური პროდუქტიულობის გაზრდას, ჟანგბადის პროგრესირებად უკმარისობას და ბოლოს, ჰიდრობიონტების მასიურ დაღუპვას.

ანთროპოგენური ევტროფიკაციის შედეგად იმატებს ორგანული ნივთიერებების ახალწარმოქმნის სიჩქარე, პროდუქცია სჭარბობს დესტრუქციას და ეკოსისტემის ბიომასა იზრდება. მსგავსი პროცესი შეიძლება მოხდეს წყალსატევთა ბუნებრივი სუქცესიის შედეგად, მაგრამ ამ შემთხვევაში ცვლილებების ტემპი შეუდარებლად დაბალია. წყალსატევთა თერმოფიკაცია არის მათი ტემპერატურული რეჟიმის ცვლილება, რომელიც გამოწვეულია გამთბარი წყლის შემოსვლით ამა თუ იმ საწარმოდან, პირველ რიგში თბოელექტროსადგურებიდან. წყლის ტემპერატურის მომატება აჩქარებს ეკოსისტემაში ნივთიერებათა წრებრუნვას, კერძოდ, პირველად პროდუქციას, რაც წყალსატევების ევტროფიკაციის დამატებითი წინაპირობაა. ამასთან ერთად, ბუნებრივი ტემპერატურული რეჟიმის დარღვევას თან ახლავს წყალსატევების ფლორისა და ფაუნის ცვლილება, რაც ხშირად იწვევს არსებით ძვლებს საწყისი ეკოსისტემების სტრუქტურასა და ფუნქციაში არასასურველი მიმართულებებით [11.12].

წყალსატევების ევტროფიკაციის ხარისხის შესაფასებლად იყენებენ ბიოლოგიურ, ქიმიურ და ფიზიკურ მაჩვენებლებს, განსხვავებულს ზედაპირული და სიღრმისეული წყლებისათვის. მაგალითად, ეპილიმნიონისათვის პირველ რიგში ეს სახეობრივი შემადგენლობაა: რიცხობრიობა, ბიომასა და წყალმცენარეთა პროდუქცია, ბაქტერიების რიცხობრიობა, ბიომასა და წყალმცენარეთა პროდუქცია, ბაქტერიების რიცხობრიობა, კერძოდ საპროფიტებისა, სახეობრივი შემადგენლობა და მაკროფიტების განვითარების ხარისხი, ფოსფორშემცველი კომპონენტების ჯამი, საშემოდგომო ცირკულაციის დასაწყისში ფოსფატაზასა და ნიტროგენაზას აქტიურობა. ჰიპოლიმნიონისათვის ეს, უპირველეს ყოვლისა, არის ზაფხულის



ბოლოსთვის წყალში ჟანგბადის შემცველობა, ჟბმ (ჟანგბადის ბიოლოგიური მოხმარება), CO<sub>2</sub>-ის გამოყოფა და აზოტის გახსნილი ნაერთების დაგროვება, ფსკერის დანალექებში მეთანისა და გოგირდწყალბადის წარმოქმნა [11.12.78].

ევტროფიკაცია არის ბუნებრივი პროცესი, რომელიც უკავშირდება სადრენაჟე აუზის ტერიტორიიდან წყალსატევში ბიოგენური ელემენტების მუდმივ ჩადინებას. თუმცა, ბოლო დროს მოსახლეობის მაღალი სიმჭიდროვის მქონე ტერიტორიებზე ან ძლიერი სოფლის მეურნეობის მქონე ტერიტორიებზე ამ პროცესის ინტენსივობა დიდწილად გაიზარდა წყალსატევებში საყოფაცხოვრებო ჩამდინარე წყლების, მეცხოველეობის ფერმებიდან და კვების მრეწველობის საწარმოებიდან ჩამდინარე წყლების, ასევე მინდვრებზე ჭარბად შეტანილი სასუქის ჩამორეცხვის შედეგად.

წყლის ზედა ფენებში ბიოგენური ელემენტების შემცველობის ზრდა იწვევს ამ ზონაში მცენარეთა სწრაფ განვითარებას და ზოოპლანქტონის რაოდენობის ზრდას, რომელიც ფიტოპლანქტონით იკვებება. შედეგად, კლებულობს წყლის გამჭვირვალობა. მზის სხივების შეღწევადობის სიღრმე მცირდება და, ეს კი იწვევს ფსკერის მცენარეების კვდომას სინათლის უკმარისობის გამო. წყლის ფსკერის მცენარეების კვდომის შემდეგ, იმ ორგანიზმების კვდომის რიგი დგება, რომელთათვისაც ეს მცენარეები მათი გავრცელების ადგილს ქმნიდნენ ან რომელთათვისაც ისინი კვების ჯაჭვის ზედა რგოლს წარმოადგენენ.

წყლის ზედა ჰორიზონტებში ძლიერ გავრცელებულ მცენარეებს (განსაკუთრებით, წყალმცენარეები) გააჩნიათ გაცილებით დიდი სხეული და ბიომასა. ღამის საათებში, ამ მცენარეებში ფოტოსინთეზი არ მიმდინარეობს, მაშინ როდესაც სუნთქვის პროცესი გრძელდება. შედეგად, თბილ დღეებში, გამთენიისას, წყლის ზედა ჰორიზონტებში ჟანგბადი პრაქტიკულად არ არის და აღინიშნება ამ ფენაში მოხინაძრე ორგანიზმების კვდომა (ხდება ე.წ. "ზაფხულის კვდომა").

მკვდარი ორგანიზმები ადრე თუ გვიან იძირებიან წყალსატევის ფსკერზე, სადაც მათი დაშლა ხდება. ამასთან, აქ ჟანგბადის გამომუშავება პრაქტიკულად არ ხდება. თუ გავითვალისწინებთ, რომ ევტროფიკაციის შედეგად წყალსატევის წარმოიქმნება დისბალანსი ჟანგბადის გამომუშავებასა და მოხმარებას შორის. ეს ყველაფერი კი იწვევს ფსკერისა და ფსკერის ზედა ჟანგბადის მოყვარული ფაუნის განადგურებას. ანალოგიურ მოვლენას, რომელსაც ადგილი აქვს დახურულ

წყალმარჩხ წყალსატევებში, ზამთრის მეორე ნახევარში, "ზამთრის კვდომას" უწოდებენ. ფსკერზე, რომელიც მოკლებულია ჟანგბადს, მიმდინარეობს მკვდარი ორგანიზმების ანაერობული დაშლა, შედეგად წარმოქმნება ისეთი ძლიერი ელემენტები, როგორცაა ფენოლი და გოგირდწყალბადი და „სათბურის აირები“ (რომელიც თავისი ეფექტით 120-ჯერ აჭარბებს ნახშირორჟანგს), როგორცაა მეთანი. ევტროფიკაციის პროცესი ანადგურებს წყალსატევის ფლორისა და ფაუნის დიდ ნაწილს, სრულად ანადგურებს და მნიშვნელოვნად გარდაქმნის მის ეკოსისტემას, მნიშვნელოვნად აუარესებს წყლის სანიტარულ-ჰიგიენურ ხარისხს, რის შედეგადაც წყალსატევი გამოუსადეგარი ხდება.

### 1.5. წყალსატევების თვითგაწმენდის პროცესები

წყალსატევების წყლის თვითგაწმენდა წარმოადგენს ერთმანეთთან ურთიერთდაკავშირებული ჰიდროდინამიკური, ფიზიკურ-ქიმიური, მიკრობიოლოგიური და ჰიდრობიოლოგიური პროცესების ერთობლიობას, რაც ხელს უწყობს წყლის საწყისი მდგომარეობის აღდგენას. თვითგაწმენდის პროცესში გადამწყვეტ ფუნქციას ასრულებს ბიოლოგიური და ფიზიკურ-ქიმიური პროცესები; ეს პროცესები წყალში მიმდინარეობს იმ ტოქსიკური ნივთიერებების არსებობისას, რომლებიც ხელს უშლიან ბიოლოგიურ პროცესებს.

მდინარის თვითგაწმენდის პროცესი ასევე დამოკიდებულია მდინარის დინების სიჩქარეზე, წყლის ქიმიურ შემადგენლობაზე, ტემპერატურაზე, შეწონილ მყარ ნივთიერებებზე, ფსკერზე არსებულ ნალექზე, სილაზე და სხვა. თვითგაწმენდის ერთ-ერთ მთავარ ფაქტორს (დაბინძურების კონცენტრაციის შემცირება) წარმოადგენს განზავება, თუმცა ამ დროს ადგილი აქვს თვითგაწმენდის პროცესის ინტენსივობის შემცირებას.

წყლის თვითგაწმენდა ხდება არა მხოლოდ სასოფლო-სამეურნეო საფილტრაციო და სარწყავ ველებზე, არამედ თავად მდინარის კალაპოტშიც. აქ მიმდინარეობს ბიოქიმიური და ფიზიკურ-ქიმიური პროცესები, რომელთა წყალობით ხდება წყლის ქიმიური და ბიოლოგიური თვისებების აღდგენა. წყალსატევებში მოხვედრილი სითხეების ნარჩენებისა და ნაყარის განზავება ხდება წყლით. მიკრობების ნაწილი ილექება ფსკერზე და იქ იშლება. დაავადების გამომწვევი

ბაქტერიები ილუპებიან სინათლის, მათთვის არახელსაყრელი ტემპერატურის, წყალში გახსნილი ჟანგბადის ბაქტერიციდული მოქმედების ზეგავლენის შედეგად. ბაქტერიების უზარმაზარ რაოდენობას შთანთქავენ ერთუჯრედიანები, კიბოსნაირნი და სხვა ზოოპლანქტონის ორგანიზმები.

წყალსატევების წყლის თვითგაწმენდა ბაქტერიული დაბინძურებისგან ხდება ფიზიკური, ქიმიური და ბიოლოგიური ფაქტორების რთული კომპლექსის შედეგად, რასაც ხელს უწყობს დაბინძურებების განზავება წყლის დიდი რაოდენობით, შერევა, დალექვა, მზის სხივების გავლენა, აერაცია და სხვ. წყალში მიმდინარე ბიოქიმიური პროცესების, განსაკუთრებით კი დაჟანგვის შედეგად, ილუპებიან პათოგენური მიკრობები. გარდა ამისა, ბაქტერიებს ანადგურებენ უმარტივესები, რომლებიც მათ იღებენ, როგორც საკვებს. ბაქტერიებს ასევე ანადგურებენ ბაქტერიოფაგები, მიკრობები-ანტაგონისტები და ბიოლოგიური წარმოშობის ანტიბიოტიკები.

ბუნებრივი დაბინძურებული წყლების თვითგაწმენდა ხდება მათი მრავალჯერადად სუფთა წყლით განზავების შედეგად. ეს პროცესები ჩაკეტილ წყალსატევებსა და მიწისქვეშა წყლებში მიმდინარეობს ნელა. ნავთობისაგან წყლის თვითგაწმენდა მრავალ სტადიური და ხანგრძლივი პროცესია. ბუნებრივი ზედაპირული წყლის შემადგენლობა არასტაბილურია. მათში განუწყვეტლივ მიმდინარეობს დაჟანგვის, აღდგენის, მსხვილი და მძიმე ნაწილაკების დალექვის პროცესები, აგრეთვე ბიოქიმიური პროცესები, რომლებიც წყლის თვითგაწმენდას იწვევენ. ზედაპირული წყლების შემადგენლობა მნიშვნელოვნად იცვლება წლის სეზონების მიხედვით, აგრეთვე ეპიზოდურად ზოგჯერ ატმოსფერული ნალექების შედეგად. მიწისქვეშა წყლების მინერალიზაცია გაცილებით ნაკლებ ცვალებადობას განიცდის. ბუნებრივი წყაროების წყლის შემადგენლობა ცვალებადია.

წყალსატევების წყლის დაბინძურებისგან თვითგაწმენდის პროცესს პროფესორი სტროგანოვი ორ ეტაპად ყოფს: 1) დაბინძურებული ნაკადის შერევა წყლის მთელ მასასთან, ანუ წმინდა ფიზიკური მოვლენა; 2) თვითგაწმენდა ამ სიტყვის სრული მნიშვნელობით, ანუ ორგანული ნივთიერებების მინერალიზაციის პროცესები და წყალსატევში შეტანილი ბაქტერიების კვდომა. მიწისქვეშა წყლებში მიკრობული თვითგაწმენდის პროცესის შესაფასებლად განისაზღვრება ნაწლავის ჩხირის მთელი ჯგუფი, ენტეროკოკების ჩათვლით, რომლებიც ხანგრძლივად

ბინადრობდნენ მიწისქვეშა წყლებში დაბალი ტემპერატურის პირობებში. ნაწლავის ჩხირის ფაგების არარსებობა ამ შემთხვევაში შეიძლება იყოს ენტეროვირუსებისაგან წყლების თვითგაწმენდის საიმედო მაჩვენებელი (ე.ი. მოლოჟავაია და სხვ., 1976).

თუ ჩამდინარე წყლები ჩაედინება წყალსატევებში ან ცოცხალი ორგანიზმებით გაჯერებულ ნიადაგში, მაშინ აღნიშნული პროცესები ბუნებრივი გზით მიმდინარეობს. ცოცხალი ორგანიზმები, რომლებიც საკვებს დაბინძურებულ ჩამდინარე წყლებში ეძებენ, ბინადრობენ ყველგან. საკვები ნივთიერებების რაოდენობის ზრდასთან ერთად მათი რიცხვი სწრაფად იზრდება, ხოლო საკვების მარაგის ამოწურვისას ისინი იღუპებიან. ვინაიდან, ჩამდინარე წყლების ჩაშვება წყალსატევებში არაერთხელ ხდება, არამედ, როგორც წესი, მუდმივ ხასიათს ატარებს, შეიძლება ვივარაუდოთ, რომ წყალსატევებში არსებულ მიკროორგანიზმებს ყოველთვის საკმარისი საკვები ნივთიერებები გააჩნიათ. მას შემდეგ, რაც დაბინძურებული ჩამდინარე წყლები მრავალი ფიზიკური, ქიმიური და ბიოლოგიური პროცესების შედეგად, განიცდის დაშლასა და გახლეჩას, თანდათან ჩადიან დაბლა. ამ პროცესს წყალსატევის თვითწმენდას ვუწოდებთ. სხვაგვარად რომ ვთქვათ, მდინარის ან ტბის წყლის თვითგაწმენდა წარმოადგენს წყლის ბუნებრივ, თავდაპირველ მდგომარეობაში დაბრუნებას, რაც მასში ჩამდინარე წყლების ჩაშვების შედეგად დაირღვა.

წყლის ნავთობპროდუქტებისგან თვითგაწმენდის ინტენსივობა დიდწილად დამოკიდებულია ტემპერატურაზე: 20-25°C ტემპერატურაზე 20 დღეში იჟანგება წყალში ჩამდინარე ნავთობის 50-80%, მაშინ როდესაც 5°C იჟანგება მხოლოდ 10-20%. წყალში არსებულ ნავთობსა და მისი დაშლის შედეგად მიღებულ პროდუქტებს შთანთქავენ ფსკერის ნალექები, ამასთან თიხიან ლამს სორბციის დიდი უნარი გააჩნია. ორგანული ნივთიერებების ცალკეული ჯგუფებისგან წყლის თვითგაწმენდის ძირითადი მექანიზმი, როდესაც ბიოქიმიური ზემოქმედება მკვეთრად არის გამოხატული, შედგება ნავთობის დეგრადაციისაგან. კარგად არის ცნობილი სხვადასხვა ფაქტორების ფრაქციული და ჯამური ზემოქმედება წყალში ნავთობის მოხვედრის შემდეგ. ნავთობის დაშლის პროცესში მნიშვნელოვან როლს ასრულებს აორთქლება.

ტბორის წყლის თვითგაწმენდის პროცესის დასაწყისში აღინიშნება ბაქტერიებისა და წყალმცენარეების სიმბიოზი, რომლებიც პროცესის ბოლოს შეიცვლება ანტაგონიზმით. ბაქტერიების, კერძოდ, პათოგენური მიკროორგანიზმების, კვდომა ხდება წყალმცენარეების მიერ ბაქტერიციდული ნივთიერებების გამოყოფის შედეგად. ამიტომ, ჩამდინარე წყლების გაწმენდამდე ბიოლოგიურ ტბორში ხდება არა მხოლოდ ბიოგენური და ორგანული ნივთიერებების, არამედ ბაქტერიული ნაყარის განადგურებაც. როგორც უკვე აღინიშნა, წინასწარი გაწმენდის მიზნით, გამოყენებული უნდა იქნას მკაცრად აერობული ბიოლოგიური ტბორები. ასეთი ტბორების ნორმალური მუშაობის წინაპირობაა წყლის ორგანიზმებისათვის ოპტიმალური (pH) გარემოსა და ტემპერატურის რეაქციის დაცვა, ასევე გახსნილი ჟანგბადის არსებობა მინიმუმ 1 მგ/ლ. მნიშვნელოვანია წყლის შერევა, რაც ხელს უშლის ანაერობული ზონების წარმოქმნას და ხელს უწყობს წყლის ხარისხის სტაბილიზაციის პროცესებს.

წყლის თვითწმენდის პროცესში ძალიან დიდი წვლილი შეაქვთ ცხოველებს - წყალსატევების ბინადრებს. მცენარეთა მიერ შექმნილი ორგანული ნივთიერებების დამუშავებისას, ცხოველები-კონსუმენტები ამ ნივთიერებას თავდაპირველ მარტივ ნაერთებად - წყლად და ნახშირორჟანგად შლიან, დანარჩენი კი ექსკრემენტის სახით გადადის რედუცენტი-მიკროორგანიზმების მიერ ყველაზე ეფექტურად გამოყენებად ფორმად. ორგანული ნივთიერებების ნაწილი ილექება ფსკერის ლამებში. გავლენას ახდენენ წყალსატევების თვითგაწმენდის პროცესებზე. ექსპერიმენტულ წყალსატევში 1 მგ/ლ ვოლფრამის კონცენტრაცია აფერხებს ორგანული ნაერთების ამონიფიკაციისა და ნიტრიფიკაციის პროცესებს, მიკროფლორის ზრდას. 0,1 მგ/ლ ვოლფრამის კონცენტრაცია აფერხებს წყლის თვითგაწმენდის პროცესებს 10–20%-ით, ხოლო 0,01 მგ/ლ არ ახდენს გავლენას. მდინარის წყალში დამაბინძურებლების შეღწევა არღვევს ფიზიკურ-ქიმიურ ბალანსს მდინარის დინებაში. თვითგაწმენდა არის მექანიკური, ქიმიური და ბიოლოგიური პროცესების სისტემა, რომელიც ამცირებს დამაბინძურებლების რაოდენობას და ცვლის მათი არსებობის ფორმას. თვითგაწმენდა ხორციელდება შენაკადების ატმოსფერული ნალექებით ან წყლით განზავების შედეგად.

წყლის თვითგაწმენდის პროცესების მთავარი ფაქტორია მისი ჟანგბადით გაჯერება. გახსნილი ჟანგბადის ზემოქმედებით ორგანული ნივთიერებები იჟანგება და მინერალური ნალექის სახით წყალსაცავების ფსკერზე ილექება. წყლის ობიექტებში ჩამდინარე წყლების ჩაშვების პირობები განისაზღვრება ჩამდინარე წყლების წყლის ობიექტის წყალთან გადაადგილების ხარისხის გათვალისწინებით, ჩამდინარე წყლების ჩაშვების ადგილიდან წყლით სარგებლობის უახლოეს საკონტროლო წერტილამდე, აგრეთვე ჩამდინარე წყლების გამოშვების ადგილებში წყლის ობიექტების ფონური შემადგენლობის გათვალისწინებით. წყლების ბუნებრივი თვითგაწმენდა მათში ჩამავალი ნივთიერებებისგან საყურადღებოა მაშინ, თუ ეს პროცესი საკმარისად გამოხატულია, ხოლო მისი კანონზომიერებები შესწავლილი.

ბუნებრივ პირობებში, წყლის ნავთობისაგან თვითგაწმენდის ფიზიკური პროცესების კომპლექსი შედგება მრავალი კომპონენტისგან - აორთქლება; ნაყართა და მტვრით გადატვირთული ბურთულების დალექვა; ბურთულების ერთმანეთთან შეწებება; ბურთულების ამოტივტივება, რომლებიც საბოლოოდ ქმნიან აკვს წყლისა და ჰაერის ჩანართებით; შეწონილი და გახსნილი ნავთობის კონცენტრაციის შემცირება დალექვის, ამოტივტივებისა და სუფთა წყალთან შერევის შედეგად. ამპროცესების ინტენსივობა დამოკიდებულია ნავთობის კონკრეტული ტიპის თვისებებზე (სიმკვრივე, სიბლანტე, თერმული გაფართოების კოეფიციენტი), კოლოიდების შემადგენლობაზე წყალში, პლანქტონის შეწონილ და შედგენილ ნაწილაკებზე და სხვ., ჰაერის ტემპერატურასა და მზის სხივებზე.

ცნობილია, რომ ბიოლოგიურად გაწმენდილი ჩამდინარე წყლების წყალსატევში გაშვებისას სასურველია, რომ ეს წყლები შეიცავდეს გახსნილი ჟანგბადის მაქსიმალურ კონცენტრაციას. ეს იწვევს წყალსატევში წყლის თვითგაწმენდის პროცესების დაჩქარებას და აუმჯობესებს მის ჟანგბადის რეჟიმს. ბაქტერიებისა და წყალმცენარეების სიმბიოზს ადგილი აქვს ტბორებში წყლის თვითგაწმენდის საწყის ეტაპებზე. გაწმენდის პროცესის ბოლოს სიმბიოზი ანტაგონიზმით იცვლება.

აღსანიშნავია, რომ საყოფაცხოვრებო ჩამდინარე წყლების ორგანულ ნივთიერებებს თან ახლავს უხვი საპროფიტული და პათოგენური მიკროფლორა.

ამიტომ, წყალში ორგანული ნივთიერებების კონცენტრაცია წარმოადგენს წყალსატევების მასიური ბაქტერიული დაბინძურების არაპირდაპირ მაჩვენებელს. ამასთან, საყოფაცხოვრებო ჩამდინარე წყლების ორგანული ნივთიერებების მინერალიზაციის პროცესის დასრულება და, შესაბამისად, წყალსატევების დაბინძურების საშიშროების შესუსტება ან აღმოფხვრა, ეპიდემიოლოგიური თვალსაზრისით, შეიძლება შეფასდეს წყლის ბაქტერიული თვითგაწმენდის ხარისხის მიხედვით. ამით განისაზღვრება წყალსატევების საყოფაცხოვრებო ჩამდინარე წყლების ორგანული ნივთიერებებით დაბინძურების სანიტარული მნიშვნელობა და მისი შეზღუდვა ჟანგბადის ბიოქიმიური მოთხვნილების მნიშვნელობის საფუძველზე.

პირველი კრიტერიუმით ფასდება მავნე ნივთიერებების გავლენა ჩამდინარე წყლებში ორგანული დამაბინძურებლებისგან წყლის თვითგაწმენდის პროცესებზე, რისთვისაც განისაზღვრება ორგანული ნივთიერებების დაჟანგვისა და წყლის მიკროფლორის განვითარებისათვის საჭირო ჟანგბადის რაოდენობა. ამ შემთხვევაში, წყლის დაბინძურების მახასიათებლებია ჟანგბადის ბიოლოგიური და ქიმიური მოხმარება.

წყალსატევებში ჩამდინარე წყლების ჩაშვებისას, ჟანგბადის ბიოქიმიური მოთხვნილება 20°C ტემპერატურაზე არ უნდა აღემატებოდეს 3 მგ/ლ I კატეგორიის წყალსატევში და 6 მგ/ლ II კატეგორიის წყალსატევში. ჟანგბადის ბიოქიმიური მოთხვნილების დასაშვები სიდიდის გამოთვლისას, წყალსატევის წყალში მათი განზავების შესაძლო ხარისხთან ერთად ითვალისწინებენ წყალსატევში წყლის გაწმენდის ბიოქიმიური პროცესების მიმდინარეობის სიჩქარეს, ჩამდინარე წყლების ჩაშვების ადგილიდან წყლის გამოყენების უახლოეს წერტილამდე. გარდა ამისა, ცნობილია, რომ ზოგიერთ წყალსატევში წყალს ბუნებრივ მდგომარეობაში გააჩნია ჟანგბადის ბიოქიმიური მოთხვნილების ის მაჩვენებელი, რომელიც აჭარბებს სტანდარტულს, მასში ჰუმინური ნივთიერებების შემცველობისა და წყალსატევის „აყვავების“ გამო.

წყლის ორგანოლექტიკურ თვისებებზე (ფერი, სუნი, გემო) ქიმიური ნივთიერებების გავლენის შესწავლას პრაქტიკულად დიდი მნიშვნელობა აქვს, რადგან ხალხისთვის წყლის თვისებების ცვლილებები ადვილად შესამჩნევია და წარმოადგენს საშიშროების სიგნალიზატორს, რაც იწვევს წყაროს წყლის გამოყენების

მკვეთრ შემცირებას. წყალსატევების ზოგად სანიტარულ მდგომარეობაზე ქიმიური ნივთიერებების მოქმედების ექსპერიმენტული კვლევა ტარდება წყალსატევის წყლის თვითგაწმენდის პროცესების დარღვევის გაფრთხილების მიზნით. წყალში ნივთიერების სტაბილურობისა და ტრანსფორმაციის ერთდროული შესწავლა მიზნად ისახავს წყალში მისი შემცველობის ხანგრძლივობის განსაზღვრას და მისი ტრანსფორმაციის შედეგად მიღებული შესაძლო პროდუქტების ჰიგიენურ შეფასებას, „წყალში ჰიგიენური ნორმების რეგულირების დროს ქიმიური ნივთიერებების ტრანსფორმაციის პროცესების მეთოდოლოგიური მითითებების“ შესაბამისად.

ნივთიერებების ქიმიური და ტექნოლოგიური მახასიათებლები წყალში ხსნადობის თვალსაზრისით, არ უნდა გადავიდეს ჰიგიენური კვლევის სფეროში, სადაც, როგორც წესი, წყალსატევებში ხშირად შეხვდებით ამ ნივთიერებების დაბალ კონცენტრაციებს. სამრეწველო ჩამდინარე წყლებში მავნე ნივთიერებების მდგრადობის შესწავლის მეთოდოლოგია ეყრდნობა სანიტარული პრაქტიკის მოთხოვნებს, რომლის თვალსაზრისითაც წყლის თვითგაწმენდის ნელა მიმდინარე პროცესი კარგავს თავის მნიშვნელობას.

ავტორთა უმეტესობა აღნიშნავს, რომ ჰიდრობიონტთა უმეტესობა გარკვეულწილად, წყლის გამწმენდია, შესაბამისად, დიდ იმედებს ამყარებენ ბუნებრივ წყალსატევებში წყლის თვითგაწმენდის პროცესებზე. მაგრამ ყველა ჰიდრობიონტი, განსაკუთრებით მცენარეები და ე.წ. მიკროორგანიზმები, ამავე დროს წყლის დამაბინძურებლებიც არიან. ძაფისებრი, მწვანე და ლურჯ-მწვანე წყალმცენარეების კვდომის შემდეგ დაშლის შედეგად გამოყოფილმა პროდუქტებმა შეიძლება ისე გააფუჭონ წყლის ხარისხი, რომ იგი სასმელად უვარგისი გახდეს. ავტორთა უმრავლესობა წყლის "აყვავების" თავიდან ასაცილებლად გვთავაზობდა მასზე მძიმე ლითონების ან პესტიციდების მარილებით ზემოქმედებას.

