**იაკობ გოგებაშვილის სახელობის თელავის სახელმწიფო უნივერსიტეტი**

ზუსტ და საბუნებისმეტყველო მეცნიერებათა ფაკულტეტი

**ნინო მახარობლიძე**

**აღმოსავლეთ საქართველოს მდინარეების ეკოლოგიური მონიტორინგი და დამაბინძურებლების გავლენა ბიომრავალფეროვნებაზე**

**დ ი ს ე რ ტ ა ც ი ა**

წარმოდგენილია ბიოლოგიის დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად

სამეცნიერო ხელმძღვანელი:

 ბიოლოგიის მეცნიერებათა დოქტორი, პროფესორი თეა მჭედლური

თელავი

2018

**სარჩევი**

**შესავალი**

**თავი I ლიტერატურული მიმოხილვა**

* 1. წყლის ეკოსისტემისდაცვის პრობლემის ეკოლოგიური ასპექტები
	2. ბუნებრივი წყლების შემადგენლობაში შემავალი მიკრო და მაკროკომპონენტები
	3. ზედაპირული წყლების დამაბინძურებლები და მათი გავლენა ჰიდრობიონტებზე
	4. წყალსატევების ანთროპოგენური ევტროფიკაცია, გამომწვევი მიზეზები და თავიდან აცილების გზები
	5. წყალსატევების ბიოლოგიური თვითგაწმენდა
	6. მდინარეების - მტკვრის, ლიახვის, ხრამის, ალაზნის აუზის დახასიათება და მათიბიომრავალფეროვნება

**თავი II კვლევის ობიექტი და მეთოდები**

2. 1 მდინარის წყლის საკვლევი სინჯებისაღების მეთოდები.

2.2. წყლის ქიმიური უვნებლობის შესწავლა

2.3 წყლის ქიმიური უსაფრთხოების განმსაზღვრელი ზოგიერთი

2. 4 წყლის ორგანოლეპტიკური თვისებების შესწავლა

* 1. წყლის ეპიდემიოლოგიური უსაფრთხოების შესწავლა
	2. ანიონების კონცენტრაციების განსაზღვრა იონური ქრომატოგრაფიის მეთოდით
	3. სანიტარულ-მიკრობიოლოგიური მაჩვენებლების გამოთვლამემბრანული ფილტრაციის მეთოდი

2.8. მძიმე ლითონების განსაზღვრა აქსიალური ინდუქციური პლაზმის (ICP-OES) სპექტრომეტრით

2.9 ვერცხლისწყლის კონცენტრაციის განსაზღვრა საანალიზო პროდუქტში (თევზი) კოლორიმეტრულიმეთოდით (გოსტ 26927-86)

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

2.11 Hg-ისა და Cd-ის განსაზღვრა მდინარის წყლებში ატომურ-აბსორბციული მეთოდის მეშვეობით

**თავი III კვლევის შედეგები და მათი განხილვა**

3.1 აღმოსავლეთ საქართველოს მდინარეების (მტკვარი, ალაზანი, ლიახვი, ხრამი) ეკოლოგიურიმონიტორინგი

3.1. მდინარე მტკვარი

3.2. მდინარე ლიახვი

3.3 მდინარე ხრამი

3.4. მდინარე ალაზნი

3.5. მდინარე მტკვრის წყალში ვერცხლისწყლისა და კადმიუმის შემცველობების განსაზღვრა და მათი მოქმედება თევზებზე.

**დასკვნა**

**გამოყენებული ლიტერატურა**

**შესავალი**

**თემის აქტუალობა:** სუფთა წყლის პრობლემა და წყლის ეკოსისტემების დაცვა საზოგადოების ისტორიული განვითარების შედეგად მით უფრო მნიშვნელოვანი ხდება, რაც უფრო სწრაფად იზრდება ანთროპოგენური ფაქტორების ზემოქმედება ბუნებაზე. წყალსატევთა რესურსების დეგრადაცია ხშირად გამოწვეულია მათი ანთროპოგენური ევტროფიკაციით, რასაც თან ახლავს ეკოსისტემაში ნივთიერებათა ბალანსის რღვევა და წყალსატევების სანიტარული - რეკრეაციული მდგომარეობის გაუარესება. გამაჭუჭყიანებელი ნივთიერებების ეკოლოგიური მოქმედება გამოვლინდება ორგანიზმების, პოპულაციების, ბიოცენოზების და ეკოსისტემების დონეზე. წყალსატევების მზარდი დაბინძურება გაძლიერებული ანთროპოგენური დატვირთვის ფონზე, აქვეითებს წყლის თვითგაწმენდის უნარს, იწვევს ევტროფიკაციის პროცესის წარმოქმნას და აუარესებს წყლის ხარისხს. ბუნებრივი წყლების დაბინძურებამ კი შესაძლებელია მიგვიყვანოს წყალსატევების დეგრადაციამდე და სუფთა სასმელი წყლის რესურსების კატასტროფულ შემცირებამდე. სამწუხაროდ, წყლის ხარისხი ზედაპირულ ობიექტებში ხშირად არ შეესაბამება ევროპაში დადგენილ ნორმებს. წყალსატევების დაბინძურების შედეგად ხდება წყლის ორგანიზმების მოწამვლა, თევზის რაოდენობის შემცირება, ბუნებრივი ლანდშაფტების მდგომარეობის გაუარესება და ა.შ. ყოველივე ეს უდიდეს საფრთხეს უქმნის როგორც ბიომრავალფეროვნებას და ეკოსისტემების მთლიანობას, ასევე, ადამიანის ჯანმრთელობას.

გლობალური პრობლემები, რომლებიც წყლის რესურსების წინაშე დგას გადაწვეტას მოითხოვს. რის გამოც, საჭიროა მიზანდასახულ ღონისძებათა კომპლექსის განხორციელება, რაც შესაძლებელს გახდის ამ პრობლემების გადაწყვეტას და წყლის კრიზისის თავიდან აცილებას.

საქართველო წყლის რესურსებით მდიდარ ქვეყანას წარმოადგენს. არსებული მდინარეების სასურველი ეკოლოგიური მდგომარეობის შენარჩუნება და დაცვა დღეისათვის განსაკუთრებულ მიდგომასა და გადაწყვეტას მოითხოვს. მათი მთავარი დამაბინძურებელია სამრეწველო, სამეურნეო-საყოფაცხოვრებო ჩამდინარე წყლები, სოფლის მეურნეობაში გამოყენებული შხამ-ქიმიკატები, სასუქები და სხვა. ბოლო ათწლეულების განმავლობაში მკვეთრად შეიცვალა ეკოსისტემებზე ანთროპოგენური ზემოქმედების ხარისხი და ინტენსივობა. ზედაპირული წყლების ეკოტოქსიკოლოგიური მონიტორინგი და წყლის ხარისხის კონტროლი ერთ-ერთი საშუალებაა, რომლითაც შეიძლება შემოწმდეს მდინარეების რეალურად არსებული ეკოლოგიური მდგომარეობა. აღნიშნულიდან გამომდინარე, ნათლად ჩანს წყალსატევების რეგულარული მონიტორინგის, დაბინძურების წყაროსა და გავრცელების გზების დადგენის აუცილებლობა.

**სამუშაოს მიზანი და ამოცანები:** ჩვენი სამუშაო მიზნად ისახავდა აღმოსავლეთ საქართველოს მდინარეების (მტკვარი, ლიახვი, ხრამი, ალაზანი) ეკოლოგიური მდგომარეობის მონიტორინგს მზარდი ანთროპოგენური დაბინძურების ფონზე; მდინარეების დაჭუჭყიანების ხარისხისა და დამაბინძურებლების გავლენის დადგენას ადგილობრივ ბიომრავალფეროვნებაზე; მდინარე მტკვრის წყალსა და თევზებში ისეთი საშიში ტოქსიკანტების შემცველობის განსაზღვრას, როგორიცაა ვერცხლისწყალი და კადმიუმი;

მდინარეების ეკოტოქსიკოლოგიურ მონიტორინგს ვაწარმოებდით 2016-2017 წლებში, ანალიზები ჩატარებულია თანამედროვე მეთოდების გამოყენებით, რომლებიც პასუხობენ და შესაბამისობაში არიან ევროპულ სტანდარტებთან.

 მიზნის მისაღწევად დასახული იყო შემდეგი ამოცანები: მტკვრის, ლიახვის, ხრამისა და ალაზნის ფიზიკურ-ქიმიური, ჰიდროქიმიური და სანიტარულ-მიკრობიოლოგიური კვლევა, რათა კომპლექსურად დაგვედგინა მდინარეებზე ანთროპოგენური დატვირთვის გავლენა და მასში მიმდინარე თვითგაწმენდის პროცესების დინამიკა; მდინარეების წყალში მძიმე ლითონების შემცველობის განსაზღვრა; თითოეული მდინარისათვის დამახასიათებელი დამაბინძურებლებისა და მათი კონცენტრაციების დადგენა; მონიტორინგის შედეგებიდან გამომდინარე გაგვერკვია, ხდება თუ არა მდინარეების დაბინძურება ისეთი ტოქსიკური ნივთიერებებით, რომლების ნეგატიურ გავლენას მოახდენენ მდინარის თვითგაწმენდის პროცესებზე, წყლის ეკოსისტემების, ჰიდრობიონტების, მათი პოპულაციებისა და წყალსატევის ბიოცენოზების ეკოლოგიურ მდგომარეობაზე.

**ნაშრომის მეცნიერული სიახლე და პრაქტიკული ღირებულება:** განხორციელებული სამეცნიერო კვლევის შედეგებს მნიშვნელოვანი მეცნიერული და პრაქტიკული ღირებულება გააჩნია. ჩვენს მიერ, ბოლო წლების განმავლობაში, პირველად იქნა ჩატარებული აღმოსავლეთ საქართველოს მდინარეების - მტკვარის, ლიახვის, ხრამის, ალაზანის ასეთი სისტემური სანიტარულ-მიკრობიოლოგიური და სანიტარულ-ქიმიური კვლევა; შეფასებულია მდინარეების წყლის ხარისხი, მათზე ანთროპოგენური ფაქტორების გავლენა და მათში მიმდინარე თვითგაწმენდის პროცესების დინამიკა; მდინარეების წყალში განსაზღვრულია ზოგიერთი მძიმე ლითონის შემცველობა, ხოლო მდინარე მტკვრის წყალში დამატებით - ვერცხლისწყლისა და კადმიუმის შემცველობები. მნიშვნელოვანია, რომ საქართველოში, ჩვენს მიერ, პირველად იქნა განსაზღვრული მდინარე მტკვრის თევზებში Hg და Cd ის შემცველობა.

აღსანიშნავია, რომ შესრულებული სამუშაო თემატიკის აქტუალობით, მეცნიერული სიახლით, ექსპერიმენტით და დასკვნების დონის მიხედვით, გარკვეულ თეორიულ და პრაქტიკულ ინტერესს იწვევს. კვლევის შედეგების გამოყენება შესაძლებელია გარემოს ფონური ეკოლოგიური სიტუაციის დახასიათებისათვის, წყალსატევის ეკოლოგიური უსაფრთხოების, სისტემის სრულყოფისა და პრაქტიკული რეკომენდაციების შემუშავებისათვის.

**დისერტაციის მასალების აპრობაცია:**

დისერტაციის მასალები წარდგენილი, მოხსენებული და განხილულ იქნა:

* თელავის იაკობ გოგებაშვილის სახელობის სახელმწიფო უნივერსიტეტის ზუსტ და საბუნებისმეტყველო მეცნიერებათა ფაკულტეტის საბუნებისმეტყველო დეპარტამენტის სხდომაზე (კოლოქვიუმი I და კოლოქვიუმი II)
* აქტუალური პრობლემები საბუნებისმეტყველო მეცნიერებებში. საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია. 4-5 მაისი. 2017 წელი. განჯა.
* აქტუალური პრობლემები საბუნებისმეტყველო მეცნიერებებში. საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია. 17-18 ოქტომბერი. 2017წელი. განჯა.
* მე-4 საერთაშორისო კონფერენცია. ინგლისი - 26 დეკემბერი. 2017 წელი.

**პუბლიკაციები:**

დისერტაციის მასალების მიხედვით გამოქვეყნებულია 6 სამეცნიერო ნაშრომი.

**ნაშრომის მოცულობა და სტრუქტურა.**

სადისერტავიო ნაშრომი შედგება შესავლის, ლიტერატურული მიმოხილვის, კვლევის ობიექტის და მეთოდების, კვლევის შედეგებისა და განხილვის, დასკვნებისა და გამოყენებული ლიტერატურის ნუსხისაგან, რომელიც მოიცავს 139 წყაროს. სადისერტაციო ნაშრომი წარმოადგენს კომპიუტერზე ნაბეჭდ 141 გვერდს, რომელიც ილუსტრირებულია 17 გრაფიკით და 32 ცხრილით.

**თავი I**

**ლიტერატურული მიმოხილვა**

**1.1 წყლის ეკოსისტემის დაცვის პრობლემის ეკოლოგიური ასპექტები**

სუფთა წყლის პრობლემა და წყლის ეკოსისტემების დაცვა საზოგადოების ისტორიული განვითარების შედეგად მით უფრო მნიშვნელოვანი ხდება, რაც უფრო სწრაფად იზრდება სამეცნიერო-ტექნიკური რევოლუციით გამოწვეული ანთროპოგენური ფაქტორების ზემოქმედება ბუნებაზე.

დღესდღეობით, დედამიწის მრავალ რაიონში, შეინიშნებასაკმაოდ დიდი სიძნელეები წყალმოხმარების (სასმელი და ტექნიკური წყალმომარაგება, რწყვა და სხვა) და წყალმომარაგების უზრუნველყოფაში (რეკრეაცია, ნავიგაცია, ენერგეტიკა და სხვა) წყლის რესურსების ხარისხობრივი და რაოდნეობირვი გამოფიტვის შედეგად, რაც დაკავშირებულია წყალსატავების გაჭუჭყიანებასთან და მათგან დიდი მოცულობით წყლის ამოღებასთან. თავისი მასშტაბებით კოლოსალური ზარალი მოაქვს ჰიდრომშენებლობას (წყლის დინების შეცვლა ან მდინარეთა ნაკადის სხვა მხარეში გასროლა და სხვა), რომელიც მიმდინარეობს ენერგეტიკის, მიწების მორწყვის და ნავიგაციის ინტერესებისათის და ასევე სხვა მიზნებისთვის.

წყალსატევები უმეტესწილად ჭუჭყიანდება მათში სასოფლო-სამეურნეო, სამრეწველო და საყოფაცხოვრებო ნარჩენების მოხვედრით ან ასევე ატმოსფერული ნალექებით გამაჭუჭყიანებლების ჩამონადენებით, გარდა ამისა, ადამიანის უშუალო საქმიანობით (ნაოსნობა, ნავთობის ტრანსპორტი, წყალქვეშა ბურღვები, ხე-ტყის დაცურება და სხვა). წყალსატევების უმრავლესობაში გაჭუჭყიანება იმდენად დიდია, რომ ისინი უკვე სრულ დეგრადაციამდეა მისული და გამოუსადეგარი ხდება როგორც წყალმომარაგების წყაროები თევზსამეურნეო დანიშნულებისათვის. ყველაფერი ეს უარყოფითად მოქმედებს ჰიდროეკოსისტემების რესურსულ ღირებულებაზე [21].

წყალსატევთა რესურსების დეგრადაცია ხშირად გამოწვეულია მათი ანთროპოგენური ევტროფიკაციით,რასაც თან ახლავს ეკოსისტემაში ნივთიერებათა ბალანსის რღვევა. ასეთი ევტროფიკაციის შედეგად, რომელიც დაკავშირებულია წყალსატევებში ჭარბი რაოდენობით ბიოგენების შესვლასთან, როგორც წესი, პირველადი პროდუქცია ჭარბობს, იცვლება ანაერობულით, წყლის ჰიგიენური და სასმელი თვისებებიც დაბლა ეცემა, უარესდება წყალსატევების სანიტარული და რეკრეაციული მდგომარეობა.

წყალსატევთა რესურსულ ღირებულებაზე მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს მათი თერმოფიკაცია (გათბობა). ჩვეულებრივ იგი დაკავშირებულია წყალსატევებში ატომური და სითბური ელექტროსადგურების გამაგრილებელი კონტურებიდან გამთბარი წყლის ჩაშვებასთან. გამაჭუჭყიანებელ ნივთიერებათა უდიდესი რაოდენობა ყოველთვის არ იწვევს წყალსატევების მდგომარების გაუარესებას, რადგანაც მათ გააჩნიათ ამა თუ იმ სიმძლავრის ბიოლოგიური თვითგაწმენდის უნარი. წყალმოხმარება ხშირად რთულდება ბიოლოგიური დაბრკოლებებით. არხების გაბარდვა დაბლა სწევს მათი წყლის გამტარებლობის უნარს, სანიტარულ მდგომარეობას და ართულებს სასმელი წყლით მომარაგებას. გაბარდვა ქმნის დაბრკოლებებს ნავიგაციასა და ჰიდროქიმიური ნაგებობების ექსპლოატაციაში. ჰიდრობიონტების უმრავლესობა პათოგენურია ადამიანის და შინაური ცხოველების მიმართ ან მავნებელია, ამიტომ ბიოლოგიურ დაბრკოლებებთან ბრძოლის საშუალებების დამუშავება იძენს დიდ პრაქტიკულ მნიშვნელობას დარჩება ჰიდრობიოლოგიის ერთ-ერთი სერიოზული ამოცანად [105].

წყალსატევების გაჭუჭყიანებაში იგულისხმება მათი ეკონომიკური მნიშვნელობის და ბიოსფერული ფუნქციის გაუარესება მათში მავნე ანთროპოგენური ნივთიერებების მოხვედრის გამო. ორგანიზმების დონეზე შეინიშნება ცალკეული ფიზიოლოგიური ფუნქციის დარღვევა, ქცევის ცვლილება, ზრდის ტემპის დაქვეითება, სიკვდილიანობის გაზრდა პირდაპირი მოწამვლების ან გარემო არის სტრესული მდგომარეობისადმი მდგომაროების დაქვეითების გამო. დიდი მნიშვნელობა აქვს ინდივიდთა მემკვიდრულ ცვლილებას, რაც ხშირად იცვლება მათი გენეტიკური აპარატების და საწყისი გენოფონდის ტრანსფორმაციის დაზიანების შედეგად.

პოპულაციის დონეზე გაჭუჭყიანებამ შეიძლება გამოიწვიოს ცხოველთა რაოდენობისა და ბიომასის, შობადობის და სიკვდილიანობის, სქესობრივი და ზომითი სტრუქტურის, დინამიკის ტიპის ცვლილება და რიგი ფუნქციური დარღვევევი. ასევე შიდაპოპულაციური დამოკიდებულების ქაოტიზაცია, რომელიც გამოწვეულია ინდივიდთა ქცევის ცვლილებებით და ქიმიური სიგნალების გადაცემის დამახინჯებით, რაც დიდ როლს თამაშობს ინდივიდთა კომუნიკაციებში.

ბიოცენოზურ დონეზე გაჭუჭყიანება გავლენას ახდენს გაერთიანებების სტრუქტურასა და ფუნქციაზე. ვინაიდან ერთი და იგივე გამაჭუჭყიანებელი ნივთიერება არათანაბრად მოქმედებს ბიოცენოზის სხვადასხვა განსაზღვრული ზემოქმედებით უჯრედზე, ქსოვილზე, ორგანოებსა და ორგანიზმზე მთლიანად, რაც განაპირობებს სპეციფიკური რეაგირების მექანიზმების მოშლის შედეგად ცვლილებებს საპასუხო რეაქციებით [67. 105]. ჰიდრობიონტები, მათი პოპულაციები და ჰიდრობიოცენოზები ავლენენ სხვადასხვა მგრძნობელობას და მდგრადობას ტოქსიკანტების მიმართ. მგრძნობელობაში იგულისხმება ტოქსიკანტის მინიმალურ კონცენტრაციაზე რეაგირების უნარი.

მომწამვლელი ნივთიერებების მოქმედების ძალა, ყველაზე უფრო ხშირად ფასდება ტოქსიკანტის დოზით ან კონცენტრაციით, რომელიც იწვევს ინდივიდთა საერთო რაოდენობის ნახევრის დაღუპვას (შესაბამისად აღინიშნება DL50 და DL50). ამასთანერთად ითვალისწინებენ ტოქსიკანტის მოქმედების დროს: რაც უფრო დიდხანს გრძელდებაორგანიზმზე შხამის მოქმედება, მით უფრო დაბალია მისი მოწამვლით გამოწვეული კონცენტრაცია. მაგალითად, კაპარჩხინების ფენოლის 25 მგ/ლ კონცენტრაციის წყალხსნარში 4 დღის განმავლობაში მოთავსებისას ჩნდება მოწამვლის რიგი სიმპტომები, მაგრამ ლეტალური დასრულების გარეშე, ათი დღის შემდეგ შეიმჩნეოდა ყველა ინდივიდის დაღუპვა [113]. ტოქსიკანტის ლეტალური კონცენტრაციის გარდა განასხვავებენ ზრურბლოვანს - ეს ის მინიმალური კონცენტრაციაა, რომელიც ჯერ კიდევ არ იწვევს რაიმე სახის პათოლოგიურ ძვრებს ორგანიზმში.