სამხრეთ ყაზახეთის რეგიონში, სადაც დამახასიათებელია მშრალი კლიმატი, საკმაოდ აქტუალურია წყლის რაციონალური მოხმარების პრობლემა. ამ თვალსაზრისით, განსაკუთრებული მნიშვნელობა ენიჭება, როგორც წყლის რესურსების დაბინძურების წყაროების შესწავლას, ასევე მათი გაწმენდის მეთოდების შემუშავებასთან დაკავშირებულ საკითხებს. ცნობილია, რომ წყლის ბუნებრივი თვითგაწმენდის დროს უდიდესი როლი ენიჭება ბაქტერიის ორგანიზმების, წყალმცენარეების, უმარტივესების, უხერხემლოების ბიოცენოზს, რომლებსაც



წარმოქმნილ ეკოლოგიურ პირამიდებში, თავისი წვლილი შეაქვთ ტოქსიკური ინგრედიენტების კონცენტრაციის შემცირების პროცესში. ამასთან, შესაძლებელია საწარმოების წყალმომარაგების სისტემების მიწებში ორგანიზმები ისე გაიზარდოს, რომ მოხდეს მიწების ჩაკეტვა და წარმოიქმნას პრობლემები ტექნოლოგიური პროცესების დროულ უზრუნველყოფასთან დაკავშირებით. ამასთან დაკავშირებით მცენარეების ბიოცენოზის შემადგენლობის შესწავლა და მათთან ბრძოლის ღონისძიებების გატარება აქტუალური პრობლემაა.

წყალსატევებში ბენტოსური ორგანიზმების არსებობა მნიშვნელოვანია ამ წყაროების დასახასიათებლად. ეკოლოგიური ფაქტორებიდან გამომდინარე, ეს მიკროორგანიზმები იყოფა ზღვის, მტკნარი წყლების, მარილიანი ტბების, ჭაობების, ნაკადულების, მდინარეების, ჩანჩქერების, ცხელი წყაროების და მინერალური წყაროების მიკროორგანიზმებად. მტკნარი წყლის წყაროებში ბენტოსური მიკროორგანიზმები წყლის გაწმენდაში მონაწილეობენ. ისინი ახდენენ ორგანული ნივთიერებების მინერალიზაციას, ხოლო არაორგანული წარმოშობის აღდგენილი ნივთიერებების დაჟანგვას. დომინანტურ როლს ამ პროცესებში ასრულებენ მიკრობები. ბაქტერიებით ყველაზე მდიდარი არის სილის ზედაპირული ფენა, რაც ძალზე მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს წყლის ობიექტებში მიკროორგანიზმების განვითარებასა და სიცოცხლეზე.

წყლების თვითგაწმენდის პროცესში მნიშვნელოვან როლს ასრულებს გოგირდბაქტერიები და რკინაბაქტერიები. გოგირდბაქტერიები გოგირდწყალბადს ჟანგავენ გოგირდმჟავას მარილებად, რაც იცავს თევზებს სიკვდილისგან. წყალსატევების ფსკერზე მიმდინარეობს დუღილის პროცესები მეთანისა და ნახშირორჟანგის წარმოქმნით. მდინარეების ჰიდროლოგიური რეჟიმის შეცვლის ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი შედეგი წყალსატევების შექმნისას, წყალდიდობების ლიკვიდაციისას და დინების სიჩქარის შემცირებისას არის მდინარეთა სისტემებში წყლის გაცვლის შენელება. წყლის გაცვლის შენელება იწვევს ცვლილებებს ჰიდროფიზიკურ, ჰიდროქიმიურ და ჰიდრობიოლოგიურ პროცესებში, რაც წყალსატევების წყლის მარაგების რეგულირების რეჟიმთან ერთად იწვევს წყლის თვითგაწმენდის პროცესების ცვლილებას მდინარის წყლებთან შედარებით, განსაზღვრავს ზედა და ქვედა ბიეფის თერმულ რეჟიმს. წყლის გაცვლა დიდწილად განსაზღვრავს წყალსატევების ძირითად ჰიდროლოგიურ მახასიათებლებს,

წარმოადგენს მდინარის წყლების ეკოსისტემებთან ურთიერთკავშირის ინტენსივობის ინტეგრალურ მაჩვენებელს.

ბაქტერიების როლი ბუნებაში ძალიან მრავალფეროვანია, რაც დაკავშირებულია ენერჯის სხვადასხვა წყაროსთან, რომელსაც ბაქტერიების სხვადასხვა ჯგუფები იყენებენ. აერობული ჰეტეროტროფული ბაქტერიების უმეტესობა ეკოსისტემებში წარმოადგენს რედუცენტებს. ნიადაგში ისინი ნაყოფიერი ფენის ფორმირებაში მონაწილეობენ, ხელს უწყობენ ტყის საფარისა და ცხოველთა ნარჩენების გარდაქმნას ჰუმუსად. ნიადაგის ბაქტერიები ასევე შლიან ორგანულ ნაერთებს მინერალურ ნივთიერებად. დადგენილია, რომ 90%-მდე CO<sub>2</sub> შედის ატმოსფეროში ბაქტერიებისა და სოკოების აქტივობის გამო. ბაქტერიები მონაწილეობენ აზოტის, გოგირდის, ფოსფორის ბიოგეოქიმიურ ციკლებში. ბუნებრივ წყალსატევებში წყლის თვითგაწმენდა, აგრეთვე ჩამდინარე წყლების გაწმენდა ხდება აერობული და ანაერობული ჰეტეროტროფული ბაქტერიებით.

ბუნებრივ პირობებში გამოვლენილი ვირუსების, ნაწლავის ჩხირის ფაგების რაოდენობრივი შეფარდების ანალიზი, ასევე მიუთითებს ფაგის უფრო დიდ მაჩვენებელზე როგორც ძლიერად, ასევე ზომიერად დაბინძურებული მდინარის წყლის ვირუსული დაბინძურების ასახვაში. იგივე მონაცემებით შესაძლებელი გახდა ნაწლავის ჩხირის ფაგის რაოდენობრივი კრიტერიუმების დადგენა, რაც უზრუნველყოფს ეპიდემიურ უსაფრთხოებას საყოფაცხოვრებო და სასმელი წყლის მიწოდების წყაროებიდან წყლის ვირუსულ დაბინძურებასთან მიმართებაში - არაუმეტეს 1000 BOE 1 ლიტრზე. აღნიშნული მაჩვენებელი ადასტურებს წყაროს წყლის ვირუსებისაგან თვითგაწმენდის პროცესების დასრულებას, წყალსადენების სანიტარული დაცვის ზონების დადგენისას.

## თავი II. 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 გაზომვები ტარდებოდა ადგილზე, ლაბორატორიული კვლევები წარმოებდა გარემოს ეროვნული სააგენტოს ატმოსფერული ჰაერის, წყლისა და ნიადაგის ანალიზის ლაბორატორიაში, გ. ნათაძის სახელობის სანიტარიის, ჰიგიენის და სამედიცინო ეკოლოგიის სამეცნიერო-კვლევით ინსტიტუტში.

წყლის სინჯის აღების მეთოდები. მდინარეებზე კვლევებს ვატარებდით წინასწარ მომზადებული საველე კვლევების სქემის მიხედვით. ვახდენდით კოორდინატების დაზუსტებას, ადგილის დათვალიერებას, ფოტოფიქსირებას და საველე ჟურნალებში რეგისტრაციას. ვავსებდით თანმხლებ დოკუმენტს. სინჯს ვუკეთებდით ეტიკეტს, რომელზედაც აღნიშნული იყო შემდეგი ინფორმაცია: აღების ადგილი, თარიღი, დრო, ნომერი, აღების მეთოდი, გარემოს კლიმატური პირობები, შენახვისა და კონსერვაციის მეთოდები; ვიღებდით საჭირო რაოდენობის დამატებით ნიმუშებს, რათა თავიდან აგვეცილებინა შემთხვევითი ცდომილება კონსერვაციისა და ტრანსპორტირების დროს. თანმხლებ ბლანკთან ერთად წყლის სინჯი მაქსიმალურად სწრაფად მიგვექონდა ლაბორატორიაში ანალიზისათვის.

მდინარეებიდან სინჯებს ვიღებდით წყლის ზედაპირიდან ათი-თხუთმეტი სანტიმეტრის სიღრმეზე. საჭიროების შემთხვევაში - ოცდაათი-ორმოცდაათი სანტიმეტრის სიღრმიდან. წყლის სინჯის აღების დროს ვიცავდით შემდეგ სავალდებულო პირობებს: სინჯის აღების შემდეგ, წყლის თვისებების შეცვლის გამორიცხვის მიზნით, მაქსიმალურად სწრაფად ვატარებდით ანალიზს; წყლის მოკლე სანიტარული ანალიზისათვის ვიღებდით სინჯის 2 ლ, ხოლო სრული ანალიზისათვის - 5ლ; ორივე შემთხვევაში ბაქტერიოლოგიური ანალიზისათვის საჭირო იყო სინჯის 0,5 ლ; ინდიკატორული მიკროორგანიზმებისათვის სინჯის მოცულობა შეადგენდა 0,5 მლ; ინდიკატორული და პათოგენური

მიკროორგანიზმებისათვის - 2,5 ლ, ხოლო ძირითადი იონების ანალიზისათვის ვიღებდით 1 ლ მოცულობის ნიმუშებს, რომლებიც ლაბორატორიაში ტრანსპორტირებამდე ინახებოდა სპეციალურ ყინულიან კონტეინერებში (ქულერებში).

საკვლევ მდინარეებზე წყლის საველე გაზომვებს ვატარებდით ადგილზე საველე პორტატული აპარატით - HORIBA-1. სინჯის აღების ადგილზე ვსაზღვრავდით სუნს, pH, ტუტეანობას, წყლის ტემპერატურას, ვატარებდით წყლის ვიზუალური შეფასებას. სინჯებს ვიღებდით სტერილური ბათომეტრით და სტერილური ჭურჭლით. ჭურჭელს ვხსნიდით უშუალოდ სინჯის აღების წინ. ქაღალდის სახურავს ან ჩაჩს ვხსნიდით საცობთან ერთად ისე, რომ არ ვეხებოდით ჭურჭლის ყელსა და საცობს ხელით.

მემბრანული ფილტრაციის მეთოდი. წყლის სანიტარული მდგომარეობის შესაფასებლად ვიყენებდით შემდეგ მეთოდებს:

- ჰეტეროტროფული (მეზოფილური აერობები და ფაკულტატური ანაერობების) ბაქტერიების საერთო რიცხვის განსაზღვრას და აღრიცხვას ვახდენდით ISO 17994:2004 მეთოდით;
- ნაწლავური ენტეროკოკების (*Enterococcus faecalis*) - ფეკალური კოლიფორმების განსაზღვრას და აღრიცხვას ვახდენდით ISO 7899-2:2000 მეთოდით;
- ტოტალური კოლოფორმებისა და *Escherichia coli* - ს (*E.coli*) განსაზღვრას და აღრიცხვას ვახდენდით *E-coli* ISO 0157:H7 მეთოდით.
- *Salmonella* - კულტურალური მეთოდით.

აღნიშნული პარამეტრების განსაზღვრა მიმდინარეობდა მემბრანული ფილტრაციის მეთოდის გამოყენებით. მემბრანული ფილტრაციის აპარატი შედგება: ვაკუუმ-ტუმბოს, კოლბის, ვაკუუმ-ტუმბოსა და კოლბის დამაკავშირებელი მილისა და სპეციალური მოწყობილობისგან, რომელზეც ვდებდით მემბრანული ფილტრს. მემბრანული ფილტრაციის დროს, ცეცხლის ალზე გასტერილებულ აპარატის ზედაპირზე, გასტერილებული პინცეტით ვათავსებდით მემბრანულ ფილტრს და ვატარებდით წყლის ნიმუშის წინასწარ განსაზღვრულ რაოდენობას სხვადასხვა განზავებით.

შემდგომ ეტაპზე, ვიღებდით მემბრანულ ფილტრს სტერილური პინცეტიტ და ვათავსებდით პეტრის ჯამზე, სადაც განთავსებული იყო სპეციფიკური საკვები არე (საკვები არის სპეციფიკურობა დამოკიდებული იყო იმაზე თუ რომელი პარამეტრის განსაზღვრას ვახდენდით). პეტრის ჯამების ინკუბაცია ხდებოდა თერმოსტატში, რომელშიც იქმნებოდა განსხვავებული ტემპერატურული რეჟიმი. თემპერატურული რეჟიმის სხვადასხვაობა დამოკიდებული იყო თუ რომელი პარამეტრის განსაზღვრას ვახდენდით. მაგ: E. coli - ის ინკუბაციას ვახდენდით 44°C - ზე 24 სთ-ის, ხოლო ნაწლავური ენტეროკოკების - Enterococcus faecalis - 37°C - ზე 24 სთ-ის განმავლობაში. ინკუბაციის დასრულების შემდეგ, მიმდინარეობდა შედეგების აღრიცხვა პეტრის ჯამზე გაზრდილი კოლონიების საწყის ეტაპზე დათვლისა და მომდევნო ეტაპზე მათი დამადასტურებელი მეთოდების ( მაგ. ოქსიდაზა ტესტი და კოვარის რეაქტივი E. coli - ის შემთხვევაში) გამოყენების გზით.

მძიმე ლითონების განსაზღვრა აქსიალური ინდუქციური პლაზმის (ICP-OES) სპექტრომეტრით. მოცემულ ხელსაწყოს (ICP-OES) საშუალება აქვს ერთდროულად 2 წუთში განსაზღვროს პერიოდული სისტემის თითქმის ყველა მძიმე ლითონი. ხელსაწყო აკმაყოფილებს EPA სტანდარტით განსაზღვრულ მოთხოვნებს აღმოჩენის ზღვრებთან მიმართებაში;

დანიშნულება: თხევად გარემოში სხვადასხვა ელემენტების კონცენტრაციების გაზომვა. ხელსაწყოს შეუძლია ერთდროულად რამდენიმე ელემენტის განსაზღვრა მყარ ფაზური ტიპის დეტექტორის ტექნოლოგიით. ხელსაწყოს აქვს ერთბლოკიანი სამაგიდო დიზაინი. ინსტრუმენტს გააჩნია ეშელის ტიპის პოლიქრომატორი 400 მმ ფოკალური სიგრძით, რომელიც დაკავშირებულია მუხტით შეუღლებულ (CCD) დეტექტორთან. სისტემას გააჩნია კვარცის პრიზმის ჯვარედინი გამანაწილებელი. სისტემის გარჩევადობაა არანაკლებ 0.009ნმ-სა 200ნმ- ზე და არანაკლებ 0.019ნმ-ისა 327.45ნმ-ზე. ოპტიკური სისტემა არის უძრავად დამაგრებული კორპუსზე და იძლევა დაბერვა-გასუფთავების შესაძლებლობას.

სისტემას გააჩნია წყლის ცირკულაციით გაცივების შესაძლებლობა, გამაცივებელი სისტემა არ არის ჩამონტაჟებული ხელსაწყოს მთლიან ბლოკში და მისი დადგმა შეიძლება ხელსაწყოსგან მოშორებით. პოლიქრომატორის თერმოსტატირება ხდება 35°C. ხელსაწყოს მდგომარეობის შესაფასებლად და

ოპტიკური სტაბილურობის შესამოწმებლად ხელსაწყოს არ ესაჭიროება ვერცხლისწყლის ან ნეონის რეკალიბრაციის სისტემა.

ელემენტების ატომიზაცია ხდება ლაზერული სხივის მონაწილეობით და შესაბამისად პლაზმის კონტროლი შესაძლებელია კომპიუტერით. ხელსაწყო იძლევა შესაძლებლობას დანახულ იქნას სულ მცირე 95% მაინც ემისიური სპექტრი 177 ნმ-დან 785 ნმ-დე დიაპაზონში.

საჭირო აირები, ძირითადი და დამხმარე მასალები: სტანდარტულია სისტემის დაბერვა-გასუფთავება 0.5 ლ/წთ სიჩქარით და დამატებითი ოფციონალური დაბერვა 3ლ/წთ სიჩქარით პოლიქრომატორისათვის იმ შემთხვევე- ბისთვის, როდესაც გაზომვა ხდება 189 ნმ-ზე უფრო დაბალი ტალღის სიგრძეებისათვის. დაბერვა-გასუფთავებისათვის შესაძლებელია აზოტის ან არგონის გამოყენება (უფრო იხმარება არგონი) და გაზების ნაკადის გაკონტროლება ხდება ავტომატურად. სერტიფიცირებული სტანდარტული ნიმუშები: მიქს სტანდარტი (ანუ დედა ან მუშა ხსნარი) (Al, As, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Mn, Mo, Ni, Pb, Se, Sr, Zn და სხვა -500მგ/ლ აზოტმჟავა; დეიონიზირებული წყალი; საზომი ჭურჭელი: კოლბები, მენზურები, ავტომატური პიპეტები, ქიმიური ჭიქები. გარემო პირობები (აპარატის ოპტიმალური პირობები): ხელსაწყოს პარამეტრებია: 145 სმსიგანე, 78 სმ სიღრმე და 100 სმ სიმაღლე, წონა 205კგ;

ხელსაწყოზე გამოიყენება თხევადი ან აირადი არგონი სისუფთავით არანაკლებ 99.996% ჟანგბადის შემცველობა არა უმეტეს 5 ppm და აზოტის შემცველობა არაუმეტეს 20 ppm. აირადი არგონის 1 ბალონი ხელსაწყოს სრულყოფილ მუშაობას უზრუნველყოფს მხოლოდ 5 საათის განმავლობაში.

არგონის მიწოდება შესაძლებელია ზღვარში: 400-დან 600 kPa (57-დან 88 psi); ხელსაწყოს მუშაობის რეკომენდირებული წნევა: 550 kPa (80 psi) რეგულირებადი რეგულატორით; რეკომენდირებული ნაკადი: 0.7-32 ლ/წთ; სასურველია ელექტრო ენერჯის უწყვეტი და სტაბილური მიწოდება და ზღვეული მუდმივი დენის წყაროს (UPS)-ის გამოყენებით.

მომზადება სამუშაოსათვის:

ხელსაწყო მუშა მდგომარეობაში მოგვყავს ტექნიკური აღწერილობისა და საექსპლუატაციო ინსტრუქციის შესაბამისად; 30 წუთის განმავლობაში

მიმდინარეობს არგონის დაბერვა და მხოლოდ ამის შემდეგ იწყება ანალიზი; სტანდარტული ნიმუშებიდან მზადდება ხსნარები შესაბამისი სამუშაო კონცენტრაციებით; იგება შესაბამისი საკალიბრო მრუდები ხელსაწყოს ექსპლუატაციის ინსტრუქციის ხელსაწყო აკმაყოფილებს EPA სტანდარტით განსაზღვრულ მოთხოვნებს აღმოჩენის ზღვრებთან მიმართებაში; ხელსაწყო თავსებადია ყველა EPA CRDL's (3σ)-თან დაბალი ნაკადის კონვენტრული შემაფრქვეველის და ციკლონური ტიპის შეფრქვევის კამერის გამოყენებით; ხელსაწყოს მიხედვით;

პერმანგანატული ჟანგვალობა. მეთოდის არსი მდგომარეობს საანალიზო წყლის ნიმუშში არსებული ორგანული და არაორგანული ნივთიერებების დაჟანგვაში დახარჯული კალიუმის პერმანგანატის რაოდენობის განსაზღვრაში (გოგირდმჟავა და ოქსილის მჟავას ფონზე). უნდა ითქვას, რომ პერმანგანატის ჟანგვის უნარიანობის მნიშვნელობა ატომური ჟანგბადის თვალსაზრისით განისაზღვრება კალიუმის პერმანგანატის ოდენობით, რომელიც გამოიყენება ტიტრირებისთვის.

ერთი ლიტრ აღებულ საანალიზო ნიმუშს (სინჯის აღების ადგილზე ან ლაბორატორიაში მიღებისას) ვუმატებთ 5 მლ გოგირდმჟავას და შესაბამისად მიღებულ დაკონსერვებულ ხსნარს ვინახავთ სიბნელეში 2°C-დან 8°C-მდე ტემპერატურაზე, ხოლო ნიმუშის შენახვის ვადა არ უნდა აღემატებოდეს 48 საათს. მომზადებულ საანალიზო ხსნარს, 150 მლ ან 250 მლ მოცულობის კონუსურ კოლბაში ფრთხილად ვამატებთ 100 მლ. ოდენობით, რომელსაც ემატება 0,5 მლ 2 მოლური გოგირდმჟავას და 0.005 მოლური ოქსილის მჟავას ხსნარები. კოლბის შიგთავსს აცხელებენ ელექტრო ღუმელზე ისე, რომ ადუღება მოხდეს არაუგვიანეს 5-7 წუთისა. მიღებულ ხსნარს ვტიტრავთ კალიუმის პერმანგანატის სამუშაო ხსნარით და მისი დახარჯული რაოდენობის მიხედვით გამოითვლება წყლის ორგანული კომპონენტებით დაბინძურების ხარისხი. საანალიზო ნიმუშის გატიტრება პერმანგანატის ხსნარით ჩაითვლება დამთავრებულად, როდესაც ხსნარის მიიღებს ღია ვარდისფერ შეფერილობას.

სამუშაო ხსნარი მზადდეს შემდეგნაირად - 1000 მლ მოცულობის კოლბაში ნახევრად სავსე გამოხდილი წყლით, პიპეტით ნელ-ნელა ვამატებთ 100 მლ კალიუმის პერმანგანატის ძირითად ხსნარს (0.02 მოლური), შემდეგ კოლბაში

არსებული ხსნარი გამოხდილი წყლის დამატებით მიგყვავს ნიშნულამდე და ვურევთ. შედეგად კონცენტრაცია პერმანგანატის ხსნარისა, რომლითაც ვტიტრავთ საანალიზო ხსნარს უტოლდება 2 მმოლ/ლ -ს.

პერმანგანტური ჟანგვიანობა გადაანგარიშებული ჟანგბადის რაოდენობაზე, იანგარიშება შემდეგი ფორმულით:

$$I_{MN} = (v_3 - v_0) \cdot c \cdot k \cdot 5 \cdot M / v_4$$

სადაც  $V_3$  არის კალიუმის პერმანგანატის სამუშაო ხსნარის მოცულობა, რომელიც დაიხარჯა საანალიზო წყლის ნიმუშის ტიტრაციაზე

$V_0$ - ცარიელ ექსპერიმენტში ტიტრირებაზე დახარჯული კალიუმის პერმანგანატის სამუშაო ხსნარის მოცულობა;

$C$  - კალიუმის პერმანგანატის სამუშაო ხსნარის კონცენტრაცია;

$K$  - კალიუმის პერმანგანატის სამუშაო ხსნარის კორექტირების ფაქტორი;

5 - სტოქიომეტრიული კოეფიციენტი;

$M$  - ჟანგბადის ატომური მასა

$V_4$  - საანალიზო წყლის ნიმუშის მოცულობა აღებული ტიტრაციისთვის.

ბიქრომატული ჟანგვადობა. ბიქრომატული ჟანგვადობა, ისევე, როგორც პერმანგანატული ჟანგვადობა, გამოიყენება, როგორც სასმელ, ასევე, ზედაპირულ წყლებში ორგანული და არაორგანული დამაბინძურებლების რაოდენობრივი განსაზღვრის შემთხვევაში. მეთოდების განსახვავება გამოიხატება იმაში, რომ ბიქრომატული ჟანგვადობის პირობებში ისაზღვრება თითქმის სრული რაოდენობა ორგანიკისა წყალში.

პიპეტის გამოყენებით ვათავსებდით წყლის ნიმუშს საჭირო რაოდენობით 150-200 მლ კონუსურ კოლბაში. ნიმუშს პიპეტით ვამატებდით 2,5 მლ 0,25 N. კალიუმის ბიქრომატის ხსნარს. ხსნარს ვამატებდით (დაახლოებით 0,2 გ) ვერცხლისწყლის (II) სულფატის შემცველობას (საანალიზო ხსნარში ქლორიდების აღმოსაფხვრელად). კოლბის შიგთავსს, ხსნარის მორევით, ფრთხილად ვუმატებდით კონცენტრირებულ გოგირდიმჟავას პიპეტით 7,5 მლ 1 მლ ნიმუშზე ან 15 მლ 5 მლ ნიმუშზე. კოლბა ვაჩერებდით 2 წუთის განმავლობაში, შემდეგ ხსნარს ოთახის ტემპერატურამდე ვაგრილებდით.



კოლბაში ვასხამდით 100 მლ გამოხდილს წყალს გრადუირებული ცილინდრით. ვამატებდით ფეროინის ხსნარის 3-4 წვეთს. ჭარბი ბიქრომატის ტიტრირება მორის მარილის ხსნარით პიპეტის ან ბურეტის გამოყენებით. ტიტრირება გრძელდება მანამ, სანამ საანალიზო ხსნარის მწვანე ფერი მკვეთრად არ გადადიოდა მოწითალო მოლურჯო ფერში. ვატარებდით ბლანკ ტესტს ნიმუშის ნაცვლად იგივე რაოდენობის სუფთა გამოხდილი ან ბიდისტილირებული წყლის გამოყენებით.

საანალიზებული ნიმუშის შედეგები გამოითვლება ფორმულით:

$$C = (V_x - V_n) \cdot K \cdot C_m \cdot 8 \cdot 1000 / V$$

- $V_x$ - მორის მარილის ხსნარის მოცულობა, რომელიც დაიხარჯა დისტილირებული ხსნარის ტიტრირებაზე;
- $V_n$ - მორის მარილის ხსნარის მოცულობა, რომელიც დაიხარჯა საანალიზო ნიმუშის ტიტრირებაზე;
- $C_m$ - მორის მარილის მოლური კონცენტრაცია, მოლ/დმ<sup>3</sup>;
- $K$ - მორის მარილის ხსნარის კორექტირების ფაქტორი;
- 8 - ჟანგბადის ატომური მასა რაოდენობა;
- 1000 - მოცულობითი და მასის გარდაქმნის კოეფიციენტი.
- $V$  - საანალიზო ნიმუშის მოცულობა.

ანიონების განსაზღვრა წყალში იონ-ქრომატოგრაფული მეთოდით. საანალიზო წყლის სინჯებში არაორგანული ანიონებისა (ფტორიდი, ქლორიდი, ბრომიდი და სულფატი) და ბიოგენური კომპონენტების (ნიტრიტი, ნიტრატი, ორთოფოსფატი) შემცველობას ვსაზღვრავდით სტანდარტული ISO 10304-1:2007 მეთოდით იონური ქრომატოგრაფის გამოყენებით DIONEX ICS-1000.

იონურ-ქრომატოგრაფში გამოყენებულია „ელუენტი“ და „მყარი ფაზა“, მეთოდის არსი მდგომარეობს იონების დაყოფაზე ქრომატოგრაფიული სვეტის საშუალებით. განცალკევებული ანიონების დეტექტირება ხდება ელექტროგამტარ დეტექტორზე. იონების იდენტიფიცირება მიმდინარეობს შეკავების დროის მიხედვით, ხოლო რაოდენობრივი განსაზღვრა ხდება სტანდარტულ ნიმუშებთან შედარებით. კვლევის ჩასატარებლად გამოიყენება სერთიფიცირებული

სტანდარტული ნიმუშები მიკვლევადობით NIST-მდე, კვალიფიკაციით ქრომატოგრაფიული სისუფთავის რეაქტივები და A, AS კლასის მზომი ჭურჭელი.

ტუმბო გამოიყენება გამხსნელის უწყვეტი ნაკადის უზრუნველსაყოფად, რომელშიც შეტანილია საანალიზო ნიმუში, ის მოძრაობს ანალიტიკური სვეტის გავლით. ნიმუშის ნარევი არსებული იონები გამოიყოფიან სვეტისადმი მათი სენსიტიურობის შესაბამისად, შემდეგ ისინი გადიან გამტარობის დეტექტორში. დეტექტორის რეაქცია და "შენახვის დრო" (დრო, რომელიც სჭირდება ნაერთს ინჟექტორიდან დეტექტორზე გადასასვლელად) გამოყოფილი იონისთვის დარდება ეტალონურ მასალას. დეტექტორს შეუძლია აღმოაჩინოს ორგანული და/ან არაორგანული იონები (დადებითი ან უარყოფითი) და შეიძლება გამოყენებული იყოს სხვადასხვა მიზნებისთვის.

ვერცხლისწყლის კონცენტრაციის განსაზღვრა საანალიზო პროდუქტში (თევზი) კოლორიმეტრული მეთოდით.