მრავალი ჰიდრობიონტებისათვის დამახასიათებელია კუმულაციური ეფექტი (ორგანიზმში ტოქსიკანტთა დაგროვება), როცა ორგანიზმში მისი შესვლის სიჩქარე გამოსვლასთან შედარებით უფრო მეტია, ვიდრე პირიქით, მისი გამოვლენისა. აგროვებენ რა შხამიან ნივთიერებებს ორგანიზმები, განიცდიან მის ზემოქმედებას მაშინაც კი, როცა ტოქსიკანტის კონცენტრაცია წყალში შედარებით მცირეა (ზღურბლოვანზე დაბალი). გარდა ამისა, ვინაიდან ჰიდრობიონტები აკონცენტრირებენ შხამიან ნივთიერებს საკუთარ ორგანიზმში, საბოლოოდთვითონ ხდებიან ტოქსიკურად საშიში [106.107]. .

წყლის ეკოსისტემების გამაჭუჭყიანებელი ნივთიერებებიდან, განსაკუთრებით საშიშია ნავთობი და მისი გადამუშავების შედეგად მიღებული პროდუქტები, პესტიციდები, მძიმე მეტალების ნაერთები, დეტერგენტები, ანტისეპტიკები. საგანგებოდ საშიში გახდა წყალსატევების გაჭუჭყიანება სხვადასხვა რადიონუკლიდებით ან რადიოიზოტოპებით. სულ უფრო დიდ შეშფოთებას იწვევს მტკნარი წყალსატევების აციდიფიკაცია ,,მჟავე წვიმების" მოსვლის შედეგად, როცა ატმოსფეროს ტენში იხსნება გოგირდოვანი გაზი, აზოტის ოქსიდები და ზოგიერთი სხვა ნივთიერება, რომელბიც გამოიყოფა ჰაერში სხვადასხვა სამრეწველო საწარმოების მიერ. შესაძლებელია აგრეთვე წყლის ხარისხი დაბლა დაწიოს ხის გადამამუშავებელმა კომბინატებმა, საყოფაცხოვრებო ჩანადენებმა, სხვადასხვა ნარჩენებმა და ა.შ. რომლებიც არ მიეკუთვნებიან ტოქსიკურებს, მაგრამ მაინც აუარესებენ ჰიდრობიონტთა საბინადრო არეს (ჟანგბადის ნაკლებობა, წყლის გაუმჭვირვალობა და სხვა).

**1.2 ბუნებრივი წყლების შემადგენლობაში შემავალი**

 **მიკრო და მაკროკომპონენტები**

ზედაპირული წყლის შედგენილობის ფორმირებაში დიდი როლს ასრულებს კლიმატი, რომელიც აპირობებს წყალში ატმოსფერული ნალექების მოხვედრას. ზედაპირული წყლები წარმოადგენენ ატმოსფერული ნალექების ხარჯზე შექმნილ წყლის რესურსებს, რომლებიც იცვლიან მარაგს და ქიმიურ შედგენილობას წლის სეზონების მიხედვით.

ზედაპირული წყლების შედგენილობაზე ზეგავლენას ახდენს ნიადაგურ-გეოლოგიური, გეომორფოლოგიური, კლიმატური და ანთროპოგენული ფაქტორები.ბუნებრივი, ზედაპირული წყლების კლასიფიცირებას ახდენენ მარილების შემცველობის ანუ მინერალიზციის მიხედვით: წყალი არის მტკნარი, თუკი მისი 1ლ შეიცავს 1გ-მდე მარილებს. ანუ მტკნარ წყალში მარილის კონცენტრაცია არ აღემატება 1გ/კგ-ს; მარილოვანი წყალი შეიცავს 1-25გ/კგ მარილს, მლაშე წყალი ანუ ზღვის წყალი - 25-50 გ/კგ -მდე მარილს.ბუნებრივი წყლები ძირითადად შეიცავენ სხვადასხვა სახის იონებს: Na+. K+ Ca2+, Mg2+, Mn2+, Fe2+, H+, Cl-, HCO3-, SO42-, OH-, CO32-, F-, NO32-, Br2-, HS-, HSO4-, HSiO3-. მათგან გამოარჩევენ შვიდ ძირითად იონს, რომლებიც მნიშვნელოვან წილად განაპირობებენ წყლის ხარისხს.ბუნებრივ წყლებში შემდეგი ძირითადი იონებია: ანიონები: HCO3-ჰიდროკარბონატის იონი, CO32-კარბონატ-იონი, SO42- სულფატ-იონიCl- ქლორ-იონი. კათიონები:კალციუმის იონი, მაგნიუმის იონი, ნატრიუმის იონი, კალიუმის იონი [107].

Na+ და K+ იონები ბუნებრივ წყლებში გვხვდება ნალექი ქანების გახსნის შედეგად. მაგ. NaCl -ის გახსნის შედეგად. ზედაპირულ წყლებში უფრო მეტად სჭარბობს Na+ იონები, ვიდრე K+. რაც აიხსნება ნიადაგის მიერ კალიუმის შეთვისების უნარით და წყლიდან მცენარეების მიერ K+ შეწოვის პროცესით [25].

Ca2+ და Mg2+ იონები გვხვდება ყველა სახის მინერალური წყლებში. მათი წყაროა ნალექი ქანები -კირქვის, თაბაშირის, დოლომიტის შემცველობით. ნაკლებ მინერალიზებულ წყლებში სჭარბობს Ca2+. მაღალი მინერალიზაციის წყლებშიკი Mg2+. ხოლოCa2+ და Mg2+ იონების შემცველობა განაპირობებს წყლის სიხისტეს.

SO42- და Cl- იონები ხვდებიან ბუნებრივ წყლებში მარილშემცველი ქანების გამორეცხვის შედეგად. მათი მაღალი შემცველობა განაპირობებს წყლის კოროზიულ აქტივობას და მუდმივ სიხისტეს.

გარდა ძირითადი მაკროიონებისა ბუნებრივი წყლები შეიცავს: გახსნილ აირებს O2, CO2, H2S, CH4  და სხვა; ბიოგენურიელემენტის ფორმებს - NH4+, NO2+, NO3+;Nორგ. SiO32-, Fe (II,III) და სხვა; ისეთმიკროელემენტებს როგორებიცაა Mn, Cu, Zn,Co და სხვა; სხვადსხვა ტიპის ორგანულ ნაერთებს [22]. .

ზედაპირულ წყლებში მიმდინარე გარდაქმნებში დიდი როლს ასრულებს თავისუფალი ჟანგბადი, რომელიცატმოსფერული ჰაერიდან ხვდება მასში. ბუნებრივ წყალში გახსნილი ჟანგბადი არსებობს ჟანგბადის მოლეკულის - O2 - ის სახით. ბუნებრივი წყლები მრავალკომპონენტიანი სისტემაა, რომლის შემადგენლობაში შედის მინერალური ნივთიერებები,აირები, შეტივნარებული და შეწონილი ნაწილაკები, ასევე, მიკროორგანიზმები.

მიკროკომპონენტები - წყალში 1 მგ/ლ -ზე ნაკლები შემცველობით. იშვიათი ელემენტები მაგ. ბორი, ლითიუმი, თუთია; ძირითადი აირები CO2, N2 CH4 O2 CO, H2S; ბიოგენური ნივთიერებები - ნივთიერებები, რომლებიც აუცილებელია ცოცხალი ორგანიზმებისათვის. მაგ. აზოტშემცველი ნაერთები, რომლებიც შეიცავენ: მაგ. ამონიუმის იონს - NH4-, ნიტრატიონს - NO3 -, ნიტრიტიონს - NO2 -. ორგანული ნივთიერებები - მაგ. ჰუმუსური ნივთიერებები, რომლებიც წყალში ხვდებიან ნიადაგიდან. ასევე მცენარეული და ცხოველური ორგანიზმების ცხოველმოქმედებისა და დაშლის პროდუქტები [21.107].

ბუნებრივი წყლების შედგენილობის ფორმირება ხდება გარემოს კომპონენტებთან წყლის ურთიერთქმედების გზით.პირველი ჯგუფის პროცესებს, რომლებიც წყალს ამდიდრებენ ჟანგბადით, განეკუთვნებიან: ატმოსფეროდან ჟანგბადის შთანთქმის პროცესი; წყალმცენარეების მიერ ფოტოსინთეზის დროს ჟანგბადის გამოყოფა.

ჟანგბადის შთანთქმა ატმოსფეროდან მიმდინარეობს წყლის ობიექტის ზედაპირზე. წყალმცენარეები ახდენენ ჟანგბადის ფოტოსინთეზურ გამოყოფას ნახშირბადის დიოქსიდის შეთვისების დროს. ეს პროცესი სწრაფად მიმდინარეობს, რასაც ხელს უწყობს წყლის მაღალი ტემპერატურა, მზის განათების ინტენსივობა და ბიოგენური ელემენტების შემცველობა. წყალსატევებში ჟანგბადი ასევე შეიძლება მოხვდეს წვიმის და თოვლის საშუალებით. წყალში ჟანგბადის შემცველობის შემამცირებელ პროცესებს განეკუთვნება მიმდინარე პროცესები, რომლებშიც ჟანგბადი მოიხმარება. ასეთებია: ორგანიზმების სუნთქვა, ბაქტერიების სუნთქვა, ჟანგბადის ხარჯი ორგანული ნივთიერებების დაშლისას და სხვადასხვა ქიმიური ნივთიერებების Fe2+, Mn2+, NO2-, NH4+, CH4, H2S დაჟანგვისას. ჟანგბადის ხარჯი იზრდება ტემპერატურის მომატების, სხვადასხვა ნივთიერებების, ბაქტერიებისა და წყალში მცხოვრები სხვა ორგანიზმების რაოდენობის ზრდის დროს [36].

ჟანგბადის შემცველობა დიდ ზეგავლენას ახდენს წყალსატევის ცხოვრებაზე. გახსნილი ჟანგბადის მინიმალური შემცველობა, რომელიც უზრუნველყოფს თევზების ნორმალურ განვითარებას შეადგენს 5 მგO/დმ3 . მისი შემცირება 2 მგO/დმ3 -მდე იწვევს თევზების მასიურ დაღუპვას.წყლის ქიმიურ შედგენილობაზე მოქმედებს სხვადასხვა წყლების შერევაც. ამ დროს იცვლება როგორ თვისებითი,ისე რაოდენობითი შედგენილობა. ზედაპირულ წყალს მრავალი ნივთიერება ერევა სამრეწველო ჩამონადენების სახით, რომლებიც ცვლის მის შედგენილობას. ასეთი პროცესების შედეგად, წყალში გროვდება მრავალი მყარი, თხევადი და აირადი ნივთიერება, როგორც ხსნად ,ისე შეტივნარებულ მდგომარეობაში. წყალში არსებული ნივთიერებებს, ძირითადად ორგანულს და გარდაქმნიან სხვა ნივთიერებებად [33.34] .

**1.3 ზედაპირული წყლების დამაბინძურებლები და მათი**

 **გავლენა ჰიდრობიონტებზე**

საქართველო წყლის რესურსებით მდიდარ ქვეყანას წარმოადგენს. წყლის რესურსების დაბინძურებისაგან დაცვა კი არის მისი ერთ-ერთ მნიშვნელოვანი პრობლემა. წყალსატევების მთავარი დამაბინძურებელია სამრეწველო, სამეურნეო-საყოფაცხოვრებო ჩამდინარე წყლები და სოფლის მეურნეობაში გამოყენებული შხამ-ქიმიკატები და სასუქები. დღეს მოქმედი გამწმენდი ნაგებობები ტექნიკურად არასრულყოფილი და არაეფექტურია.

მე-20 საუკუნის 90-იან წლებამდე, როდესაც ქვეყანაში მრეწველობა და სოფლის მეურნეობა სახალხო მეურნეობის მნიშვნელოვან დარგად ითვლებოდა ზედაპირული წყლების გაბინძურების ძირითადი მიზეზი მინერალური სასუქები, პესტიციდები, სამრეწველო და საყოფაცხოვრებო ჩამდინარე წყლები იყო. 1990-1991წწ. მონაცემებით ჩამდინარე წყლებში მოხვდა 28 000ტ. საერთო აზოტი, 0,05ტ. კალიუმი, 1,9ტ. მაგნიუმი, 29ტ. დარიშხანი, 0,2ტ. სპილენძი, 0,7ტ. ფენოლები. წყალსატევების ძირითად გამაბინძურებელს სამრეწველო ობიექტები წარმოადგენდა. მაგ. რუსთავის მეტალურგიული ქარხანა (რომელიც აღნიშნულ წლებში 154 მლნ მ3 გაბინძურებული წყალი მდინარე ყვირილაში), ქუთაისის საავტომობილო ქარხანა (2.5 მლნ მ3 მდ.ოღასკურაში), თბილისის საავიაციო ქარხანა (1,8 მლნ მ3 მდ. მტკვარში), და სხვა. აღნიშნული ჩამდინარე წყლები დიდი რაოდენობით ორგანულ ნივთიერებებს შეიცავდა, მათ შორის ნავთობპროდუქტებს, ფენოლებს, ასევე მანგანუმს და სხვა [12].

ოფიციალური მონაცემებით, ბოლო პერიოდში საქართველოში იწმინდება ჩამდინარე წყლების მხოლოდ 10%, ხოლო კომუნალური და საყოფაცხოვრებო წყლების მხოლოდ 13%. კომუნალური წყლებით მდინარეთა შორის განსაკუთრებით ბინძურდება მდ. მტკვარი (გორის, ბორჯომის, თბილისის, რუსთავის მიდამოებში), ალაზნის (თელავის მიდამოებში), სურამულა (ხაშურში), რიონი (ქუთაისი, ფოთის მიდამოებში), ყვირილა (ზესტაფონი, ჭიათურა), ტყიბულა (ტყიბული), ლეხუნი (რაჭის მიდამოებში) და სხვა. აღნიშნული მდინარეებიდან მტკვარი ბინძურდება ნავთობპროდუქტებით, საყოფაცხოვრებო ჩამდინარე წყლებით, საყოფაცხოვრებო და ზოგიერთი სხვა დამაბინძურებელი რეაგენტებით, ტყიბულა-ქვანახშირის შეწონილი ნაწილაკებით. მდ. ლეხუნი-დარიშხანით და სხვა. მდ. მტკვარის კიდევ უფრო მკვეთრად გამოხატული დაბინძურების პროცესები იწყება აზერბაიჯანიდან, სადაც დაბინძურებული ჩამდინარე წყლების რაოდენობა 10-15 ჯერ აღემატება საქართველოს მაჩვენებელს. ოფიციალური მონაცემებით მტკვარში (აზერბაიჯანის საზღვართან) სპილენძის რაოდენობა 1000-ჯერ, ხოლო მოლიბდენის 2500-ჯერ აღემატება ზდკ-ს. მტკვარი ამ უბანზე მნიშვნელოვნად დაბინძურდება ნავთობპროდუქტებით, ფენოლებით, ვერცხლისწყლით და სხვა. მავნე ნივთერებებით, აღნიშნული მდინარეების უმეტესობა გამოიყენება სასმელ-სამეურნეო თვალსაზრისით. დაბინძურების მაღალი დონე და მისი გაწმენდის დაბალი ხარისხი და სანიტარული არასაიმედოობა განაპირობებს წყალთან დაკავშირებული სხვადასხვა ინფექციების გავრცელებას. მაგ: 2000 წ. ამებიაზის 271 შემთხვევას ჰქონდა ადგილი, ასევე დიარეის აფეთქების 450 შემთხვეას და სხვა [12.24].

გლობალური პრობლემები, რომლებიც წყლის რესურსების წინაშე დგას გადაწვეტას მოითხოვს. რის გამოც, საჭიროა მიზანდასახულ ღონისძებათა კომპლექსის განხორციელება. მეცნიერულ-ტექნიკური პროგრესის წყალობით შესაძლებელი ხდება ამ პრობლმების გადაწყვეტა და წყლის კრიზისის თავიდან აცილება.

ჰიდროსფეროს დაცვა გულისხმობს როგორც მტკნარი წყლების, ასევე ზღვებისა და ოკეანეების დაცვას, რომელთა პროგრესული დაბინძურება დღეს დიდ შეშფოთებას იწვევს და გლობალურ პრობლემას წარმოადგენს. დაბინძურების შედეგად ადგილი აქვს წყლისცოცხალი ორგანიზმების მოწამვლას, ფაუნის გაღარიბებას, თევზის რაოდენობის შემცირებას, ბუნებრივი ლანდშაფტების, დასვენების ზონების, კურორტების პლაჟების დაბინძურებასა და რღვევას [24].

მძიმე ლითონები:მძიმე ლითონებს შორის წყალსატევების გაჭუჭყიანებაში უდიდეს როლს თამაშობს: ვერცხლისწყალი, ტყვია, თუთია, კალა, კადმიუმი, ქრომი და სპილენძი. წყალსატევებში ისინი ხვდებიან სამრეწველო ჩამონადენებით, ატმოსფეროდან (მაგალიტად, ტყვია ავტომობილების გამონაბოლქვიდან), ლაქ-საღებავის საფარიდან, და სხვა გზებითაც. ცალკეული ნაერთის ტოქსიკურობა ძლიერ მერყეობს და არაერთნაირია სხვადასხვა ჰიდრობიონტისათვის. მაგალითად, *Daphnia hyalina* უფრო მგრძნობიარეა სტრონციუმისადმი და თუთიისადმი, ვიდრე ნიკელისადმი. ვერცხლისწყალი მწვავედ ტოქსიკურია მრავალი ჰიდრობიონტისათვის 1 მკგ/ლ-ის მაღალი კონცენტრაციისას, ტყვია კი 0,1 მკგ/ლ-ის მეტი შემცველობისას, კადიუმი 1 მგ/ლ-ის დროს.

წყლის ცხოველების ორგანიზმში ლითონები ხვდებიან ძირითადად საკვებთან ერთად, ნაკლები მნიშვნელობა აქვს სხეულის ზედაპირიდან უშუალო შეღწევის გზას, რომელიც დამახასიათებელია წყლის მცენარეებისათვის. ლითონების ტოქსიკურობა დამოკიდებულია არა მარტო მათ კონცენტრაციასა და მოქმედების ხანგრძლივობაზე, არამედ, დიდ როლს თამაშობს ტემპერატურა, ჟანგბადით წყლის გაჯერებულობა იონთა სინერგიზმი და ანტაგონიზმი, წყლის სიხისტე და სხვა ფაქტორები. მძიმე ლითონებიდან ყველაზე უფრო საშიში ფერმენტული სისტემების მოქმედების შეკავებაა, რაც განპირობებულია, მაგალითად, ვერცხლისწყლის, ტყვიის და სპილენძის ამინოდა სულფიდჰიდროლის ჯგუფების მიმართ მაღალი თვისობის გამო, რისთვისაც ბლოკირებას უკეთებენ მრავალ რეაქციას.

 ლითონების ფიზიკური და ქიმიური ფორმა განსაზღვრავს მის ეფექტს და ქცევას გარემოს სისტემებში. ასევე, ლითონის ქიმიური მაჩვენებლები დამოკიდებულია ლითონის ოქსიდაციის ხარისხზე, სისტემის სხვა კომპონენტებთან ინტერაქციაზე, გარემოს pH-ზე, იონურ ძალაზე და ლითონის მინერალიზაციასა თუ ფუძეთვისებებზე. ამ ცვლადების ცვლილებამ შესაძლოა გამოიწვიოს ლითონთა ქიმიური ფორმის ცვლილება და იმოქმედოს ტოქსიკურობაზე [72.168].

თანამეროვე მსოფლიოში გარემოს მძიმე ლითონებით დაბინძურება მეტწილად ანთროპოგენული პროცესებით არის განპირობებული. ინდუსტრიულ-მწარმოებლობითი საქმიანობის შედეგად, ირღვევა გარემოს ბუნებრივი ბიოგეოქიმიური ციკლი, რაც განაპირობებს დიდი რაოდენობით მძიმე ლითონების დეპოზიციას წყლის და ხმელეთის ეკოსისტემებში [6].

გარემოში მძიმე ლითონების კონცენტრაცია საშიშ ზღვრებს აღწევს, მათ შორის: ტყვია, ვერცხლისწყალი, კადმიუმი, ქრომი (VI), დარიშხანი, სელენიუმი, ნიკელი და თუთია ძირითად დამაბინძურებლებად განიხილება [4]. მძიმე და ტოქსიკური ლითონები მიეკუთვნება საშიში ნარჩენების კატეგორიას, რადგან გააჩნია თბოაკუმულაციის და ბიომაგნიფიკაციის უნარი, მცირე კონცენტრაციებზეც კი შეუძლიათ ტოქსიკური ეფექტის გამოწვევა, ბუნებრივი პროცესების ზეგავლენით, შესაძლოა გარდაიქმნან უფრო სახიფათო ფორმებად, ახასიათებთ გარემოში მდგრადობა და დეტრუქციული ეფექტი [79. 80.].

მძიმე ლითონები და მათი თავისუფალი რადიკალები ძლიერ რეაქტიულებია და ადვილად შედიან კონტაქტში უჯრედულს ტრუქტურებთან. ამიტომ, შესაძლებელია უარყოფითი ზეგავლენა იქონიონ ბიომოლეკულების ფუნქციებზე, შეიტანონ სტრუქტურულ-ფუნქციური ცვლილებები ცილებში, ფერმენტებში და ნუკლეინისმჟავებში. მძიმე ლითონების იონები ადვილად ენაცვლებიან ბიომოლეკულების მეტალებს [78. 80].

მძიმე ლითონები მიეკუთვნებიან ულტრა მიკროელემენტებს, რომლებიც გამოირჩევიან მაღალი ტოქსიკურობით დაზოგჯერ რადიაქტიურობითაც. მძიმე ლითონებს განეკუთვნება ყველა ის ქიმიური ელემენტი, რომელთა მოლეკულური მასა 50-ზე მეტია. მძიმე ლითონებიდან განსაკუთრებით ტოქსიკურია ვერცხლისწყალი, ტყვია, კადმიუმი, სპილენძი და ნახევრად ლითონი დარიშხანი. ისინი ჩამონადენ წყლებში ხვდებიან მეტალურგიული ქარხნებიდან, სამთომომპოვებელი წარმოებებიდან, წიდების ნაგავსაყრელებიდან, იმ სასოფლო-სამეურნეო სავარგულებიდან, სადაც სისტემატურად შეიტანება მძიმე ლითონების შემცველი ფოსფორ-კალიუმიანი სასუქები, ჩამონადენი წყლების ნალექი და კომუნალური და საყოფაცხოვრებო ანარჩენებისაგან მომზადებული კომპოსტები [96.98].

აღნიშნული ფაქტების თავიდან ასაცილებლად, აუცილებელია შესწავლილ იქნეს მძიმე ლითონების არა მარტო შემცველობა, არამედ, მათგან გამოწვეული ყოველგვარი ნეგატიური შემდგომქმედება გარემოს დაბინძურების თვალსაზრისით.

ზოგიერთი ლითონის - კადმიუმის, თუთიის და ტყვიის ერთობლივი მოქმედება უფრო ნაკლებ ტოქსიკურია, ვიდრე, თითოეულის ცალ-ცალკე მოქმედება. ეს გამოწვეულია იონთა ანტაგონიზმის გავლენით მათი შთანთქმის შემცირებით. მაგალითად, არსებობს ანტაგონიზმი თუთიასა და კადმიუმს, კალციუმსა და კადმიუმს, მაგნიუმსა და თუთიას, კალციუმსა და თუთიას შორის. ეს თვისება უნდა გამოყენებული იქნეს ზოგიერთ ძლიერ დაბინძურებულ ნიადაგზე მძიმე ლითონების მცენარის ფესვებით შთანთქმის შესამცირებლად [97.98].

მძიმე ლითონები ხასიათდებიან ტოქსიკურობით ადამიანისათვის და თბილსისხლიანი ცხოველებისათვის. მათი დაბალი კონცენტრაციებიც კი, შესაძლებელია დამღუპველი აღმოჩნდეს თევზებისა და წყლის ეკოსისტემების სხვა ბინადრებისათვის.

ტყვია (Pb) - ბუნებაში ყველაზე გავრცელებული ტოქსიკანტია და მისი ბენზინში შემცველობის 75 %-ს გამონაბოლქვის სახით გამოყოფს ავტოტრანსპორტი. ჰაერიდან იგი ხვდება ეკოსისტემებში, მცენარეებში და დიდი ალბათობით შეიძლება ის მოხვდეს ადამიანების ორგანიზმშიც. ტყვიის რაოდენობა, რომელიც უდრის საკვების მშრალი წონის 100მგ/კგ, ითვლება ცხოველებისათვის ლეტალურ დოზად. მძიმე ლითონებს შორის წყალსატევების დაჭუჭყიანებაში დიდ როლს თამაშობს. ის ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი ქსენობიოტიკია თანამედროვე ტოქსიკანტებს შორის. ის ბუნებაში ყველგან გვხვდება. გარემოში ტყვიის დიდი ოდენობით არსებობა განპირობებულია ჰაერის, წყლისა და ნიადაგის ტექნოგენური დამაბინძურებლებით. ტყვია გარემოში ხვდება საავტომობილი ტრანსპორტის გამონაბოლქვებიდან, ასევე, მეტალურგიულ, მანქანათმშენებელი და სხვა ტყვია შემცველი საწარმოების გამონაბოლქვებიდან. მისი შემცველობა ნიადაგში 2-დან 200 მგ/კგ-მდე მერყეობს. წყალსატევებში ტყვიის შემცველობის ზღვრულად დასაშვები კონცენტრაცია შეადგენს 0,1მგ/ლ-მდე. სასმელ წყალში კი - 0,05 მგ/ლ-ში. როგორც წესი, ტყვია სხვა ლითონებთან ერთად გვხვდება, ესენია: თუთია, რკინა, კადმიუმი და ვერცხლისწყალი [21. 98. 99].

 ტყვიას გააჩნია ძლიერი ტოქსიკური ეფექტი. ეკოსისტემებში ტყვიის დაგროვებაში განსაზღვრულ როლს ასრულებენ ისეთი მცენარეები, რომლებიც ლითონს იღებენ არა მარტო ატმოსფეროდან, არამედ, ნიადაგიდანაც. აღინიშნება მცენარეთა სახეობრივი სპეციფიურობა მისი დაგროვებისას. ტყვიისგანსაზღვრულ კონცენტრაციამდე მცენარეები არეგულირებენ მძიმე ლითონების შესვლას მიწისზედა ორგანოებში, ხოლო მაღალი კონცენტრაციის პირობებში (200 მგ/კგ და მეტი) უკვე აღარ შესწევთ ამის უნარი. მრავალი მკვლევარის აზრით, ფესვთა სისტემას აქვს უნარი შეაფერხოს ტყვიისა და სხვა ტოქსიკური იონების გადასვლა ფესვებიდან მცენარის ფოტოსინთეტიკურ ორგანოებში. სწორედ ამით უნდა იყოს გამოწვეული ტყვიის დაბალი ფიტოტოქსიკურობა [24. 36].

ვერცხლისწყალი (Hg).ვერცხლისწყალი მძიმე ლითონებს შორის ყველაზე უფრო აქროლადი ლითონია და სწორედ მისი ორთქლია განსაკუთრებით ტოქსიკური. ევროპის ზოგიერთ ქვეყანაში ვერცხლისწყლის დასაშვები კონცენტრაცია (ზდკ) 0,01მკგ/ლ-ია. არაორგანული ვერცხლისწყალი გარემოში შეიძლება გარდაიქმნეს მეთიორგანულ შენაერთად, მათ შორის ძლიერ შხამიან მეთილირებულ ვერცხლად. იგი წარმოიქმნება წყალში ბიოლოგიური პროცესების შედეგად და ტროფიკული ჯაჭვით ხვდება თევზებისა და წყლის ცხოველების სხეულში, საიდანაც, მეთილირებული ვერცხლი გადადის ადამიანის ორგანიზმში. მეთილირებული ვერცხლით დაბინძურებულია როგორც მტკნარი, ისე, მლაშე წყლები, განსაკუთრებით ინდუსტრიულ ცენტრებში [21. 34. 125].

დაბინძურებულ ზღვებსა და მტკნარ წყლებში ვერცხლისწყლის რაოდენობა 0,001-0,015კგ/ლ-ია, ხოლო მეთილვერცხლისწყალი - 0,01-0,05ნ გ/ლ. ვერცხლისწყალი მიეკუთვნება თიოლოს ტიპის შხამს. იგი იწვევს ცილოვანი და ფერმენტების მოქმედების დარღვევას. საშიშია ვერცხლისწყლის მოხვედრა ორგანიზმში სასმელ წყალთან და/ან საკებთან ერთად. საკვებიდან მისი ორგანიზმში მოხვედრის წყაროა თევზები და ზღვის პროდუქტები. ასაკოვან თევზებში გაცილებით მეტია მეთილვერცხლისწყალი მასთან გახანგრძლივებული შეხებისა და აკუმულაციის გამო. ტბების თევზებში ვერცხლისწყლის შემცველობა განსაკუთრებით მაღალია მჟავე წყლის პირობებში, რაც მჟავე არეში ვერცხლისწყლის მეთილირების გაძლიერებითაა გამოწვეული. წყალში ხსნადი მარილების სახით ვერცხლისწყალი დამღუპველ გავლენას ახდენს თევზებსა და წყლის სხვა ორგანიზმებზე 0.006-0.01 მგ/ლ და მეტი კონცენტრაციით [117. 118]

სამწუხაროდ, ბუნებაში ვერცხლისწყლის გავრცელება სულ უფრო იზრდება. ვერცხლისწყლი ჭარბი რაოდენობით გროვდება ტბებში, რომლებიც ნაკლებად განახლებადია. ვერცხლისწყალი გარემოში გვხვდება მადნებისა და ფერადი ლითონების გამოდნობისას, ელექტრო მოწყობილობების, გასაზომი და საკონტროლო ხელსაწყოების (თერმომეტრი, მანომეტრი), ვერცხლისწყლის შემცველი სამედიცინო პრეპარატების წარმოებისას და სხვა. მცენარეული სავარგულების მორწყვისას შეიძლება წყალში გამონთავისუფლდეს ვერცხლისწყალი. ვეცხლისწყალი მთის ქანებიდან და ნიადაგიდან ბუნებრივად გადადის წყალში, რაც ხშირად ქანების ეროზიისა და მათზე ადამიანების ზემოქმედების შედეგია[114.120]

 კადმიუმი (Cd).კადმიუმი გარემოს ერთ-ერთი საშიში ტოქსიკანტია. კადმიუმი ბუნებრივ საარსებო გარემოში ძალიან მცირე რაოდენობით გვხვდება. კადმიუმის საშუალო შემცველობა დედამიწის ქერქში შეადგენს 130 მგ/ტ, ზღვის წყალში 0,11 მკგ/ლ. დიდი რაოდენობითაა ნიადაგში (საშუალოდ 0,1 მგ/ტ), გაცილებით მაღალი კონცენტრაციებითაა მინერალურ სასუქებში. კადმიუმის რაოდენობა წყალში 0,001 მგ/ლ–ია. დაბინძურების ძირითადი წყაროა კადმიუმის შემცველი არმატურა, სურსათის წარმოებასა და გადამამუშავებელი საწარმოების მანქანა-დანადგრები. კადმიუმის ნებისმიერი ფორმა ადამიანის ჯანმრთელობისა და სიცოცხლისათვის საფრთხეს წარმოადგენს. სასიკვდილოა 30-40 მგ კადმიუმის მოხვედრა ადამიანის ორგანიზმში. არსებობს მონაცემები კადმიუმის ტერატოგენული და კანცეროგენული ეფექტის შესახებაც. კადმიუმი ბუნებრივი გარემოდან არ გამოიდევნება და ამიტომაც, ბუნებრივია, რომ იგი ადამიანის და ცხოველთა კვების ჯაჭვში სხვადასხვა გზით ხვდება. ორგანიზმში მოხვედრილი კადმიუმი ორგანიზმიდან ძნელად გამოიდევნება (0,1% დღე-ღამეში), მას ბიოაკუმულაციის მაღალი ეფექტი ახასიათებს, მისი ბიოლოგიური ნახევარდაშლის პერიოდი 19-40 წელს შეადგენს. კადმიუმი ადამიანის ორგანიზმში ძირითადად ხვდება მცენარეული წარმოშობის სურსათიდან. ნიადაგიდან იგი ადვილად გადადის მცენარეში, რომელსაც შეუძლია 70%-მდე კადმიუმი ნიადაგიდან და 30% - ატმოსფერული ჰაერიდან შეითვისოს. [24.113]

სპილენძი (Cu) - სპილენძი ნაკლებად ტოქსიკურია, ვიდრე ზემოთ ჩამოთვლილი მძიმე ლითონები. სპილენძი ბუნებაში გვხვდება 3 სახეობით: სულფატი, სილიკატი, კარბონატი. თუმცა ასევე შეიძლება შეგვხვდეს სუფთა სპილენძის სახით. წყალსატევების ეკოსისტემაში მოხვედრილი სპილენძის თავისუფალი Cu2+-ის იონი მიჩნეულია უფრო ტოქსიკურად, ვიდრე Cu – ის სხვა კომპლექსური ფორმები. წყალსატევში მისი მაღალი კონცენტრაცია ტოქსიკურად მოქმედებს ჰიდრობიონტებზე. თევზებში ის ცვლის ჰემატოლოგიურ პარამეტრებს და ფერმენტატულ აქტივობას.სპილენძის ტოქსიკური ზემოქმედება ადამიანებზე ძალზე იშვიათია და ჩვეულებრივ, დაკავშირებულია ძროხის რძის ხანგრძლივ მიღებასთან და ორგანიზმის საკვებით არასაკმარის უზრუნველყოფასთან ორსულ ქალებში და მცირეწლოვან ბავშვებში [24. 115].

სპილენძისიონები Cu2+ იხსნება  [წყალში](https://ka.wikipedia.org/wiki/%E1%83%AC%E1%83%A7%E1%83%90%E1%83%9A%E1%83%98), სადაცდაბალიკონცენტრაციითფუნქციონირებენროგორცფუნგიციდები, ხეებისჭიებისგანდამცველიდაანტიბაქტერიულინივთიერებები. გარკვეულირაოდენობითსპილენძისმარილებიშესაძლოაშხამიანიაღმოჩნდესმაღალიორგანიზმებისთვისაც. მიუხედავადსაყოველთაოტოქსიკურობისამაღალიკონცენტრაციით, დაბალიკონცენტრაციით Cu2+ იონიარსებითიბიოგენიაყველამაღალინარგავისათუცხოველისცხოვრებაში[115].

თუთია (Zn)ერთ-ერთიყველაზეფართოდგამოყენებადიინდუსტრიულიმეტალია, რკინის, ალუმინისდასპილენძისშემდეგ. გამოიყენებაფოლადისგალვანიზაციისთვის. მიუხედავადიმისარომთუთიასიცოცხლისთვისაუცილებელიელემენტია - შედისენერგიისმეტაბოლიზმში, ტრანსკრიპციაშიდატრანსლაციაშიჩართულირიგიფერმენტებისშემადგენლობაში, მისიდიდირაოდენობითმიღებაშეიძლებაზიანისმომტანიიყოს. თუთიისთავისუფალიიონებიწყალხსნარშიძლიერტოქსიკურიამცენარეებისათვის, უხერხემლოებისთვისდახერხემლიანითევზებისთვის [24.113 ]

თუთია, სხვალითონებთანშედარებით, ყველაზეტოქსიკურიამცენარისათვის. მისირაოდენობანიადაგშიიზრდებამჟავიანობისგაზრდასთანერთად. კარბონატულნიადაგშიკიხშირიამისინაკლებობადა 2მგ/კგ-ზენაკლებირაოდენობითშემცველობისასიგიითვლებაღარიბად.

თუთიაგვხვდებასასურსათოპროდუქტებსადასასმელებში. ხორცშიმისიშემცველობაარის 20-40, თევზპროდუქტებში – 15-30, კვერცხში 15-20, ხილსადაბოსტნეულში – 5, მარცვლოვანკულტურებში – 25-30 მგ/კგ. თუთიამონაწილეობასღებულობსორგანიზმშიმიმდინარესხვადასხვაფერმენტულპროცესში, თუმცამისიგადაჭარბებულირაოდენობატოქსიკურიეფექტითხასიათდება. ადამიანისათვისთუთიისმოხმარებისსადღეღამისონორმა 15 მგ-სშეადგენს [117].

ნიკელი (Ni).ნიკელიგარემოშიგვხვდებამეტალურგიულიქარხნაებიდან, სამთომომპოვებელისაწარმოებიდან, ენერგეტიკულიდანადგარებიდანდაა.შ. ნიკელიბუნებაშიგავრცელებულიადარიშხანთან, სტრონციუმთანდაგოგირდთანერთად. ნიკელიუმნიშვნელორაოდენობითგვხვდებაყველასახეობისსურსათში. მცენარეებიშეიცავენ 0,5-დან 3,5 მგ/კგნიკელს. მისიშემცველობაცხოველურქსოვილებშიგაცილებითმეტია. ადამიანისორგანიზმისათვისმისიმოხმარებისსადღეღამისოდოზა 0,3-0,6 მგ-სშეადგენს. არსებობსადამიანისნიკელითმოწამვლისრამდენიმესახე. ნიკელითინტოქსიკაციაიწვევსცხვირ–ხახის, ფილტვებისდაავადებებს. ნიკელიძლიერიკარცენოგენია. ისიწვევსავთვისებიანწარმონაქმნებისგანვითარებას, კანისალერგიულდაზიანებებსდასხვა [119].

წყალშიმისიშემცველობადასაშვებიათუისშეადგენს - 0,2 მგ/ლ-ს. წყალსატევში, სადაცნიკელისრაოდენობადასაშვებზემეტია, შესაძლებელიამოხდესმისიდაგროვებადათევზებშიმისმამცირედოზებმაცკიშეიძლებაგამოიწვიოსჩონჩხისშემცირებულიკალციფიკაციადაასფიქსია.

მანგანუმი (Mn) - მანგანუმსშეიცავსყველამცენარედაცოცხალიორგანიზმი, თუმცამისიშემცველობაჩვეულებრივმცირეა, პროცენტისმეათასედინაწილი, ისმნიშვნლოვანგავლენასახდენსსასიცოხლოფუნქციებზე, ანუწარმოადგენსმიკროელემენტს.  მანგანუმიგავლენასახდენსსიმაღლეზე, სისხლისწარმოქმნაზედა [სასქესოჯირკვლების](https://ka.wikipedia.org/w/index.php?title=%E1%83%A1%E1%83%90%E1%83%A1%E1%83%A5%E1%83%94%E1%83%A1%E1%83%9D_%E1%83%AF%E1%83%98%E1%83%A0%E1%83%99%E1%83%95%E1%83%9A%E1%83%94%E1%83%91%E1%83%98&action=edit&redlink=1) ფუნქციებზე.მანგანუმითგანსაკუთრებულადმდიდარია [ჭარხლის](https://ka.wikipedia.org/wiki/%E1%83%AD%E1%83%90%E1%83%A0%E1%83%AE%E1%83%90%E1%83%9A%E1%83%98)ფოთლები-0,03 %-მდე,ასევემისდიდრაოდენობასშეიცავსწითელი [ჭიანჭველის](https://ka.wikipedia.org/wiki/%E1%83%AD%E1%83%98%E1%83%90%E1%83%9C%E1%83%AD%E1%83%95%E1%83%94%E1%83%9A%E1%83%90) ორგანიზმი-0,05 %-მდე [].

მაგნიუმი და რკინა, ორივე ეს ელემენტი იმყოფება წყალში ოქსიდების, კოლოიდების და ორგანული ნაერთების ფორმის სახით. იონურ ფორმაში კონცენტრაცია იმატებს pH-ის დაწევით და ამიტომ დამოკიდებულია ფოტოსინტეზის ინტენსიუობაზე (არის შეტუტიანება). ზღვის (უფრო ტუტიანი) წყალი ჩვეულებრივ რკინას შეიცავს 0.5-5 მგ/ლ-ს მტკნარი -50 მგ-მდე და უფრო მეტსაც. რკინამოყვარულ წყალმცენარეებს ესაჭიროებათ რკინის კონცენტრაცია 1-2 მგ ოდენობით (ოპტიმუმი), სხვა მცენარეებისთვის იგი აუცილებელია ნაკლები რაოდენობით. მცენარეებში რკინის ნაკლებობა იწვევს ქლოროზს [120].

რკინა (Fe).რკინაგავრცელებისმიხედვითმეორეადგილზეაალუმინისშემდეგდამეხუთეა – ნიადაგისქერქშიარსებულლითონებსშორის. თითქმისყველასახისსურსათიდასასურსათონედლეულიშეიცავსრკინისსხვადასხვარაოდენობას. იგიორგანიზმისათვისაუცილებელიმიკროელემენტია, რომლისრაოდენობაორგანიზმშირეგულირდება, თუმცაგადაჭარბებულირაოდენობითდაგროვებაიწვევსისეთიდაავადებისგანვითარებას, როგორიცაასიდეროზი.