პროდუქტის მომზადება დესტრუქციისათვის: ვილებთ 200-250 გრ. თევზის მასას და ვაქუცმაცებთ ერთგვაროვან მასამდე და ჭურჭელში (750მლ-ის მოცულობის), რომელშიც ხდება დესტრუქცია ვამატებთ და ვამუშავებთ შესაბამისი რეაქტივებით. შემდგომ, კოლბაში უმატებენ ეთილის სპირტს, წყალს და აზოტმჟავას. მიღებულ მასას კარგათ ურევენ ერთმანეთში, კოლბის თავზე ათავსებენ ძაბრს და მასას ტოვებენ ოთახის ტემპერატურაზე 20-30 წუთის განმავლობაში. შემდგომ 50 მლ-იან ჭიქიდან, ფრთხილად, წვეთ-წვეთობით ძაბრის გავლით ვამატებთ გოგირდმჟავას ხსნარს კოლბაში მდებარე მასას, რათა არ მოხდეს აქტიური აზოტის ოქსიდებისგამოყოფა და შესაბამისად არ დაიკარგოს ვერცხლისწყლის რაოდენობა საანალიზო ნიმუშში. შემდგომ ერთგვაროვან მასას ფილტრავენ ძაბრში მოთავსებული ორმაგი ფილტრის გავლით, ფილტრზე დარჩენილი ნალექი კი რამოდენჯერმე ირეცხება ადუღებული თბილი წყლით.

ექსპერიმენტული ნაწილი: მიღებულ გაციებულ დესტრუქციულ ფილტრატს აგროვებენ კოლბაში და მას უმატებენ 15 სმ<sup>3</sup>-ის ოდენობის სპილენძის იოდიდს. ნარევს ინტენსიურად ურევენ 3-ჯერ 5 წთ-ის ინტერვალით. შედეგად მიიღება აქტიური ვარდისფერი ნალექი, რაც იმის მომასწავლებელია, რომ ნალექში არის გარკვეული რაოდენობის ვერცხლისწყალი. ერთი საათის შემდეგ მირებულ სისტემას

ფრთხილად ვაშორებთ ნალექის ზემოთ მდებარე სითხეს ისე რომ არ აიძვრეს ნალექი შემდგომ, ნალექს უმატებენ 15 მლ. ნატრიუმის სულფატის ხსნარს კონცენტრაციით 10გრ/ლ. მასას ურევენ ინტენსიურად და ფილტრავენ ახალ კოლბაში. გაფილტვრა გრძელდება მანამ, სანამ არ გაქრება მოყვითალო ფერი ფილტრატის ხსნარისა და არ გახდება მისი Ph-ის მნიშვნელობა 5-ის ოდენობის. ფილტრატის ხსნარს აქცევენ, ხოლო ნალექს ფილტრით აშრობენ 15 წუთის განმავლობაში, რის შემდეგაც ნალექს ამუშავებენ რამოდენჯერმე იოდის ხსნარით (3.5 გრ/ლ) და მიღებულ ხსნარს შეავსებენ გარკვეულ მოცულობამდე. მიღებული ხსნარი მზადაა, რათა შემდგომი საბოლოო რომელიმე მეთოდით გაიზომოს ვსრცხლისწყლის შემცველობა.

ვერცხლისწყლის განსაზღვრა კოლორიმეტრული მეთოდით: ვერცხლისწყლის კოლორიმეტრული მეთოდით განსაზღვრისათვის ვაგებთ საკალიბრო მრუდს. ამისათვის ვამზადებთ შემდეგი Hg-ის კონცენტრაციის ხსნარებს ქიმიურად სუფთა HgCl<sub>2</sub>-ის რეაქტივისაგან: მკგ, Hg; 0.00; 0.15; 0.25; 0.50; 0.75; 1.00; 1.25; 1.50; 1.75; 2.00. ვერცხლისწყლის კონცენტრაცია პროდუქტში იანგარიშება შემდეგი ფორმულით:

$$\frac{(m_2 - m_1) \cdot v}{v_1 \cdot m}$$

m<sub>1</sub> - Hg-ის კონცენტრაცია საკონტროლო ხსნარში (სტანდარტული ხსნარი)

m<sub>2</sub> - Hg-ის კონცენტრაცია საკვლევი ხსნარში

V – იოდის ხსნარის (3.5გრ/ლ) მოცულობა, რომელშიც გახსნილია Hg(იოდის ხსნარს ამზადებენ KI-ის რეაქტივისაგან)

V<sub>1</sub> - საკვლევი ხსნარის მოცულობა

M - დესტრუქციისათვის აღებული პროდუქტის რაოდენობა (გრ)

კადმიუმის კონცენტრაციის განსაზღვრა საანალიზო პროდუქტში (თევზი) ატომურ-აბსორბციული მეთოდით (გოსტ 30178-96).

საკვლევი ხსნარის მომზადება: საკვლევი ხსნარის მომზადება იწყება პროდუქტის მშრალი გამოწვით აზოტმჟავას როგორც ექსტრაგენტის გამოყენებით. ამისათვის შესაბამის ტიგელში ათავსებენ პროდუქტის გარკვეულ რაოდენობას და უმატებენ აზოტმჟავას ხსნარს (1:1). მიღებულ მასალას აორთქლებენ სველი მარილების

მდგომარეობამდე (ანუ არ უნდა მივიღოთ მშრალი მასა). ნალექს ხსნიან 15-20 მლ. ოდენობის 1% აზოტმჟავას ხსნარში და ხსნარი ფრთხილად გადააქვთ 25 მლ-იანი მოცულობის კოლბაში, რომელსაც ავსებენ იგივე კონცენტრაციის აზოტმჟავას ხსნარით ნიშნულამდე. იმ შემთხვევაში თუ ნალექი არ გაიხსნება ბოლომდე, მაშინ მიღებულ მასას უმატებენ 30-40 მლ. 1%-იან მარილმჟავას ხსნარს და მას დაახლოებითნახევარი საათის განმავლობაში აცხელებენ.

სტანდარტული ხსნარები დამზადებულ იქნა ელემენტალურიკადმიუმისაგან. კადმიუმის კონცენტრაციას პროდუქტში ანგარიშობენ შემდეგი ფორმულით:

$$\frac{(C_x - C_y) \cdot y \cdot k}{p}$$

$C_x$  – კადმიუმის კონცენტრაცია საკვლევ ხსნარში (მკგ/მლ);  $C_y$  – კადმიუმის კონცენტრაცია საკონტროლო ხსნარში (მკგ/მლ);  $Y$  – საკვლევი ხსნარის მოცულობა (მლ.);  $P$  – პროდუქტის მასა (გრ.);  $K$  - განზავების კოეფიციენტი

ატომურ-აბსორბციული მეთოდით ვერცხლისწყლის და კადმიუმის განსაზღვრა მდინარის წყალში.

ატომურ-აბსორბციული სპექტრომეტრია. სპექტრული ტალღების შთანთქვის პროცესები ატომების მიერ პირველად აღმოჩენილ იქნა მზის ტალღების კვლევების პერიოდში, რომელიც ემთხვევა მე-19 საუკუნის პირველ ნაწილს. ამის შემდგომ ატომების მიერ სპექტრების შთანთქმის მიხედვით მათი რაოდენობრივი კონცენტრაციის დადგენა ეკოსისტემებში დაიწყო მე-20 საუკუნის დასაწყისში. იმისათვის, რომ მოხდეს ატომის მიერ სპექტრის სრული შთანთქმა, საჭიროა მათი აღზნებულ მდგომარეობაში გადაყვანა. ამისათვის იყენებენ სხვადასხვა ტიპის ტექნიკას. შესაბამისად ამ მეთოდით განსაზღვრა მეტალებისა საანალიზო ნიმუშებში ხორციელდება ა.წ. ატომურ-აბსორბციული სპექტრომეტრებით. ზოგადად ეს არის მაღალ ავტომატიზირებული ხელსაწყო, რომელიც იძლევა საშუალებას კომპონენტის ავტომატურად შეტანისა სისტემაში და მისი განსაზღვრისა საანალიზო ნიმუშებში.

სპექტრული ტალღების წყაროდ გამოიყენება ცილინდრული ფორმის ნათურები, რომლებიც შედგებიანკათოდისა და ანოდისაგან და რომელიც შევსებულია ინერტული გაზით. შესაბამისად თვითოეულ მეტალს გააჩნია თავისი ნათურა. რომ მოხდეს ტალღების სრული შთანთქმა მეტალები გადაჰყავთ

აღზნებულ მდგომარეობაში, ყოველივე ეს კი მოითხოვს მაღალ ტემპერატურას. ძველ მოდელებში ატომიზატორში მეტალების აღზნება ხდება ალის მეშვეობით, სადაც მიეწოდება განსასაზღვრავი ხსნარი (ალური ფოტომეტრია), ხოლო თანამედროვე ტექნიკაში ამ პროცედურის განსახორციელებლად გამოიყენება ლაზერი (გარკვეული დოზით) - ელექტროთერმული ანუ არაალეხადი ფოტომეტრია.

ატომური აბსორბცია ეს არის პროცესი, როდესაც არააღზნებულ მდგომარეობაში მყოფი ატომი შთანთქავს სინათლის გარკვეული ტალღის ენერგიას და გადადის აღზნებულ მდგომარეობაში. ხოლო ატომის მიერ გარკვეული ტალღაზე შთანთქმული სინათლის ენერგია ტოლფასია ხსნარში არსებული მეტალის კონცენტრაციისა. აქედან გამომდინარე ხდება სტანდარტული ხსნარების მომზადება, მათი განსაზღვრის შედეგად საკალიბრო მრუდის აგება და შესაბამისად უცნობი კონცენტრაციის ხსნარების განსაზღვრა ამა თუ იმ მეტალის შემცველობაზე. აღნიშვნის ღირსია ის, რომ თანამედროვე ტექნიკა უკვე ყველა ამ ოპერაციას აკეთებს ავტომატურად. ჩვენს შემთხვევაში Hg და Cd საანალიზო ნიმუშებში განისაზღვრა პლაზმურ-ემისიურის პექტრომეტრის მეთოდის (AAS) საშუალებით, რაც გულისხმობს, ლითონების აღზნებულ მდგომარეობაში გადაყვანას (ხსნარში) ლაზერული სხივის მეშვეობით, რაც აძლევს მეთოდს განსაზღვრის მაღალიმგრძნობიარობის საშუალებას. ჩვენს მიერ შემოთავაზებული ტექნიკასწორედ არის პლაზმურ-ემისიურის პექტრომეტრი- ICP-MS. ასევე, მოცემული ტექნიკა და მეთოდი, ყველა შემთხვევაში (ნიადაგი, წყალი), გვამლევს საშუალებას ერთდროულად გავატაროთ რამოდენიმე ათეულინი მუში აპარატზე და შესაბამისად, მასში განისაზღვროს ასევე რამოდენიმე ათეული კომპონენტი ერთდროულად.

## კვლევის შედეგების ანალიზი

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

შავი ზღვის საქართველოს სანაპირო ზონა მოიცავს ზღვის აღმოსავლეთ სანაპიროს 320 კმ სიგრძის მონაკვეთს. საქართველოში 32198 მდინარეა. შავი ზღვის აუზთან დაკავშირებულია 19 988 ანუ 61,8 %. დასავლეთ საქართველო მთელი წლის განმავლობაში გამოირჩევა ნალექების მაღალი რაოდენობით, რაც იწვევს მდინარეების უხვწყლიანობას. მდინარეთა უხვწყლიანობა განპირობებულია მთის მწვერვალებიდან ყინულის დნობით.

შავი ზღვის აუზის მდინარეები, რომლებიც კავკასიონის ქედის სამხრეთ ნაწილიდან იღებენ სათავეს, დიდი სიჩქარით მიედინებიან ძირითადად წვრილ და ღრმა მთაგრეხილებში. მთიდან გამოსვლის შემდგომ, მდინარეების სიჩქარე იკლებს და უკვე მდორედ მიედინებიან კოლხეთის დაბლობზე. შავი ზღვის აუზის მდინარეების ქიმიურ შედგენილობაზე გარკვეულ გავლენას ახდებს ფიზიკურ-ქიმიური ფაქტორები. ფიზიკურ-ქიმიური პარამეტრების ცვლილებამ შეიძლება გამოიწვიოს მდინარეების ეკოსისტემების მდგომარეობის მნიშვნელოვანი გაუარესება, განსაკუთრებით შესამჩნევია, თუ ეს მდინარეები ჩაედინებიან ისეთ რთულ ეკოსისტემაში, როგორცაა შავი ზღვა.

შავი ზღვის წყლის ხარისხზე გავლენას ახდენს როგორც მასში ჩამდინარე წყლები, ისე მზარდი ანთროპოგენური ზემოქმედების შედეგად მიმდინარე ქიმიური პროცესები. წყლის ხარისხის ერთ-ერთ მნიშვნელოვან მაჩვენებელს წარმოადგენს წყალში გახსნილი ორგანული ნივთიერებები. მათი მრავალფეროვნება, აღნაგობა და თვისებები განაპირობებენ ამ ნაერთთა მრავალმხრივ როლს წყალსატევებში მიმდინარე სხვადასხვა ფიზიკურ-ქიმიურ და ბიოლოგიურ პროცესებში. ორგანული ნივთიერებების წარმოქმნას, გარდაქმნას, დაშლას და მინერალიზაციას თან ახლავს ბუნებრივი წყლების შედგენილობის მნიშვნელოვანი ცვლილება.

მიუხედავად იმისა, რომ დიდი ყურადღება ეთმობა შავი ზღვის აუზის დაბინძურების პრობლემებს, ბიოლოგიური თვითგაწმენდის საკითხები დღემდე არ არის სათანადოდ შესწავლილი და შეფასებული. ამიტომ, დღეისათვის აქტუალურია

შესწავლილ იქნეს ანთროპოგენული ფაქტორების გავლენა შავი ზღვის აუზის მდინარეების ეკოლოგიურ მდგომარეობაზე, ეკოსისტემებსა და ჰიდრობიონტებზე.

შავი ზღვა წარმოადგენს ერთ-ერთ უდიდეს შიდაკონტინენტურ ზღვას. ის ხმელეთს შორის მოქცეული ზღვაა სამხრეთ-აღმოსავლეთ ევროპასა და მცირე აზიას შორის, რომელიც ხმელთაშუა ზღვას უერთდება ბოსფორის სრუტითა და მარმარილოს ზღვით, აზოვის ზღვას კი ქერჩის სრუტით.

შავი ზღვის აუზის ქვეყნებში სულ უფრო ვითარდება ეკონომიკა და სატრანსპორტო ინფრასტრუქტურა. რაც ზრდის გარემოს დაბინძურების რისკს. ზღვას ეკოლოგიური პრობლემა შეიძლება შეუქმნას იმ მდინარეებმა, რომლებიც მასში ჩაედინებიან და შეიძლება დააჭუჭყიანონ დიდი რაოდენობით ბიოგენური ნივთიერებებით, სხვადასხვა ორგანული დამაბინძურებლებით და ა.შ.

მდინარეების დაბინძურების პრობლემა ბოლო წლების განმავლობაში სულ უფრო იზრდება და მეტ აქტუალურობას იძენს. სამრეწველო-ეკონომიკური ზრდა უარყოფითად აისახება წყლის ეკოსისტემებზე. მდინარეებში გადამეტებული დაბინძურების ჩაშვების შემთხვევაში, ეკოსისტემა შეიძლება სერიოზულად დაზიანდეს ან მთლიანად განადგურდეს. იმ შემთხვევაში, თუ დამაბინძურებელი ნივთიერებების კონცენტრაცია აღემატება ზღვრულად დასაშვებს, შესაძლებელია, დაქვეითდეს წყლის თვითგაწმენდის პროცესი, დაჩქარდეს ევტროფიკაციის პროცესი და გაიზარდოს ინფექციური აგენტების გავრცელების შესაძლებლობა. ანთროპოგენური ევტროფიკაციის შედეგად, ხშირ შემთხვევაში, ხდება წყლის რესურსების დეგრადაცია, რაც წყალსატევების ეკოსისტემაში ბალანსის რღვევას, ეკოლოგიური და რეკრეაციული მდგომარეობის მკვეთრად გაუარესებას იწვევს. [11,12,13].

ვინაიდან, შავი ზღვა გარკვეული ანთროპოგენური დაბინძურების ქვეშ იმყოფება, უმნიშვნელოვანესია მისი დაბინძურების წყაროების დადგენის მიზნით, შესწავლილ იქნას მასში ჩამდინარე მდინარეების ეკოლოგიური მდგომარეობა. მოხდეს მათი მონიტორინგი, ეკოლოგიური კონტროლი და დაცვა.

მდინარეების ეკოლოგიური მდგომარეობის შესამოწმებლად და წყლის ხარისხის დასადგენად ერთადერთი საშუალება მათი ეკოქიმიური და ბიოლოგიური მონიტორინგია. მდინარეების დაბინძურების პრობლემა განსაკუთრებით

აქტუალურია ბოლო წლების განმავლობაში. წყლის ეკოსისტემებზე ანთროპოგენული დაბინძურება და ინტენსივობა ბოლო წლების განმავლობაში მკვეთრად შეიცვალა. 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 ნახშირი წყლები კი იწვევენ მათ ფეკალურ დაჭუჭყიანებას. ტოქსიკური ნივთიერებების მოხვედრის შედეგად, შესაძლებელია მოხდეს იხტიოფაუნის მასობრივი მოწამვლა, რასაც კვებითი ჯაჭვის მეშვეობით მოჰყვება სხვა ცოცხალი ორგანიზმების მოწამვლაც [11,12].

აღნიშნული პრობლემიდან გამომდინარე, საქართველოს შავი ზღვის აუზის მდინარეების ეკოლოგიური სიტუაციის შესაფასებლად, აუცილებელია ხორციელდებოდეს მათ ეკოლოგიურ მდგომარეობაზე უწყვეტი მონიტორინგი და ეკოქიმიური - ბიოლოგიური მიმართულებით კვლევების ჩატარება. ამასთანავე, უკვე არსებული ინფორმაციის გაანალიზების საფუძველზე, ეკოსისტემაში მიმდინარე პროცესების ტენდენციების გამოვლენა, შეფასება და კონტროლი.

შავი ზღვის აუზის საქართველოს სანაპირო ზოლის მდინარეების - ჭოროხის, აჭარისწყალის, კუბისწყალის, ბარცხანას, ჩაქვისწყალის - ეკოლოგიური, ქიმიური და მიკრობიოლოგიური მდგომარეობის შესაფასებლად, მონიტორინგს ვაწარმოებდით 2019-2021 წლებში სეზონურად (გაზაფხული-ზაფხული-შემოდგომა). კვლევებს ვატარებდით, როგორც მდინარის წყალში, ასევე ფსკერულ ნალექებში. საანალიზო სინჯებში განვსაზღვრეთ სანიტარულ-მიკრობიოლოგიური მაჩვენებლები - ტოტალური კოლიფორმები, *Escherichia coli*, ფეკალური კოლიფორმები, *Salmonella*

წყლის ჰიდროქიმიური და ფიზიკურ-ქიმიური პარამეტრები (სუნი, სიმღვრივე, pH, ელექტროგამტარობა, ტემპერატურა, წყალში გახსნილი ჟანგბადი, ჟმჟ.); მძიმე ლითონის შემცველობა მდინარეების წყალში (Fe, Cu, Zn, Pb, Hg, Cd) და ფსკერულ ნალექებში (Ni, Cu, Zn, As, Cr, Fe, Mn.); ძირითადი იონები ( $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ), ბიოგენური ელემენტები - ( $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ ). სინჯების აღება, შეფუთვა ტრანსპორტირება და ლაბორატორიაში ანალიზების ჩატარება ხდებოდა ISO და EPA სტანდარტების შესაბამისად.



საველე სამუშაოები გარემოს კვლევის ერთ-ერთი უმნიშვნელოვანესი ნაწილია. მეთოდოლოგიური თვალსაზრისით მათი კორექტული წარმართვა მნიშვნელოვნად განაპირობებს საბოლოო შედეგების სანდოობას. აქედან გამომდინარე, მათ სწორად დაგეგმვას და ჩატარებას გადამწყვეტი როლი ეკისრება. საველე სამუშაოების დაწყებამდე, ჩვენს მიერ, გაიწერა ყველა სტანდარტული პროცედურა, რაც უზრუნველყოფს ნიმუშების სწორად აღებას, შენახვასა და ტრანსპორტირებას. საველე სამუშაოების წინ გაიწერა სტანდარტული პროცედურები.

სინჯების ანალიზები შესრულებულ იქნა 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 ჭოროხი

მდინარე ჭოროხი, რომელიც წარმოადგენს შავი ზღვის აუზის უდიდეს მდინარეს, სათავეს იღებს ოქუს-ბადადაღის მთებში. ის მიედინება თურქეთსა და საქართველოში. მისი სიგრძე შეადგენს 438კმ-ს. მდინარის სიგრძე აჭარის ავტონომიური რესპუბლიკის ტერიტორიაზე არის 26 კმ. აუზის საშუალო სიმაღლე ზღვის დონიდან 1530 მ-ია. ფართობი კი 22 ათასი კმ<sup>2</sup>.

ჭოროხი ძირითადად მიედინება ტექტონიკურ ხეობაში ლაზისტანისა და ჭოროხის ქედებს შორის. შავ ზღვას ერთვის ქალაქ ბათუმის სამხრეთით. წყლის საშუალო ხარჯი შესართავთან არის 277 მ<sup>3</sup>/წმ. მდინარისათვის დამახასიათებელია წყალდიდობები გაზაფხულსა და ზაფხულში. მოსახლეობა მდინარეს სარწყავად იყენებს.

მდინარე ჭოროხის მარცხენა შენაკადებია: ჭარნალისწყალი და ბოლოყო. მარჯვენა - ჯოჭოსწყალი, აჭარისწყალი და მაჭახელისწყალი. [ქართული საბჭოთა ენციკლოპედია, ტ. 11]

მდინარე ჭოროხის აუზში მუდმივად ბინადრობენ და სატოფედ შედიან ნაკადულის კალმახი და შავი ზღვის ორაგული, ასევე, კოლხური და ანატოლიური ხრამული და კოლხური წვერა. წითელ ნუსხაში შეტანილი ზუთხისებრთა

ანანდრომული სახეობები: კოლხური ზუთხი (*Acipenser persicus colchicus* Marti), ფორონჯი (*Acipenser sturio* Linnaeus), ტარადანა (*Acipenser stellatus* Pallas), სვია (*Huso huso*), რუსული (*Acipenser gueldenstaedtii*) და სპარსული ზუთხი (*Acipenseri formes*) მდ. ჭოროხში იშვიათად გვხვდებიან. ისინი მხოლოდ შემთხვევით შედიან მდინარეში. აჭარის მდინარეების დელტებში გავრცელებულია თევზების ისეთი სხვა სახეობები, როგორცაა: კამბალა-გლოსა, ღლავი (ლოქო), მდინარის გველთევზა (*Anguilla anguilla*), შავი ზღვის ათერინა (*Atherina boyeri pontica* Eichwald), ნემსთევზა (*Syngnathus abaster* Risso), გამბუზია (*Gambusia affinis*), კეფალი (*Mugil cephalus*), პილენგასი (*Mugil soiuy*), ოქროფერი კეფალი (*Liza aurata*), კავკასიური ქაშაპი (*Squalius cephalus orientalis*), ჯუჯა ქაშაპი (*Petroleuciscus borysthenicus*) და ასე შემდეგ [9].

ჩვენს მიერ მდინარე ჭოროხზე 2019. 2020 და 2021 წლის გაზაფხული, ზაფხული და შემოდგომის პერიოდში ჩატარებული მონიტორინგის შედეგები, მოცემულია ცხრილებში №1-10.

მდინარე ჭოროხის წყლის ფიზიკურ-ქიმიური მაჩვენებლების დინამიკა მოცემულია ცხრილში №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 აზოტის მნიშვნელობები – 4.20 მგ/ლ - 6,38 მგ/ლ დიაპაზონშია. ჟანგბადის ბიოლოგიური მოხმარების ყველაზე მაღალი მაჩვენებელი დაფიქსირდა 2019 წლის შემოდგომას. ყველაზე დაბალი 2020 წლის გაზაფხულზე - 4.20.

## მდინარე ჭოროხის წყლის ძირითადი ფიზიკურ-ქიმიური პარამეტრები

| დასახელება                          | 2019 წელი |         |           | 2020 წელი |         |           | 2021 წელი |         |           |
|-------------------------------------|-----------|---------|-----------|-----------|---------|-----------|-----------|---------|-----------|
|                                     | გაზაფხული | ზაფხული | შემოდგომა | გაზაფხული | ზაფხული | შემოდგომა | გაზაფხული | ზაფხული | შემოდგომა |
| ტემპერატურა,<br>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,<br>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<br>ჯანგბადი.<br>მგ/ლ       | 8.55      | 8.52    | 10.05     | 9.2       | 8.0     | 10.0      | 10.2      | 9.6     | 11.2      |
| ჟბმ, მგ/ლ                           | 5.69      | 6.25    | 6.38      | 4.20      | 5.16    | 5.16      | 5.30      | 5.88    | 6.24      |
| ელ.გამტარობა,<br>$\mu\text{sms/cm}$ | 228.4     | 186.7   | 214.5     | 268.6     | 227.9   | 195.8     | 190.5     | 178.8   | 220.9     |

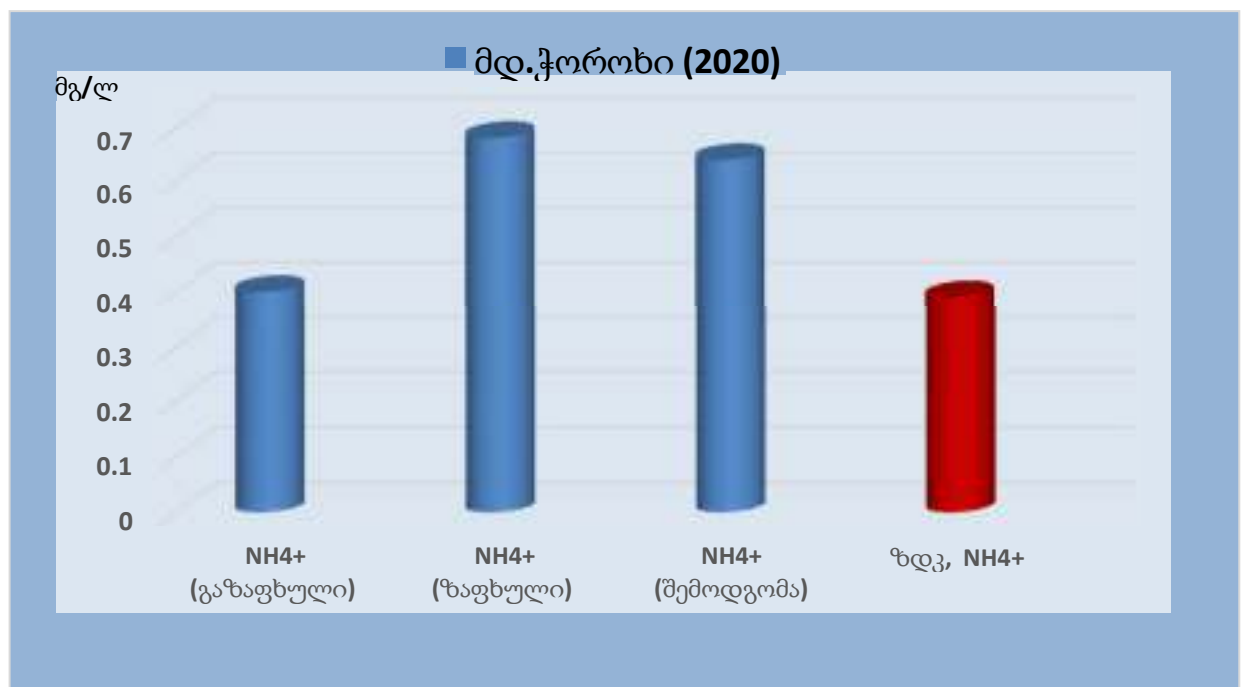
მდინარე ჭოროხის წყალში ძირითადი იონებისა და ბიოგენური ელემენტების ბუნებრივი ფორმების შემცველობა მოცემულია ცხრილში №3.