ცოცხალორგანიზმებშირკინაწარმოადგენსმეტადმნიშვნელოვანმიკროელემენტს, განსაკუთრებითჟანგბადისმიმოცვლისპროცესში. ზრდასრულიადამიანისორგანიზმიშეიცავსმიახლოებით 3,5 გრამრკინას(მიახლოებით 0,02 %),რომელთაგან 78 % წარმოადგენსსისხლისგემოგლობინისმთავარმოქმედელემენტს, დანარჩენიკიშედისსხვაუჯრედებისფერმენტებისშემადგენლობაში, რომლებიცასრულებენკატალიზატორისროლსუჯრედებისსუნთქვისპროცესებში. რკინისუკმარისობავლინდებაროგორცორგანიზმისავამყოფობა (ქლოროზიმცენარეებშიდაანემიაცხოველებში). რკინისარაორგანულინაერთებიგვხვდებაზოგ  [ბაქტერიაში](http://ka.wikipedia.org/wiki/%E1%83%91%E1%83%90%E1%83%A5%E1%83%A2%E1%83%94%E1%83%A0%E1%83%98%E1%83%90), ისინიზოგჯერგამოიყენებენმასჰაერის [აზოტის](http://ka.wikipedia.org/wiki/%E1%83%90%E1%83%96%E1%83%9D%E1%83%A2%E1%83%98)დასაკავშირებლად.

წყალსატევებში ჰიდრობიონტებისათვის ყველაზე უფრო საშიშია რადიონუკლიდები: სტრონციუმი, ცეზიუმი, ცირკონიუმი, ნიობიუმი, იტრიუმი და სხვა. წყალსატევების გრუნტში მრავალი რადიონუკლიდის კონცენტრაცია (ცეზიუმი-9.5. ცეზიუმი-144 და სხვა) ათჯერ უფრო მეტია, ვიდრე წყალში, მინერალური და ორგანული ნაწილაკების ზედაპირზე ადსორბციის გამო. ამიტომ ის ჰიდრობიონტები, რომელბიცეწევიან ფსკერულ ცხოვრებას, უფრო მეტად შეიცავენ რადიონუკლიდებს და ზარალდებიან მისგან, ვიდრე პელაგიურები [21.24. 117].

იონიზებულ რადიაციას და სხივების ინტენსიურობას შეუძლია ჰიდრობიონტებზე მოახდინოს მასტიმულირებელი, დამთრგუნველი ან ლეტალური ზემოქმედება. როგორც წესი, რადიომგრძნობელობა იზრდება ჰიდრობიონტთა ორგანიზაციის დონის აწევით. ყველაზე უფრო გამძლე ბაქტერიები (მაგალითად, Pseudomonas) ცხოვრობს ატომური რედაქტორის გამაგრილებელ წყალში 1 მლ რენტგენამდე სიდიდის დასხივების პირობებში. მცენარეები ჩვეულებრივ ცხოველებზე მდგრადები არიან. რადიაციის დოზა, რომელიც იწვევს დასხივებული ორგანიზმების 50%-ის დაღუპვას 30 დღის განმავლობაში (LD50/30), წყლის მცენარეებისათვის ჩვეულებრივ 0,1-5 გრეის ტოლია, უხერხემლოებისთვის არის 0,01-2 გრეი, თევზებისათვის - 5-40 გრეი და ძუძუმწოვრებისათვის - 2-5 გრეი. ცნობილია, რომ მაღალი ტემპერატურების დროს თევზების რადიომგრძნელობა იზრდება [117].

შეინიშნება სხვადასხვა ჰიდრობიონტის მიერ ცნობილი გამორჩევითობა ზოგიერთი რადიოიზოტოპის დაგროვებაში. მაგალითად ცეზიუმ-137-ს ყველაზე უფრო ენერგიულად აგროვებენ წაბლა და წითელი წყალმცენარეები, სტრონციუმ-90-ს - რადიოლარიები, წაბლა წყალმცენარეები და თევზის ძველბი, ინტრიუმის რადიოიზოტოპებს - კიბოსნაირები და თევზის ქვიტარი, ცერიუმ-144-ის აქტინიები. ხშირად აღინიშნება ცალკეული რადიონუკლიდის სხვადასხვა ქსოვილში ლოკალიზაცია ასე მაგალითად, რადიოაქტიური სტრონციუმი და კალციუმი გროვდება უპირატესად (90%-მდე) ჩონჩხში, ცეზიუმ -137 ძირითადი სახით კუნთებში და რბილ ქსოვილებში, კობალტ-60 - ღვიძლში და თირკმელებში [21.22. 45. 46].

წყალსატევების გაჭუჭყიანება ნავთობით და მისი გადამუშავების პროდუქტებით (ბენზინი, ნავთი, სოლარის ზეთი, მაზუთი და სხვა) ძირითადად ხდება თხევადი საწვავის ტრანსპორტირების, ნავთობსადენის დაზიანების, ფლოტის მუშაობისას, ნავთობის ჭაბურღილების წყალქვეშა ბურღვის, ნავთობ გადამამუშავებელი საწარმოების ნარჩენების ჩაყრისა და ჩადენის შედეგად, ნავთობპროდუქტების ჩარეცხვისას, რომლებიც აჭუჭყიანებენ ხმელეთს. მსოფლიო ოკეანის პელაგიალში ნავთობის საშუალო შემცველობა აღწევს 10-20 მკგ/ლ-ზე. იგი შესამჩნევად მაღალია კონტინენტურ წყალსატევებში. წარმოქმნის რა წყლის ზედაპირზე აპკს, ნავთობი აუარესებს ჰიდრობიონტთა სუნთქვას, გახსნილი ნავთობის ფრაქციები ტოქსიკურია ჰიდრობიონტთა უმრავლესობისათვის. ფსკერზე ჩაძირული მძიმე ფრაქციები გრუნტის ნაწილაკებს ერთმანეთს აწებებენ. თუ წყალსატევი ძლიერ გაჭუჭყიანდა, მაშინ მასში წარმოიქმნება ზონები, რომლებიც პრაქტიკულად მოკლებული არიან სიცოცხლეს, თუმცა მაინც აღინიშნება ნავთობმჟანგავი ბაქტერიების არსებობა [31.115.116].

უდაბლესი კიბოსნაირების სიკვდილი იწყება მაშინ, როდესაც წყალში ნავთობისა და მისი პროდუქტების კონცენტრაცია 10-6 მგ/ლ აღწევს, ანალოგიური მგრძნობიარობით ხასიათდება თევზების ქვირითდიც. თევზების ლიფსიტები, ქვირითთან შედარებით, თითქმის ერთი რიგით მდგრადები არიან, მოზრდილი თევზები ნავთობის კიდევ უფრო მაღალ კონცენტრაციებს უძლებენ. შედარებით მდგრადები არიან ნავთობის მიმართ ფსკერის ბინადარი ცხოველები (მიდიები, მარმარილოს კიბორჩხალები, კიბო-განდეგილები და სხვა), ისინი უძლებენ ნავთობის კონცენტრაციას 10-3 – 10-4 მგ/ლიტრამდე. ფსკერის მცენარეები ნავთობის კონცენტრაციის 10-5 – 10-4 მგ/ლ-ის პირობებში ჯერ კიდევ ნორმალურად არსებობენ.

ნავთობის და მისი პროდუქტების მწვავე ტოქსიკურობა განპირობებულია იმით, რომ ნახშირწყალბადები იოლად ასველებენ ჰიდრობიონტთაზედაპირს, აღწევენ შიგნით, შლიან და აფაშარებენ უჯრედული გარსისა და მემბრანების ლიპიდურ ფრაქციებს. რის შედეგად იცვლება მათი განვლადობა. უჯრედის შედგენილობაში შემავალი ლიპოპროტეინული კომპლექსის დაშლის შედეგად იცვლება ნახშირწყალბადების ფიზიკურ-ქიმიური მდგომარეობა, ირღვევა ბიოქიმიური პროცესების მოწესრიგებულობა. ცნობილია, რომ ნავთობი მკვეთრად მოქმედებე ჰიდრობიონტთა გენეტიკურ აპარატზე, კერძოდ დნმ-ზე, რნმ-ის შემცველობაზე უჯრედებში. უხერხემლოებშიც და წყალმცენარეებშიც ეცემა ნუკლეინის მჟავების ბიოსინთეზი, მათში დნმ-ისა და რნმ-ის შემცველობა მკვეთრად კლებულობს.

პესტიციდები.პესტიციდებს მიეკუთვნება მრავალი ათასი სითეზირებული ქიმიური ნივთიერება, რომლებიც გამოიყენება მავნებელ მცენარეებთან და ცხოველებთან საბრძოლველად. დანიშნულების მიხედვით მათ ყოფენ: ინსექტიციდებად, აკარიციდებად, ჰერბიციდებად და სხვ. ქიმიური შემადგენლობის მიხედვით განასხვავებენ: ქლორორგანულ (დდტ, ჰექსაქლორანი, ალდრინი, ენდრინი და სხვა) და ფოსფორორგანული ნაერთებს (მეტაფოსი, ქლოროფოსი, კარგოფოსი), ტრიაზინის წარმოებულებს (ატრაზინი, სიმაზინი), შარდოვანას (მონურონი, დიურონი), კარბონის მჟავების (ტრიქლორაცეტატი) და რიგი სხვა ნაერთების წარმოადგენლებს. ქლორორგანული ნაერთები ნაკლებად ხსნადია წყალში და კარგად იხსნებიან ლიპიდებში (ცხიმები, ცილები) და ამიტომ გროვდებიან წყლის ცხოველების ღვიძლში, თირკმელებსა და ტვინში. ამ პესტიციდების ნახევარდაშლის პერიოდი 10 წელზე მეტია. ორგანიზმებში მოხვედის შემდეგ, ისინი ხანგრძლივად რჩებიან მასში. ფოსფორორგანული პესტიციდები ორგანიზმებში არ აკუმულირდებიან, ისინი სწრაფად იშლებიან უჯრედშიგა ესთერაზების მოქმედებით [106. 113].

პესტიციდები წყალსატევებში ხვდებიან ზედაპირული ჩამონადენებით, ატმოსფეროდან, განსაკუთრებით თვითმფრინავების საშუალებით, ქარიან ამინდში, ასევე სხვადასხვა პრეპარატებით წყალსატევების დამუშავებისას მავნე ჰიდრობიონტების განადგურების მიზნით და სხვა. ამჟამად მსოფლიოში პესტიციდების ყოველწლიური წარმოება 2 მლრდ. ტონას აღწევს. მათი მნიშვნელოვანი ნაწილი ხვდება წყალსატევებში. ქლორორგანული აღმოჩენილია როგორც ზღვის, ასევე მტკნარი წყლების თითქმის ყველა გამოკვლეული წყალსატევების ჰიდრობიონტებში. პესტიციდების საშუალო შემცველობა მსოფლიო ოკეანის პელაგიალში 10-20 ნგ/ლ აღწევს. შესამჩნევად მაღალია მისი შემცველობა კონტინენტურ წყალსატევებში.ცალკეული პესტიციდებიდან განსაკუთრებით სახიფათოა ქლორორგანული ნაერთები მათი მდგრადობისა და მოქმედების სხვადასხვაგვარი ეფექტის გამო (ტოქსიკური, მუტაგენური, კანცეროგენული) [76].

ევტროფული წყალსატევების თევზები უფრო მდგრადები არიან პესტიციდების ზემოქმედების მიმართ, ვიდრე უფრო ცივი და სუფთა წყლების იქთიოფაუნის წარმომადგენლები.ფიტოპლანქტონში ფოტოსინთეზი ითრგუნება 75-95% ქლორორგანული ნაერთების 1-10 მკგ/ლ კონცენტრაციისას, ზოოპლანქტონისთვის ისინი ტოქსიკურები არიან 10 მკგ/ლ დოზის დროს. ქლორორგანული ნივთიერებები კარგად იხსნებიან ნავთობში და მის პროდუქტებში, რომლებიც აჭუჭყიანებენ წყალს, რის გამოც ისინი კიდევ უფრო სახიფათო ხდებიან. არც იმდენად ტოქსიკურია, მაგრამ მაინც უკიდურესად საშიშია სიმტრიაზინის, შარდოვანას და კარბონის მჟავების წარმოებულები. მაგალიტად, პრეპარატები: მონურონი, დიურონი, ატრაზინი და ტრიქლორაცეტატი მომწამვლელებია დაფნისათვის 1-10 მგ/ლ კონცენტრაციისას, დაახლოებით ასეთსავე კონცენტრაციებში ისინი ტოქსიკურია პროტოკოკურ და ძაფნაირი წყალმცენარეებისთვის [21.22] ტემპერატურის აწევით პესტიციდების ტოქსიკური ეფექტი იზრდება.

თევზების ორგანიზმები პესტიციდები ძირითადად ხვდებიან თხელი, ნატიფი ზედაპირი საშუალებით, კერძოდ ლაყუჩებისა და სუნთქვის სხვა ორგანოებით. პესტიციდების ჰიდრობიონტებზე ზემოქმედებისას შეინიშნება დამახასიათებელი ფაზურობა, აღგზნების სემდეგ იწყება შეკავება და სიკვდილი.

ქიმიურიშემადგენლობისმიხედვითარსებობს: ქლორორგანული პესტიციდები (ქოპ) – რომლებიც ძირითადად წარმოდგენილია ქლორშემცველი ნახშირწყალბადებით, ისინი გაცილებით მდგრადები არიან სხვადასხვა ფიზიკური, ქიმიური და ბიოლოგიური ფაქტორის მოქმედების მიმართ, რის გამოც, ხანგრძლივად აკუმულირდებიან ნიადაგში, წყალში, მცენარეულ საფარში. მათი ნახევრად დაშლის პერიოდი 1,5 წელს აღემატება, ხოლო დდტ – სა და მისი მეტაბოლიტებისათვის ნახევრად დაშლის პერიოდი 15-20 წელს შეადგენს.

ქლორორგანულიპესტიციდებიჰიდროფობური (წყალშიუხსნადი)ნაერთებია, ამიტომ, მცენარეებშიმათიმოხვედრაფესვთასისტემიდან არხდება, ისინიადვილადგადაადგილდებიანდიდფართობებზეზედაპირულიწყლებისმეშვეობით, რითაცსურსათისათვისმეორადიდაბინძურებისწყაროსწარმოადგენენ.

ადამიანისორგანიზმშიპესტიციდებიძირითადადთევზისმოხმარებისშედეგადხვდება, რომელიცერთგვარიინდიკატორიაწყლისეკოსისტემისდაბინძურებისშეფასებისათვის.

ფოსფორორგანული პესტიციდები (ფოპ) – ერთ-ერთი გავრცელებული, ნაკლებად მდგრადი მრავალრიცხოვანი ჯგუფია პესტიციდებისა. მათი უმეტესობა წყალში ნაკლებხსნადია. ზოგიერთი მათგანი ტოქსიკურ თვისებებს რამდენიმე თვის განმავლობაში ინარჩუნებს, რის გამოც, შესაძლებელია ადვილად მოხვდნენ ადამიანის ორგანიზმში ჰაერიდან, წყლიდან და სასურსათო პროდუქტებიდან [23].

ვერცხლისწყალორგანული პესტიციდები (ვოპ). მათი გამოყენება მხოლოდ მკვეთრად განსაზღვრული მიზნით – მარცვლოვანი კულტურების ბაქტერიული და სოკოვანი დაავადებების წინააღმდეგ ხდება. აღსანიშნავია, რომ მაღალი ტოქსიკური თვისებების გამო, ვერცხლისწყალორგანული პესტიციდები მხოლოდ სათესლე მარცვლოვანების დამუშავებისათვის გამოიყენება [23.24].

არაორგანული და ორგანული ლითონშემცველი პესტიციდები. ამ ჯგუფისპესტიციდებშიგანსაკუთრებითფართოგამოყენებააქვსსპილენძისშემცველნაერთებს, მათშორის – შაბიამანს, ბორდოსხსნარს, კუპროზანსდაა.შ. ადამიანისათვისამტიპისნაერთებისსასიკვდილოდოზა 2გ-ზენაკლებია. ორგანულილითონშემცველინაერთებიდანგანსაკუთრებითმნიშვნელოვანიაკალაშემცველიორგანულიპესტიციდები, ისეთები, როგორებიცაააკარიციდები, ფუნგიციდებიდაბაქტერიციდები.

რისკისმიხედვითგანასხვავებენპესტიციდების 4 ძირითადჯგუფს:განსაკუთრებითსაშიში ( ზდკ 0,1 მგ/მ3-ზენაკლები);ძლიერ საშიში ( ზდკ 0,1-დან 1,0 მგ/მ3);ზომიერადსაშიში (ზდკ 1,1-დან 10,0 მგ/მ3-მდე);ნაკლებ საშიში (ზდკ 10,0 მგ/მ3);

 პესტიციდებისზდკ (ზღვრულადდასაშვებიკონცენტრაცია)დადგენისასგასათვალისწინებელიამათიჯამურიმოქმედებისეფექტიანუჰაერიდან, წყლიდანდასხვადასხვასასურსათოპროდუქტებიდანორგანიზმშიდღე-ღამისგანმავლობაშიმოხვედრილიპესტიციდების საერთორაოდენობა.

 პესტიციდების გამოყენება, მთელ მსოფლიოში ორ პრობლემასთანაა დაკავშირებული გარემოს და კვების პროდუქტების სხვადასხვა ქიმიური ნივთიერებების ნაშთებით, კერძოდ, ვერცხლისწყლის ორგანული, ქლორორგანული პესტიციდებით და სხვა მრავალი ნაერთებით დაბინძურებასთან და მათი თავიდან აცილების გზების ძიებასთან [10. 11].

 არასწორი გამოყენების დროს, პესტიციდებმა მაღალ ეკონომიკურ ეფექტიანობასთან ერთად, შეიძლება მოგვცენ არასასურველი შედეგი. საქმე ისაა, რომ პესტიციდებს ბიოლოგიური აქტივობა გააჩნიათ, ე. ი. უნარი აქვთ გამოიწვიონ არა მარტო მწერების, მცენარეების, სხვადასხვა მიკრობების, არამედ, თბილსისხლიანი ცხოველების დაღუპვაც. ისინი პოტენციურად საშიშნი არიან და საფრთხეს უქმნიან ცოცხალი ბუნებისა მრავალფეროვნებასა და ადამიანებს.

აზოტის მინერალური ნაერთები წყალში სამი ფორმითაა: ამონიუმის, ნიტრატის და ნიტრიტის სახით. ზღვის წყალში წყლის უმეტეს დროს ჭარბობენ ნიტრატული ფორმები, თანაც მათი რაოდენობა ჩვეულებრივ მერყეობს 0.2-0.4 მგ/ლ ფარგლებში. მტკნარ წყლებში ნიტრატული აზოტის კონცენტრაციამ შეიძლება მიაღწიოს 1 მგ/ლ და მეტსაც. როგორც წესი, ნიტრიტები წყალში ნაკლები რაოდენობითაა, ვიდრე ნიტრატები. ოკეანეში ნიტრიტების შემცველობა იშვიათად აღემატება 0.03 მგ/ლ, ჩვეულებრივ, ისინი 0.003 მგ/ლ ნაკლებია, რაც ფოტოსინთეზის ზონის დაბლაა. მტკნარ წყლებში ნიტრიტების კონცენტრაცია მაღალია და, როგორც წესი, გამოიხატება მილიგრამი ლიტრზე მეათედი ნაწილით, განსაკუთრებით კი ევტროფულ წყალსატევებში. ამონიუმის აზოტი ღია ოკეანეში შედის არაუმეტეს 0.003 მგ/-ით კონცენტრატიით, სანაპიროში იგი შეიძლება მომატებული იყოს 0.2 მგ/ლ და უფრო მეტადაც. ამონიუმის აზოტის თითქმის იმავე რაოდენობას შეიცავს მტკნარი წყლები [30].

ამონიუმისა და ნიტრიტის იონები უაღრესად ტოქსიკურია თევზებისათვის, ნიტრატის იონი კი ნაკლებად ტოქსიკურია. წყალში (განსაკუთრებით ჯანგბადით მდიდარ მდინარეებში) მოხვედრილი ამონიუმის იონი თანდათან გარდაიქმნება ნიტრიტის, შემდგომ კი ნიტრატის იონად. აზოტის შემცველი იონები წყლის მიკროსკოპული ორგანიზმებისა და წყალმცენარეების აქტიურ ზრდას იწვევს. ეს პროცესი ცნობილია, როგორც წყლის ობიექტების ეუტროფიკაცია. შედეგად ირღვევა წყლის ეკოსისტემის წონასწორობა, მცირდება ჟანგბადის შემცველობა წყალში (განსაკუთრებით ტბებში), რამაც თევზების მასობრივი დაღუპვა შეიძლება გამოიწვიოს [23. 30]

ფოსფორი მცენარეები ძირითადად იყენებენ ფოსფატების ფოსფორს, რომელსაც შეიცავს ზღვის წყლის ზედაპირული შრე მილიგრამ ლიტრზე რამდენიმე ასეული ან ათასეული წილით. მტკნარ წყლებში ფოსფატების რაოდენობა შედარებით მაღალია, ვიდრე ზღვებში, და ჩვეულებრივ გამოიხატება მილიგრამ ლიტრზე რამდენიმე ასეული წილით. როცა სუსტია წყლის ვერტიკალური გადაადგილება, ზედაპირულ შრეებში ფოსფატების მარაგი სწრაფად მცირდება და იწყება წყალმცენარეების შიმშილი ფოსფორზე, რომელსაც თან ახლავს მათ ხარისხის დაქვეითება. ეს განსაკუთრებით მკვეთრად შეიძლება გამოვლინდეს ზღვებში. როცა მომაკვდავი ორგანიზმები იძირებიან, ისინი ზედაპირულ შრეს არ უბრუნდებიან მოხმარებული ფოსფორი გამოჰყავთ ცირკულაციის სფეროდან. ამით აიხსნება ტროპიკულ ზონაში ფიტოპლანქტონის სიღარიბე, რადგან არ ხდება სიღრმისეული და ზედაპირული წყლების ერთმანეთსი არევა.