მდინარე ჭოროხის წყალში ძირითადი იონებისა და  
ბიოგენური ელემენტების ბუნებრივი ფორმების შემცველობა

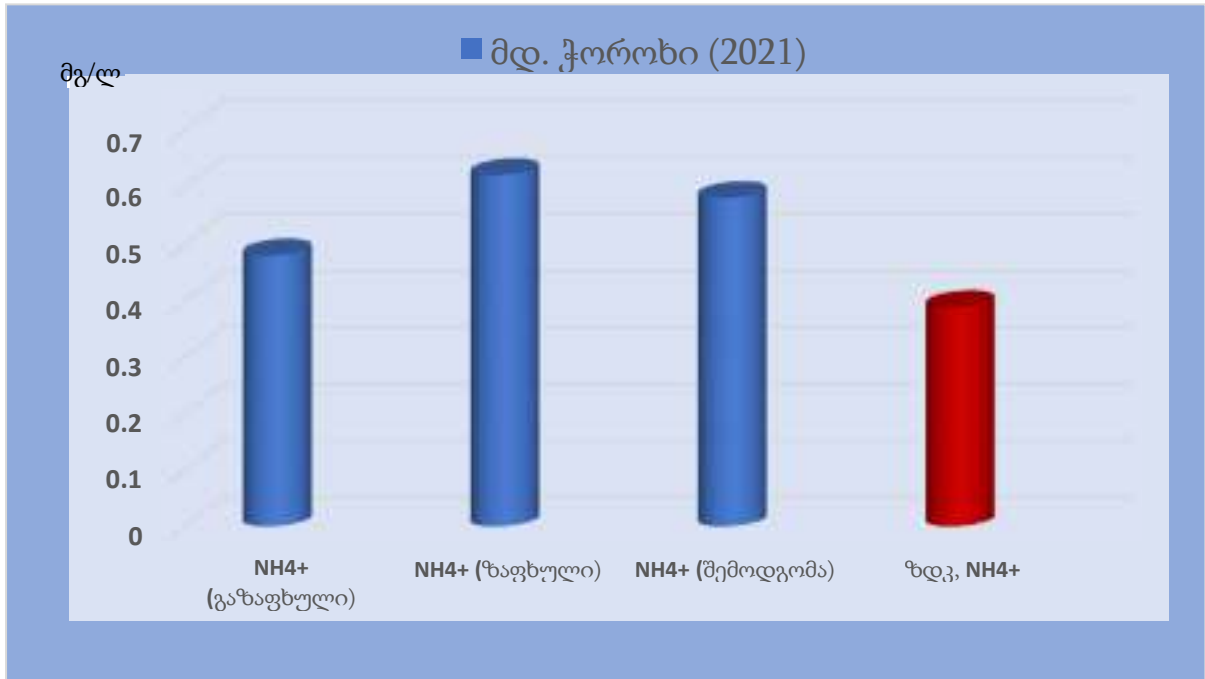
| დასახელება               | 2019 წელი |         |           | 2020 წელი |         |           | 2021 წელი |         |           |
|--------------------------|-----------|---------|-----------|-----------|---------|-----------|-----------|---------|-----------|
|                          | გაზაფხული | ზაფხული | შემოდგომა | გაზაფხული | ზაფხული | შემოდგომა | გაზაფხული | ზაფხული | შემოდგომა |
| აზოტის<br>ნიტრიტი, მგ/ლ  | 0.01      | 0.09    | 0.11      | 0.11      | 0.008   | 0.066     | 0.122     | 0.137   | 0.114     |
| აზოტის<br>ნიტრატი, მგ/ლ  | 5.44      | 6.70    | 8.21      | 5.22      | 7.22    | 8.28      | 7.77      | 8.12    | 6.80      |
| ამონიუმის<br>იონი, მგ/ლ  | 0.52      | 0.65    | 0.72      | 0.40      | 0.68    | 0.64      | 0.48      | 0.62    | 0.58      |
| ფოსფატი, მგ/ლ            | 0.22      | 0.34    | 0.33      | 0.35      | 0.55    | 0.45      | 0.40      | 0.33    | 0.38      |
| სულფატი, მგ/ლ            | 30.5      | 33.5    | 34.9      | 21.8      | 24.7    | 18.6      | 19.4      | 20.8    | 22.5      |
| ქლორიდი,<br>მგ/ლ         | 12.0      | 9.4     | 13.6      | 7.9       | 8.9     | 8.4       | 8.9       | 7.9     | 8.1       |
| ჰიდროკარბონა<br>ტი, მგ/ლ | 101.6     | 82.5    | 167.4     | 99.8      | 79.8    | 80.6      | 100.8     | 105.5   | 110.8     |
| კალიუმი, მგ/ლ            | 14.9      | 10.6    | 11.3      | 20.3      | 17.3    | 18.2      | 17.4      | 15.7    | 16.8      |
| ნატრიუმი, მგ/ლ           | 5.5       | 6.7     | 8.7       | 4.5       | 5.1     | 7.2       | 8.0       | 7.8     | 6.6       |
| კალციუმი,<br>მგ/ლ        | 17.2      | 18.8    | 16.0      | 15.2      | 16.8    | 17.5      | 11.8      | 14.4    | 16.4      |
| მაგნიუმი, მგ/ლ           | 9.5       | 8.2     | 10.2      | 6.9       | 7.9     | 8.8       | 8.9       | 8.1     | 7.7       |
| მინერალიზაც<br>ია, მგ/ლ  | 200.8     | 222.6   | 379.5     | 210.8     | 180.8   | 280.6     | 205.5     | 215.5   | 220.2     |



გრაფიკი 1. მდინარე ჭოროხის წყალში ამონიუმის იონის კონცენტრაციის ცვლილების დინამიკა (2019 წ.)



გრაფიკი 2 მდინარე ჭოროხის წყალში ამონიუმის იონის კონცენტრაციის ცვლილების დინამიკა (2020 წ.)



გრაფიკი 3 მდ. ჭოროხის წყალში ამონიუმის იონის კონცენტრაციის ცვლილების დინამიკა (2021წ.)

2019, 2020 და 2021 წლის გაზაფხულ-შემოდგომის პერიოდში მდ. ჭოროხზე შეიმჩნეოდა წყლის მინერალიზაციის მცირე მატება, ხოლო მდინარის წყალში ამონიუმის შემცველობამ ყველა შემთხვევაში გადააჭარბა ზდკ-ს მნიშვნელობას. კერძოდ, ზაფხულისა და შემოდგომის პერიოდში მათი კონცენტრაციები წყალში აღწევს 1.2 – 1.85 ზდკ-ს, რაც მიანიშნებს იმას, რომ მოცემულ პერიოდში მდ. ჭოროხი იმყოფებოდა ფეკალიებით დაბინძურების პროცესში. (ცხრილი 2. გრაფიკი 1-3).

2019-2021 წლის განმავლობაში, მდინარე ჭოროხის წყალში მძიმე ლითონების შემცველობის მონიტორინგის შედეგები წარმოდგენილია ცხრილებში № 4, №5, №6

## მძიმე ლითონების შემცველობა მდინარე ჭოროხის წყალში

| დასახელება         | მდინარე ჭოროხი |         |           | ზღვ<br>მგ/ლ |
|--------------------|----------------|---------|-----------|-------------|
|                    | 2019 წელი      |         |           |             |
|                    | გაზაფხული      | ზაფხული | შემოდგომა |             |
| რკინა, მგ/ლ        | 0.17           | 0.26    | 0.28      | 0.3         |
| სპილენძი, მგ/ლ     | 0.0028         | 0.0018  | 0.0024    | 1.0         |
| თუთია, მგ/ლ        | 0.0011         | 0.0014  | 0.0018    | 1.0         |
| ტყვია, მგ/ლ        | 0.0028         | 0.0030  | 0.0036    | 0.03        |
| ვერცხლისწყალი მგ/ლ | 0.00010        | –       | 0.00012   | 0.0005      |
| კადმიუმი მგ/ლ      | –              | 0.0009  | 0.00013   | 0.001       |

## მძიმე ლითონების შემცველობა მდინარე ჭოროხის წყალში

| დასახელება          | მდინარე ჭოროხი |         |           | ზღვ<br>მგ/ლ |
|---------------------|----------------|---------|-----------|-------------|
|                     | 2020 წელი      |         |           |             |
|                     | გაზაფხული      | ზაფხული | შემოდგომა |             |
| რკინა, მგ/ლ         | 0.2201         | 0.2403  | 0.2288    | 0.3         |
| სპილენძი, მგ/ლ      | 0.0030         | 0.0031  | 0.0037    | 1.0         |
| თუთია, მგ/ლ         | 0.0116         | 0.0214  | 0.0114    | 1.0         |
| ტყვია, მგ/ლ         | 0.0025         | 0.0015  | 0.0025    | 0.03        |
| ვერცხლისწყალი, მგ/ლ | –              | 0.00025 | 0.00037   | 0.0005      |
| კადმიუმი, მგ/ლ      | –              | 0.00072 | –         | 0.001       |

## ლითონების შემცველობა მდინარე ჭოროხის წყალში

| დასახელება          | მდინარე ჭოროხი<br>2021 წელი |         |           | ზდკ<br>მგ/ლ |
|---------------------|-----------------------------|---------|-----------|-------------|
|                     | გაზაფხული                   | ზაფხული | შემოდგომა |             |
| რკინა, მგ/ლ         | 0.1845                      | 0.1744  | 0.1922    | 0.3         |
| სპილენძი, მგ/ლ      | 0.0052                      | 0.0047  | 0.0055    | 1.0         |
| თუთია, მგ/ლ         | 0.0154                      | 0.0128  | 0.0130    | 1.0         |
| ტყვია, მგ/ლ         | 0.0042                      | 0.0031  | 0.0036    | 0.03        |
| ვერცხლისწყალი, მგ/ლ | 0.00011                     | 0.00011 | 0.00010   | 0.0005      |
| კადმიუმი, მგ/ლ      | 0.00034                     | 0.00030 | -         | 0.001       |

მიუხედავად იმისა, რომ მდინარე ჭოროხის წყალში ლითონების შემცველობა, წლების განმავლობაში, სეზონების მიხედვით, მერყეობს სხვადასხვა დიაპაზონში, მათი რაოდენობა ზდკ-ს მნიშვნელობებზე ბევრად დაბალია. მაგ: რკინის ყველაზე მაღალი მაჩვენებელი (0.28მგ/ლ) დაფიქსირდა 2019 წლის შემოდგომით, რომლის კონცენტრაცია წყალში მიუახლოვდა ზდკ-ს მნიშვნელობას (0.30 მგ/ლ). ეს გამოწვეულია მდინარის წყლის მაღალი pH-ის მნიშვნელობებით, რომლის დროსაც მეტალების 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.

ჩვენს მიერ მონიტორინგი ტარდებოდა მდინარე ჭოროხის წყლის ფსკერულ ნალექებში მძიმე ლითონების შემცველობის დასადგენად. შედეგები მოყვანილია ცხრილებში № 7, 8.



## ლითონების შემცველობა მდინარე ჭოროხის ფსკერულ ნალექებში

| სინჯის აღების დრო<br>2019 წელი | მდინარე ჭოროხი  |      |     |      |       |      |      |
|--------------------------------|---|------|-----|------|-------|------|------|
|                                | მძიმე ლითონების შემცველობა ფსკერულ ნალექებში<br>მგ/კგ |      |     |      |       |      |      |
|                                | Ni  | Cu   | Zn  | As   | Cr    | Fe   | Mn   |
| გაზაფხული                      | 33  | 84   | 199 | 8.0  | 100   | 47   | 1.0  |
| ზაფხული                        | 44  | 146  | 382 | 11.4 | 112.2 | 61.3 | 1.11 |
| შემოდგომა                      | 58.4  | 99.5 | 218 | 14.8 | 108.0 | 51.4 | 0.98 |

## მძიმე ლითონების შემცველობა მდინარე ჭოროხის წყლის ფსკერულ ნალექებში

| სინჯის აღების დრო<br>2020 წელი | მდინარე ჭოროხი  |      |      |      |      |      |      |
|--------------------------------|---|------|------|------|------|------|------|
|                                | მძიმე ლითონების შემცველობა ფსკერულ ნალექებში<br>მგ/კგ |      |      |      |      |      |      |
|                                | Ni  | Cu   | Zn   | As   | Cr   | Fe   | Mn   |
| გაზაფხული                      | 50.4  | 62.3 | 64.7 | 1.55 | 38.8 | 19.6 | 1.10 |
| ზაფხული                        | 58.5  | 68.8 | 70   | 1.85 | 40.0 | 22.4 | 1.12 |
| შემოდგომა                      | 52.8  | 66.4 | 71   | 1.74 | 37.8 | 21.1 | 1.22 |

მდინარე ჭოროხის წყლის სანიტარულ - მიკრობიოლოგიური ანალიზის შედეგები წარმოდგენილია ცხრილებში № 9, 10,11.

ცხრილი № 9

მდინარე ჭოროხის წყლის მიკრობიოლოგიური ანალიზის შედეგები

| განსაზღვრული მიკროორგანიზმები | სინჯის აღების ადგილი და დრო |         |           |
|-------------------------------|-----------------------------|---------|-----------|
|                               | მდინარე ჭოროხი<br>2019 წელი |         |           |
|                               | გაზაფხული                   | ზაფხული | შემოდგომა |
| ტოტალური კოლიფორმები          | 4850                        | 5250    | 6800      |
| E-coli                        | 3958                        | 4750    | 5750      |
| ფეკალური სტრეპტოკოკები        | 360                         | 340     | 420       |
| Salmonella                    | არ აღმოჩნდა                 |         |           |

ცხრილი №10

მდინარე ჭოროხის წყლის მიკრობიოლოგიური ანალიზის შედეგები

| განსაზღვრული მიკროორგანიზმები | სინჯის აღების ადგილი და დრო |         |           |
|-------------------------------|-----------------------------|---------|-----------|
|                               | მდინარე ჭოროხი<br>2020 წელი |         |           |
|                               | გაზაფხული                   | ზაფხული | შემოდგომა |
| ტოტალური კოლიფორმები          | 5720                        | 5240    | 6240      |
| E-coli                        | 4800                        | 5100    | 5800      |
| ფეკალური სტრეპტოკოკები        | 496                         | 525     | 625       |
| Salmonella                    | არ აღმოჩნდა                 |         |           |

## მდინარე ჭოროხის წყლის მიკრობიოლოგიური ანალიზის შედეგები

| განსაზღვრული მიკროორგანიზმები | სინჯის აღების ადგილი და დრო |         |           |
|-------------------------------|-----------------------------|---------|-----------|
|                               | მდინარე ჭოროხი<br>2021 წელი |         |           |
|                               | გაზაფხული                   | ზაფხული | შემოდგომა |
| ტოტალური კოლიფორმები          | 7890                        | 8210    | 7990      |
| E-coli                        | 5486                        | 5889    | 7225      |
| ფეკალური სტრეპტოკოკები        | 505.8                       | 608.8   | 568.5     |
| Salmonella                    | არ აღმოჩნდა                 |         |           |

სამი წლის განმავლობაში ჩატარებული მონიტორინგის შედეგებიდან ჩანს, რომ მდინარე ჭოროხის მიკრობიოლოგიური დაბინძურების ყველაზე მაღალი მაჩვენებელი დაფიქსირდა 2021 წელს (ცხრილი №11). 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.

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, რომლის სიგრძე 90 კმ - ია, ხოლო აუზის ფართობი - 1540 კმ<sup>2</sup>, მიედინება აჭარის ტერიტორიაზე და წარმოადგენს ჭოროხის მარჯვენა შენაკადს. მისი სათავეა არსიანის ქედის დასავლეთ ფერდობზე ზღვის დონიდან დაახლოებით 2375 მ სიმაღლეზე. ის საზრდოობს ძირითადად წვიმის წყლებით და მთელი წლის განმავლობაში ახასიათებს ადიდება. მდინარე აჭარისწყალი შერეული საზრდოობის მდინარის ტიპს მიეკუთვნება, მის საზრდოობაში განსაკუთრებით

დიდ როლს თამაშობს წვიმისა და თოვლის ნადნობი წყალი. არანაკლები მნიშვნელობა აქვს მის საზრდოობას მიწისქვეშა წყლებით.

მდინარე აჭარისწყლის აუზში ბინადრობენ შემდეგი სახეობის თევზები: მდინარის კალმახი, ქაშაპი, კოლხეთის ტობი, კოლხური ხრამული, კვირჩხალა, კოლხეთის წვერა, ფრთაწითელა, გველანა და სხვა.

მდინარე აჭარისწყლის 2019-2021 წლის ფიზიკურ-ქიმიური მაჩვენებლების შედეგები მოყვანილია ცხრილში № 12.

ცხრილი №12

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, მგ/ლ    | 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, $\mu$ sms/cm | 204.2     | 186.4   | 314.1     | 100.4     | 120.2   | 107.4     | 112.5     | 88.8    | 99.9      |

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. ჟანგბადის ბიოლოგიური მოხმარების ყველაზე მაღალი მაჩვენებელი დაფიქსირდა 2020 წლის შემოდგომაზე.

ფიზიკურ-ქიმიური მაჩვენებლების მიხედვით, შეგვიძლია ვთქვათ, რომ განხილულ მდინარეში, მოცემულ პერიოდში, ადგილი არ ჰქონია რაიმე მძიმე ეკოლოგიურ დარღვევას, ანუ მდინარეში ადგილი არ ჰქონია დამაბინძურებელი ნივთიერებების მასიურ მოხვედრას წყალში.

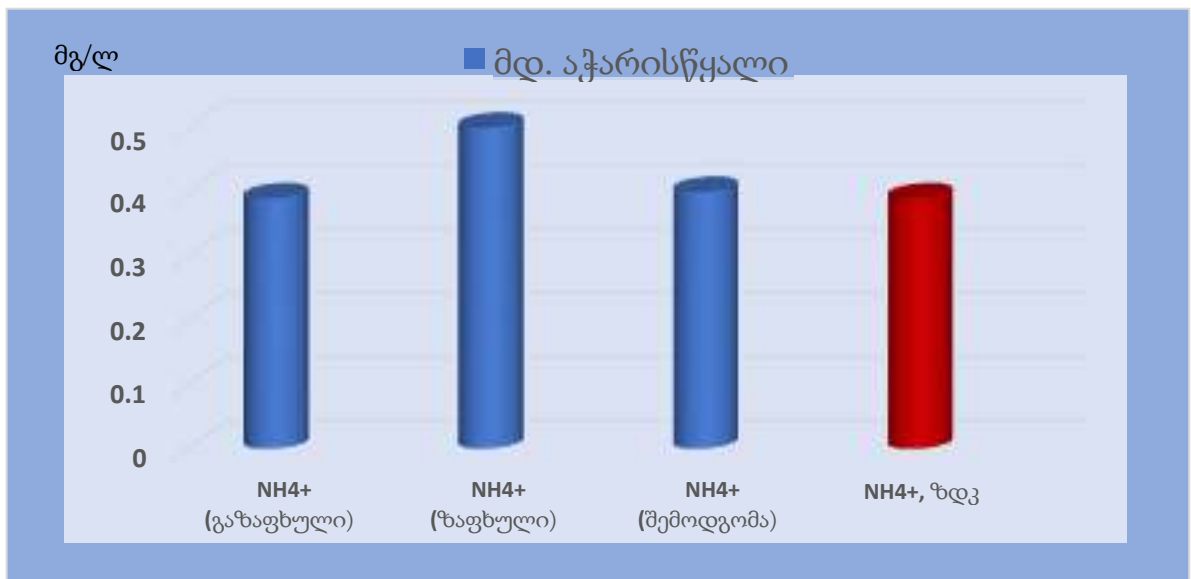
ცხრილი №13

ძირითადი იონებისა და ბიოგენური ელემენტების ბუნებრივი ფორმების შემცველობა მდინარე აჭარისწყალში

| დასახელება           | 2019 წელი |         |           | 2020 წელი |         |           | 2021 წელი |         |           |
|----------------------|-----------|---------|-----------|-----------|---------|-----------|-----------|---------|-----------|
|                      | გაზაფხული | ზაფხული | შემოდგომა | გაზაფხული | ზაფხული | შემოდგომა | გაზაფხული | ზაფხული | შემოდგომა |
| აზოტის ნიტრიტი, მგ/ლ | 0.002     | 0.003   | 0.002     | 0.018     | 0.038   | 0.044     | 0.032     | 0.038   | 0.035     |
| აზოტის ნიტრატი, მგ/ლ | 2.88      | 3.86    | 3.77      | 5.65      | 8.65    | 10.55     | 4.98      | 5.2     | 3.80      |
| ამონიუმი, მგ/ლ       | 0.34      | 0.36    | 0.27      | 0.39      | 0.50    | 0.40      | 0.27      | 0.38    | 0.30      |
| ფოსფატი, მგ/ლ        | 0.18      | 0.24    | 0.22      | 0.17      | 0.28    | 0.26      | 0.42      | 0.33    | 0.26      |
| სულფატი, მგ/ლ        | 15.3      | 15.8    | 17.8      | 18.5      | 16.5    | 14.5      | 17.8      | 17.0    | 18.4      |
| ქლორიდი, მგ/ლ        | 6.6       | 6.4     | 5.4       | 6.0       | 6.5     | 6.8       | 4.9       | 6.6     | 5.6       |
| ჰიდროკარბონატი მგ/ლ  | 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 მგ/ლ   | 108.7     | 122.6   | 179.5     | 95.8      | 104.8   | 110.8     | 116.6     | 133.3   | 128.8     |

მდინარე აჭარისწყალი მიედინება კოლხური ტიპის ნოტიო სუბტროპიკული ტყეებით დაფარულ ულამაზეს ხეობაში. ამჟამად მდინარის ჰიდროსისტემა სერიოზული კვლევის საგანია, ვინაიდან, უახლოეს მომავალში დაგეგმილია 400-მეგავატიანი ჰიდროელექტრო-სადგურების კასკადის მშენებლობის დაწყება. მდინარის წყლის მინერალიზაცია დაბალია, გახსნილი ჟანგბადის შემცველობა ნორმის ფარგლებშია, შეინიშნება მინერალიზაციის უმნიშვნელო მატება 2019 წლის ზაფხულ-შემოდგომის პერიოდში, ხოლო 2020 წელს მდინარის წყალში აღმოჩნდა ამონიუმის იონის მცირე მატება.

სრულიად კანონზომიერად, დაბალი მინერალიზაცია დაკავშირებულია წყლის ხარჯის მოცულობის მატებასთან და შესაბამისად, ამ პერიოდში მაღალია წყლის სიმღვრივეც. იონური შედგენილობის მიხედვით, წყალი კალციუმიან-ჰიდროკარბონატული ტიპისაა. მდინარე აჭარისწყლის შეტივნარებული ნივთიერებების შემცველობა და სიმღვრივე ბევრად მეტია, ვიდრე მდინარე ჭოროხის შემადგენლობაში.



გრაფ.4 მდ. აჭარისწყალში ამონიუმის იონის შემცველობის სეზონური ცვლილება (2020)

## მძიმე ლითონების შემცველობა მდინარე აჭარისწყალში

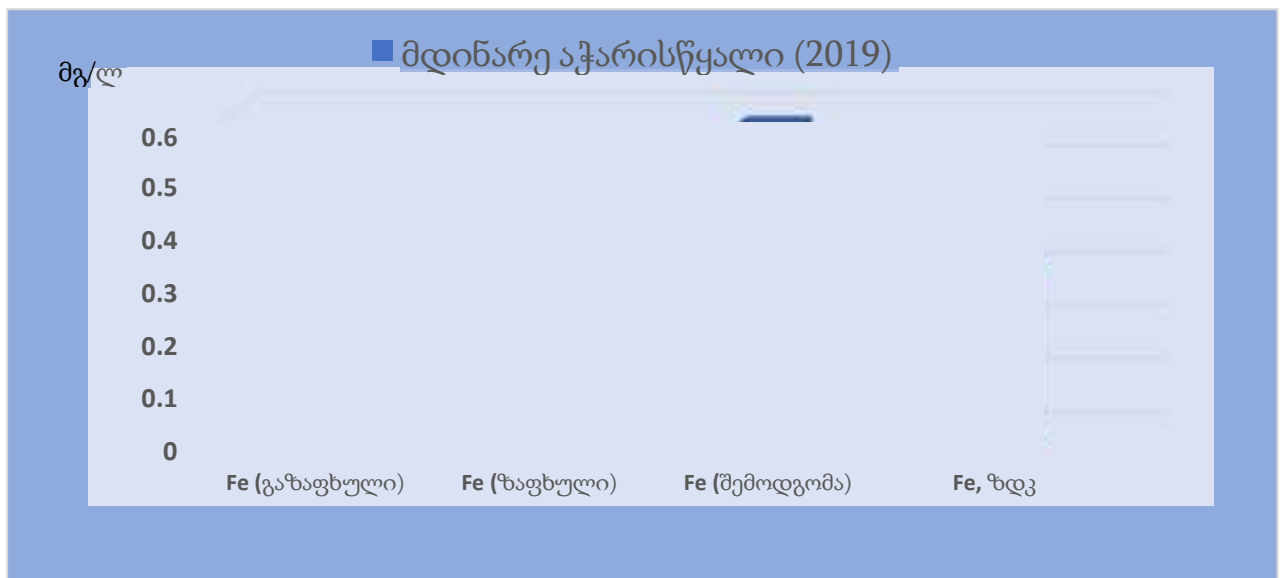
| დასახელება          | სინჯის აღების ადგილი და დრო      |         |           |             |
|---------------------|----------------------------------|---------|-----------|-------------|
|                     | მდინარე აჭარისწყალი<br>2019 წელი |         |           |             |
|                     | გაზაფხული                        | ზაფხული | შემოდგომა | ზდკ<br>მგ/ლ |
| რკინა, მგ/ლ         | 0.29                             | 0.46    | 0.58      | 0.3         |
| სპილენძი, მგ/ლ      | 0.0014                           | 0.0019  | 0.0020    | 1.0         |
| თუთია, მგ/ლ         | 0.0010                           | 0.0012  | 0.0014    | 1.0         |
| ტყვია, მგ/ლ         | 0.0088                           | 0.0078  | 0.0070    | 0.03        |
| ვერცხლისწყალი, მგ/ლ | 0.00010                          | 0.0009  | -         | 0.0005      |
| კადმიუმი, მგ/ლ      | -                                | 0.00085 | 0.0009    | 0.001       |

## მძიმე ლითონების შემცველობა მდინარე აჭარისწყალში

| დასახელება          | სინჯის აღების დრო |         |           |             |
|---------------------|-------------------|---------|-----------|-------------|
|                     | 2020 წელი         |         |           |             |
|                     | გაზაფხული         | ზაფხული | შემოდგომა | ზდკ<br>მგ/ლ |
| რკინა, მგ/ლ         | 0.07              | 0.16    | 0.11      | 0.3         |
| სპილენძი, მგ/ლ      | 0.0042            | 0.0052  | 0.0082    | 1.0         |
| თუთია, მგ/ლ         | 0.0060            | 0.0044  | 0.0048    | 1.0         |
| ტყვია, მგ/ლ         | 0.0055            | 0.0070  | 0.0076    | 0.03        |
| ვერცხლისწყალი, მგ/ლ | -                 | 0.00011 | 0.00010   | 0.0005      |
| კადმიუმი, მგ/ლ      | -                 | 0.00010 | 0.00010   | 0.001       |

## მძიმე ლითონების შემცველობა მდინარე აჭარისწყალში

| დასახელება          | სინჯის აღების ადგილი და დრო      |         |           |             |
|---------------------|----------------------------------|---------|-----------|-------------|
|                     | მდინარე აჭარისწყალი<br>2021 წელი |         |           |             |
|                     | გაზაფხული                        | ზაფხული | შემოდგომა | ზღვ<br>მგ/ლ |
| რკინა, მგ/ლ         | 0.21                             | 0.30    | 0.24      | 0.3         |
| სპილენძი, მგ/ლ      | 0.0085                           | 0.0078  | 0.0050    | 1.0         |
| თუთია, მგ/ლ         | 0.0064                           | 0.0074  | 0.0082    | 1.0         |
| ტყვია, მგ/ლ         | 0.0073                           | 0.0068  | 0.0064    | 0.03        |
| ვერცხლისწყალი, მგ/ლ | –                                | 0.0008  | 0.0008    | 0.0005      |
| კადმიუმი, მგ/ლ      | –                                | 0.00018 | 0.00014   | 0.001       |



გრაფიკი 5. მდინარე აჭარისწყალში რკინის შემცველობის სეზონური ცვლილება (2019)

2019-2021 წლის კვლევის შედეგებიდან ჩანს, რომ მძიმე ლითონების შემცველობა წყალში, ძირითადად მერყეობს ზღვ-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 ზღვს.

მდინარე აჭარისწყლის ფსკერული ნალექების ქიმიური ანალიზის შედეგები წარმოდგენილია ცხრილებში № 16. 17-ში და გრაფიკებზე 6.7.8.9.

ცხრილი №17

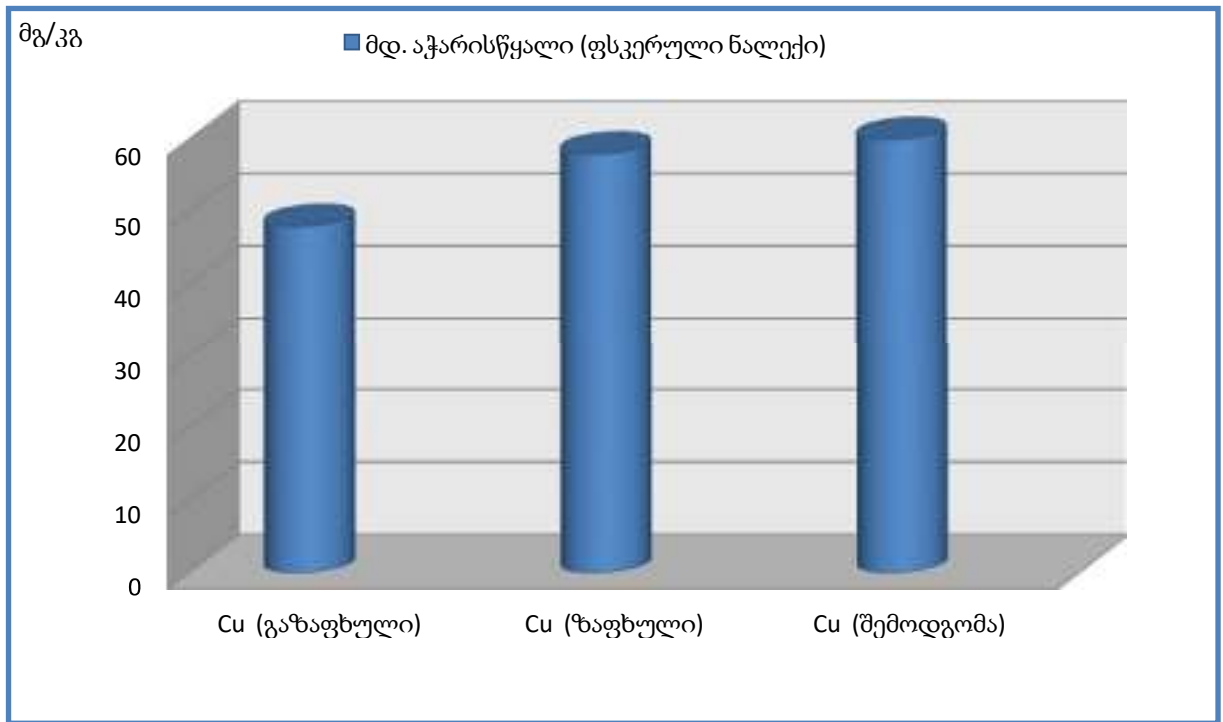
ლითონების შემცველობა მდინარე აჭარისწყლის ფსკერულ ნალექებში

| სინჯის აღების დრო<br>2019 წელი | მდინარე აჭარისწყალი                                   |    |      |     |       |      |      |
|--------------------------------|---|----|------|-----|-------|------|------|
|                                | მძიმე ლითონების შემცველობა ფსკერულ ნალექებში<br>მგ/კგ |    |      |     |       |      |      |
|                                | Ni  | Cu | Zn   | As  | Cr    | Fe   | Mn   |
| გაზაფხული                      | 44  | 48 | 87   | 2.7 | 80.6  | 45.9 | 0.59 |
| ზაფხული                        | 48  | 58 | 105  | 3.4 | 94.5  | 61.0 | 0.90 |
| შემოდგომა                      | 53  | 60 | 98.5 | 5.8 | 105.6 | 50.2 | 0.84 |

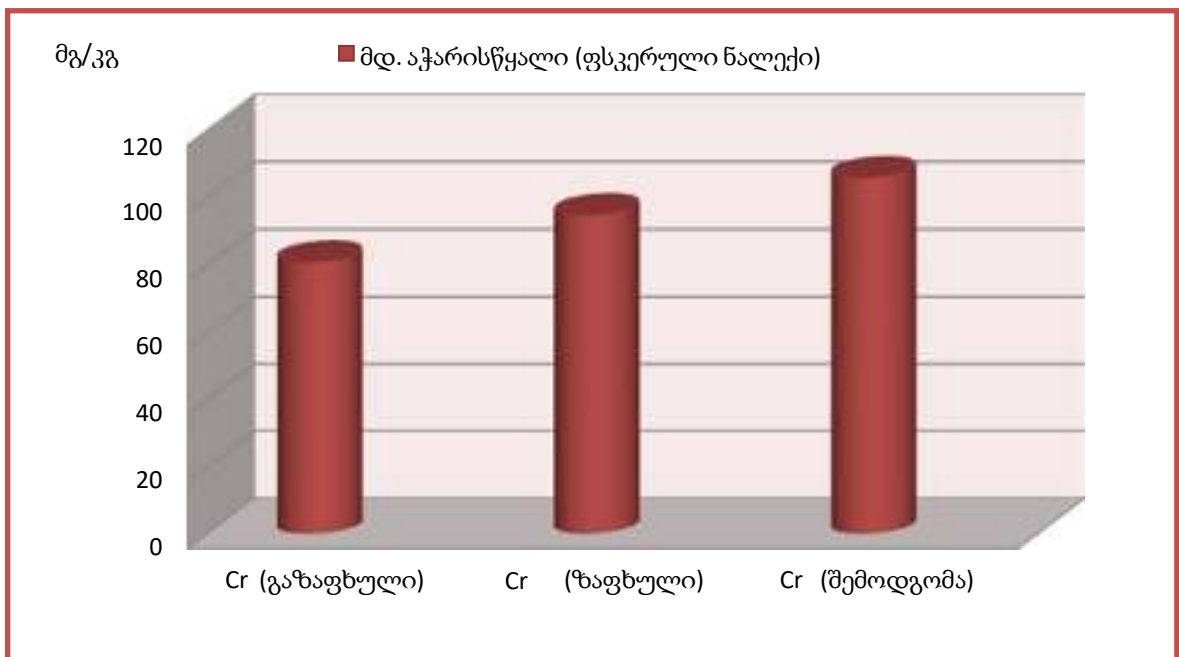
ცხრილი №18

ლითონების შემცველობა მდინარე აჭარისწყლის ფსკერულ ნალექებში

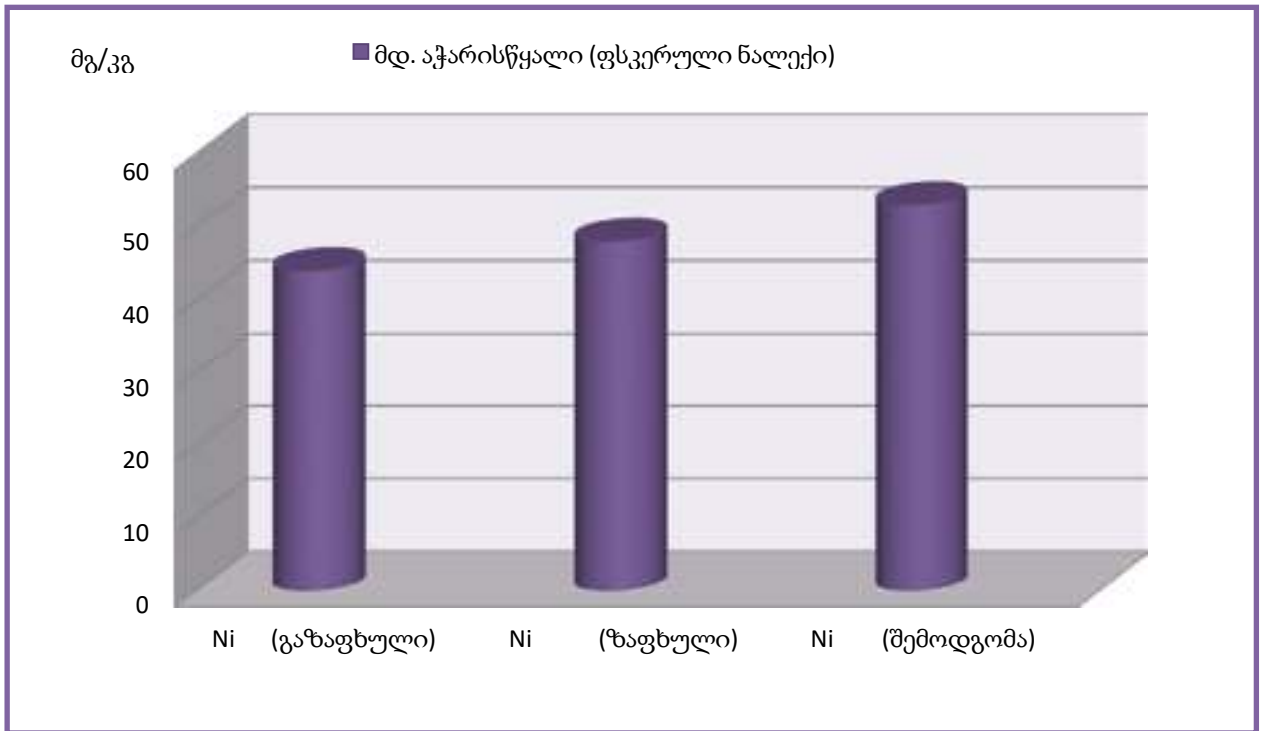
| სინჯის აღების დრო<br>2020 წელი | მდინარე აჭარისწყალი                                   |    |      |     |      |      |      |
|--------------------------------|---|----|------|-----|------|------|------|
|                                | მძიმე ლითონების შემცველობა ფსკერულ ნალექებში<br>მგ/კგ |    |      |     |      |      |      |
|                                | Ni  | Cu | Zn   | As  | Cr   | Fe   | Mn   |
| გაზაფხული                      | 16.6  | 13 | 32   | 6.4 | 59.8 | 17.5 | 0.57 |
| ზაფხული                        | 17.1  | 16 | 40.6 | 7.7 | 61.4 | 29.7 | 0.78 |
| შემოდგომა                      | 22.5  | 14 | 40.4 | 7.0 | 70.0 | 32.0 | 0.69 |



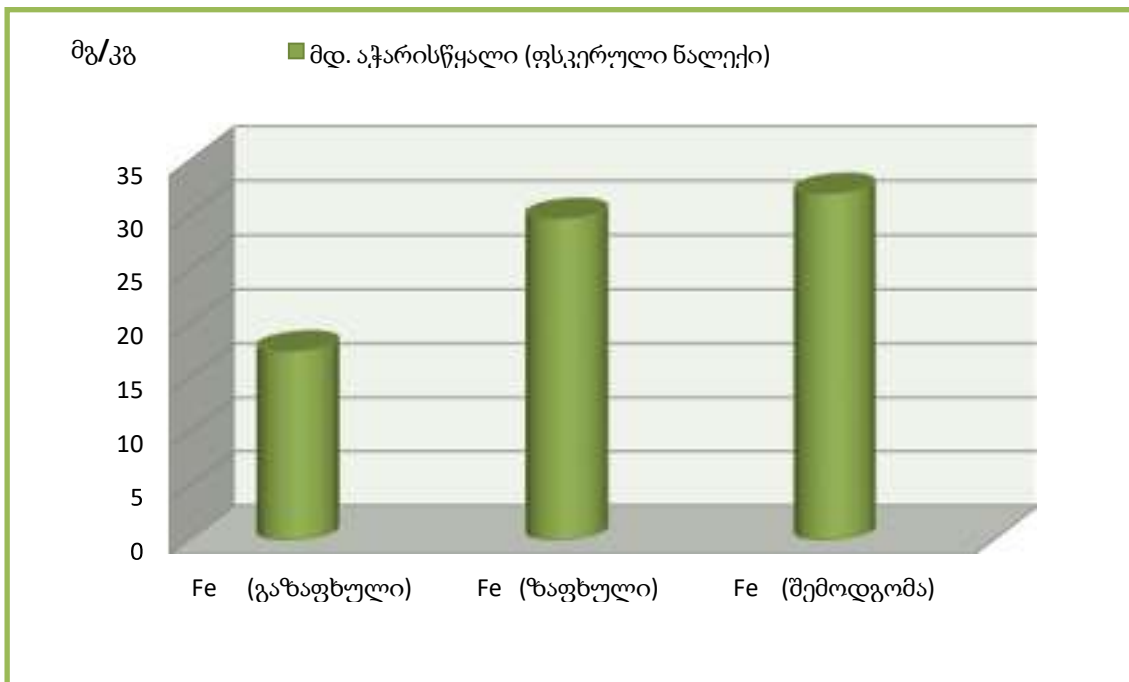
გრაფიკი 6. მდ. აჭარისწყლის ფსკერულ ნალექებში სპილენძის შემცველობის დინამიკა სეზონურობის მიხედვით (2019)



გრაფიკი 7. მდ. აჭარისწყლის ფსკერულ ნალექებში ქრომის შემცველობის დინამიკა სეზონურობის მიხედვით (2019)



გრაფიკი 8. მდ. აჭარისწყლის ფსკერულ ნალექებში ნიკელის შემცველობის დინამიკა სეზონურობის მიხედვით (2019)



გრაფიკი 9. მდ. აჭარისწყლის ფსკერულ ნალექებში რკინის შემცველობის დინამიკა სეზონურობის მიხედვით (2020)

კვლევის მონაცემებიდან ჩანს, რომ მდინარე აჭარისწყლის ფსკერულ ნალექებში მძიმე ლითონების შემცველობა 2020 წელთან შედარებით 2019 წელს უფრო მაღალია. მძიმე ლითონების შემცველობის 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.

ჩვენს მიერ, მდინარე აჭარისწყლის 2019-2021 წლების მიკრობიოლოგიური კვლევის შედეგები მოცემულია ცხრილებში №19, 20,21.

ცხრილი №19

მდინარე აჭარისწყლის წყლის მიკრობიოლოგიური ანალიზის შედეგები

| განსაზღვრული მიკროორგანიზმები | სინჯის აღების ადგილი და დრო   |         |           |
|-------------------------------|-------------------------------|---------|-----------|
|                               | მდინარე აჭარისწყალი 2019 წელი |         |           |
|                               | გაზაფხული                     | ზაფხული | შემოდგომა |
| ტოტალური კოლიფორმები          | 7120                          | 8020    | 8840      |
| E-coli                        | 5050                          | 6840    | 6245      |
| ფეკალური სტრეპტოკოკები        | 548                           | 640     | 730       |
| Salmonella                    | არ აღმოჩნდა                   |         |           |

ცხრილი № 20

მდინარე აჭარისწყლის წყლის მიკრობიოლოგიური ანალიზის შედეგები

| განსაზღვრული მიკროორგანიზმები | სინჯის აღების ადგილი და დრო   |         |           |
|-------------------------------|-------------------------------|---------|-----------|
|                               | მდინარე აჭარისწყალი 2020 წელი |         |           |
|                               | გაზაფხული                     | ზაფხული | შემოდგომა |
| ტოტალური კოლიფორმები          | 4986                          | 5300    | 5100      |
| E-coli                        | 5000                          | 6055    | 5850      |
| ფეკალური სტრეპტოკოკები        | 440                           | 490     | 499       |
| Salmonella                    | არ აღმოჩნდა                   |         |           |

## მდინარე აჭარისწყლის წყლის მიკრობიოლოგიური ანალიზის შედეგები

| განსაზღვრული<br>მიკროორგანიზმები | სინჯის აღების ადგილი და დრო     |         |           |
|----------------------------------|---------------------------------|---------|-----------|
|                                  | მდინარე აჭარისწყალი<br>2021წელი |         |           |
|                                  | გაზაფხული                       | ზაფხული | შემოდგომა |
| ტოტალური კოლიფორმები             | 5280                            | 5890    | 6910      |
| E-coli                           | 4885                            | 4880    | 5220      |
| ფეკალური სტრეპტოკოკები           | 395.8                           | 408.0   | 468.1     |
| Salmonella                       | 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 ნავთობ-გადამამუშავებელი ქარხნის ტერიტორიის გასწვრივ ხელოვნურად მოწყობილი ბეტონის არხით. მდინარის წყალშემკრები აუზის ფართობი შეადგენს 7,2 კმ<sup>2</sup>.

ცხრილებში № 22.23 წარმოდგენილია 2019-2021 წლების გაზაფხული, ზაფხული, შემოდგომის პერიოდში მდინარე კუბისწყლიდან აღებულ საანალიზო ნიმუშებში ფიზიკურ-ქიმიური და ჰიდროქიმიური ანალიზის შედეგები.

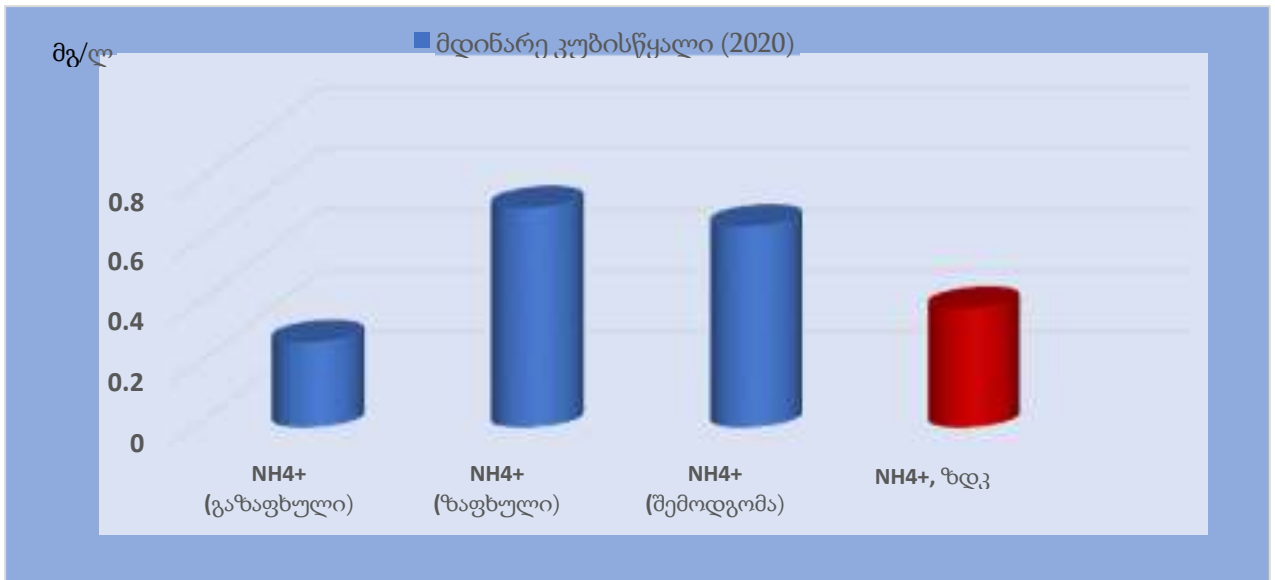
## მდინარე კუბისწყალის ძირითადი ფიზიკურ-ქიმიური პარამეტრები

| დასახელება                 | 2019 წელი |         |           | 2020 წელი |         |           | 2021 წელი |         |           |
|----------------------------|-----------|---------|-----------|-----------|---------|-----------|-----------|---------|-----------|
|                            | გაზაფხული | ზაფხული | შემოდგომა | გაზაფხული | ზაფხული | შემოდგომა | გაზაფხული | ზაფხული | შემოდგომა |
| ტემპერატურა, t°C           | 16.8      | 23.6    | 20.8      | 17.1      | 22.8    | 20.4      | 14.5      | 21.7    | 19.2      |
| სუნი, ბალები               | 1.0       | 1.9     | 2.2       | 1.0       | 2.0     | 2.55      | 2.3       | 1.4     | 1.0       |
| სიმღვრივე, FTU             | 2.03      | 2.63    | 2.90      | 1.88      | 3.98    | 2.99      | 2.33      | 2.55    | 2.22      |
| pH                         | 8.0       | 7.75    | 8.10      | 7.45      | 7.95    | 8.05      | 7.92      | 8.15    | 8.0       |
| გახსნილი<br>ჟანგბადი, მგ/ლ | 12.2      | 10.2    | 11,8      | 9.0       | 7.8     | 9.8       | 10.1      | 9.2     | 11.0      |
| ჟბმ, მგ/ლ                  | 4.70      | 4.60    | 4.87      | 5.18      | 7.02    | 5.86      | 4.80      | 3.9     | 4.2       |
| ელ.გამტარობა,<br>μsms/cm   | 155.2     | 158.1   | 165.6     | 205.6     | 188.2   | 190.2     | 165.6     | 148.2   | 155.8     |

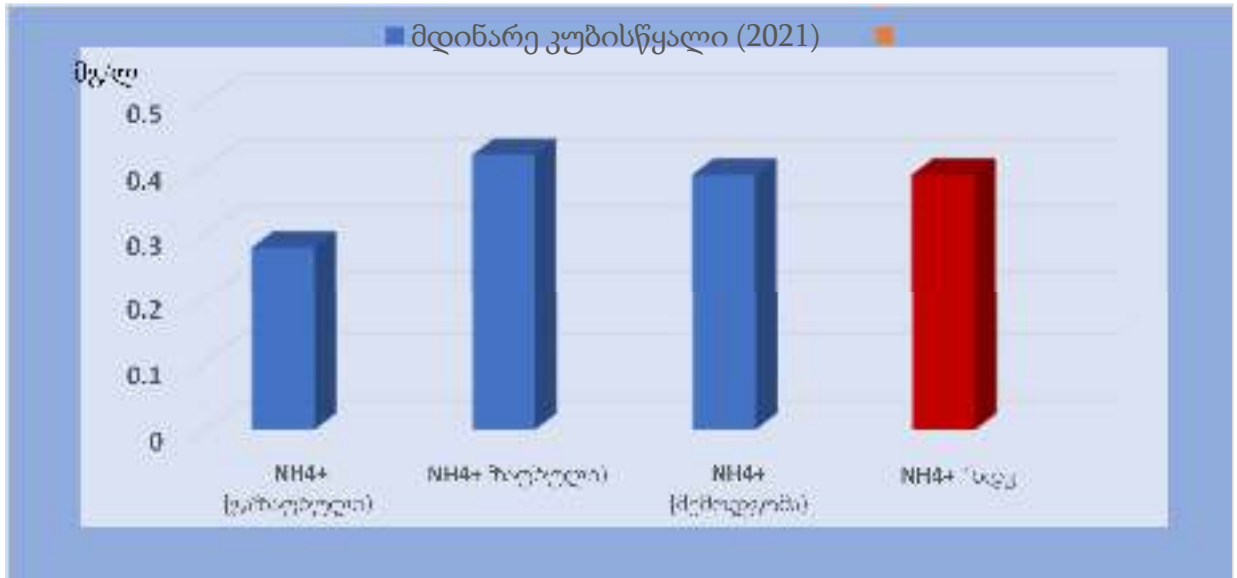
ძირითადი იონებისა და ბიოგენური ელემენტების  
ბუნებრივი ფორმების შემცველობა მდინარე კუბისწყალში

| დასახელება              | მდინარე კუბისწყალი |         |           |           |         |           |           |         |           |
|-------------------------|--------------------|---------|-----------|-----------|---------|-----------|-----------|---------|-----------|
|                         | 2019 წელი          |         |           | 2020 წელი |         |           | 2021 წელი |         |           |
|                         | გაზაფხული          | ზაფხული | შემოდგომა | გაზაფხული | ზაფხული | შემოდგომა | გაზაფხული | ზაფხული | შემოდგომა |
| აზოტის<br>ნიტრიტი, მგ/ლ | 0.082              | 0.110   | 0.114     | 0.09      | 0.10    | 0.16      | 0.152     | 0.133   | 0.164     |
| აზოტის<br>ნიტრატი, მგ/ლ | 3.6                | 7.0     | 5.2       | 6.24      | 9.14    | 10.24     | 7.6       | 9.0     | 8.2       |

|                      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| ამონიუმი, მგ/ლ       | 0.38  | 0.42  | 0.33  | 0.28  | 0.72  | 0.66  | 0.28  | 0.42  | 0.39  |
| ფოსფატი, მგ/ლ        | 0.23  | 0.35  | 0.39  | 0.33  | 0.30  | 0.34  | 0.43  | 0.32  | 0.29  |
| სულფატი, მგ/ლ        | 8.7   | 8.4   | 8.2   | 8.2   | 9.8   | 11.2  | 7.7   | 8.1   | 8.0   |
| ქლორიდი, მგ/ლ        | 10,0  | 12.2  | 19.4  | 5.7   | 7.7   | 8.6   | 9,0   | 10.2  | 9.4   |
| ჰიდროკარბონატი, მგ/ლ | 88.5  | 89.0  | 88.2  | 101.4 | 100.8 | 94.8  | 78.5  | 80.0  | 85.2  |
| კალიუმი, მგ/ლ        | 15.1  | 14.6  | 16.7  | 15.5  | 19.5  | 16.5  | 18.1  | 16.6  | 16.1  |
| ნატრიუმი, მგ/ლ       | 7.8   | 5.6   | 6.2   | 8.8   | 9.2   | 8.2   | 8.0   | 7.8   | 9.9   |
| კალციუმი, მგ/ლ       | 12.0  | 11.1  | 13.5  | 10.5  | 14.5  | 15.5  | 12.8  | 11.8  | 14.5  |
| მაგნიუმი, მგ/ლ       | 9.5   | 8.7   | 8.4   | 5.2   | 8.2   | 8.5   | 9.2   | 8.8   | 8.7   |
| მინერალიზაცია მგ/ლ   | 133.7 | 120.4 | 135.7 | 148.8 | 132.4 | 130.4 | 138.5 | 140.4 | 142.6 |



გრაფიკი10. მდ. კუბისწყალში ამონიუმის იონის შემცველობის სეზონური ცვლილება (2020)



გრაფ.11 მდ. კუბისწყალში ამონიუმის იონის შემცველობის სეზონური ცვლილება (2021)

მიღებული შედეგებიდან გამომდინარე, ჩანს, რომ ამონიუმის შემცველობა წყალში 2019 წელს დამაკმაყოფილებელია, ხოლო 2020 და 2021 წლების ზაფხულ შემოდგომაზე მისი კონცენტრაცია წყალში უახლოვდება ან აჭარბებს ზდკ-ს მნიშვნელობას, მაგალითად, 2020 წლის ზაფხულ-შემოდგომის პერიოდში, ამონიუმის შემცველობა გაუტოლდა 1.70 – 1.85 ზდკ-ს მნიშვნელობას (ცხრილი 22, გრაფიკები 10.11).