ბუნებრივი წყლები ღარიბია ფოსფორით, მაშინ როცა მსხვილ სამრეწველო ცენტრებში ჩამონადენის ფოსფატებით გაჭუჭყიანება კატასტროფულ ხასიათს ატარებს. აღნიშნულს ემატება სოფლის მეურნეობაში გამოყენებული ფოსფორიანი სასუქების დანაკარგები. ამ ჩამონადენების გაწმენდის შემდეგ მაინც რჩება მასში 8 მგ ფოსფორი, ამიტომ წყალსაცავებს ემუქრება ევტროფიკაცია [23. 24. 30]

ფოსფატები და ნიტრატები ასრულებენ განსაკუთრებულ როლს წყლის მდგომარეობის შეცვლაში. ამ იონების დიდი რაოდენობა განაპირობებს ფოტო პლანქტონის გაძლიერებულ ზრდას. ასევე ზოოპლანქტონისა და უმდაბლესი ფაუნის გამრავლებას, რომლებიც სუნთქვისათვის საჭიროებენ ჟანგბადს. ცოცხალი ორგანიზმების, განსაკუთრებით პლანქტონის ზრდას ხანმოკლე სასიცოცხლო ციკლი აქვს, ზრდის დეტრიტის რაოდენობას. აერობული დაშლა საჭიროებს ჟანგბადს. ამ პროცესში ჟანგბადის ხარჯის შევსება არ ხდება. ამ დროს აერობული პროცესები იცვლება ანაერობული პროცესებით. რის შედეგადაც წარმოიქმნება მეთანი, ნახშიროჟანგი, ამიაკი, გოგირდწყალბადი და სხვა. ჟანგბადის დეფიციტი, ანაერობული დაჟანგვის პროცესებში იწვევს წყლის ეკოსისტემის ცალკეული რგოლების დაღუპვას [30] .

წყალსატევების პირობებს, რომლისთვისაც დამახასიათებელია ფოსფორისა და ნიტრატების დაბალი კონცენტრაცია, გახსნილია მათში ჟანგბადის დიდი რაოდენობა ოლიგოტროფულს უწოდებენ. ხოლო მდგომარეობას, როდესაც აზოტისა და ნიტრატები დიდი რაოდენობაა წყალსატევებში და მცირდება ჟანგბადის რაოდენობა ევტროფულს უწოდებენ. ოლიგოტროფული პირობებიდან ევტროფულში გადასვლა განიხილება, როგორც წყალსატევების ევტროფიკაცია. იგი წყალსატევის ბუნებრივი დაბერების პროცესია, რომელიც გამოწვეულია მათში ზედაპირული ჩანადენებით, ჩანატანით, რომელიც შეიცავს დეტრიტი და ნიადაგის ნაწილაკებს. ბუნებრივი ევროფიკაციის პროცესი მიმდინარეობს ნელა, რაც იწვევს წყალსატევის თანდათან დაჭაობებას, რომელიც გამოვლინდება ეკოსისტემის ცვლით - სუქცესის პროცესით. ანთროპოგენული ევტროფიკაცია გამოწვეულია ზედაპირული ჩამონადენების გაზრდით, წყალსატევებში გაბინძურებული ჩამდინარე წყლების ჩაშვებით, რომლებიც შეიცავს ორგანულ ნივთერებებს, ნიტრატებს, ფოსფატებს, გამოირჩევა ევტროფიკაციის მიმდინარეობის სწრაფი ტემპებით და ეკოსისტემების რღვევით.

**1.4 წყალსატევების ანთოპოგენური ევტროფიკაციის გამომწვევი**

 **მიზეზებიდა თავიდან აცილების გზები**

ცნებაში ,,ანთოპოგენური ევტროფიკაცია" სხვადასხვა მკვლევარი სხვადასხვა აზრს დებს. უფრო ხშირად გულისხმობენ წყალსატევებში ადამიანის ზემოქმედებასთან დაკავშირებულ ტროფიის დონის მომატებას. მათში ჭარბი რაოდენობით შედის ბიოგენები (აზოტი, ფოსფორი), რომელსაც თან ახლავს დამახასიათებელი კომპლექსით ეკოსისტემის ცვლილება, მათგან ყველაზე არსებითია ჟანგბადის რეჟიმის გაუარესება.

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 დაბალალია. წყალსატევთა ტერმოფიკაცია 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 ევტოფიკაციის 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. მაგალითად, წყალსატევების ტერმოფიკაცია აფართოებს აკვაკულტურის განვითარების პერსპექტივებს, იგივე მნიშვნელობა აქვს წყალსატევების ტროფულობის მომატებას ახალი პოტენციალის უნარიანად დაუფლების დროს. მეთევზეობაში ძვირადღირებული ბიოგენები სპეციალურად შეჰყავთ წყალსატევებში, პროდუქტიულობის მომატების მიზნით. ტბორების ევტროფიკაციის საშიშროებაზეც კი ლაპარაკი ზედმეტია. წყალსატევებსა და ტბებში ბიოგენების ინტენსიურ შესვლას. თუ ეკოსისტემების სამუშაოებს წარვმართავთ საჭიურო მიმართულებით, ყოველთვის არ ახლავს თან მათი ევტროფირება. მაგალითად, წყალსატევებიდან ორგანიკის ამოღება სასარგებლო პროდუქციის ფორმით შეიძლება წარიმართოს ისეთი მასშტაბებით, რომელიც გააწონასწორებს მის წარმოებას. მასში შემდგომ დამატებითი სახით ბიოგენების შემოსვლის დროსაც კი სისტემაში შენარჩუნებული იქნება ერთი და იმავე რაოდენობის ბიოგენები, მოხდება ბალანსის ნორმალიზება და ევტროფიკაციის მოვლენები უფრო მკვეთრად გამოიკვეთება.

წყალსატევთა პროდუქტიულობის მართვის პერსპექტივებში შეიძლება გავითვალისწინებთ ევტროფიკაციასთან ბრძოლის სხვა საშუალებები, კერძოდ, წყალსატევებში ჭარბი ბიოგენების შემოსასვლელი სხვადასხვა არხის ჩაკეტვა. თუმცა საჭიროა აღინიშნოს, რომ წყალსატევებში ბიოგენების შესვლა არ შეიძლება გავაიგივოთ ამ უკანასკნელის მდგომარეობის გაუარესებასთან, რომელიც გამოწვეული მიზეზთა მთელი კომპლექსით. ასეთი რომელიც გამოწვეულია მიზეზთა მთელი კომპლექსით. ასეთი უნდა იყო მიდგომა თერმოფიკაციის შესაფასებლადაც. უნდა შეჩერდეს ისეთი საწარმოების მშენებლობა, რომლებიც უშვებენ გამთბარ წყალს წყალსატევებში. გამთბარი წყლის ჩაშვება აძლიერებს ევტროფიკაციას და საშიშია ეკოსისტემებისათვის. ამიტომ ტერმოფიკაცია უნდა გადავაქციოთ წყალსატევების უკეთ გამოყენების დამატებით წყაროდ, აკვაკულტურების განვითარების მიზნით.

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 საზაფხულო სტრაგნაციის ბოლოსთვის წყალში ჟანგბადის შემცველობა,ჟბმ5 (ჟანგბადის ბიოლოგიური მოხმარება), CO2-ის გამოყოფა და აზოტის გახსნილი ნაერთების დაგროვება, ფსკერის დანალექებში მეთანისა და გოგირდწყალბადის წარმოქმნა. სტატისტიკური ანალიზის საფუძველზე ფოლენვაიდერმა შემოგვთავაზა წყალსატევებში ტროფიის კლასიფიკაციის სქემა წყალში საერთო ფოსფორის, აზოტის, ქლოროფილ ,,ა"-ს (მგ/მ3-ში) და გამჭვირვალობის (მეტრებში სეკის დისკო) დასადგენად [21. 22].

ანთროპოგენურ ევტროფიკაციას უმეტესად განიცდიან კონტინენტური წყალსატევები, კერძოდ ტბები, მდინარეები და წყალსაცავები, თუმცა იგი გარკვევით შეიმჩნევა ზღვებშიც. მაგალითად, ბოლო 10-20 წლის განმავლობაში ბაქტერიების რიცხობრიობა ტირენის ზღვაში გაიზარდა 4-ჯერ, შავ ზღვაში 6-ჯერ, ადრიატიკისა და ეგეოსის ზღვებში 20 და 30-ჯერ [21].

ანთოპოგენური ევტროფიკაციის ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი უარყოფითი გამოვლენა, განსაკუთრებით ტბებსა და წყალსაცავებში, არის წყალსატევთა ყვავილობა (ჩვეულებრივ ციანობაქტერიები microcystis, Anabaena Aphanizomenon და ზოგიერთი სხვა), წყალსატევის თხელწყლიანი ნაპირის გაბარდვის მომატება და აქ დიდი რაოდნეობით ძაფნაირი წყალმცენარეების გამოჩენა, ნაპირების გაჭუჭყინება ჰიდროფიტების ნარჩენებით. წყალმცენარეთა სიუხვე აუარესებს სასმელი წყლის ხარისხს (მეტაბოლიტების გამოყოფა, რომელიც წყალს აძლევს სხვადასხვა სახის სუნს და გემოს), ართულებს მის გადამუშავებას სასმელი წყლით წყალმომარაგების ორგანიზაციის დროს (ფილტრების გაჭედვა). სიკვდილის შემდეგ ციანობაქტერიები ამოტივტივდებიან რა წყლის ზედაპირზე, ქმნიან ერთიან ,,ხალიჩას’’, რის შედეგადაც უარესდება წყლის ატმოსფერული აერაციის პირობები. დაღუპული წყალმცენარეების გახრწნას თან ახლავს აერობული დაშლის პროდუქტების წარმოქმნა. ნაპირზე გამოყრილი ან მასთან ახლოს დაგროვილი წყალმცენარეების მასის ლპობა აუარესებს წყალსატევთა. კერძოდ კი წყალსაცავების, სარეკრეაციო დანიშნულებისათვის გამოყენებას. პრაქტიკულად ყველა წყალსაცავი ყვავის[12.14].

ნივთიერებები, რომლებიც ხელს უწყობენ წყალსატევების ევტროფიკაციას, სხვადასხვანაირია თავისი წარმოშობით, შემადგენლობით, ფიზიოლოგიური და ეკოლოგიური მნიშვნელობით. მათგან ძირითადია ფოსფორი და აზოტი, უფრო ისვიათად ნახშირბადი, სილიციუმი და ზოგიერთი სხვა. პირველი ორი ბიოგენიდან დიდი მნიშვნელობა აქვს ფოსფორს. ავტოტროფების განვითარებას იშვიათად უკეთებს ლიმიტირებას აზოტი, რაც მნიშვნელოვანწილად დაკავშირებულია მრავალი ბაქტერიის, მათ შორის ციანობაქტერიის, მიერ მისი ფიქსაციის უნართან.

განსაზღვრულ პირობებში ავტოტროფების განვითარებაზე მასტიმულირებელ გავლენას ახდენენ: რკინა, სპილენძი, კობალტი, ბორი, მანგანუმი, მოლიბდენი და სხვა. თუმცა ამ სტიმულატორების როლი ანთორპოგენურ ევტროფიკაციაში დიდი არაა. ამასთან ერთად წყალმცენარეთა განვითარება შესამჩნევად შეუძლიათ დააჩქარონ სხვადასხვა გაწმენდილმა კომუნალურმა ჩანადენებმა, რომლებშიც წარმოიქმნება ბიოსტიმულატორები. ბიოგენების ჭარბი დაგროვება არის ევტროფიკაციის ძირითადი მიზეზი. პირველ რიგში კი იგი განპირობებულია მათი შემოსვლიტ წყალშემკრებ ფართობებში, კომუნალური ჩამონადენებით, ატმოსფერული მტვრით და ასევე წყალსატევების სარეკრეაციოდ გამოყენებიტ. ეს დაგროვება მკვეთრად იზრდება სოფლის მეურნეობის ინტენსიფიკაციის შედეგად, კერძოდ მინერალური სასუქების ფართო მასშტაბით გამოყენებისას. მნიშვნელოვან როლს ამ დროს თამაშობს ნიადაგის ზედაპირული შრეების გაძლიერებული რეცხვა. ცნობილია, რომ ნიადაგში შეტანილი აზოტის 10-25%-მდე და ფოსფორის 1-5% ხვდება წყალსატევებში [15. 21.24].

წყალსატევთა ანთროპოგენური ევტროფიკაცია ხშირად ძლიერდება, რაც მთლიანად წყალსატევთა ჰიდრობიოლოგიური რეჟიმის ცვლილებითაა განპირობებული. მაგალითად, სევანის ტბის დონის 18 მეტრით დაწევის შემდეგ ჰიპოლიმნიონი თითქმის გაქრა, წყლის გამჭვირვალობა დაქვეითდა 2-ჯერ, შეინიშნებოდა ჟანგბადის საზაფხულო-საშემოდგომო დეფიციტი, მკვეთრად გაძლიერდა დესტრუქცია, მასში გამოჩდნენ ციანობაქტერიები. ოლიგოტროფული ტბა გადაიქცა ევტროფულად, ძირიტადად ფსკერული დანალექებიდან ბიოგენების მობილიზაციისა და წყლის სიზრიქის გაზრდილი გახურების გამო.

წყალსატევთა ევტროფიკაციის თავიდან აცილების ზომები გამოიხატება იმით, რომ წყალსატევი დაცული იყოს ბიოგენების ჭარბი შესვლისაგან, კერძოდ, ფოსფორისა და აზოტისაგან. ეს ღონისძიება სხვადასხვა გზით ხორციელდება. პირველ რიგში სასოფლო სამეურნეო სავარგულების დამუშავების კულტურის ამაღლებით, რის გამოც, ბიოგენების ჩადინება მცირდება. ძალიან მნიშვნელოვანია, რომ არ გამოიყენონ სასუქების ისეთი მომატებული დოზები, რომელიც არ იძლევა შესამჩნევ ეკონომიკურ ეფექტს. მეორე გზაა სასოფლო-სამეურნეო სავარგულების ირგვლივ წრიული სადრენაჟო სისტემის გაკეთება, რომელიც საჭიროა შეგროვილი ჩამდინარე წყლების შემდგომი გადადინებისათვის წყალშემკრების ტერიტორიის გარგლებს გარეთ.ბიოგენების შესაკავებლად მნიშვნელოვანია სანაპირო ზოლის გატყიანება [15.12. 22]

წყალსატევებში ბიოგენების მოხვედრა კომუნალური და სხვა ჩანადენებით შეიძლება თავიდან ავიცილოთ ორი ხერხით: პირველია ჩანადენის მეტ-ნაკლებად სრული გათავისუფლება ბიოგენებისაგან, განსაკუტრებით ფოსფორისაგან. ამისთვის იყენებენ დალექვის მეთოდს (ალუმინის, რკინის, კირის, მარილები), უკუოსმოსს, იონუს და რიგ სხვა მეთოდებს.

ევტროფიკაციის თავიდან ასაცილებლად მეტად პერსპექტიულია ბიოლოგიური მეთოდები. ჯერ კიდევ 1932 წელს ე.ე. უსპენსკიმ შემოგვთავაზა წყალმცენარეების განვითარების თავიდან აცილების მეთოდი მაკროფიტების საშუალებით. ასეთი მეთოდი განსაკუთრებით ფასობს, თუ მას თან ახლავს მაკროფიტების ფიტომასის შემდგომი ამოღება. წინააღმდეგ შემთხვევაში მათი კვდომის შემდეგ ბიოგენები კვლავ აღმოჩნდება წყალში, რომ არაფერი ითქვას უკვე თვით მაკროფიტების ლპობის პროცესის უარყოფით ეფექტზე 1959 წელს ფრანცევის მიერ შემოტავაზებული იყო სანაპირო ზოლში ველური ბრინჯის ორი სახეობის კულტივირება - (წყლიანი და ფართოფოტლოვანი) ,,ბეკმანიუ და კანარეეჩნიკ", რომელბიც იძლევიან უზარმაზარ ფიტომასას მაღალი კვებითი ღირებულებით. ამ და ზოგიერთი სხვა მცენარის კულტივირება მათი შემდგომი აღებით, ევტროფიკაციასთან ბრძოლის არა მხოლოდ ეფექტური ზომაა, არამედ დამატებიტი ხერხით მეცხოველეობის საკვები ბაზის განვითარებისათვის. ბიოლოგიურ და ეკონომიკურ მიმართებაში პერსპექტიულია წყალსატევების ევტროფიკაციასთან საბრძოლველად მცენარეჭამია თევზების გამოყენება. ამჟამად ევტროფიკაციის თავიდან აცილებასთნად ერთად ბევრ ქვეყანაში ძალისხმევა მიმართულია წყალსატევების დეევტროფიკაციისკენ. ამ მიზნით ნაწილობრივ ან მთლიანად ცვლიან წყალს, აშრობენ ფსკერულ ლექს, აერირებას უკეთებენ გრუნტის ზედა შრეებს და ჰიპოლიმნიონს, ეწევიან წყლის მასის დესტრატიფიცირებას, ლექავენ ბიოგენებს [125]

**1.5. წყალსატევების ბიოლოგიური თვითგაწმენდა**

ბუნებრივი წყალსატევები ხასიათდებიან თვითგაწმენდის თვისებით. ბუნების მიერ შექმნილი თვითგაწმენდის პროცესი არსებობდა ანთროპოგენური ფაქტორის გაჩენამდე და მასში მონაწილეობდნენ ბიოლოგიური, ქიმიური, ფიზიკური ფაქტორები. უკანასკნელ ორს განეკუთვნებიან: აორთქლება, ადსორბცია, დიფუზია, გახსნა და სხვა. ჰიდრობიონტები ახორციელებენ გახსნილი და შეწონილი ნივთიერებების მინერალიზაციას, თავიანთ სხეულში ახდენენ სხვადასხვა შენაერთების კონცენტრაციას, ხელს უწყობენ შეწონილი მასალების დალექვას, კვების პროცესში იყენებენ გახსნილსა და შეწონილ ნივთიერებებს. დაჭუჭყიანება ზოგჯერ ისეთი დიდია, რომ მრავალი წყალსატევი კარგავს თვითგაწმენდის თვისებას. ბიოლოგიური პროცესების როლი თვითგაწმენდაში განსაკუთრებით დიდია წყალსატევების ორგანული ნივთიერებებით დაჭუჭყიანების შემთხვევაში.

დამაჭუჭყიანებელი ორგანული ნივთიერებების გადამუშავების პროცესში მონაწილეობენ წყლის ორგანიზმების თითქმის ყველა ჯგუფი. განსაკუთრებულ როლს კი თამაშობენ ფლორისა და ფაუნის მიკროორგანიზმები [52].

წყალსატევებში მოხვედრილი ნივთიერებები ბაქტერიების ზეგავლენით მინერალიზდება. ორგანული შენაერთების დაშლის სიჩქარე დამოკიდებულია მრავალ ფაქტორზე: ტემპერატურაზე, ჟანგბადის შემცველობაზე, ორგანული ნივთიერების კონცენტრაციაზე, წყლის შრეების აღრევის პირობებზე და სხვა. გახსნილი ორგანული ნივთიერებების მოთხოვნილების სიჩქარე კი დამოკიდებულია მიკროორგანიზმების ფიზიოლოგიურ აქტივობაზე და მათ ბიომასაზე. დაბალი ტემპერატურის პირობებში მინერალიზაცია ნელდება დაჟანგვის პროცესების სრულ შეწყვეტამდე.

მიკროორგანიზმების დიდი ჯგუფი, რომლებიც ჟანგავენ ნახშირწყალბადს, აქტიურად შლიან ნავთობსა და მისი გადამუშავების პროდუქტებს CO2 -მდე და H2O მდე. ნავთობის ბიოლოგიური დაჟანგვა ჭარბობს ქიმიურს, რომელიც ბიოლოგიურის მხოლოდ 10% -იან, იშვიათად 30-50% შეადგენს. ეს მიკროორგანიზმები გვხვდება როგორც წყალში, ასევე მტკნარი და ზღვის აუზის დანალექებში [15. 52].