რაც შეეხება მძიმე ლითონების კონცენტრაციებს მდინარე კუბისწყალში, წარმოდგენილია ქვემოთ მოყვანილ ცხრილებში №24.25,26

ცხრილი №24

ზოგიერთი მძიმე ლითონის შემცველობა მდინარე კუბისწყალში

| დასახელება    | სინჯის აღების ადგილი და დრო |         |           |             |
|---------------|-----------------------------|---------|-----------|-------------|
|               | კუბისწყალი<br>2019 წელი     |         |           |             |
|               | გაზაფხული                   | ზაფხული | შემოდგომა | ზდკ<br>მგ/ლ |
| რკინა მგ/ლ    | 0.30                        | 0.44    | 0.55      | 0.3         |
| სპილენძი მგ/ლ | 0.0018                      | 0.0013  | 0.0022    | 1.0         |



|                    |        |         |         |        |
|--------------------|--------|---------|---------|--------|
| თუთია მგ/ლ         | 0.0014 | 0.0011  | 0.0016  | 1.0    |
| ტყვია მგ/ლ         | 0.0045 | 0.0038  | 0.0040  | 0.03   |
| ვერცხლისწყალი მგ/ლ | -      | 0.0008  | 0.0005  | 0.0005 |
| კადმიუმი მგ/ლ      | -      | 0.00077 | 0.00085 | 0.001  |

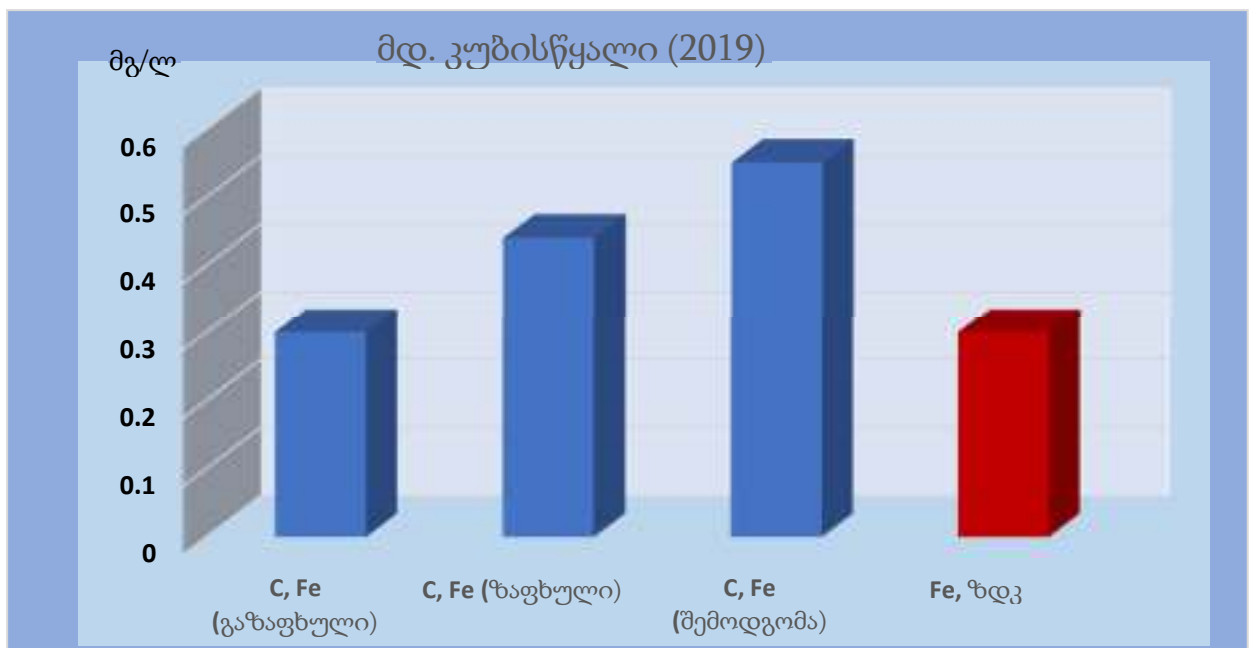
ცხრილი №25

ზოგიერთი მძიმე ლითონის შემცველობა მდინარე კუბისწყალში

| დასახელება    | სინჯის აღების ადგილი და დრო |         |           |             |
|---------------|-----------------------------|---------|-----------|-------------|
|               | კუბისწყალი<br>2020 წელი     |         |           |             |
|               | გაზაფხული                   | ზაფხული | შემოდგომა | ზღვ<br>მგ/ლ |
| რკინა მგ/ლ    | 0.068                       | 0.092   | 0.0774    | 0.3         |
| სპილენძი მგ/ლ | 0.0055                      | 0.0068  | 0.0057    | 1.0         |
| თუთია მგ/ლ    | 0.0057                      | 0.0072  | 0.0066    | 1.0         |
| ტყვია მგ/ლ    | 0.0070                      | 0.0078  | 0.0081    | 0.03        |
| ვერცხლის მგ/ლ | 0.0009                      | 0.00012 | -         | 0.0005      |
| კადმიუმი მგ/ლ | 0.00024                     | -       | 0.00022   | 0.001       |

ზოგიერთი მძიმე ლითონის შემცველობა მდინარე კუბისწყალში

| დასახელება         | სინჯის აღების ადგილი და დრო |         |           |             |
|--------------------|-----------------------------|---------|-----------|-------------|
|                    | კუბისწყალი<br>2021 წელი     |         |           |             |
|                    | გაზაფხული                   | ზაფხული | შემოდგომა | ზღვ<br>მგ/ლ |
| რკინა მგ/ლ         | 0.061                       | 0.082   | 0.081     | 0.3         |
| სპილენძი მგ/ლ      | 0.0068                      | 0.0074  | 0.0077    | 1.0         |
| თუთია მგ/ლ         | 0.0433                      | 0.0395  | 0.0345    | 1.0         |
| ტყვია მგ/ლ         | 0.0065                      | 0.0058  | 0.0070    | 0.03        |
| ვერცხლისწყალი მგ/ლ | -                           | -       | 0.00012   | 0.0005      |
| კადმიუმი მგ/ლ      | 0.00024                     | 0.0020  | -         | 0.001       |



გრაფიკი 12. რკინის შემცველობა მდინარე კუბისწყალში (2019)

როგორც გრაფიკიდან ჩანს, 2019 წელს, მდინარე კუბასწყალში 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.

ცხრილებში 27-28 წარმოდგენილია მდინარე კუბისწყალის ფსკერულ ნალექებში ზოგიერთი მძიმე ლითონის ანალიზის შედეგები (2019-2020).

ცხრილი №27

მძიმე ლითონის შემცველობა მდინარე კუბისწყალის ფსკერულ ნალექებში

| სინჯის აღების დრო<br>2019 წელი | მდინარე კუბისწყალი                              |    |      |     |      |      |      |
|--------------------------------|---|----|------|-----|------|------|------|
|                                | ლითონების შემცველობა ფსკერულ ნალექებში<br>მგ/კგ |    |      |     |      |      |      |
|                                | Ni  | Cu | Zn   | As  | Cr   | Fe   | Mn   |
| გაზაფხული                      | 40  | 56 | 80   | 3.7 | 79.1 | 50.0 | 0.70 |
| ზაფხული                        | 50  | 68 | 98   | 4.4 | 84.9 | 62.5 | 0.75 |
| შემოდგომა                      | 47  | 62 | 98.5 | 4.8 | 95.7 | 54.4 | 0.74 |

ცხრილი №28

მძიმე ლითონის შემცველობა მდინარე კუბისწყალის ფსკერულ ნალექებში

| სინჯის აღების დრო<br>2020 წელი | მდინარე კუბისწყალი                              |    |      |     |      |      |      |
|--------------------------------|---|----|------|-----|------|------|------|
|                                | ლითონების შემცველობა ფსკერულ ნალექებში<br>მგ/კგ |    |      |     |      |      |      |
|                                | Ni  | Cu | Zn   | As  | Cr   | Fe   | Mn   |
| გაზაფხული                      | 15.7  | 14 | 29.5 | 6.9 | 62.2 | 26.4 | 0.60 |
| ზაფხული                        | 14.9  | 17 | 33.6 | 7.8 | 68.8 | 30.4 | 0.72 |
| შემოდგომა                      | 20.2  | 13 | 38.4 | 8.2 | 72.0 | 31.0 | 0.79 |

კვლევის შედეგებიდან ჩანს, რომ მძიმე ლითონების შემცველობა მდინარე კუბისწყლის ფსკერულ ნალექებში 2019-2020 წლების გაზაფხულზე, ზაფხულსა და შემოდგომაზე ზღვრულად დასაშვები კონცენტრაციის მაჩვენებლებზე დაბალია.

მდინარე კუბისწყლის 2019, 2020, 2021 წლების მიკრობიოლოგიური ანალიზის შედეგები წარმოდგენილია ცხრილებში № 29, 30, 31.

ცხრილი №29

მდინარე კუბისწყლის მიკრობიოლოგიური ანალიზის შედეგები

| განსაზღვრული მიკროორგანიზმები | სინჯის აღების ადგილი და დრო  |         |           |
|-------------------------------|------------------------------|---------|-----------|
|                               | მდინარე კუბისწყალი 2019 წელი |         |           |
|                               | გაზაფხული                    | ზაფხული | შემოდგომა |
| ტოტალური კოლიფორმები          | 3886                         | 3955    | 4250      |
| E-coli                        | 4159                         | 4600    | 4880      |
| ფეკალური სტრეპტოკოკები        | 297                          | 310     | 375       |
| Salmonella                    | არ აღმოჩნდა                  |         |           |

ცხრილი №30

მდინარე კუბისწყლის მიკრობიოლოგიური ანალიზის შედეგები

| განსაზღვრული მიკროორგანიზმები | სინჯის აღების ადგილი და დრო  |         |           |
|-------------------------------|------------------------------|---------|-----------|
|                               | მდინარე კუბისწყალი 2020 წელი |         |           |
|                               | გაზაფხული                    | ზაფხული | შემოდგომა |
| ტოტალური კოლიფორმები          | 6230                         | 6490    | 6990      |
| E-coli                        | 5186                         | 5880    | 6885      |
| ფეკალური სტრეპტოკოკები        | 505.8                        | 608.8   | 568.5     |
| Salmonella                    | არ აღმოჩნდა                  |         |           |

## მდინარე კუბისწყალის მიკრობიოლოგიური ანალიზის შედეგები

| განსაზღვრული<br>მიკროორგანიზმები | სინჯის აღების ადგილი და დრო     |         |           |
|----------------------------------|---------------------------------|---------|-----------|
|                                  | მდინარე კუბისწყალი<br>2021 წელი |         |           |
|                                  | გაზაფხული                       | ზაფხული | შემოდგომა |
| ტოტალური კოლიფორმები             | 9286                            | 9790    | 9914      |
| E-coli                           | 7825                            | 6887    | 7236      |
| ფეკალური სტრეპტოკოკები           | 595.8                           | 608.0   | 668.1     |
| Salmonella                       | არ აღმოჩნდა                     |         |           |

მდინარე კუბისწყალზე ჩატარებული მონიტორინგის შედეგების ანალიზის შედეგად, შეგვიძლია დავასკვნათ, რომ მას ახასიათებს მცირე სიმღვრივე. სამი წლის განმავლობაში, სეზონების მიხედვით, მდინარე კუბისწყალში შესამჩნევად არ იყო მინერალიზაციის ცვლილება გამოხატული. მოცემული მდინარის წყლისათვის დამახასიათებელია სულფატების დაბალი შემცველობა, ასევე ძირითადი იონების შემცველობიდან გამომდინარე, თვალნათლივ ჩანს, რომ მდინარის წყალი კალციუმიან-ჰიდროკარბონატული ტიპისაა. ფსკერული ნალექების ნიმუშებში ლითონების ანალიზის შედეგებიდან გამომდინარე, შეგვიძლია ვთქვათ, რომ მათი შემცველობები სინჯებში საკმაოდ დაბალია.

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

მდინარე ბარცხანა

დასავლეთ საქართველოს მდინარე - ბარცხანა, მდებარეობს ხელვაჩაურის ტერიტორიაზე. მდინარე, რომლის სიგრძე 8,2 კმ-ია და აუზის ფართობი 19 კმ<sup>2</sup>სათავეს მესხეთის ქედის ჩრდილო- დასავლეთ კალთიდან იღებს. ბარცხანა წვიმისა და მიწისქვეშა წყლებით საზრდოობს და ხასიათდება წყალმოვარდნებით. იგი შავ ზღვას ერთვის ბათუმის სამხრეთით, თამარის დასახლებაში, ნავსადგურთან ახლოს. წლებია მისი დაბინძურება ხდება ბათუმის ფარმაკოქიმიური ქარხნის მიერ და ნავთობტერმინალის და ნავთობგადამამუშავებელი ქარხნის ნარჩენებით. [ ენციკლოპედია „საქართველო“, ტ. 1, თბ., 1997]. აღნიშნულ ტერიტორიაზე არსებულ მილსადენის გაუქმებულ ფრაგმენტებიდან ხდება ნავთობის ნარჩენების გაჟონვა. ასევე ხდება დიდი რაოდენობით საკანალიზაციო წყლებისა და საყოფაცხოვრებო ნარჩენებით დაბინძურება.

ცხრილებში №32-33, წარმოდგენილია 2019-2021 წლებში მდ. ბარცხანაზე ჩატარებული მონიტორინგის შედეგები, კერძოდ, ფიზიკურ-ქიმიური და ძირითადი იონების მონაცემები.

ცხრილი №32

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,<br>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<br>ქანგბადი, მგ/ლ | 8.15  | 9.80  | 7.45  | 9.4   | 9.7   | 9.2   | 8.9   | 9.68  | 9,2   |
| ჟბმ, მგ/ლ                  | 7.75  | 7.95  | 7.22  | 7.92  | 7.72  | 5.70  | 5.37  | 7.86  | 5.24  |
| ელ.გამტარობა,<br>μsms/cm   | 205.3 | 192.4 | 308.5 | 188.2 | 168.5 | 172.5 | 174.4 | 170.2 | 167.9 |

ცხრილი №33

ძირითადი იონებისა და ბიოგენური ელემენტების ბუნებრივი ფორმების  
შემცველობა მდინარე ბარცხანას წყალში

| დასახელება              | მდინარე ბარცხანა |         |           |           |         |           |           |         |           |
|-------------------------|------------------|---------|-----------|-----------|---------|-----------|-----------|---------|-----------|
|                         | 2019 წელი        |         |           | 2020 წელი |         |           | 2021 წელი |         |           |
|                         | გაზაფხული        | ზაფხული | შემოდგომა | გაზაფხული | ზაფხული | შემოდგომა | გაზაფხული | ზაფხული | შემოდგომა |
| აზოტის<br>ნიტრიტი, მგ/ლ | 0.007<br>8       | 0.15    | 0.95      | 0.078     | 0.18    | 0.057     | 0.075     | 0.12    | 0.082     |
| აზოტის<br>ნიტრატი, მგ/ლ | 8.75             | 9.30    | 8.22      | 9.33      | 9.37    | 8.30      | 6.38      | 8.8     | 8.44      |
| ამონიუმი, მგ/ლ          | 0.72             | 0.78    | 0.62      | 0.75      | 0.76    | 0.54      | 0.40      | 0.72    | 0.56      |
| ფოსფატი, მგ/ლ           | 0.56             | 0.46    | 0.26      | 0.52      | 0.48    | 0.38      | 0.47      | 0.52    | 0.37      |
| სულფატი, მგ/ლ           | 14.7             | 17.2    | 6.4       | 15.6      | 13.2    | 9.6       | 5.9       | 16.4    | 6.6       |
| ქლორიდი,<br>მგ/ლ        | 9.5              | 9.6     | 12.3      | 9.8       | 9.9     | 8.2       | 9.4       | 9.8     | 8.8       |

|                      |       |       |       |        |       |       |       |       |       |
|----------------------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|
| ჰიდროკარბონატი, მგ/ლ | 72.0  | 68.2  | 75.5  | 105.7  | 88.6  | 87.5  | 92.1  | 90.9  | 89.9  |
| კალიუმი, მგ/ლ        | 13.4  | 12.6  | 14.7  | 16.8   | 17.8  | 17.0  | 16.4  | 18.6  | 22.2  |
| ნატრიუმი, მგ/ლ       | 8.6   | 6.9   | 7.2   | 7.7    | 8.0   | 8.5   | 5.9   | 6.3   | 6.8   |
| კალციუმი, მგ/ლ       | 12.4  | 10.6  | 11.4  | 13.3.4 | 13.6  | 14.4  | 12.5  | 14.8  | 15.4  |
| მაგნიუმი, მგ/ლ       | 5.1   | 6.2   | 4.8   | 4.2    | 7.2   | 7.9   | 9.0   | 9.4   | 8.8   |
| მინერალიზაცია მგ/ლ   | 130.8 | 122.4 | 179.6 | 120.5  | 142.5 | 128.5 | 148.0 | 156.7 | 154.5 |

დინების შედარებით მაღალი სიჩქარის და კარგი აერაციის გამო, გახსნილი ჟანგბადის შემცველობა გარკვეულ პერიოდში 9.8 მგ/ლ-ს აღწევს, მიუხედავად იმისა, რომ მდინარეზე ვიზუალურად ჯერ კიდევ რჩება შესამჩნევი ნავთობპროდუქტების არსებობა. აღსანიშნავია, რომ მდ. ბარცხანაზე, მდ. ჩაქვისწყლის მსგავსად, 2019 წლის ზაფხულ-შემოდგომის პერიოდში, მინერალიზაციის მატება არ დაფიქსირდა. ძირითადი იონების შემცველობიდან ჩანს, რომ მდინარის წყალი კალციუმიან-ჰიდროკარბონატული ტიპისაა. რაც შეეხება მდინარეში ჟბმ-ს, მან გადააჭარბა ზდკ-ს მნიშვნელობას მდინარის წყალში, რაც ეკოლოგიური თვალსაზრისით ყურადსაღები ფაქტია. ასევე აღსანიშნავია, რომ ამონიუმის იონი მდინარის წყალში ხშირ შემთხვევაში მაღალია და ზდკ-ს მნიშვნელობებს აჭარბებს 1.5-1.8 ჯერ. (ცხრ. 34- 35,36).



## მძიმე ლითონის შემცველობა მდინარე ბარცხანას წყალში

| დასახელება          | მდინარე ბარცხანა<br>2019 წელი |         |           | ზღვ<br>მგ/ლ |
|---------------------|-------------------------------|---------|-----------|-------------|
|                     | გაზაფხული                     | ზაფხული | შემოდგომა |             |
| რკინა, მგ/ლ         | 0.28                          | 0.38    | 0.44      | 0.3         |
| სპილენძი, მგ/ლ      | 0.0020                        | 0.0014  | 0.0018    | 1.0         |
| თუთია, მგ/ლ         | 0.0015                        | 0.0017  | 0.011     | 1.0         |
| ტყვია, მგ/ლ         | 0.0065                        | 0.0078  | 0.0072    | 0.03        |
| ვერცხლისწყალი, მგ/ლ | 0.00010                       | -       | 0.00011   | 0.0005      |
| კადმიუმი, მგ/ლ      | -                             | 0.00010 | 0.00010   | 0.001       |

## მძიმე ლითონის შემცველობა მდინარე ბარცხანას წყალში

| დასახელება          | მდინარე ბარცხანა<br>2020 წელი |         |           | ზღვ<br>მგ/ლ |
|---------------------|-------------------------------|---------|-----------|-------------|
|                     | გაზაფხული                     | ზაფხული | შემოდგომა |             |
| რკინა, მგ/ლ         | 0.10                          | 0.09    | 0.08      | 0.3         |
| სპილენძი, მგ/ლ      | 0.0054                        | 0.0068  | 0.0078    | 1.0         |
| თუთია, მგ/ლ         | 0.0032                        | 0.0072  | 0.0070    | 1.0         |
| ტყვია, მგ/ლ         | 0.0068                        | 0.0070  | 0.0067    | 0.03        |
| ვერცხლისწყალი, მგ/ლ | -                             | -       | 0.00009   | 0.0005      |
| კადმიუმი, მგ/ლ      | 0.00032                       | -       | 0.00028   | 0.001       |

## მძიმე ლითონის შემცველობა მდინარე ბარცხანას წყალში

| დასახელება          | მდინარე ბარცხანა<br>2021 წელი |               |           | ზდკ<br>მგ/ლ |
|---------------------|-------------------------------|---------------|-----------|-------------|
|                     | გაზაფხული                     | ზაფხული       | შემოდგომა |             |
| რკინა, მგ/ლ         | 0.18                          | 0.18          | 0.20      | 0.3         |
| სპილენძი, მგ/ლ      | 0.0076                        | 0.0065        | 0.0064    | 1.0         |
| თუთია, მგ/ლ         | 0.0013                        | 0.0032        | 0.0042    | 1.0         |
| ტყვია, მგ/ლ         | 0.0085                        | 0.0067        | 0.0074    | 0.03        |
| ვერცხლისწყალი, მგ/ლ | <u>0.0004</u>                 | <u>0.0003</u> | 0.00010   | 0.0005      |
| კადმიუმი, მგ/ლ      | 0.00020                       | 0.00022       | 0.00020   | 0.001       |

როგორც ცხრილი №33-დან ჩანს, 2019 წლის მძიმე ლითონებიდან ზაფხულსა (0,38 მგ/ლ) და შემოდგომაზე (0,44 მგ/ლ) მხოლოდ რკინის შემცველობამ გადააჭარბა ზდკ-ს. ასევე მომატებულია ქრომის შემცველობა, თუმცა ბევრად ნაკლებია მის ზდკ-ზე. ყველა სხვა შემთხვევაში ლითონების კონცენტრაციები საკმაოდ დაბალია მათ ზდკ-ების მნიშვნელობებთან შედარებით. აღსანიშნავია, რომ 2019,2020,2021 წლებში, სხვადასხვა სეზონზე, მდინარის წყალში ზდკ-ზე ძალიან 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(ცხრ №34-36).

ლითონების შემცველობა აღნიშნული მდინარის ფსკერულ ნალექებში აჭარბორიალეთის ზონის სხვა მდინარეების ანალოგიურია, თუმცა ქრომის შემთხვევაში, მდ. ბარცხანა ხასიათდება საკმაოდ მომატებული შემცველობით ვიდრე ეს შეინიშნება სხვა მდინარეების მაგალითზე (ცხრილი №37,38).

მძიმე ლითონის შემცველობა მდინარე ბარცხანას ფსკერულ ნალექებში

| სინჯის აღების დრო<br>2019 წელი | მდინარე ბარცხანა                                      |    |     |     |     |      |      |
|--------------------------------|---|----|-----|-----|-----|------|------|
|                                | მძიმე ლითონების შემცველობა ფსკერულ ნალექებში<br>მგ/კგ |    |     |     |     |      |      |
|                                | Ni  | Cu | Zn  | As  | Cr  | Fe   | Mn   |
| გაზაფხული                      | 99  | 45 | 105 | 1.7 | 140 | 56   | 1.1  |
| ზაფხული                        | 115   | 65 | 135 | 2.0 | 145 | 72   | 1.35 |
| შემოდგომა                      | 130   | 52 | 115 | 2.8 | 170 | 60.8 | 1.1  |

მძიმე ლითონის შემცველობა მდინარე ბარცხანას ფსკერულ ნალექებში

| სინჯის აღების დრო<br>2020 წელი | მდინარე ბარცხანა                                      |      |    |      |      |      |      |
|--------------------------------|---|------|----|------|------|------|------|
|                                | მძიმე ლითონების შემცველობა ფსკერულ ნალექებში<br>მგ/კგ |      |    |      |      |      |      |
|                                | Ni  | Cu   | Zn | As   | Cr   | Fe   | Mn   |
| გაზაფხული                      | 55.5  | 66.4 | 70 | 1.44 | 36.2 | 26.0 | 1.3  |
| ზაფხული                        | 62.5  | 77.8 | 79 | 1.95 | 42.2 | 26.4 | 1.32 |
| შემოდგომა                      | 60.8  | 76.4 | 81 | 1.64 | 35.7 | 31.1 | 1.28 |

უნდა აღინიშნოს ის, რომ მდინარე ბარცხანას ქვემოწელში ეკოლოგიური მდგომარეობა საკმაოდ დიდი ხანია არადაამაკმაყოფილებელია. ამ შემთხვევაში გვაქვს როგორც საყოფაცხოვრებო, ასევე საწარმოო დაბინძურებაც. აღნიშნული პრობლემა სერიოზულ მიდგომას და გადამჭრელ ღონისძიებებს მოითხოვს.

მდინარე ბარცხანას 2019-2021 წლის მიკრობიოლოგიური ანალიზის შედეგები წარმოდგენილია ცხრილებში № 39,40,41.

ცხრილი №39

მდინარე ბარცხანას წყალში მიკრობიოლოგიური ანალიზის შედეგები

| განსაზღვრული მიკროორგანიზმები | სინჯის აღების ადგილი და დრო |         |           |
|-------------------------------|-----------------------------|---------|-----------|
|                               | მდინარე ბარცხანა 2019 წელი  |         |           |
|                               | გაზაფხული                   | ზაფხული | შემოდგომა |
| ტოტალური კოლიფორმები          | 6885                        | 7550    | 8250      |
| E-coli                        | 6855                        | 5850    | 6100      |
| ფეკალური სტრეპტოკოკები        | 530                         | 650     | 580       |
| Salmonella                    | არ აღმოჩნდა                 |         |           |

ცხრილი №40

მდინარე ბარცხანას წყალში მიკრობიოლოგიური ანალიზის შედეგები

| განსაზღვრული მიკროორგანიზმები | სინჯის აღების ადგილი და დრო |         |           |
|-------------------------------|-----------------------------|---------|-----------|
|                               | მდინარე ბარცხანა 2020 წელი  |         |           |
|                               | გაზაფხული                   | ზაფხული | შემოდგომა |
| ტოტალური კოლიფორმები          | 6522                        | 7542    | 7644      |
| E-coli                        | 5850                        | 7850    | 8856      |
| ფეკალური სტრეპტოკოკები        | 608                         | 578     | 588       |
| Salmonella                    | არ აღმოჩნდა                 |         |           |

## მდინარე ბარცხანას წყალში მიკრობიოლოგიური ანალიზის შედეგები

| განსაზღვრული<br>მიკროორგანიზმები | სინჯის აღების ადგილი და დრო   |         |           |
|----------------------------------|-------------------------------|---------|-----------|
|                                  | მდინარე ბარცხანა<br>2021 წელი |         |           |
|                                  | გაზაფხული                     | ზაფხული | შემოდგომა |
| ტოტალური კოლიფორმები             | 8664                          | 9056    | 8114      |
| E-coli                           | 6542                          | 7126    | 5927      |
| ფეკალური სტრეპტოკოკები           | 498.9                         | 628.5   | 660.5     |
| Salmonella                       | 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 კოლიფორმები 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 არადამაკმაყოფილებელია. 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.

#### მდინარე ჩაქვისწყალი

დასავლეთ საქართველოს მდინარე ჩაქვისწყალი, რომლის სიგრძე 25,2 კმ-ია, სათავეს იღებს მესხეთის ქედის ჩრდილო-დასავლეთ კალთიდან, მიედინება ქობულეთის მუნიციპალიტეტში და ჩაედინება შავ ზღვაში. ჩაქვისწყალი, რომლის ფართობია 176კმ<sup>2</sup>-ია, საზრდოობს მიწისქვეშა, წვიმის და თოვლის წყლებით. მდინარისთვის დამახასიათებელია წყალმოვარდნები. მდინარე ჩაქვისწყალი ტიპური მთის მდინარეს წარმოადგენს. მდინარე სწრაფი დინებით ხასიათდება

ჩვენს მიერ, 2019 -2021 წლებში მდინარე ჩაქვისწყლიდან აღებულ საანალიზო სინჯებში ფიზიკურ-ქიმიური და ჰიდროქიმიური ანალიზის შედეგები მოცემულია შემდეგ ცხრილებში №42,43.