თვითგაწმენდის პროცესებში ენერგიულად მონაწილეობენ უმარტივესები. იმის გამო, ნივთიერებათა ცვლა მათში ინტენსიურად მიმდინარეობს - ისინი სხვა ჰიდრობიონტებისაგან განსხვავებით ჟანგავენ ორგანული ნივთიერებების უზარმაზარ რაოდენობას. ამასთან უმარტივესების და სხვა უხერხემლოების მონაწილეობა თვითგაწმენდის პროცესში ხორციელდება მათ მიერ ბაქტერიების, შეწონილი ორგანული მასალის და წყალმცენარეების მოხმარების გზით. პათოგენური ბაქტერიებისაგან წყლის გაუვნებელყოფის საქმეში ძირითად როლს უმარტივესები თამაშობენ. ციბრუტელები, უმდაბლესი კიბოსნაირები, მოლუსკები და სხვა ჰიდრობიონტები კვების პროცესში ფილტრავენ წყალში შეწონილ მასალას და ამით ახდენენ მათ კოაგულაციას და დალექვას.

თვითგაწმენდის პროცესში ძალიან მნიშვნელოვანია ფსკერული უხერხემლოების მონაწილეობა - ისინი იყენებენ საკვებად სხვადასხვა უხსნად ორგანულ ნივთიერებებს, რომლებიც შედიან გრუნტის შემადგენლობაში. მაგალითად, მტკნარ წყალსატევებში მცირე ჯაგრიანი ჭიები წლის მანძილზე გადაამუშავებენ და ფსკერის ზედაპირზე ამოაქვთ ისეთი რაოდენობის შლამი, რომელიც ათჯერ და ათასჯერ აღემატება მათ წონას.

თვითგაწმენდის პროცესში ძალზე დიდ როლს თამაშობენ ნაირგვარი წყალმცენარეები და უმაღლესი მცენარეები. ფოტოსინთეზის პროცესში მცენარეები (განსაკუთრებით კი ფიტოპლანქტონი ე.ი მიკროსკოპული მცენარეები) გამოყოფენ ჟანგბადს დიდი რაოდენობით და ამით აჩქარებენ მინერალიზაციის პროცესს. ამასთან ერთად, მრავალ ლურჯმწვანე და მწვანე წყალმცენარეების წარმომადგენლებს აქვთ უნარი მიქსოტროფული კვების პროცესში აითვისონ გახსნილი ორგანული ნივთიერებები. უმაღლესი წყლის მცენარეების ლაქაშები წმენდენ წყალს ბიოგენური შენაერთებისაგან, ორგანული და მინერალური წარმოშობის შეწონილი მასალისაგან. პერიფიტონი, რომელიც მცენარეებზე ვითარდება, ზრდის ბაქტერიალური მოსახლეობის სიმჭიდროვეს, რაც თავის მხრივ მონაწილეობს ორგანული ნივთიერების დაშლის პროცესში. ყვავილოვანი მცენარეებისა და წყალმცენრეების მიერ გამოყოფილი ბაქტერიოციდული ნივთიერებები თრგუნავენ პათოგენური მიკროორგანიზმების განვითარებას. წყლის მცენარეულობას ნავთობური აპკის აკუმულირების და ნავთობპროდუქტების დაჟანგვის უნარი აქვთ [12. 15].

თვითგაწმენდის პროცესებში მნიშვნელოვან როლს თამაშობენ ე.წ. ორგანიზმები - კონცენტრატორები. წყალმცენარეებსა და ყვავილოვან მცენარეებს ამოაქვთ წყლიდან ბიოგენურ ელემენტებთან ერთად მძიმე ლითონების- სპილენძის, თუთიის, ტყვიის და სხვათა მარილები, ქრომის სხვადასხვა შენაერთები, პესტიციდები, რადიონუკლიდები. მცენარეების შთანთქმის უნარი ძალზე დიდია. მაგალითად, 1 ტონა ნივთიერების შესაქმნელად უმაღლესი მცენარეები შთანთქავენ 250-400 კგ სხვადასხვა მინერალურ შენართებს. სხვადასხვა ორგანიზმებში სხვადასხვა ნივთიერებათა დაგროვება ძალზე ვარირებს. მცენარეები მრავალი ნივთიერების აკუმულირებას ახდენენ უფრო ენერგიულად, ვიდრე ცხოველები. დაგროვების კოეფიციენტი ეწოდება სხეულის ორგანიზმში არსებული რომელიმე ნივთიერების კონცენტრაციის ფარდობას წყალში არსებული იგივე ნივთიერების კონცენტრაციასთან. მაგალითად, ზოგიერთი რადიონუკლიდების დაგროვების კოეფიციენტი უხერხემლოებში მერყეობს 100-დან 250-მდე, ხოლო წყალმცენარეებში აღწევს 600-800-მდე [12.21.50].

ორგანული დაჭუჭყიანებისაგან წყლის გაწმენდის ხარისხზე მსჯელობენ ჟანგბადის იმ რაოდენობის მიხედვით, რომელიც აუცილებელია წყალში არსებული ორგანული ნივთიერების დასაჟანგად. ამ მიზნით მიღებულია მაჩვენებელი - ჟანგბადის ბიოქიმიური მოხმარება- ჟბმ - გულისხმობს ჟანგბადის იმ რაოდენობას (მგ-ში), რომელიც მოიხმარება ორგანიზმის მიერ 1 ლ წყალში ორგანული ნივთიერების დაჟანგვის პროცესში. ორგანული დამაჭუჭყიანებელი ნივთიერებების თანამედროვე ნაირგვარობების გამო, ჟანგბადის გამოყენება, როგორც წყლის ხარისხის და მისი თვითგაწმენდის პროცესების ერთადერთი კრიტერიუმისა, საკმარისს არ წარმოადგენს. დაჭუჭყიანების ზრდისა და დამჭუჭყიანებელი ნივთიერებების ახალახალი ფორმების გამოვლინების გამო, მიმდინარეობს კვლევა წყალსატევების ეკოსისტემებში მათი ტრანსფორმაციის მოდელების შესაქმნელად.

**1.6 მდინარეების - მტკვრის, ლიახვის, ხრამის, ალაზნის აუზის**

 **დახასიათება და მათი ბიომრავალფეროვნება**

**მდინარე მტკვარი**

მდინარემტკვარისათავესიღებსთურქეთშიყიზილგიადუკისმთისჩრდილოკალთებისჩრდილო-აღმოსავლეთიფერდობისწყაროებიდან, 2720 მსიმაღლეზე. მტკვარი აღმოსავლეთსაქართველოსყველაზედიდიმდინარეა, რომელიცთბილისისადარუსთავისგავლითაზერბაიჯანშიგაედინებადაკასპიისზღვასუერთდება. მდინარისსაერთოსიგრძეა 1364 კმ, წყალშემკრებიაუზისფართობია 188 000კმ2. საქართველოსტერიტორიაზემდინარისსიგრძეშეადგენს 360კმ-ს, ხოლოწყალშემკრებიაუზისფართობი 26,200კმ2-ს. მდინარესკვებავსთოვლისნადნობი, წვიმისადაგრუნტისწყლები; გლაციალურიჩამონადენისწილიუმნიშვნელოა. წყლისდონისაწევისუდიდესისიმაღლეაღინიშნებაგაზაფხულზე, როცაჩამონადენიშეადგენსწლიურირაოდენობის 53%-ს. ზაფხულისჩამონადენიუდრისწლიურიჩამონადენის 25%-ს. მცირეწყლიანობააღინიშნებაშემოდგომასადაზამთარში, როცასეზონურიჩამონადენიშეადგენსწლიურიჩამონადენის 12%-სდა 10%-ს. ასეთიმოვლენებისცდომილება 100-დან 150 წლამდემერყეობს, რაციმაზეადამოკიდებული, თურომელიდამკვირვებელისადგურისმონაცემებიაგამოყენებული. მყარიჩამონატანისმოცულობამდ. მტკვარშიმჭიდროდაადამოკიდებულიჩამონადენიწყლისმოცულობაზე. საშუალოდღე-ღამურიჩამონატანისრაოდენობამერყეობს 470კგ/წმდა 32000კგ/წმ-სშორის (სხვადასხვაობსერვატორიისმიხედვით). მნიშვნელოვანია, აგრეთვე, წყლისსიმღვრივე, რომელიც, დამკვირვებელისადგურებისმიხედვით, მერყეობს 2700გ/მ3 -120 000გ/მ3 შორის [1]

აღმოსავლეთსაქართველოშიუხვწყლიანობითგამოირჩევამდინარე მტკვარიდამისიპირველირიგისშენაკადები: დიდილიახვი, ალაზანი, არაგვი, იორი, ფარავანი, ქციახრამიდასხვა. რეგიონისფარგლებშიარსებულიმცირემდინარეები, ნაკადულებიდახევებიწარმოადგენენტიპურმთისმდინარეებს, რომელთაშორისზოგიერთმაიცისუეცარი, კატასტროფულიმოვარდნათოვლისინტენსიურიდნობისპერიოდებში, რაცდაკავშირებულიათოვლისსწრაფდნობასადაძლიერწვიმებთან.

ხაშურამდე (ბორჯომიდან 30 კმ) მტკვარიგამოდისზემო ქართლისვაკეზე, კალაპოტშიგვხდებაცალკეულიკუნძულები, რომლებიცყოფენმასორ-სამნაკადად. ქ. გორიდან (ხაშურიდან 45 კმ), ძლიერიმდინარისდიდილიახვისშერთვისწინმარცხენამხრიდან - 30 მ-მდე, დინებისსიჩქარეხელახლაიზრდება. გორისშემდეგ, მაშინვე, მდინარე 35 კმ-ისსიგრძეზეხანიყოფატოტებადმათშორისმონალექიკუნძულებთანერთადდამაშინფართოვდება 500-800 მ-მდე, ხანუერთდებაერთიანნაკადად 60 მ-ისსიგანით.

თბილისშიმტკვარიხელახლაგადაღობილიაკაშხალით (ორთაჭალჰესი). ამიტომგველის 0,5 კმშემოვლადაახალიდაცურებაჩქერებისსერიებით 6 კმმანძილზემცხეთა-თბილისისვიწრობისგასასვლელამდე, რომელიცწარმოქმნილიასაქართველოსდედაქალაქთანსაგურამოსდათრიალეთისშეპირაპირებულიქედებისგან. ვიწრობიდანქვემოქართლისვაკეზეგამოსვლისშემდეგმდინარეფართოვდება (1 კმ-ზემეტი) დაქმნისმონალექიკუნძულებისტოტებსდაარქიპელაგებს. ამადგილიდან 20 კმ-ითქვემოთქ. რუსთავისწინ, მტკვარიიყოფატოტებადდაერთიანკალაპოტშიშერწყმისასქმნისმოჭერასსანაპიროსკედელთან, რომელიცშემაგრებულიაქვებითდამავთულით. ახალიკაშხალი, უკვერუსთავში, გვაიძულებსშემოვლას 1 კმ-ითმარჯვენასანაპიროზე. შემდეგმტკვარიწყნარდება, დინებისსიჩქარეარაუმეტეს 8-10 კმ/ს, ხშირადჩნდებაქვიშოვანიჩქერები. ჩნდებასაფრთხესანაპიროებიდან - ისინიგამოფლეთილია, შესაძლებელიამიწისჩამონგრევა. ზედანაწილშიმტკვარისდინებაჩაჭედილიავიწროღრმახეობებით. ყველაზეცნობილიხეობა, რომელზეცმიედინებამტკვარიესბორჯომისხეობაა, მინერალურიწყლის “ბორჯომის” სამშობლო. ბორჯომისხეობიდანსაქართველოსუძველესდედაქალაქამდემტკვარიმიედინებაფართოვაკით, ხოლომცხეთიდანამჟამინდელიქართულიდედაქალაქთბილისამდემიაქვსთავისიწყლებიდიდიკავკასიონისქედისგანტოტებებზე. მდინარისმონაკვეთისათავიდანთბილისამდე - მტკვრისზემოწელია. თბილისისქვემოთ, მინგეჩაურისჭორომემამდე, მტკვარიმიედინებაგვალვიანველებზე. ესმონაკვეთიშეადგენსმტკვრისშუადინებას. ზემოწელშიმტკვარსკვებავდამრავალრიცხოვანიმთისნაკადებიდამდინარეები, ხოლოაქმასუერთდებამხოლოდერთიმსხვილიშენაკადი – მდინარეალაზანი. ამიტომდინებაამმონაკვეთზეარაა მძვინვარედაწყალიმნიშვნელოვნადთბილია [13].

 **ბიომრავალფეროვნება:** მდინარე მტკვრის ხეობაში მდებარეობს ბორჯომ-ხარაგაულის ეროვნული პარკი. ის გამორჩეული ბიომრავალფეროვნების და მოწყვლადობის გამო, შესულია ბუნების დაცვის მსოფლიო ფონდის 35 უპირატესი ეკორეგიონის და საერთაშორისო კონსერვაციის 34 ცხელი წერტილის ნუსხაში.

ეროვნული პარკის ბორჯომის ნაწილში, განსაკუთრებით, მის აღმოსავლეთ უბანში-მდინარეების ხეობებში აღმოსავლეთ საქართველოსათვის დამახასიათებელ მცენარეულობასთან ერთად გავრცელებულია ნამდვილი კოლხური ტყეებიც. გავრცელებულია წიფლნარები, ნაძვნარები და წიფლნარ-ნაძვნარები კოლხური ქვეტყით. სამხრეთ ფერდობებზე შერეული ფოთლოვანი ტყეებია, რომელთა ქვეტყე აგრეთვე კოლხურია. სუბალპურ სარტყელში, ზ.დ 1800 მ-ს ზემოთ გავრცელებულია სუბალპური ტყეები და ბუჩქნარები, სუბალპური მაღალბალახეულობა და მდელოები. ზ. დ 200 მ დან 1100 მ-მდე გავრცელებულია ქართული მუხის ტყეები და მათი გაჩეხვის შემდგომ მეორადი მცენარეულობა. 1100 მ-დან 1300 - 1350 მ-დე სასნოვკის ფიჭვის ტყეებია გავრცელებული. სამხრეთ ფერდობებზე ფიჭვთან ერთად ქართული მუხაც იზრდება. ჩრდილო ფერდობებზე ნაძვნარი, ფიჭვნარ-ნაძვნარი და რცხილნარი კორომებია. ზღვის დონიდან 1250-1400 მ-დან 1800 მ -დე გავრცელებულია წიწვოვანი ტყეები - ნაძვნარი, ფიჭვნარი, ფიჭვნარ-ნაძვნარი და მაღალმთის ბოკვის კორომები. აქ გავრცელებულია ისეთი იშვიათი, ენდემური და საქართველოს წითელ წიგნში შეტანილი სახეობები, როგორიცაა: წაბლი, კოლხური მუხა, უთხოვარი და ვინოგრადოვის ზამბახი [29].

აქ არის მრავალფეროვანი ფაუნაც. ქვეწარმავლებიდან გვხვდება გველის რამდენიმე სახეობა. მათ შორის კავკასიური ჯოჯო. ფრინველებიდან გვხვდება ისეთი იშვიათი სახეობები, როგორიცაა მთის არწივი, ორბი, სვავი და კავკასიური როჭო. წვრილი ძუძუმწოვრებიდან აქ ბინადრობენ რამდენიმე სახეობის თაგვი, ძილგუდა, სინდიოფალა, ტყის კვენა, კლდის კვერნა, სპარსული და ჩვეულებრივი ციყვი, მელა და კურდღელი. მსხვილი მტაცებლებიდან გვხვდება მგელი, ფოცხვერი და დათვი. ასევე შველი და გარეული ღორი. ბორჯომის ხეობა ყოველთვის განთქმული იყო კეთილშობილი ირმის პოპულაციით. ნიამორის პოპულაცია კი რამდენიმე ათეული წლის წინ გაქრა ბორჯომის ხეობიდან [27].

მდინარე მტკვარში გავრცელებულია შემდეგი თევზები: ტაფელა, მტკვრის წვერა, ჭანარი, ხრამულა, კობრი, გოჭა, მტკვრის ციმორი, ამიერკავკასიური ბლიკა, ამიერკავკასიური თაღლითა, მტკვრის თაღლითა, შავწარბა, შამაია, წითელტუჩა ჭერეხი, მტკვრის ტობი; ჩვეულებრივი ქაშაყი, კავკასიური ქაშაყი. მტკვრის ნაფოტა, ჩვეულებრივი გველანა და სხვა [27. 35].

**მდინარე ლიახვი**

მდინარე ლიახვი, მდინარე მტკვრის ერთ-ერთი უმნიშვნელოვანესი შენაკადია. იგი სათავეს იღებს ბუნებრივი მიწისქვეშა წყლებით მდიდარ ე. წ. სამხრეთ ოსეთის (კონფლიქტის ზონა) მთიან რეგიონში და ცხინვალის, თამარაშენისა და გორის რეგიონების გავლით, ჩაედენება მდინარე მტკვარში.შეერთების ზონა მდებარეობს ზღვის დონიდან 972 მ სიმაღლეზე ქ. გორთან ახლოს. მდინარის სიგრძე 98 კმ.ია. მდინარეს ერთვის 591 შენაკადი და მისი აუზი მდებარეობს კავკასიონის ქედის სამხრეთ ფერდობზე. მდინარის აუზი იყოფა 3 განსხვავებულ ნაწილად: მაღალმთიან, მთისწინა და დაბლობ ნაწილებად. ლიახვის სათავეში არის 12 მცირე მყინვარი, რომელთა ფართობი 5,5 კმ2-ია. საზრდოობს თოვლის, წვიმის, მიწისქვეშა და მყინვარული წყლით. წყალდიდობა იცის [მარტაგვისტოს ის](https://ka.wikipedia.org/wiki/%E1%83%9B%E1%83%90%E1%83%A0%E1%83%A2%E1%83%98) ბოლოდან დასაწყისამდე. წყალმცირობა — ზაფხულ-[შემოდგომაზე](https://ka.wikipedia.org/wiki/%E1%83%A8%E1%83%94%E1%83%9B%E1%83%9D%E1%83%93%E1%83%92%E1%83%9D%E1%83%9B%E1%83%90), რომელსაც წვიმებით გამოწვეული წყალმოვარდნები არღვევს. მდგარი წყალმცირობაა დეკემბრიდან თებერვლის ბოლომდე. გაზაფხულსა და ზაფხულზე მოდის წლიური ჩამონადენის 76%, შემოდგომაზე — 16%, ზამთარზე — 8%. ის გამოიყენება სარწყავად.

ჩვენი ქვეყნისათვის, მდ. ლიახვი და მისი აუზი, როგორც დემოგრაფიული, ასევე, ეკოლოგიური შესწავლის თვალსაზრისით, მეტად საინტერესო და მიმზიდველ ობიექტს წარმოადგენს. უნდა აღინიშნოს, რომ დაბინძურების ხარისხის შესწავლის თვალსაზრისით მდინარე ლიახვზე არ ტარდება სისტემატური სახის ეკოლოგიური მონიტორინგი და შესაბამისად, ყოველივე ეს აქტუალურს ხდის მოცემული მდინარის თანამედროვე ეკოქიმიური მდგომარეობის შესწავლა-შეფასებას.

ბიომრავალფეროვნება: ლიახვის ხეობაში მდებარეობს სახელმწიფო ნაკრძალი, რომელიც შეიქმნა სუბალპური ტყეების დაცვის მიზნით. ნაკრძალი საქართველოს მთავრობის მიერ ამჟამად არაკონტროლირებად ტერიტორიაზე მდებარეობს. ნაკრძალი განლაგებულია ცხინვალის რაიონის ჩრდილი აღმოსავლეთ ნაწილში, მდინარე პატარა ლიახვის ზემო წელში. თბილისიდან დაშორებულია 120 კმ-ით. ნაკრძალის საერთო ფართობიდან, რომელიც შეადგენს 6388 ჰა, 5386 ტყეებს უჭირავს. მისი მცირე ნაწილი კი ალპურ საძოვრებს, კლდეებსა და ნაშალებს.

ლიახვის ნაკრძალში დაცულია აღმოსავლეთ კავკასიონის სამხრეთული კალთებისათვის დამახასიათებელი მთისა და მაღალმთის მცენარეულობა. ესენია: ტყის სარტყელში - მუხნარები, წიფლნარები და რცხილნარები. დიდი ლიახვის აუზთან შედარებით, პატარა ლიახვის ხეობაში ნაძვნარები უფრო მცირე ტერიტორიაზე გვხვდება.ფუბალპური სარტყლის ტყეებში ლიტვინოვის არყი დომინირებს. უფრო მაღლა კი მაღალმთის ბოკვიანები და სუბალპური ბუჩქნარები, მეტწილად დეკიანები გვხვდება. აქ გავრცელებულია სუბალპური მაღალბალახეულობის ძირითადი სახეობები: დიდფოთოლა ხარიშუბლა, ეშმაკის ქოში, აღმოსავლური ტილჭირი, ალოშა, ღიმი, მარიამა და სხვა [27].

მდინარე ლიახვში და მის მრავალრიცხოვან შენაკადებში უხვად მოიპოვება კალმახი, რომელიც მნიშვნელოვანი სარეწაო თევზია. დღეისათვის გამოიყენება სატბორე მეურნეობაში და სპორტულ მეთევზეობაში. შეტანილია საქართველოს წითელ ნუსხაში. IUCN – არ არის შეფასებული (NE).

მდინარე ლიახვში ასევე გვხვდება მტკვრის წვერა, ჭანარი, მურწა, ხრამულა, კობრი, გოჭა, მტკვრის ციმორი, მტკვრის თაღლითა, შავწარბა, ჩვეულებრივი გველანა, მტკვრის გოჭალა და სხვა [29. 35].

ლიახვის ხეობის ორნითოფაუნა ძალზე მდიდარია. ნაკრძალში ბუდობს იშვიათი მთის არწივი. სხვა მტაცებელ ფრინველთაგან ხეობაში გვხვდება: კაკაჩა, ქორი, მიმინო, ალალი, კირკიტა, ღამის მტაცებლები: ტყის ბუ, ჭოტი და ზარნაშო.

ტყეებში რამდენიმე სახეობის კოდალა ბუდობს, მდინარეების ნაპირებზე წყლის შაშვების და ბოლოქანქარების ხილვაა შესაძლებელი. ნაკრძალის ორნითოფაუნას წარმოადგენს: მერცხალი, ჩიტბატონა, ჭინჭრაქა, შაშვი, ყორანი, თეთრგულა შაშვი და სხვა მრავალი პატარა თუ შედარებით დიდი ზომის ფრინველი. აქ ნებისმიერ სიმაღლეზე შესაძლებელია კურდღლისა და მელიის ნახვა. ასევე ბინადრობენ მგლები, ტყის და კლდის კვერნები, სინდიოფალა, მურა დათვი, რომლის კვალის ნახვა შესაძლებელია ყველგან - ტყეებშიც და ალპურ იალაღებზეც. აქ დათვის საკმაოდ დიდი და სტაბილური პოპულაცია ბინადრობს. ნაკრძალში ბინადრობს კეთილშობილი ირემიც, თუმცა ამ ცხოველის დღევანდელი მდგომარეობის შესახებ ცნობები არ არსებობს. გვხვდება აგრეთვე გარეული ღორი და შველი, ხოლო ალპურ იალაღებზე ბინადრობენ არჩვები [27. 29]

**მდინარე ხრამი**

ხრამი არის მდინარე აღმოსავლეთ საქართველოში, მტკვრის მარჯვენა შენაკადი, რომელსაც ზემო წელში უწოდებენ ქციას. მდინარე ხრამი სათავეს იღებს [თრიალეთის ქედის](https://ka.wikipedia.org/wiki/%E1%83%97%E1%83%A0%E1%83%98%E1%83%90%E1%83%9A%E1%83%94%E1%83%97%E1%83%98%E1%83%A1_%E1%83%A5%E1%83%94%E1%83%93%E1%83%98) კალთებზე, მიედინება ღრმა ხეობაში. მდინარის სიგრძე 201 კმ-ია, აუზის ფართობი - 83402 კმ, წყლის საშუალო ხარჯი - 51 კუბ.მ/წმ, მაქსიმალური - 448 კუბ.მ/წმ. საზრდოობს უპირატესად თოვლით, ზამთრის პერიოდში არ იყინება, ქვემო წელში გამოიყენება სარწყავად. ხრამზე აგებულია [წალკის წყალსაცავი](https://ka.wikipedia.org/wiki/%E1%83%AC%E1%83%90%E1%83%9A%E1%83%99%E1%83%98%E1%83%A1_%E1%83%AC%E1%83%A7%E1%83%90%E1%83%9A%E1%83%A1%E1%83%90%E1%83%AA%E1%83%90%E1%83%95%E1%83%98) და სამი ჰიდროელექტროსადგური. ხრამის შენაკადებია:  [დებედა](https://ka.wikipedia.org/wiki/%E1%83%93%E1%83%94%E1%83%91%E1%83%94%E1%83%93%E1%83%90) და [მაშავერა](https://ka.wikipedia.org/wiki/%E1%83%9B%E1%83%90%E1%83%A8%E1%83%90%E1%83%95%E1%83%94%E1%83%A0%E1%83%90) (მარჯვენა), რომლებიც მნიშვნელოვან გავლენას ახდენენ მის სტრუქტურაზე [1]

მდინარე ხრამის აუზში სამი მსხვილი ჰიდროელექტო სადგურია: ხრამჰესი I, ხრამჰესი II და დმანისჰესი (მაშავერაჰესი). ხრამის აუზში რამდენიმე განსხვავებული მრეწველობის დარგია განვითარებული: ფოლადის წარმოება, მცირე ხე-ტყის გადამამუშავებელი ქარხნები, სამშენებლო მასალების წარმოება, ღვინისა და საკინსერვო საწარმოები. ასევე რძის პროდუქტების რამდენიმე საწარმო.

ბიომრავალფეროვნება: მდინარე ხრამის აუზში კონტინენტური კლიმატია, ნალექიანობა მინიმალურია ზამთრისა და ზაფხულის ბოლოს. ხრამის აუზის მაღალმთიან ნაწილში (2000-3000 მ) სუბალპური ბალახი ხარობს, სტეპის ელემენტებით. ზეგნებზე გამოიყოფა შემდეგი ვეგეტაციური ზონები: მთიანი სტეპის მცენარეულობა; წიწვნარი, მუხნარი და რცხილის ტყეები; უფრო დაბლა ტყეები თხელდება და მათ ეკლიანი ბუჩქნარი ცვლის ტყის ელემენტებით. სტეპები და თხმელის პატარა ტყეები მდინარის გასწვრივ ჭარბობს აუზის კიდევ უფრო დაბალ მონაკვეთზე (ალუვიურ ველზე).

ხრამის ხეობაში გაბატონებულია უფრო ვაკე-დაბლობის [ფლორა](https://ka.wikipedia.org/wiki/%E1%83%A4%E1%83%9A%E1%83%9D%E1%83%A0%E1%83%90). გავრცელებულია უროიან-ვაციწვერიანი და ჯაგ-ეკლიანი სტეპური, ჰემიქსელური მეჩხერი, ჭალისა და ნახევარუდაბნოს მცენარეულობა.ნახევარუდაბნოსთვის დამახასიათებელია [ხვარხვარა](https://ka.wikipedia.org/w/index.php?title=%E1%83%AE%E1%83%95%E1%83%90%E1%83%A0%E1%83%AE%E1%83%95%E1%83%90%E1%83%A0%E1%83%90&action=edit&redlink=1), [ავშანი](https://ka.wikipedia.org/wiki/%E1%83%90%E1%83%95%E1%83%A8%E1%83%90%E1%83%9C%E1%83%98) და [ყარღანი](https://ka.wikipedia.org/w/index.php?title=%E1%83%A7%E1%83%90%E1%83%A0%E1%83%A6%E1%83%90%E1%83%9C%E1%83%98&action=edit&redlink=1). ქვეტყეს ქმნის იალღუნი, ზღმარტლი, ქაცვი, შინდი, ტყემალი, კუნელი და სხვა. ვაკის მცენარეულ საფარში ჭარბობს  [უროიანი](https://ka.wikipedia.org/wiki/%E1%83%A3%E1%83%A0%E1%83%9D%E1%83%98%E1%83%90%E1%83%9C%E1%83%98), უროიან-ავშნიანი, უროიან ჯაგეკლიანი და ხურხუმოიანიმცენარეულობა. ადგილ-ადგილ არის ნახევარუდაბნოს მცენარეულობაც კი. იაღლუჯის სერი შემოსილია უროიანი და უროიან-წივანიან-ვაციწვერიანი სტეპის ბალახეულობით, აგრეთვე ქსეროფიტული ბუჩქნარით. ლოქის ქედზე გვხვდება [ფიჭვის](https://ka.wikipedia.org/wiki/%E1%83%A4%E1%83%98%E1%83%AD%E1%83%95%E1%83%98)მცირე კორომები. კალთები შემოსილია ფართოფოთლოვანი ტყით, რომლის ქვედა ნაწილში ჭარბობს  [მუხა](https://ka.wikipedia.org/wiki/%E1%83%9B%E1%83%A3%E1%83%AE%E1%83%90) და [რცხილა](https://ka.wikipedia.org/wiki/%E1%83%A0%E1%83%AA%E1%83%AE%E1%83%98%E1%83%9A%E1%83%90), ზემო ნაწილში კი [წიფელი](https://ka.wikipedia.org/wiki/%E1%83%AC%E1%83%98%E1%83%A4%E1%83%94%E1%83%9A%E1%83%98).ბაბაკარის სერზე გაბატონებულია [ნეკერჩხალი](https://ka.wikipedia.org/wiki/%E1%83%9C%E1%83%94%E1%83%99%E1%83%94%E1%83%A0%E1%83%A9%E1%83%AE%E1%83%90%E1%83%9A%E1%83%98), [ქართული მუხა](https://ka.wikipedia.org/wiki/%E1%83%A5%E1%83%90%E1%83%A0%E1%83%97%E1%83%A3%E1%83%9A%E1%83%98_%E1%83%9B%E1%83%A3%E1%83%AE%E1%83%90),[ჯაგრცხილა](https://ka.wikipedia.org/wiki/%E1%83%AF%E1%83%90%E1%83%92%E1%83%A0%E1%83%AA%E1%83%AE%E1%83%98%E1%83%9A%E1%83%90)და[კვრინჩხი](https://ka.wikipedia.org/wiki/%E1%83%99%E1%83%95%E1%83%A0%E1%83%98%E1%83%9C%E1%83%A9%E1%83%AE%E1%83%98) [27. 29].

მრავალფეროვანია აქაური [ფაუნა](https://ka.wikipedia.org/wiki/%E1%83%A4%E1%83%90%E1%83%A3%E1%83%9C%E1%83%90). ტყეებში გვხვდება [გარეული ღორი](https://ka.wikipedia.org/wiki/%E1%83%92%E1%83%90%E1%83%A0%E1%83%94%E1%83%A3%E1%83%9A%E1%83%98_%E1%83%A6%E1%83%9D%E1%83%A0%E1%83%98),[მაჩვი](https://ka.wikipedia.org/wiki/%E1%83%9B%E1%83%90%E1%83%A9%E1%83%95%E1%83%98),[თეთრყელა კვერნა](https://ka.wikipedia.org/wiki/%E1%83%97%E1%83%94%E1%83%97%E1%83%A0%E1%83%A7%E1%83%94%E1%83%9A%E1%83%90_%E1%83%99%E1%83%95%E1%83%94%E1%83%A0%E1%83%9C%E1%83%90), [დედოფალა](https://ka.wikipedia.org/wiki/%E1%83%93%E1%83%94%E1%83%93%E1%83%9D%E1%83%A4%E1%83%90%E1%83%9A%E1%83%90); თითქმის ყველგანაა  გავრცელებული [ლელიანის კატა](https://ka.wikipedia.org/wiki/%E1%83%9A%E1%83%94%E1%83%9A%E1%83%98%E1%83%90%E1%83%9C%E1%83%98%E1%83%A1_%E1%83%99%E1%83%90%E1%83%A2%E1%83%90),[კურდღელი](https://ka.wikipedia.org/wiki/%E1%83%99%E1%83%A3%E1%83%A0%E1%83%93%E1%83%A6%E1%83%94%E1%83%9A%E1%83%98),[მგელი](https://ka.wikipedia.org/wiki/%E1%83%9B%E1%83%92%E1%83%94%E1%83%9A%E1%83%98),[ტურა](https://ka.wikipedia.org/wiki/%E1%83%A2%E1%83%A3%E1%83%A0%E1%83%90). [ორნითოფაუნა](https://ka.wikipedia.org/w/index.php?title=%E1%83%9D%E1%83%A0%E1%83%9C%E1%83%98%E1%83%97%E1%83%9D%E1%83%A4%E1%83%90%E1%83%A3%E1%83%9C%E1%83%90&action=edit&redlink=1)ც მრავალფერო უხვადაა წარმოდგენილი. არის [ჩვეულებრივი ხოხობი](https://ka.wikipedia.org/wiki/%E1%83%AE%E1%83%9D%E1%83%AE%E1%83%9D%E1%83%91%E1%83%98), [ტოროლა](https://ka.wikipedia.org/w/index.php?title=%E1%83%A2%E1%83%9D%E1%83%A0%E1%83%9D%E1%83%9A%E1%83%90&action=edit&redlink=1), [კაკაბი](https://ka.wikipedia.org/wiki/%E1%83%99%E1%83%90%E1%83%99%E1%83%90%E1%83%91%E1%83%98), [გნოლი](https://ka.wikipedia.org/wiki/%E1%83%92%E1%83%9C%E1%83%9D%E1%83%9A%E1%83%98), [მწყერი](https://ka.wikipedia.org/wiki/%E1%83%9B%E1%83%AC%E1%83%A7%E1%83%94%E1%83%A0%E1%83%98) და სხვ.ბევრია ქვეწარმავალიც. იაღლუჯის მაღლობზე განსაკუთრებით დიდი რაოდენობითარის სხვადასხვა სახის [ხვლიკი](https://ka.wikipedia.org/wiki/%E1%83%AE%E1%83%95%E1%83%9A%E1%83%98%E1%83%99%E1%83%98). არის ასევე[კუ](https://ka.wikipedia.org/wiki/%E1%83%99%E1%83%A3),[ანკარა](https://ka.wikipedia.org/wiki/%E1%83%90%E1%83%9C%E1%83%99%E1%83%90%E1%83%A0%E1%83%90),[გველხოკერა](https://ka.wikipedia.org/wiki/%E1%83%92%E1%83%95%E1%83%94%E1%83%9A%E1%83%AE%E1%83%9D%E1%83%99%E1%83%94%E1%83%A0%E1%83%90) და [ველის მახრჩობელა](https://ka.wikipedia.org/w/index.php?title=%E1%83%95%E1%83%94%E1%83%9A%E1%83%98%E1%83%A1_%E1%83%9B%E1%83%90%E1%83%AE%E1%83%A0%E1%83%A9%E1%83%9D%E1%83%91%E1%83%94%E1%83%9A%E1%83%90&action=edit&redlink=1) (იშვიათად).

მდინარე ხრამში გავრცელებული თევზებია: ტაფელა, მტვრის წვერა, ჭანარი, მურწა, ხრამულა, სევანის ხრამულა, მტკვრის ციმორი, აღმოსავავლური კაპარჭინა, ამიერკავკასიული ბლიკა, შავწარბა, შამაია, წითელტუჩა ჭერეხი, მტკვრის ტობი, ჩვეულებრივი ქაშაყი, მტკვრის ნაფოტა და სხვა [29].

მდინარე ხრამს ქვემო ქართლისათვის სასიცოცხლო მნიშვნელობა აქვს და მისი ჩამონადენის თითქმის ყოველი კუბური მეტრი წყალი აღრიცხვაზეა აყვანილი. მდინარე ხრამის წყალი დღეისათვის გამოყენებულია მრავალი სოფლის სასმელი წყლით მომარაგებისათვის, კიდევ მრავალი სოფელი გეგმავს მდინარე ხრამიდან სასმელი წყლით უზრუნველყოფას. მდინარით ირწყვება ათასობით ჰექტარი სავარგულები და ათასობით ჰექტარი სავარგულების მორწყვა კიდევ იგეგმება [55], მიუხედავად იმისა, რომ უკვე დღეისათვის წარმოქმნილია სარწყავი წყლის დეფიციტი. სოფლები, რომლებიც "მიბმული" არიან მდინარე ხრამზე, დასახლებულია აზერბაიჯანული მოსახლეობით, რომლებიც მთლიანად დაკავებული არიან სასოფლო პროდუქტების მოყვანით და წელიწადში იღებენ სამ მოსავალს. მდინარე ხრამის ჩამონადენის თუნდაც ნაწილობრივი შემცირება ნიშნავს მათ დატოვებას საარსებო პირობების გარეშე. ადგილობრივი მოსახლეობის ძირითადი საქმიანობა სოფლის მეურნეობაა [55].

**მდინარე ალაზანი**

 აღმოსავლეთ საქართველოს  ერთ–ერთი მნიშვნელოვანი მდინარე ალაზნის, აუზისფართობი- 11 800კმ², წყლისსაშუალოხარჯი - 98მ³/წმ. საზრდოობაშერეულია, გამოიყენებასარწყავად. ალაზნისმიმდებარევაკეებიმევენახეობისმუნიციპალიტეტია. სათავეაქვსკავკასიონზე, მწვერვალ დიდი ბორბალოსაღმოსავლეთკალთაზე. ზემოდინებაშიმთისმდინარეა, შემდეგგამოდის ალაზნის ვაკეზედაიტოტება. ერთვის მინგეჩაურის წყალსაცავს (აზერბაიჯანი). წყალსაცავის აგებამდე ალაზანი პირდაპირ მტკვარში ჩაედინებოდა [13].

 მდინარე ალაზნის აუზი სამი მხრიდან მაღალი მთებით არის გარშემორტყმული, რომლებიც ვაკეს და მთისწინეთს ჰაერის ცივი მასებისაგან იცავენ. ატმოსფერული ნალექები ყველაზე მაღალი აუზის ჩრდილოეთ და ჩრდილო-აღმოსავლეთ ნაწილებშია. ხოლო დაბალი-სამხრეთ აღმოსავლეთ ნაწილშია. ალაზნის დიდ ნაწილში კლიმატი რბილია. ხეობის უფრო მაღალ ნაწილებში, პანკისის ხეობის ჩათვლით, ტემპერატურა ცენტრალურ ნაწილთან შედარებით, რამდენიმე გრადუსით უფრო დაბალია. აუზის დაბლობები ხასიათდება დაბალი ატმოსფერული ნალექებით (400 მმ), რომელიც თანდათან იზრდება სამხრეთიდან და სამხრეთ აღმოსავლეთიდან კავკასიონის ქედის მიმართულებით და აღწევს 2000 მმ-ს წელიწადში [13].

კახეთში მრავალფეროვანი ლანდშაფტია, ნახევარ უდაბნოდან ალპურ მდელოებამდე. 2600 მეტრის სიმაღლის ზემოთ ალპური მდელოები, ხოლო 2200 და 2600 შორის სიმაღლეზე სუბალპური ტყიანი ადგილები და მდელოები ჭარბობს. 400-2200 მეტრზე დომინირებს მუხისა და რცხილის შერეული ტყეები (მუხა, იფნის/ცირცელის ხეები, თელა და სხვა.), ხოლო ალუვიურ სტაპებზე ბუნებრივ მცენარეულ საფარს ტყის ელემენტები წარმოქმნის. მდინარე ალაზნის გასწვრივ ბუნებრიბი საფარი წარმოდგენილია ჭალის ტყით (ტუგაის ტყე). აუზის აღმოსავლეთ ნაწილში, აღმოსავლეთით დედოფლისწყაროდან დომინირებს სხვადასხვა ტიპის მცენარეული საფარი [29].

მდინარე ალაზნის ხეობა ხასიათდება ბიოლოგიური მრავალფეროვნებით. მდინარე ალაზნის გასწვრივ დამახასიათებელია ჭალის ტყეები, რომელიც გამოირჩევა   ფლორით და ფაუნის მრავალფეროვნებით. ცხოველებიდან აქ გვხვდებადათვი (Ursus arctos), მელა(Vulpes), ტურა (Canis aureus), მგელი (Canis lupus), გარეული ღორი(Sus scrofa), შველი(Capreolus), ირემი (Cervus). ფრინველებიდან - გარეული იხვი(Anas platyrtynchos) და ბატი, ქედანი, მწყერი (Coturnix coturnix), შაშვი (Turdus merula), რამდენიმე ჯიშის კოდალა.მდინარისპირა (ჭალის) ტყეები (მათ შორის, კახეთის რელიქტური ტყეები,200-600 მ.ზ.დ.) მდინარეთა გასწვრივ ვიწრო ზოლებად არის წარმოდგენილი. აქ გვხვდება როგორც ჭალის, ისე ალპური ზონის მცენარეები: თეთრი ხვალო (Populus alba), ლაფანი (Pterocaryapterocarpa), მურყანი (Alnus barbata) და ტირიფები (Salix spp.). მომცრო არე მდ.ალაზანსა და სტორს შორის უკავია ჯაგრცხილისა (Carpinus orientalis) და ძელქვის(Zelkova carpinifolia) ტყეებს. ლიანებიდან ჩვეულებრივია სურო (Hedera helix),პასტუხოვის სურო (H. pastuchovii), უსურვაზი (Vitis sylvestris), სვია (Humulus lupulus), მაყვალი (Rubus spp.), წაბლი (Castanea), კაკალი (Juglans regia), მუხა(Quercus), ცაცხვი(Tilia caucasica) , ნეკერჩხალი (Acer),, დეკა(Rhododendron caucasicum) [27].