მდ. ჩაქვისწყალის ძირითადი ფიზიკურ-ქიმიური და ჰიდროქიმიური პარამეტრები

| დასახელება                          | მდინარე ჩაქვისწყალი |         |           |           |         |           |           |         |           |
|-------------------------------------|---------------------|---------|-----------|-----------|---------|-----------|-----------|---------|-----------|
|                                     | 2019 წელი           |         |           | 2020 წელი |         |           | 2021 წელი |         |           |
|                                     | გაზაფხული           | ზაფხული | შემოდგომა | გაზაფხული | ზაფხული | შემოდგომა | გაზაფხული | ზაფხული | შემოდგომა |
| ტემპერატურა,<br>t°C                 | 14.8                | 20.2    | 18.6      | 16.1      | 23.5    | 21.3      | 12.5      | 24.0    | 22.2      |
| სუნი, ბალები                        | 0                   | 1.2     | 1.5       | 2.8       | 1.8     | 1.87      | 2.0       | 2.5     | 1.6       |
| სიმღვრივე, FTU                      | 1.3                 | 0.75    | 1.90      | 3.8       | 4.8     | 7.85      | 4.3       | 3.8     | 4.6       |
| pH                                  | 8.05                | 7.86    | 8,2 5     | 7.98      | 7.88    | 7.85      | 7.95      | 8.05    | 8.10      |
| გახსნილი<br>ჟანგბადი. მგ/ლ          | 9.2                 | 9.15    | 10.88     | 9.9       | 7.9     | 10.9      | 9.9       | 8.0     | 10.2      |
| ჟბმ, მგ/ლ                           | 4.66                | 5.65    | 5.88      | 3.78      | 4.78    | 4.78      | 3.22      | 4.55    | 4.12      |
| ელ.გამტარობა,<br>$\mu\text{sms/cm}$ | 102.4               | 94.0    | 122.3     | 75.6      | 85.6    | 70.2      | 85.5      | 89.2    | 90.5      |

ძირითადი იონებისა და ბიოგენური ელემენტების ბუნებრივი ფორმების შემცველობა  
მდინარე ჩაქვისწყალში

| დასახელება               | მდინარე ჩაქვისწყალი |         |           |           |         |           |           |         |           |
|--------------------------|---------------------|---------|-----------|-----------|---------|-----------|-----------|---------|-----------|
|                          | 2019 წელი           |         |           | 2020 წელი |         |           | 2021 წელი |         |           |
|                          | გაზაფხული           | ზაფხული | შემოდგომა | გაზაფხული | ზაფხული | შემოდგომა | გაზაფხული | ზაფხული | შემოდგომა |
| აზოტის<br>ნიტრიტი, მგ/ლ  | 0.048               | 0.055   | 0.064     | 0.12      | 0.099   | 0.079     | 0.069     | 0.060   | 0.058     |
| აზოტის<br>ნიტრატი, მგ/ლ  | 5.48                | 4.13    | 5.86      | 3.61      | 5.61    | 7.81      | 4.68      | 5.1     | 5.8       |
| ამონიუმი, მგ/ლ           | 0.45                | 0.44    | 0.66      | 0.36      | 0.36    | 0.35      | 0.32      | 0.44    | 0.49      |
| ფოსფატი, მგ/ლ            | 0.22                | 0.29    | 0.33      | 0.22      | 0.34    | 0.30      | 0.36      | 0.22    | 0.26      |
| სულფატი, მგ/ლ            | 8.8                 | 13.6    | 7.6       | 12.5      | 10.5    | 12.2      | 11.6      | 15.2    | 14.4      |
| ქლორიდი,<br>მგ/ლ         | 8.2                 | 5.4     | 7.4       | 9.4       | 9.9     | 9.5       | 8.4       | 8.8     | 9.0       |
| ჰიდროკარბონა<br>ტი, მგ/ლ | 49.2                | 40.2    | 46.6      | 88.6      | 99.6    | 97.7      | 98.2      | 100.5   | 105.5     |
| კალიუმი, მგ/ლ            | 7.7                 | 7.0     | 8.0       | 7.1       | 8.7     | 8.2       | 8.6       | 8.4     | 7.8       |
| ნატრიუმი, მგ/ლ           | 2.8                 | 5.1     | 2.4       | 3.2       | 2.8     | 2.6       | 4.8       | 3.5     | 3.0       |
| კალციუმი,<br>მგ/ლ        | 10.4                | 9.8     | 11.0      | 14.8      | 13.4    | 14.4      | 14.7      | 16.5    | 15.1      |
| მაგნიუმი, მგ/ლ           | 3.5                 | 4.2     | 3.3       | 5.8       | 8.8     | 8.0       | 5.7       | 6.2     | 6.8       |
| მინერალიზაც<br>ია, მგ/ლ  | 78.8                | 72.4    | 89.4      | 84.4      | 90.4    | 78.5      | 94.2      | 92.8    | 104.2     |

როგორც ჩანს, 2019-2021 წლების გაზაფხულ - შემოდგომის პერიოდში, მდინარეში მინერალიზაციის მკვეთრ ცვლილებას ადგილი არ ჰქონია. ძირითადი



იონების შემცველობიდან ჩანს, რომ მდინარის წყალი კალციუმან-ჰიდროკარბონატული ტიპისაა. ყველა შემთხვევაში, ჟბმ-ის კონცენტრაცია მდინარის წყალში უახლოვდება ზდკ-ს მნიშვნელობას და ასევე მცირედ იზრდება შემოდგომის პერიოდში (ცხრ.41-42). ფიზიკურ-ქიმიური მაჩვენებლების მიხედვით, შეგვიძლია ვთქვათ, რომ მოცემულ პერიოდში (2019-2021) 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 (ცხრილი №42).

ჩვენს მიერ, 2019, 2020, 2021 წლებში (სეზონურად) მდინარე ჩაქვისწყლის წყალში აღებულ საანალიზო სინჯებში მძიმე ლითონების შემცველობები მოცემულია ცხრილებში №44,45,46.

ცხრილი №44

მძიმე ლითონის შემცველობა მდინარე ჩაქვისწყალის წყალში

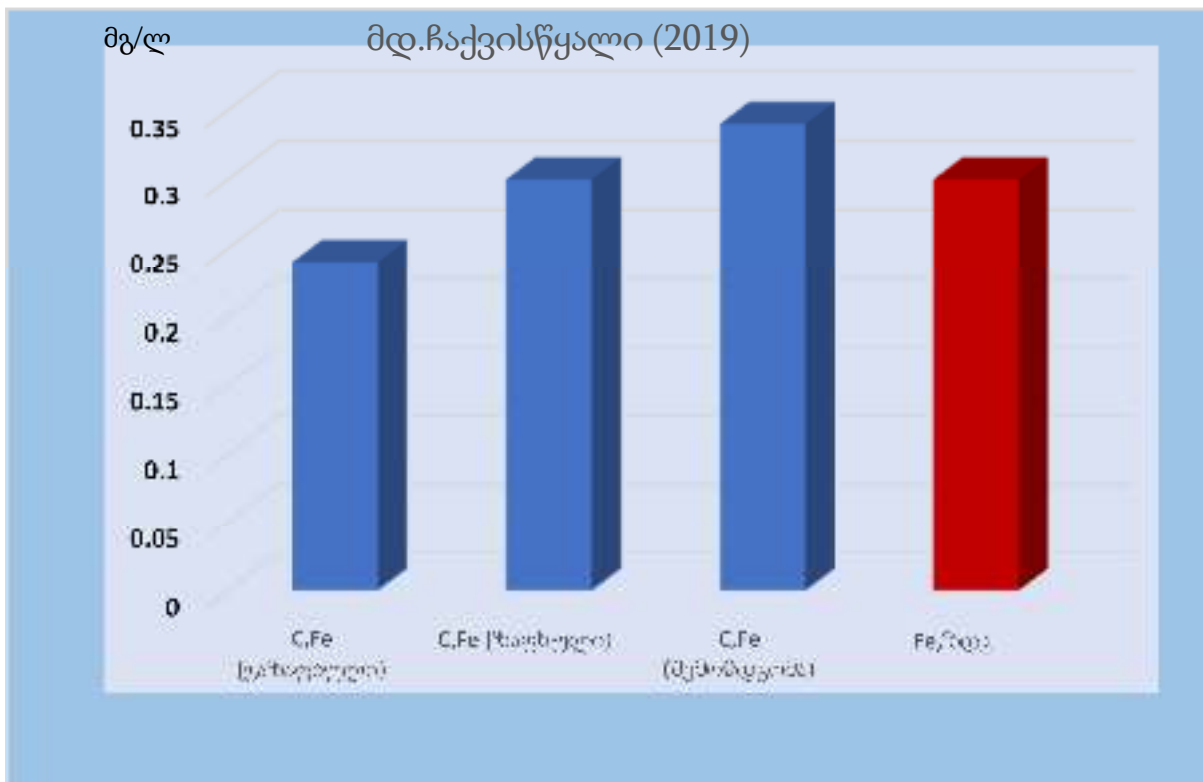
| დასახელება          | სინჯის აღების ადგილი და დრო      |         |           |             |
|---------------------|----------------------------------|---------|-----------|-------------|
|                     | მდინარე ჩაქვისწყალი<br>2019 წელი |         |           |             |
|                     | გაზაფხული                        | ზაფხული | შემოდგომა | ზდკ<br>მგ/ლ |
| რკინა, მგ/ლ         | 0.24                             | 0.30    | 0.34      | 0.3         |
| სპილენძი, მგ/ლ      | 0.0014                           | 0.0010  | 0.0011    | 1.0         |
| თუთია, მგ/ლ         | 0.009                            | 0.008   | 0.01      | 1.0         |
| ტყვია, მგ/ლ         | 0.0014                           | 0.0019  | 0.0012    | 0.03        |
| ვერცხლისწყალი, მგ/ლ | 0.00010                          | 0.00010 | 0.00012   | 0.0005      |
| კადმიუმი, მგ/ლ      | 0.00016                          | 0.00017 | 0.00018   | 0.001       |

## მძიმე ლითონის შემცველობა მდინარე ჩაქვისწყალის წყალში

| დასახელება          | სინჯის აღების ადგილი და დრო      |         |           |             |
|---------------------|----------------------------------|---------|-----------|-------------|
|                     | მდინარე ჩაქვისწყალი<br>2020 წელი |         |           |             |
|                     | გაზაფხული                        | ზაფხული | შემოდგომა | ზღვ<br>მგ/ლ |
| რკინა, მგ/ლ         | 0.072                            | 0.077   | 0.078     | 0.3         |
| სპილენძი, მგ/ლ      | 0.0034                           | 0.0052  | 0.0062    | 1.0         |
| თუთია, მგ/ლ         | 0.0110                           | 0.0122  | 0.0112    | 1.0         |
| ტყვია, მგ/ლ         | 0.0032                           | 0.0037  | 0.0038    | 0.03        |
| ვერცხლისწყალი, მგ/ლ | 0.00010                          | 0.0009  | —         | 0.0005      |
| კადმიუმი, მგ/ლ      | 0.00022                          | 0.00030 | 0.00029   | 0.001       |

## მძიმე ლითონის შემცველობა მდინარე ჩაქვისწყალის წყალში

| დასახელება          | სინჯის აღების ადგილი და დრო      |         |           |             |
|---------------------|----------------------------------|---------|-----------|-------------|
|                     | მდინარე ჩაქვისწყალი<br>2021 წელი |         |           |             |
|                     | გაზაფხული                        | ზაფხული | შემოდგომა | ზღვ<br>მგ/ლ |
| რკინა, მგ/ლ         | 0.072                            | 0.095   | 0.10      | 0.3         |
| სპილენძი, მგ/ლ      | 0.0043                           | 0.0050  | 0.0040    | 1.0         |
| თუთია, მგ/ლ         | 0.0155                           | 0.0102  | 0.0092    | 1.0         |
| ტყვია, მგ/ლ         | 0.0044                           | 0.0064  | 0.0055    | 0.03        |
| ვერცხლისწყალი, მგ/ლ | 0.00014                          | 0.00016 | 0.00012   | 0.0005      |
| კადმიუმი, მგ/ლ      | 0.00027                          | -       | 0.00014   | 0.001       |



გრაფიკი 13. რკინის შემცველობა მდ. ჩაქვისწყალის წყალში (2019 წ)

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 ზღვ-ს მაჩვენებელს მცირედ, მაგრამ მაინც გადააჭარბა 2019 წლის შემოდგომაზე.

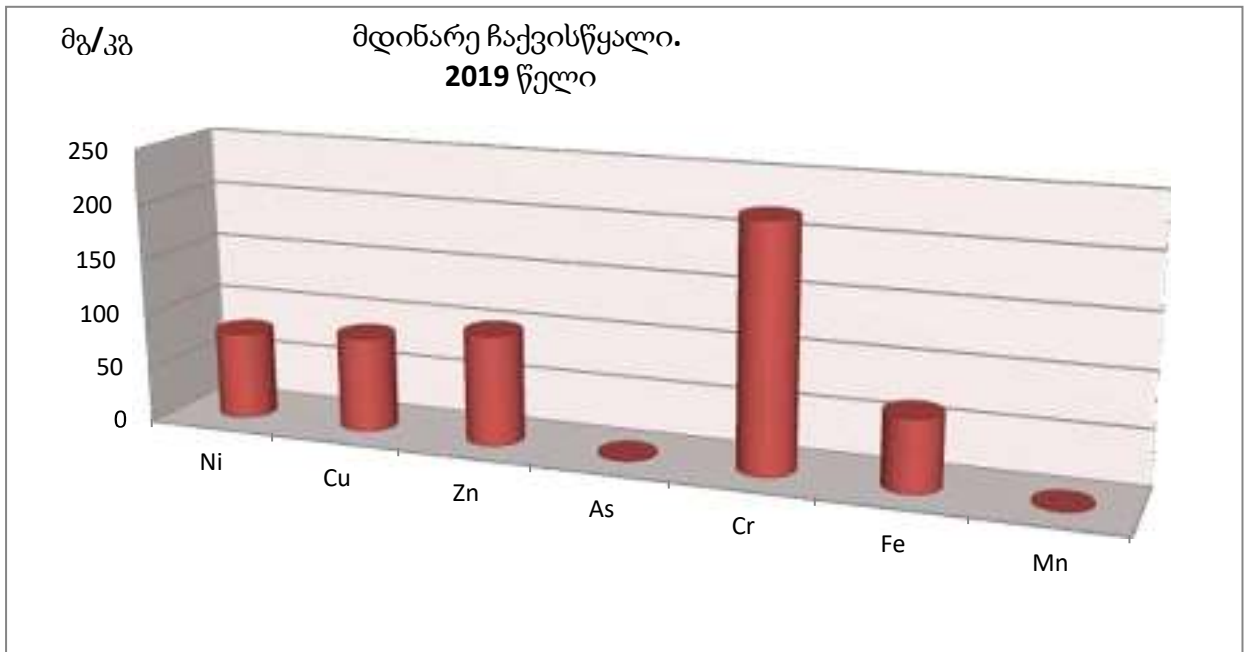
რაც შეეხება მდ. ჩაქვისწყალის ფსკერული ნალექების ქიმიური ანალიზის შედეგებს, მისი ფსკერული ნალექების შემადგენლობა ზოგიერთი ლითონის შემცველობასთან მიმართებაში, მნიშვნელოვნად არ განსხვავდება დანარჩენი მდინარეების შედეგებისაგან (ცხრილები №47-48; გრაფიკი18).

მძიმე ლითონების შემცველობა მდინარე ჩაქვისწყალის ფსკერულ ნალექებში

| სინჯის აღების დრო<br>2019 წელი | მდინარე ჩაქვისწყალი                                   |      |      |     |     |      |      |
|--------------------------------|---|------|------|-----|-----|------|------|
|                                | მძიმე ლითონების შემცველობა ფსკერულ ნალექებში<br>მგ/კგ |      |      |     |     |      |      |
|                                | Ni  | Cu   | Zn   | As  | Cr  | Fe   | Mn   |
| გაზაფხული                      | 64.4  | 60.2 | 70.3 | 1.1 | 182 | 59.2 | 0.76 |
| ზაფხული                        | 78.5  | 86.2 | 115  | 1.8 | 213 | 67   | 1.4  |
| შემოდგომა                      | 80.5  | 70   | 75   | 1.2 | 258 | 63.2 | 0.85 |

მძიმე ლითონების შემცველობა მდინარე ჩაქვისწყალის ფსკერულ ნალექებში

| სინჯის აღების დრო<br>2020 წელი | მდინარე ჩაქვისწყალი                                   |      |      |     |      |      |      |
|--------------------------------|---|------|------|-----|------|------|------|
|                                | მძიმე ლითონების შემცველობა ფსკერულ ნალექებში<br>მგ/კგ |      |      |     |      |      |      |
|                                | Ni  | Cu   | Zn   | As  | Cr   | Fe   | Mn   |
| გაზაფხული                      | 55.6  | 60.1 | 64.3 | 1.2 | 42.5 | 24.6 | 1.26 |
| ზაფხული                        | 68.5  | 76.2 | 85   | 1.7 | 52.2 | 27.7 | 1.22 |
| შემოდგომა                      | 60.5  | 72.8 | 78   | 1.5 | 45.8 | 33.2 | 1.15 |



გრაფიკი 14. მძიმე ლითონის შემცველობა მდინარე ჩაქვისწყალის ფსკერულ ნალექებში ცხრილებში № 49-51-ში წარმოდგენილია მდ. ჩაქვისწყალის მიკრობიოლოგიური ანალიზის შედეგები (გაზაფხული - შემოდგომა, 2019-2021).

ცხრილი №49

მდინარე ჩაქვისწყალის მიკრობიოლოგიური ანალიზის შედეგები

| განსაზღვრული მიკროორგანიზმები | სინჯის აღების ადგილი და დრო      |         |           |
|-------------------------------|----------------------------------|---------|-----------|
|                               | მდინარე ჩაქვისწყალი<br>2019 წელი |         |           |
|                               | გაზაფხული                        | ზაფხული | შემოდგომა |
| ტოტალური კოლიფორმები          | 7250                             | 6650    | 7200      |
| E-coli                        | 4990                             | 4890    | 5050      |
| ფეკალური სტრეპტოკოკები        | 650                              | 450     | 640       |
| Salmonella                    | არ აღმოჩნდა                      |         |           |

მდინარე ჩაქვისწყალის მიკრობიოლოგიური ანალიზის შედეგები

| განსაზღვრული მიკროორგანიზმები | სინჯის აღების ადგილი და დრო   |         |           |
|-------------------------------|-------------------------------|---------|-----------|
|                               | მდინარე ჩაქვისწყალი 2020 წელი |         |           |
|                               | გაზაფხული                     | ზაფხული | შემოდგომა |
| ტოტალური კოლიფორმები          | 4490                          | 4400    | 6400      |
| E-coli                        | 4700                          | 4900    | 4780      |
| ფეკალური სტრეპტოკოკები        | 405                           | 455     | 555       |
| Salmonella                    | არ აღმოჩნდა                   |         |           |

მდინარე ჩაქვისწყალის მიკრობიოლოგიური ანალიზის შედეგები

| განსაზღვრული მიკროორგანიზმები | სინჯის აღების ადგილი და დრო   |         |           |
|-------------------------------|-------------------------------|---------|-----------|
|                               | მდინარე ჩაქვისწყალი 2021 წელი |         |           |
|                               | გაზაფხული                     | ზაფხული | შემოდგომა |
| ტოტალური კოლიფორმები          | 6378                          | 5748    | 6320      |
| E-coli                        | 4332                          | 5100    | 4922      |
| ფეკალური სტრეპტოკოკები        | 498.9                         | 628.5   | 660.5     |
| Salmonella                    | არ აღმოჩნდა                   |         |           |

მდინარე ჩაქვისწყალის 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 (ცხრილი №50).

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. 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.

მდინარეების სანიტარულ-ბაქტერიოლოგიური სისუფთავის შესაფასებლად გამოკვლეული ნაწლავის ჩხირის (*Escherchia coli*) რაოდენობის, კოლი-ინდექსის, ფეკალური სტრეპტოკოკების მნიშვნელობები გვიჩვენებს, რომ ბიოლოგიური თვითგაწმენდის პროცესების ფონზე, ანთროპოგენური დაჭუჭყიანების ხარისხი დამაკმაყოფილებელია.

კვლევის შედეგებიდან გამომდინარე, შეგვიძლია დავასკვნათ, რომ მდინარეებში (ჩაქვისწყალი, ბარცხანა, ჭოროხი, აჭარისწყალი და კუბასწყალი) მოხვედრილი დამაბინძურებელი ნივთიერებები განიცდიან გარდაქმნას და ტრანსპორტირდებიან 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 IV.

მდინარეებში - ჩაქვისწყალი, ბარცხანა, ჭოროხი, აჭარისწყალი და კუბასწყალი ვერცხლისწყლისა და კადმიუმის შემცველობის განსაზღვრა მათში არსებულ თევზებში

ტექნიკურმა პროგრესმა კაცობრიობას თანდათან ჩამოუყალიბა ბუნებისადმი „დამპყრობლური“ დამოკიდებულება, ვინაიდან, გაბატონებული იყო იდეა - „ბუნება ყველაფერს აიტანს, ყველაფერს გაუძლებს“ [20]. სწორედ ასეთი მიდგომების შედეგად, წყლის ეკოსისტემებში ხვდება ისეთი დამაბინძურებელი ნივთიერებები, როგორცაა ნავთობპროდუქტები, ზედაპირულად აქტიური ნივთიერებები, მძიმე ლითონები, პესტიციდები, ქლორ-აზოტ-ფენოლშემცველი ნივთიერებები და სხვადასხვა ნაერთები, რომლებიც წარმოიქმნიან სახალხო მეურნეობის თითქმის ყველა დარგის ქიმიზაციით.

აღნიშნული ნივთიერებების უმეტესობას გააჩნია კუმულაციისა და მიგრაციის უნარი. ნაკლებად ან 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 [113].

წყალსატევების ერთ-ერთ საშიშ დამაბინძურებლებს წარმოადგენს მძიმე ლითონები. ისინი უარყოფითად მოქმედებენ წყალსატევის ფლორასა და ფაუნაზე. მძიმე ლითონებისათვის (Cd, Cu, As, Ni, Hg, Pb, Zn, Cr და ა.შ) პრაქტიკულად არ არსებობს თვითგაწმენდის მექანიზმი, რადგანაც ისინი მხოლოდ ერთი წყალსატევიდან მეორეში გადაინაცვლებენ, ზემოქმედებენ სხვადასხვა კატეგორიის ცოცხალ ორგანიზმებზე და როგორც წესი, არასასურველ, ზოგჯერ დამღუპველ შედეგებს იწვევენ. მცენარეებისა და ცხოველების გარდა, მძიმე ლითონები მოქმედებენ ადამიანის ნერვულ სისტემაზე, ღვიძლზე, თირკმელზე და ტვინზე [20].

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 წყალსატევებში ძირითადად ხვდება საწარმოებიდან. მტკნარი წყლის პლანქტონში და ბენტოსში ვერცხლისწყლის საერთო შემცველობა გაცილებით მეტია, ვიდრე ზღვის წყლების ასეთივე ორგანიზმებში.

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 იზადებოდნენ 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.

წყალსატევების ერთ-ერთ ტოქსიკურ დამაბინძურებელს წარმოადგენს კადმიუმი (Cd). 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 ამპროცესებში 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 აღმოაჩნდა 1940-60 წწ. იაპონიის ერთ-ერთი რაიონის მცხოვრებლებს. 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 [11].

ჩვენს მიერ შესწავლილი მდინარეების წყალში Cd და Hg ანალიზის შედეგებმა აჩვენა, რომ ზოგიერთი მდინარის წყალში ზღვ-ზე ბევრად მცირეა. ვერცხლისწყალს და კადმიუმს გააჩნია ბიომანგიფიკაციისა 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.

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

კვლევებს ვატარებდით 2019-2020 წლის სექტემბერში. მიღებული შედეგები წარმოდგენილია ცხრილებში №52-55 და გრაფიკებზე 15.

## თევზების საანალიზო ნიმუშებში Hg-ის შემცველობები

| № | მდინარე     | ნიმუშის<br>აღების<br>დრო | შედეგი<br>მგ/კგ | ზღვ<br>მგ/კგ | შენიშვნა                  |
|---|-------------|--------------------------|-----------------|--------------|---------------------------|
| 1 | ჩაქვისწყალი | 2019 წელი<br>სექტემბერი  | 0.0030          | 0.5          | საანალიზო წონა<br>350 გრ. |
| 2 | ბარცხანა    |                          | 0.0035          |              | საანალიზო წონა<br>350 გრ. |
| 3 | ჭოროხი      |                          | 0.0055          |              | საანალიზო წონა<br>350 გრ. |
| 4 | აჭარისწყალი |                          | -               |              | საანალიზო წონა<br>350 გრ. |
| 5 | კუბისწყალი  |                          | -               |              | საანალიზო წონა<br>350 გრ. |

## მდინარეებში დაჭერილი თევზების საანალიზო ნიმუშებში Cd-ის შემცველობები

| № | მდინარე     | ნიმუშის<br>აღების<br>დრო | შედეგი<br>Cd-ის<br>მგ/კგ | ზღვ.<br>მგ/კგ | შენიშვნა                 |
|---|-------------|--------------------------|--------------------------|---------------|--------------------------|
| 1 | ჩაქვისწყალი | 2019 წელი<br>სექტემბერი  | 0.0112                   | 0.05          | საანალიზო წონა<br>350 გრ |
| 2 | ბარცხანა    |                          | —                        |               | საანალიზო წონა<br>350 გრ |
| 3 | ჭოროხი      |                          | 0.0119                   |               | საანალიზო წონა<br>350 გრ |
| 4 | აჭარისწყალი |                          | 0,0111                   |               | საანალიზო წონა<br>350 გრ |
| 5 | კუბისწყალი  |                          | 0.0100                   |               | საანალიზო წონა<br>350 გრ |

მდინარეებში დაჭერილი თევზების საანალიზო ნიმუშებში Hg-ის შემცველობები

| № | მდინარე     | ნიმუშის ალების დრო  | შედები Hg მგ/კგ | ზღვ მგ/კგ | შენიშვნა              |
|---|-------------|---------------------|-----------------|-----------|-----------------------|
| 1 | ჩაქვისწყალი | 2020 წელი შემოდგომა | 0.0030          | 0.5       | საანალიზო წონა 350 გრ |
| 2 | ბარცხანა    |                     | 0.0032          |           | საანალიზო წონა 350 გრ |
| 3 | ჭოროხი      |                     | –               |           | საანალიზო წონა 350 გრ |
| 4 | აჭარისწყალი |                     | –               |           | საანალიზო წონა 350 გრ |
| 5 | კუბისწყალი  |                     | -               |           | საანალიზო წონა 350 გრ |

მდინარეებში დაჭერილი თევზების საანალიზო ნიმუშებში Cd-ის შემცველობები

| № | მდინარე     | ნიმუშის ალების დრო   | შედები Cd მგ/კგ | ზღვ. მგ/კგ | შენიშვნა  |
|---|-------------|----------------------|-----------------|------------|---|
| 1 | ჩაქვისწყალი | 2020 წელი სექტემბერი | 0.010           | 0.05       | საანალიზო წონა 350 გრ. (5 ც. თევზიდან ამოღებული მასალა) |
| 2 | ბარცხანა    |                      | —               |            | საანალიზო წონა 350 გრ. (5 ც. თევზიდან ამოღებული მასალა) |
| 3 | ჭოროხი      |                      | 0,012           |            | საანალიზო წონა 350 გრ. (5 ც. თევზიდან ამოღებული მასალა) |
| 4 | აჭარისწყალი |                      | 0.011           |            | საანალიზო წონა 350 გრ. (5 ც. თევზიდან ამოღებული მასალა) |
| 5 | კუბისწყალი  |                      | 0.010           |            | საანალიზო წონა 350 გრ. (5 ც. თევზიდან ამოღებული მასალა) |

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 დაფიქსირებული.

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 დაფიქსირებული. 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 კუბისწყალი) 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, 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 ავლნიშნოთ, ჩვენს მიერ თევზებზე ჩატარებული კვლევები აქტუალური და მნიშვნელოვანია. შედეგები საინტერესოა სპეციალისტებისა და დაინტერესებული პირებისათვის.

ამრიგად, ჩვენს მიერ, პირველად იქნა განსაზღვრული დასავლეთ საქართველოს მდინარეების (ჩაქვისწყალი, ბარცხანა, ჭოროხი, აჭარისწყალი და კუბასწყალი) თევზებში Hg და Cd შემცველობები.

თავი V. 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. გარემოს- დაცვითი მიზნების მისაღწევად სავალდებულოა წყლის რესურსების დაბინძურებასთან დაკავშირებული მთელი რიგი დირექტივების შესრულება[22].

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 ევრო-დირექტივის - 2000/60/EC-ის მიერ შემოთავაზებული მეთოდიკა).

მონიტორინგს ვატარებდით 2019-2020 წლებში სეზონურად (წლის ცივი და თბილი პერიოდი). ორ ერთმანეთისაგან განსხვავებულ მცირე მდინარის წყლის საანალიზო სინჯებში განსაზღვრულ იქნა სხვადასხვა დამაბინძურებლების შემცველობები (ბიოგენური ელემენტები, მძიმე ლითონები, სანიტარულ-მიკრობიოლოგიური მაჩვენებლები - *Escherichia coli* (*E. coli*), ტოტალური კოლიფორმები, ფეკალური სტრეპტოკოკები).

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 აჭარისწყალის 2019-2020 წლების თბილი პერიოდის (გაზაფხული-შემოდგომა) ჰიდროქიმიური, ფიზიკურ-ქიმიური და მიკრობიოლოგიური გასაშუალებებული მონაცემები მოცემულია ცხრილში №55, ამავე წლების ცივი პერიოდის (გვიანი შემოდგომა-ზამთარია) კი - ცხრილში №56, 57.



ბარცხანასა და აჭარისწყალის ჰიდროქიმიური, ფიზიკურ-ქიმიური და  
მიკრობიოლოგიური გასაშუალებული მაჩვენებლები

| №  | დასახელება                     | სინჯის აღების დრო და ადგილი<br>2019-2020<br>(თბილი პერიოდი) |             |         |
|----|--------------------------------|---|-------------|---------|
|    |                                | ბარცხანა  | აჭარისწყალი | ზღვი    |
| 1  | pH                             | 8.15  | 8.04        | 7.5-8.5 |
| 2  | გახსნილი ჟანგბადი (მგ/ლ)       | 9.7   | 11.98       | 4-6     |
| 3  | ჟმმ <sub>5</sub> , მგ/ლ        | 7.84  | 2.48        | 3       |
| 4  | NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>   | 0.15  | 0,002       | 1.1     |
| 5  | NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>   | 9.16  | 0.30        | 10      |
| 6  | NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>   | 0.75  | 0.03        | 0.39    |
| 7  | PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>  | 0.50  | 0.05        | 3.5     |
| 8  | SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>   | 15.1  | 23.7        | 500     |
| 9  | Cl <sup>-</sup>                | 9.8   | 3.33        | 350     |
| 10 | მინერალიზაცია (მგ/ლ)           | 126.7   | 124.1       |         |
| 11 | რკინა, Fe <sup>2+</sup> , მგ/ლ | 0.064   | 0.17        | 0.3     |
| 12 | E-coli                         | 6500  | 5800        |         |
| 13 | ტოტალური კოლიფორმები           | 10200   | 8600        |         |
| 14 | ფეკალური სტრეფტოკოკი           | 580   | 440         |         |

ბარცხანასა და აჭარისწყალის ჰიდროქიმიური, ფიზიკურ-ქიმიური და  
მიკრობიოლოგიური გასამუალებული მაჩვენებლები

| №  | დასახელება<br>(ინდიკატორები)   | სინჯის აღების დრო და ადგილი<br>2019-2020<br>(ცივი პერიოდი) |             |         |
|----|--------------------------------|--|-------------|---------|
|    |                                | ბარცხანა   | აჭარისწყალი | ზღვ     |
| 1  | pH                             | 7.82   | 8.27        | 7.5-8.5 |
| 2  | გახსნილი ჟანგბადი (მგ/ლ)       | 7.5  | 9.63        | 4-6     |
| 3  | ჟმმ, მგ/ლ                      | 8.14   | 2.42        | 3,0     |
| 4  | NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>   | 0.5  | 0.04        | 1.1     |
| 5  | NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>   | 0.65   | 0.15        | 10      |
| 6  | NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>   | 0.84   | 0.05        | 0.39    |
| 7  | PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>  | 2.56   | 1.37        | 3.5     |
| 8  | SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>  | 8.27   | 20.0        | 500     |
| 9  | Cl <sup>-</sup>                | 26.1   | 28.4        | 350     |
| 10 | მინერალიზაცია (მგ/ლ)           | 105.7  | 99.8        |         |
| 11 | რკინა, Fe <sup>2+</sup> , მგ/ლ | 0.2  | 0.24        | 0.3     |
| 12 | E-coli                         | 7500   | 6600        |         |
| 13 | ტოტალური კოლიფორმები           | 12400  | 9700        |         |
| 14 | ფეკალური სტრეფტოკოკი           | 840  | 540         |         |

მდინარეების ჰიდროქიმიური კვლევის შედეგების მიხედვით ჩანს, რომ ჩვენს მიერ შესწავლილი მდინარეების ჰიდროქიმიური პარამეტრები ზღვრულად დასაშვები კონცენტრაციის ფარგლებში მერყეობს და წყლის ხარისხი დამაკმაყოფილებელია.

ბიოგენური ელემენტები -  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_2^+$ ,  $\text{NO}_3^+$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$  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 მდინარეშიდა სხვა.

კვლევის შედეგებიდან გამომდინარე, ჩანს რომ მდ. ბარცხანას წყალში ამონიუმის იონების წლიური გასაშუალებული 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 ჟბმ.

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 აჭარისწყალის

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<sub>i</sub> - ჰიდროქიმიური ინდიკატორის კონცენტრაცია; MAC - ჰიდროქიმიური კომპონენტის ზღვრულად დასაშვები კონცენტრაცია; N - გამოთვლებში გამოყენებული ინდიკატორების რაოდენობა

იმ ჰიდროქიმიური ინდიკატორების ნუსხა, რომლებიც ჩვენის აზრით, მეტნაკლებად დაახასიათებდნენ ჩვენს მიერ შერჩეულ საკვლევ მდინარეებს მოცემულია ცხრილში №58.

## ბარცხანასა და აჭარისწყალისათვის შერჩეული ხარისხის ინდიკატორები

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

მიღებული შედეგების საფუძველზე, მდინარეების კლასიფიკაციები (ანუ დაბინძურების ხარისხის კლასი) შეფასებულ იქნა ცხრილი №59-ის მიხედვით, რომელშიც მოცემულია წყლის ხარისხის კლასიფიკაციის შეფასება დაბინძურების ინდექსების გამოყენებით [32].

ზედაპირული წყლების კლასიფიკაციის მისანიჭებლად, წყლის ჩარჩო დირექტივების (2000/60/EC) რეკომენდაციით [22] ეკოლოგიური ხარისხის კოეფიციენტების შკალა იყოფა 5 კატეგორიად. მდინარის ეკოლოგიური მდგომარეობის კლასიფიკაცია წარმოდგენილი უნდა იყოს შესაბამისი ფერადი კოდირებული რუკა: [32.33]

მდინარის ეკოლოგიური მდგომარეობის კოდირებული რუკის ფერები

- საუკეთესო - ცისფერი;
- კარგი - მწვანე;
- საშუალო - ყვითელი
- ცუდი - ნარინჯისფერი
- ძალიან ცუდი - წითელი

ცხრილში №58 მოცემულია წყლის ხარისხის კლასიფიკაციის შეფასება დაბინძურების ინდექსების გამოყენებით

| № | 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 №60

მდ. ბარცხანას და მდ. აჭარისწყლის ხარისხის კლასიფიკაცია

| მდინარე                             | დაბინძურების ინდექსი | წყლის ხარისხის კლასი | ფერადი კოდი |
|-------------------------------------|----------------------|----------------------|-------------|
| ბარცხანა<br>(წლის ცივი პერიოდი)     | 0.91                 | 1                    | მწვანე      |
| ბარცხანა<br>(წლის თბილი პერიოდი)    | 1.04                 | 2                    | ყვითელი     |
| აჭარისწყალი<br>(წლის ცივი პერიოდი)  | 0.51                 | 1                    | მწვანე      |
| აჭარისწყალი<br>(წლის თბილი პერიოდი) | 0.52                 | 1                    | მწვანე      |

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 (წყალმცირობის პერიოდი). მაგალითად, ბარცხანას წყალი უფრო დაბინძურებულია, ვიდრე მდინარე აჭარისწყალი. დაბინძურების ხარისხში სხვაობა განსაკუთრებით იზრდება წლის თბილ პერიოდში (წყალმცირობის 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, იხილეთ ცხრ №59). 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

განხორციელებული კვლევების საფუძველზე შეიძლება გამოვიტანოთ შემდეგი 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 ეკოლოგიურმდგომარეობაზე 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 მდინარეებში ჰიდრობიონტების, თევზების და მათი პოპულაციების მოწამვლას, ამასთან, აღსანიშნავია ის ფაქტიც, რომ ვერცხლისწყალი ხასიათდება წყალში ხანმოკლე არსებობით, რადგანაც 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,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$ ), 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.

## გამოყენებული ლიტერატურა

1. გვახარია ვ., გელაშვილი ნ., მაჩიტაძე ნ., მაისურაძე გ., ხარგელია რ., გორგვლიანი დ., ბედენაშვილი გ. შავი ზღვის საქართველოს სექტორის ქიმიური ეკოლოგიის პრობლემები // შავი ზღვის აუზის ეკოლოგიური პრობლემები და გარემოსათვის ნაკლებად მავნე სასოფლო-სამეურნეო ტექნოლოგიები. ეროვნული სამეცნიერო-ტექნიკური კონფერენცია, აჭარა, ჩაქვი, შრომები, 2004, გვ. 37-41.
2. გვახარია ვ., მაჩიტაძე ნ., გელაშვილი ნ., ბენაშვილი ნ. შავი ზღვის საქართველოს სექტორის მდინარეების ქვემოწელის ჰიდროქიმიური გამოკვლევა // საქართველოს საპატრიარქოს წმ. ანდრია პირველწოდებულის სახელობის ქართული უნივერსიტეტის ბიულეტენი, № 1, 2009, გვ. 134-142.
3. გვახარია ვ., მაჩიტაძე ნ., სტამატელი მ., გელაშვილი ნ., ბენაშვილი ნ., ხუხუნია ც., ხომერიკი ლ. ლითონებისა და ნავთობის ნახშირწყალბადების შემცველობა და განაწილება შავი ზღვის საქართველოს სექტორის ზღვის ფსკერულ ნალექებში (2008 წლის მონაცემების მიხედვით). // ალექსანდრე ჯანელიძის გეოლოგიის ინსტიტუტის შრომები. ახალი სერია. ნაკვ. 125, 2010, გვ. 89-97.
4. ევროკავშირი. წყლის ჩარჩო დირექტივა (2000/60/EC). (TACIS/2007/134-398)
5. ვაშაკიძე, ა. (1989). სამრეწველო და სოფლის მეურნეობის შხამების ტოქსიკოლოგია და ჰიგიენა. თბილისი: მეცნიერება 14(17): 67-69.
6. თვალჭრელიძე მ., გვახარია ვ., მაჩიტაძე ნ. ქიმიური ელემენტების განაწილების თავისებურებები და მათი ფორმები შავი ზღვის თანამედროვე ნალექებში (საქართველოს სექტორი) // საქართველოს გეოგრაფიის აქტუალური პრობლემები, თბილისი, "მეცნიერება", 2001, გვ. 295-303.
7. თხელიძე, რ., ლიპარტელიანი, რ., მუმლაძე, ნ., ხომასურიძე, ხ., და დანელია, გ. (2009). სოფლის მეურნეობის ქიმიზაცია და გარემოს დაცვა. თბილისი.
8. კერესელიძე, ზ., (2003). ზღვებისა და მტკნარი წყლების ბიოლოგია. თბილისი. უნივერსიტეტის გამომცემლობა.
9. მდინარე ჭოროხი - აჭარისწყლის აუზის მართვის გეგმა სანაპირო და გარდამავალი წყლები/ (2016) თბილისი.

10. მჭედლური, თ.,(2009) „აღმოსავლეთ საქართველოს ღია წყალსატევების მიკრობული თვითგაწმენდის პროცესების მონიტორინგი და ბიონდიკაცია“ თბილისი. უნივერსალი.
11. მჭედლური, თ.,(2021) „ჰიდრობიოლოგია“. თელავი.
12. ონიანი, ჯ (2000) „ზოგადი ჰიდრობიოლოგია“ თბილისი.
13. ონიანი, ჯ (2003) „ცოცხალი ბუნების დაცვა“თბილისი. უნივერსიტეტის გამომცემლობა.
14. პეპენაშვილი, ნ., კლიმიაშვილი, ლ., და მალრაძე, კ. (2008). გარემო და მდგრადი განვითარება. თბილისი: განათლება.
15. სუპატაშვილი გ. (2009). გარემოს ქიმია. თბილისი. უნივერსიტეტის გამომცემლობა
16. სუპატაშვილი, გ., ქაჯაია, გ., (2001). გარემო და ადამიანი. თბილისი.
17. ქაჯაია, გ. (2002). გამოყენებითი ეკოლოგიის საფუძვლები. თბილისი: განათლება.
18. ქაჯაია, გ. (2005). ჯანმრთელობა და გარემო. SENCER.
19. ქაჯაია, გ. (2008). გარემოს დაცვის ეკოლოგიური პრინციპები. თბილისი.
20. ლოლობერიძე, მ. (1992). წყლის ეკოსისტემები, დაცვა და რაციონალური გამოყენება. თბილისი: მეცნიერება.
21. ყრუაშვილი, ი., ინაშვილი, ი., კუპრავეიშვილი, მ., და ბზიავა, კ. (2008). წყლის რესურსების ინტეგრირებული მართვა. სსაუ. თბილისი.
22. წყლის ჩარჩო დირექტივის (2000/60/EC) განხორციელების ერთიანი სტრატეგია. (TACIS/2007/134-398).
23. ხმალაძე, გ. (1997). საქართველოს წყლის რესურსები. სტრატეგიული კვლევისა და განვითარების ცენტრი. ბიულეტენი 1(2). გამომცემლობა
24. სუპატაშვილი, გ., ქაჯაია, გ., (2001). გარემო და ადამიანი. თბილისი.
25. ქაჯაია, გ. (2002). გამოყენებითი ეკოლოგიის საფუძვლები. თბილისი: განათლება.
26. ქაჯაია, გ. (2005). ჯანმრთელობა და გარემო. SENCER.
27. ჯაფომვილი ბ., ნინუა ნ., ბოჭორიშვილი ვ., (2013) საქართველოს თევზები

28. Ahmad A., Ghufuran R., Wahid Z. A., Cd, As, Cu, and Zn Transfer through Dry to Rehydrated Biomass of *Spirulina Platensis* from Wastewater, *Polish J. of Environ. Stud.*, 2010,19(5), pp. 887-893.
29. Alluri H. K., Ronda S.R., Settalluri V.S., Bondili J.S., Suryanarayana. V., Venkateshwar. P., Biosorption: An eco-friendly alternative for heavy metal removal *African, Journal of Biotechnology*, 2007, 6 (25), pp. 2924-2931.
30. Aubrey, D., S. Moncheva, E. Demirov, V. Diaconu, and A. Dimitrov, (1996) Environmental changes in the Black Sea related to anthropogenic and natural conditions.
31. Bakan, G. et al. (1996) Evaluation of the Black Sea Land-Based Sources Inventory Results of the Coastal Region of Turkey, In Proceedings of the International Workshop on MED and Black Sea ICZM, 2±5 November, Sarygerme, Turkey.
32. Balkas, T. et al. (1990) State of the Marine Environment in the Black Sea Region. UNEP Regional Sea Reports and Studies No. 124, UNEP, 41 pp.
33. Barnes, R. S. & Mann, K. H. 1991: Fundamentals of Aquatic Ecology. 2nd edition, Blackwell Science, Oxford, 270 pp.
34. Birds, D. (2009). Directive 2009/147/EC of the European Parliament and of the Council of 30 November
35. Black Sea Environmental Programme, 1993: Saving the Black Sea, (GEF BSEP Newsletter), 28 pp. New York: World Bank.
36. Bressler J., Kim K.A., Chakraborti T., Goldstein G., Molecular mechanisms of lead neurotoxicity, *Neurochem Res.*, 1999, 24(4) pp. 595-600
37. Brzóska M.M., Moniuszko-Jakoniuk J, Interactions between cadmium and zinc in the organism, *Food and Chemical Toxicology*, 2001 39(10), pp. 967–980
38. BSEP (1994) Saving the Black Sea. Official Newsletter of the GEF, Black Sea Environmental Programme, Issue 1.
39. De-Bashan L.E., Bashan Y., Immobilized microalgae for removing pollutants: Review of practical aspects, *Bioresource Technology*, 2010, 101, pp. 1611–1627.
40. Diasamidze, R., and Karchava G.(2003). Environments ecological audit for sustainable development of the region on the exemple of Ajara. *Bul. Of Georgian Acad.of Sciences*, 167(2): 354-356.
41. Directive, E. U. W. (1991). Council Directive of 21. May 1991 concerning urban waste water treatment (91/271/EEC). Official Journal of the European Communities.
42. Environment Agency. (2009). River Basin Management Plan, South East River Basin District: Annex I:Designating artificial and heavily modified water bodies.

43. Fehér, J., Gáspár, J., Szurdiné Veres, K., Kiss, A., Austnes, K., Globevnik, L., Kristensen, P. (2012). Hydromorphological alterations and pressures in European rivers, lakes, transitional and coastal waters:
44. Final Project Report (1996) GEF National Black Sea Land-Based Pollution Routine Monitoring Project. Prepared by Research Center of Environment in Ondokuz Mayıs University, Samsun, Turkey.
45. GEF (1996a) (The Global Environmental Facility, Black Sea Environmental Programme).
46. GEF (1996b) Black Sea Transboundary Diagnostic Analysis. United Nations Development Programme, Istanbul.
47. Ghoghoberidze M, "Protection and rational use of water ecosystems". Tbilisi
48. Giakoumis, T., & Voulvoulis, N. (2019). Water Framework Directive programmes of measures: Lessons from the 1st planning cycle of a catchment in England. *Science of The Total Environment*, 668, 903–916.
49. Guidance document on analysis of pressures and impacts and assessment of risks applicable for Georgia /USAID governing for growth (G4G) in Georgia
50. Guidance, W. R.D. (2016). Final draft, version 6. 0. 6. WFD CIS (Water Framework Directive's Common Implementation Strategy).
51. Hazardous waste management, Environmental resources management, LaGrega M.D., Buckingham P.L., Evans J. C., Second edition, Waveland Press, Inc., 2010.
52. Herbke, N., Dworak, T., Karaczun, Z. M., Petersen, J.-E., Werner, B., Bidoglio, G., & Bouraoui, F. (2006).
53. Identification and designation of heavily modified and artificial water bodies. (2003). Common implementation strategy for the water framework directive (2000/60/EC), Guidance document: Vol. 4. Luxembourg: OPOCE.
54. Imhoff R. R. Toxic substances management principles derived from experience with water quality management in the river basin/
55. Imhoff R. R., Koppe P., Nusch E. A. // Toxic Substances Management in Lakes and Reservoirs. – Otsu : ILEC, 1991. – P. 127–159.
56. Impact of the rivers on the Black Sea ecosystem. Bucharest 2021.
57. IMPRESS, W. G. (2003). Guidance for the analysis of pressures and impacts in accordance with the Water Framework Directive. In Guidance Document prepared by WG IMPRESS.
58. ISO 11047:1998. Soil quality-Determination of cadmium, chromium, cobalt, copper, lead, nickel and zinc-Flame and electrothermal atomic absorption spectrometric methods.
59. ISO 16772:2004. Soil quality - Determination of mercury in aqua regia soil extracts with cold-vapour atomic spectrometry or cold-vapour atomic fluorescence spectrometry.

60. ISO 6058:1984 – ISO 6058:1984. Water quality – Determination of calcium content-EDTA titrimetric method.
61. ISO 6058:1984. Water quality - Determination of calcium content-EDTA titrimetric method.
62. ISO 6059:1984 –ISO 6059:1984. Water quality – Determination of the sum of calcium and magnesium –EDTA titrimetric method.
63. ISO 6059:1984. Water quality - Determination of the sum of calcium and magnesium - EDTA titrimetric method.
64. ISO 6595:1982. Water quality-Determination of total arsenic-silver diethildithiocarbamate spectrophotometric method.
65. ISO 9280:1990. Water quality - Determination of sulfate - Gravimetric method using barium chloride.
66. ISO 9297:1989 – ISO 9297:1989. Water quality – Determination of chloride - Silver nitrate titration with chromate indicator (Mohr's method).
67. ISO 9297:1989. Water quality - Determination of chloride - Silver nitrate titration with chromate indicator (Mohr's method).
68. ISO 9964-1:1993. Water quality - Determination of sodium and potassium - Part 1: Determination of sodium by atomic absorption spectrometry.
69. J. Jackson // Toxic Substances Management in Lakes and Reservoirs. – Otsu : ILEC, 1991. – P. 65–80.
70. J. N. Galloway // Water, Air and Soil. – 1995. – Vol. 85. – P. 15–24.
71. Jackson J. Heavy metals and other inorganic toxic substances /
72. Jaiani, E., Natroshvili, G., Tediashvili, M., Giorgadze, N., and Lashkhi N. (1999). Investigation of microbial pollution in aquatic reservoirs of Tbilisi by biological methods. I Caucasian Symposium on medical-Biological Sciences, Thesis, September 21-25, Tbilisi mecniereba., p73-74.
73. Kampa, E., & Laaser, C. (2009). Heavily modified water bodies: information exchange on designation, assessment of ecological potential, objective setting and measures. In Common implementation strategy workshop, Brussels.
74. Karchava, G., and Diasamidze, R. (1998). Estimate of the coastal waters contamination and their sanitary-biological state within the Black Sea resorts zone (with the examples of Batumi) *Experimental Biology and Medicine* (Megobari Publishing House),24(1-5):53-57.
75. Kristensen, P., Whalley, C., Néry, F., Zal, N., & Christiansen, T. (2018). European waters: Assessment of status and pressures 2018. EEA report// European Environment Agency: No 7/2018. Luxembourg: Publications Office of the European Union

76. Lipartelian M. Mchedluri T. "Eco-chemical condition of the rivers Bartskhana and Adjaristskali and their classification according to integrated hydro-chemical indicators." *Journal of Hard Tissue Biology*. 2021.
77. Liparteliani M. Mchedluri T, Dolidze K. Koptonashvili L ,, Determination of cadmium content in fish of the Black Sea basin rivers." (2022) *Hydrobiologia*. Volume 849.
78. Mchedluri T, Makharoblidze N. (2018) „Determination of Cadmium and Mercury Contamination Level in the Fish of the River Mtkvari”
79. Mchedluri T. Lipartelian M „RESULTS OF ECOLOGICAL RESEARCH OF THE BLACK SEA (ADJARA TERRITORY) BASIN RIVERS” International Conference. August 20, 2020. San Francisco, California, USA
80. Mchedluri T. Lipartelian M ,, Results of hydrochemical research of the Black Sea basin rivers”. *European Journal of Agricultural and Rural Education (EJARE)*. 2021.
81. Mchedluri, T. (2009). Monitoring and bioindication of processes of microbe self clearing of open water bodies of Eastern Georgia. Tbilisi.Universal.
82. Mchedluri, T. (2018). *Hydrobiology*. Tbilisi
83. Mee, L. D. (1992) *The Black Sea in crisis: the need for concerted international action*. *Ambio* 21 (4).
84. Mitchell, R. (1976). *Water Pollution Microbiology*. *Inc. New York.*, 3(11):319.
85. Mitchell, R. (1976). *Water Pollution Microbiology*. *Inc. New York.*, 3(11):319.
86. Naja G., Murphy V., Volesky B., *Bioprocess, Bioseparation, and Cell Technology: Biosorption, Metals, Encyclopedia of Industrial Biotechnology*, 2010.
87. Ozdemir, A. et al. (1997) *The nitrogen loads carried by rivers and streams to the Black Sea*.
88. Perfus-Barbeoch L., Leonhardt N., Vavasseur A., Forestier C., *Heavy metal toxicity: cadmium permeates through calcium channels and disturbs the plant water status*, *The Plant Journal*, 2002, 32, pp. 539–548.
89. Salanki J. *Heavy metals in Lake Balaton / J. Salanki, I. Licsko // Toxic Substances Management in Lakes and Reservoirs*. – Otsu : ILEC, 1991. –P. 81–85.
90. Sarikaya, H. Z., Sevimli, M. F. and Cβ itil, E. (1999) *Region-wide assessment of the land-based sources of pollution of the Black Sea*. *Water Science and Technology* 39 (8).
91. Simons T. J. B., *Cellular Interactions Between Lead And Calcium*, *Oxford Journals, British Medical Bulletin*, 1986, 42(4), pp. 431-434
92. *Thematic assessment for EEA Water 2012 Report*. Prague: European Topic Centre on Inland, Coastal and Marine Waters.
93. Wetzel, R. G. 2001: *Limnology: Lake and River Ecosystems*. Academic Press, San Diego 1006. pp.

94. WFD and Agriculture- Analysis of the Pressures and Impacts Broaden the Problem's Scope. Interim Report. Version, 6.
95. WHO (1995) Manual for recreational water and beach quality monitoring and assessment, Draft. WHO Regional Office for Europe, European Centre for Environmental and Health. Yuksek, O. et al. (1995) Coastal erosion in eastern Black Sea region, Turkey.
96. Wren C. D., MacCrimmon H. R., Loescher B. R., Examination of bioaccumulation and biomagnification of metals in a precambrian shield lake, Water, Air, and Soil Pollution, 1983, 19(3),
97. Wren C. D., MacCrimmon H. R., Loescher B. R., Examination of bioaccumulation and biomagnification of metals in a precambrian shield lake, Water, Air, and Soil Pollution. 1983, 19(3), pp. 277-291.
98. Алекин О. А. Основы гидрохимии / О. А. Алекин. – Л. : Гидрометеиздат, 1970. – 296 с.
99. Алексеев В. А. Основа биоиндикации качества поверхностных вод на уровне организмов // Водн. ресурсы. – 1984. – № 2. – С. 107–121.
100. Алексеев В. В. Теоретические и экспериментальные исследования экологических систем // Итоги науки и техники. Общая экология. Биоценология. Гидробиология. – М., 1980. – Т. 5. – С. 58–104.
101. Алимов А. Ф., Балущкина Е. В., Умнов А. А // Экологическая экспертиза и критерии экологического нормирования. – СПб. : СПбНЦ РАН, 1996. – С. 37–47.
102. Баканов А. И. О некоторых методологических вопросах применения
103. Баканов А. И. Способ ранжирования гидробиологических данных в зависимости от экологической обстановки в водоеме // Биол. внутр. вод. –1997. – № 1. – С. 53–58.
104. Башкин В. Н. Оценка степени риска при критических нагрузках загрязняющих веществ на экосистемы // География и природные ресурсы. 1999. – № 1. – С. 35–39.
105. Гидрохимические показатели состояния окружающей среды. /Под ред. Т.В. Гусевой/- М.:ФОРУМ: ИНФРА-М, 2010
106. ГН 2.1.5.1315-03. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурнобытового водопользования.



- 107.ГОСТ 12536-79. "Грунты. Методы лабораторного определения гранулометрического (зернового) и микроагрегатного состава".
- 108.ГОСТ 17.1.3.07-82. Гидросфера. Правила контроля качества воды водоемов и водотоков.
- 109.ГОСТ 17.1.5.01-80 Охрана природы (ССОП). Гидросфера. Общие требования к отбору проб донных отложений водных объектов для анализа на загрязненность.
- 110.ГОСТ 23268.3-78. Воды минеральные питьевые лечебные, лечебно-столовые и природные столовые. Методы определения гидрокарбонат-ионов.
- 111.ГОСТ 31859-2012. Вода. Метод определения химического потребления
112. ГОСТ 31861-2012. Вода. Общие требования к отбору проб.
113. ГОСТ 31865-2012 Вода. Единица жесткости.
114. ГОСТ 31868-2012 Вода. Методы определения цветности.
- 115.ГОСТ 4152-89. Вода питьевая. Метод определения массовой концентрации мышьяка.
- 116.ГОСТ Р 51212-98 Вода питьевая. Методы определения содержания общей ртути беспламенной атомно-абсорбционной спектрометрией
117. ГОСТ Р 57164-2016 Вода Методы определения запаха, вкуса и мутности.
- 118.Завгородняя Ю. А., Караванова Е. И., Салпагарова И. А. ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ. МОСКВА 2019.
- 119.Небел Б. Наука об окружающей среде : в 2 т. / Б. Небел ; пер. с англ. М. В. Зубкова [и др.]. – М. : Мир, 1993. – Т. 1. – 424 с.; Т. 2. – 330 с.
- 120.системного подхода для изучения структур водных экосистем // Биол. внутр. вод. – 2000. – № 2. – С. 5–18.