მდინარე ალაზანში მრავალი მცირე მდინარე ჩაედინება. ალაზნის მარცხენა შენაკადებია: [სტორი](http://ka.wikipedia.org/wiki/%E1%83%A1%E1%83%A2%E1%83%9D%E1%83%A0%E1%83%98),[ლოპოტა](http://ka.wikipedia.org/wiki/%E1%83%9A%E1%83%9D%E1%83%9E%E1%83%9D%E1%83%A2%E1%83%90), [ინწობა](http://ka.wikipedia.org/wiki/%E1%83%98%E1%83%9C%E1%83%AC%E1%83%9D%E1%83%91%E1%83%90_%28%E1%83%9B%E1%83%93%E1%83%98%E1%83%9C%E1%83%90%E1%83%A0%E1%83%94%29), [ჩელთი](http://ka.wikipedia.org/wiki/%E1%83%A9%E1%83%94%E1%83%9A%E1%83%97%E1%83%98),[დურუჯი](http://ka.wikipedia.org/wiki/%E1%83%93%E1%83%A3%E1%83%A0%E1%83%A3%E1%83%AF%E1%83%98_%28%E1%83%9B%E1%83%93%E1%83%98%E1%83%9C%E1%83%90%E1%83%A0%E1%83%94%29),[ავანისხევი](http://ka.wikipedia.org/wiki/%E1%83%90%E1%83%95%E1%83%90%E1%83%9C%E1%83%98%E1%83%A1%E1%83%AE%E1%83%94%E1%83%95%E1%83%98),  [კაბალი](http://ka.wikipedia.org/wiki/%E1%83%99%E1%83%90%E1%83%91%E1%83%90%E1%83%9A%E1%83%98_%28%E1%83%9B%E1%83%93%E1%83%98%E1%83%9C%E1%83%90%E1%83%A0%E1%83%94%29), [მაწიმისწყალი](http://ka.wikipedia.org/wiki/%E1%83%9B%E1%83%90%E1%83%AC%E1%83%98%E1%83%9B%E1%83%98%E1%83%A1%E1%83%AC%E1%83%A7%E1%83%90%E1%83%9A%E1%83%98),  [გიშისწყალი](http://ka.wikipedia.org/w/index.php?title=%E1%83%92%E1%83%98%E1%83%A8%E1%83%98%E1%83%A1%E1%83%AC%E1%83%A7%E1%83%90%E1%83%9A%E1%83%98&action=edit&redlink=1)  (აგრიჩაი) და სხვა. ალაზნის მარჯვენა შენაკადებია - [ილტო](http://ka.wikipedia.org/wiki/%E1%83%98%E1%83%9A%E1%83%A2%E1%83%9D), [თურდო](http://ka.wikipedia.org/wiki/%E1%83%97%E1%83%A3%E1%83%A0%E1%83%93%E1%83%9D), [კისისხევი](http://ka.wikipedia.org/wiki/%E1%83%99%E1%83%98%E1%83%A1%E1%83%98%E1%83%A1%E1%83%AE%E1%83%94%E1%83%95%E1%83%98_%28%E1%83%9B%E1%83%93%E1%83%98%E1%83%9C%E1%83%90%E1%83%A0%E1%83%94%29), [ჭერმისხევი](http://ka.wikipedia.org/wiki/%E1%83%AD%E1%83%94%E1%83%A0%E1%83%9B%E1%83%98%E1%83%A1%E1%83%AE%E1%83%94%E1%83%95%E1%83%98) და სხვა. ზოგი შენაკადი ღვარცოფულია (მაგ., [დურუჯი](http://ka.wikipedia.org/wiki/%E1%83%93%E1%83%A3%E1%83%A0%E1%83%A3%E1%83%AF%E1%83%98)).

მდინარე ალაზანი ზემო დინებაში მთის მდინარეა, რომელიც წარმოადგენს კალმახის ზონის ეკოსისტემას. შემდეგ გამოდის ალაზნის ვაკეზე და იტოტება, რაშიც გავრცელებულია ფართო კალაპოტიან და ნელდინებიან მდინარეთა თევზების პოპულაციები. მდინარე ალაზნის ქვედა წელში გავრცელებულია მტკნარი წყლის თევზები [13].

მდინარე ალაზნშიგავრცელებულია თევზების შემდეგი სახეობა: ალაზნის ტობი - (Ghondrostoma nasus), მურწა - (Barbus mursa), კობრი სრულფარფლიანი-(Cyprinus carpio), ჭანარი - (Barbus capito), ხრამული - (Varicorhinus capoeta), წვერა - (Barbus barbus), მტკვრის გოჭალა - (Nemachelilus angorae), შამაია - (Chalcalburnus chalcoides), ქაშაპი - (Leucicus cephalus), მტკვრის თაღლითა - (Alburnus filippi), მტკვრის ნაფოტა - (Rutilus rutilus), მდინარის ღორჯო - (Gobius cephalarges)(ირჩევს ჩქარი მდინარის ქვა-ქვიშიან ბიოტოპს), გოჭა - (საზანი), (Cyprius carpio), ჭანარი -(Barbus capito), ლოქო - (Silurus dlanis) (მდინარეში ირჩევს ღრმა, მდორე ადგილებს, ხშირია ალაზნის ქვემო და შუა დინებაში), საქართველოს წითელი ნუსხის სახეობა - მდინარის კალმახი -(Salmo fario) (ბინადრობს მდინარე ალაზნის და მისი შენაკადების ზედა წელში) [27].

**თავი II**

**კვლევის მეთოდები**

**2. 1 მდინარეებზესაკვლევინიმუშებისაღების მეთოდები.**

 საკვლევ მდინარეზე მომზადებული საველე კვლევების სქემის მიხედვით ხდებოდა ადგილებზე გასვლა, კოორდინატების დაზუსტება და საველე ჟურნალებში რეგისტრირება. ხდებოდა ადგილის დათვალიერება და ფოტოფიქსირება. საკვლევ მდინარეებზე საველე სამუშაოები ჩატარდა ორ ეტაპად: 2016 - 2017 წლებში სეზონურად (გაზაფხული,ზაფხული, შემოდგომა). წყლის ძირითადი ფიზიკურ-ქიმიური პარამეტრები: pH, ტემპერატურა, ელექტროგამტარობა და გახსნილი ჟანგბადის შემცველობა ისაზღვრებოდა საველე პორტატული აპარატი- HORIBA-1ით. წყლის მარილიანობა გამოისახება %-ში. წყალში გახსნილი ჟანგბადის რაოდენობა მგ/ლ-ში, ელექტროგამტარობა მსმ/სმ.

 საველე პირობებში წყლის სიმღვრივე იზომებოდა ტურბიდიმეტრული მეთოდით, პორტატული აპარატის გამოყენებით. შედეგები გამოისახება ფორმაზინის სიმღვრივის ერთეულებში. აღნიშნული მეთოდით სიმღვრივის ანალიზი ზუსტ შედეგებს იძლევა 0 - 1000 FTU ერთეულის დიაპაზონში. შესაბამისი ცხრილის გამოყენებით შესაძლებელია სიმღვრივის გადაანგარიშება SiO2 მგ/ლ ერთეულებში. მდინარის წყლის საველე გაზომვები ტარდებიოდა ადგილზე პორტატული აპარატურის საშუალებით. მდინარეების წყლის ძირითადი იონების ანალიზისათვის იღებოდა 1 ლ მოცულობის ნიმუშები, რომლებიც ლაბორატორიაში ტრანსპორტირებამდე ინახებოდა სპეციალურ ყინულიან კონტეინერებში (ქულერებში).

ზედაპირულ სინჯებს ვიღებდით წყლის ზედაპირიდან 10-15 სმ სიღრმეზე. სინჯის ფსკერთან აღების აუცილებლობისას მას ვიღებდით 30-50 სმ სიღრმეზე. საბანაო ადგილებში წყლის სინჯებს ვიღებდით ზედაპირულად. წყლის სინჯის აღების დროს დაცული იყო შემდეგი სავალდებულო პირობები:

* სინჯის აღების დროს გამორიცხული იყო შემთხვევითი მომენტები;
* წყლის თვისებების შეცვლის გამორიცხვის მიზნით, სინჯის აღების შემდეგ ანალიზი ჩატარდებოდა მაქსიმალურად სწრაფად;
* წყლის მოკლე სანიტარული ანალიზისათვის ვიღებდით სინჯის 2 ლ, ხოლო სრული ანალიზისათვის- 5ლ; ორივე შემთხვევაში ბაქტერიოლოგიური ანალიზისათვის საჭირო იყო სინჯის 0,5 ლ;
* სინჯის მოცულობა დამოკიდებულია იმაზე, თუ რომელი მიკროორგანიზმები უნდა იყოს გამოკვლეული. მაგ. ინდიკატორული მიკროორგანიზმებისათვის უნდა იყოს 0,5 მლ. ხოლო წყალში ინდიკატორული და პათოგენური მიკროორგანიზმებისათვის - 2,5 ლ.

წყლის სინჯის აღების ადგილზე ვსაზღვრავდით სუნს, pH, ტუტიანობას, წყლის ტემპერატურა, ვატარებდით წყლის ვიზუალური შეფასებას. სინჯებს ვიღებდით სტერილური ბათომეტრით და სტერილური ჭურჭლით. ჭურჭელს ვხსნიდით უშუალოდ სინჯის აღების წინ. ქაღალდის სახურავს ან ჩაჩს ხსნიან საცობთან ერთად ისე, რომ არ ეხებიან ჭურჭლის ყელსა და საცობს ხელით.

სინჯის აღების დროს ვავსებდით თანმხლებ დოკუმენტს, რომელშიც აღინიშნებოდა სინჯის აღების ადგილი, დრო და /ან სინჯის რიგითი ნომერი. სინჯი თანმხლებ ბლანკთან ერთად მაქსიმალურად სწრაფად მიგვქონდა ლაბორატორიაში ანალიზისათვის.

**2.2.წყლის ქიმიური უვნებლობის შესწავლა**

წყლის ქიმიური უვნებლობის მაჩვენებლები იყოფა 3 ჯგუფად:

* წყალში ბუნებრივად არსებული ქიმიური ნივთიერებებით განპირობებული მაჩვენებლები (წყლის ბუნებრივი შედგენილობის დამახასიათებელი მაჩვენებლები);
* წყლის დამუშავების პროცესში დამატებული რეაგენტებით განპირობებული ტოქსიკურობის დამახასიათებელი მაჩვენებლები;
* სამრეწველო ჩამდინარე წყლებისა და ზედაპირული ჩანადენებით წყალმომარაგების წყაროში მოხვედრილი ქიმიური ნივთიერებებით განპირობებული მაჩვენებლები.

პირველ ჯგუფს მიეკუთვნება შემდეგი მაჩვენებლები: საერთო მინერალიზაცია (მშრალი ნაშთი), საერთო სიხისტე, წყალბადის მაჩვენებელი (აქტიური რეაქცია), ტუტიანობა, ანიონები და კათიონები: Mg2+, Ca2+, Na+, HCO3-, CI-, SO42-.

მეორე ჯგუფს მიეკუთვნება ის ქიმიური ნივთიერებები და შენაერთები, რომელიც წყალში ხვდება მისი სხვადასხვა მეთოდით დამუშავებისა და ტრანსპორტირების დროს, როგორიცაა გაკამკამება, გაუფერულება, გაუსნებოვნება, დარბილება, ფთორირება და სპეციალური დამუშავების სხვა მეთოდები, წყალსადენის ქსელის მასალასთან კონტაქტის დროს გადასული ნივთიერებები - ტყვია, დარიშხანი, პლასტიკური მასალების და იონგაცვლითი ფისების კომპონენტები.

მესამე ჯგუფს შეადგენს ქიმიური ნივთიერებების საკმაოდ დიდი ჯგუფი. მათი უსაფრთხო დონეები (ზღვრულად დასაშვები კონცენტრაციები) რეგლამენტირებულია შესაბამისი ნორმატიული დოკუმენტით.

**2.3 წყლის ქიმიური უსაფრთხოების განმსაზღვრელი ზოგიერთი**

**მაჩვენებლის (მშრალი ნაშთი, სიხისტე) გამოკვლევის მეთოდიკა**

**მშრალი ნაშთი**(საერთო მინერალიზაცია) წარმოადგენს წყალში გახსნილ მარილებს (მგ/დმ3) . მისი განსაზღვრისათვის ფაიფურის ფინჯანს ათავსებენ საშრობ კამერაში 110$℃$ ტემპერტურაზე 2 სთ განმავლობაში; ექსიკატორში გაცივების შემდეგ ფინჯანს წონიან ანალიზურ სასწორზე. გაფილტრული საკვლევი წყლის გარკვეულ მოცულობას გადაიტანენ ფაიფურის ფინჯანზე და მის მთელ მოცულობას აორთქლებენ წყლის აბაზანაზე. ამის შემდეგ ფინჯანს აშრობენ საშრობ კამერაში 110$℃$ ტემპერტურაზე მუდმივ წონამდე; გაცივების შემდეგ წონიან. საკვლევი წყლის მოცულობაში მშრალი ნაშთის რაოდენობას (X, მგ/დმ3) გამოიანგარიშებენ ფორმულით:

 X=$\frac{\left(m-m\_{1}\right).1000}{V}$, სადაც

m - ფინჯანის წონაა მშრალი ნაშთით, მგ;

m1 - ცარიელი ფინჯანის წონა, მგ;

V - განსაზღვრისათვის აღებული წყლის მოცულობა, მლ.

წყლის მინერალურ შედგენილობას და შესაბამისად, მშრალ ნაშთს ძირითადად (85$\%-ით$) განსაზღვრავს კათიონები - Mg2+, Ca2+, Na+, ანიონები - HCO3, CI-, SO42-, მიკროელემენტები - Fe2+, Fe3+, I-, Cu2+, Mo4+6+ და სხვ.

წყალს, რომელიც შეიცავს 1000მგ/დმ3-მდე მშრალ ნაშთს, მტკნარს უწოდებენ , ხოლო 1000 მგ/დმ3-ზე მეტის შემცველობის შემთხვევაში- მინერალიზებულს.

 მინერალური მარილების (მშრალი ნაშთის) რაოდენობის მიხედვით წყალი იყოფა შემდეგ ჯგუფებად:სუსტი მინერალიზაციის - 50-100 მგ/დმ3-მდე;დამაკმაყოფილებელი მინერალიზაციის -100-300 მგ/დმ3;ოპტიმალური მინერალიზაციის -300-500 მგ/დმ3;მომატებული მინერალიზაციის - 500-1000 მგ/დმ3.

**სიხისტე** - განარჩევენ საერთო, კარბონატულ, მუდმივ და გარდამავალ სიხისტეს.საერთო სიხისტე არის წყლის ბუნებრივი თვისება, რაც განპირობებულია მასში სიხისტის მარილების (Ca2+ და Mg2+) არსებობით; კარბონატული სიხისტე არის Ca2+ და Mg2+ ჰიდროკარბონატებით და კარბონატებით განპირობებული სიხისტე.

* მუდმივე სიხისტე არის ადუღებული წყლის სიხისტე.
* გარდამავალი სიხისტე არის დუღილის შედეგად მოცილებული სიხისტე.

საერთო სიხისტეს განსაზღვრისათვის კოლბაში იღებენ 100 მლ საკვლევ წყალს და უმატებენ 5 მლ ბუფერულ ხსნარს (10 გ ამონიუმის ქლორიდს ხსნიან გამოხდილ წყალში, უმატებენ 50 მლ ამიაკის 25% ხსნარს და გამოხდილი წყლით შავსებენ 500 მლ-მდე), 5-7 წვეთ ინდიკატორს (0.5 გ შავი ქრომოგენის ინდიკატორს ხსნიან 20 მლ ბუფერულ ხსნარში და შეავსებენ ეთილის სპირტით 100 მლ-მდე) და მაშინვე ტიტრავენ ტრილიონ B ხსნარით.

საერთო სიხისტის გაანგარიშება ხდება ფორმულით:

$X=\frac{A∙0.05∙K∙1000}{V},$ სადაც

X - Ca2+ და Mg2+ მარილების შემცველობა, მმოლი/დმ2;

A - ტიტრაციაზე დახარჯული ტრილიონ B-ის რაოდენობა, მლ;

K – ტრილიონ B-ის ხსნარის შესწორების კოეფიციენტი;

V - გამოსაკვლევი წყლის მოცულობა, მლ

საეთო სიხისტის სიდიდის გრადუსებში გადასაყვანად მიღებული შედეგი (მმოლი/ლ) მრავლდება გადასაყვან კოეფიციენტზე 2,8.

* 3,5 მმოლი/დმ3-მდე საერთო სიხისტით წყალი არის რბილი;
* 3,5-7 მმოლი/დმ3 საერთო სიხისტით - საშუალო სიხისტის;
* 7-10 მმოლი/დმ3  საერთო სიხისტით - ხისტი;
* 10- მმოლი/დმ3 -ზე მეტი საერთო სიხისტით - ძლიერ ხისტი.

**2.4 წყლის ორგანოლეპტიკური თვისებების შესწავლა**

ორგანოლეპტიკური თვისებები ეწოდება წყლის ხარისხის განმსაზღვრელ ისეთ მაჩვენებლებს, რომლებიც ადამიანის გრძნობათა ორგანოებით აღიქმება.

სამედიცინო თვალსაზრისით ორგანოლეპტიკური მაჩვენებლები იყოფა ორ ჯგუფად:მაჩვენებლები, რომლებიც ფასდება მათი აღქმის ინტენსიურობის მიხედვით (ფიზიკურ-ორგანოლეპტიკური მაჩვენებლები):მაჩვენებლები, რომლებსაც განსაზღვრავს წყალში ქიმიური ნივთიერებების არსებობას (ქიმიურ-ორგანოლეპტიკური მაჩვენებლები).

პირველი ჯგუფი ძირითადია და მასში გაერთინებულია 8 ორგანოლეპტიკური მაჩვენებელი, რომელიც ახასიათებს წყლის ფიზიკურ თვისებებს:

1. სუნი - ბალი; 2. გემო - ბალი; 3. ფერიანობა - გრადუსი; 4. გამჭვირვალობა სნელენის სკალით - სმ; 5. სიმღვრივე სტანდარტული სკალით - მგ/დმ3; 6. შეფერვა (ნალექი) - სმ; 7.ტემპერატურა - გრადუსი C; 8. მინარევები.

 ორგანოლეპტიკური მაჩვენებლების მეორე ჯგუფი დამოკიდებულია წყალში ქიმიური ნივთიერებების არსებობაზე. წყალში არსებული ქიმიური ნივთიერებები, რომლებიც გავლენას ახდენენ წყლის ორგანოლეპტიკურ თვისებებზე, იყოფა სამ ქვეჯგუფად (კლასად):

I კლასი - ქიმიური ნივთიერებები ან მათი ჯგუფები, რომლებიც გვხდება ბუნებრივ წყალში: სულფატები, ბიკარბონატები, კარბონატები, ქლორიდები, რკინა, გოგირდწყალბადი, მანგანული და სხვა;

II კლასი - ქიმიური ნივთიერები, რომელიც ემატება წყალს დამუშავების პროცესში: პოლიაკრილამიდი, ალუმინი, ქლორი, ოზონი, ტრიპოლიფოსფატი და სხვა;

III კლასი - ქიმიური ნივთიერებები, რომელიც ხვდება წყალმომარაგების წყაროში სამრეწველო საყოფაცხოვრებო ჩამდინარე წყლებთან და ქიმიური ნივთიერებებით დამუშავებული სასოფლო-სამეურნეო სავარგულებიდან ჩამდინარე ზედაპირულ წყლებთან ერთად.

პირველი ჯგუფიდ ორგანოლეპტიკური (ფიზიკურ-ორგანოლეპტიკური) მაჩვენებლის შეფასება.

სუნი. საუკეთესო ხარისხის სუფთა ბუნებრივ წყალს, როგორც წესი, სუნი არ აქვს. ზოგიერთ შემთხვევაში ღრმა მიწისქვეშა წყლები ხასითდება უმნიშვნელო ბუნებრივი სუნით გოგირდწყალბადის არსებობის გამო. I კლასის მიწისქვეშა წყლები გოგირდწყალბად არ უნდა შეიცავდეს. II კლასის მიწისქვეშა წყლებში გოგირდწყალბადის შემცველობა რა უნდა აღემატებოდეს 3 მგ/დმ3, ხოლო III კლასის მიწისქვეშა წყლებში - 10 მგ/დმ3.

წყლის სუნის (გემოს) ინტენსიურობის განსაზღვრა ხდება 5 - ბალიანი სკალით:

1. - არ შეიგრძნობა;
2. ვერ შეიგრძნობს მომხმარებელი, მაგრამ აღმოჩნდება გამოცდილი სპეციალისტის მიერ;
3. სუსტი, შეიგრძნობს მომხმარებელი მხოლოდ იმ შემთხვევაში, თუ იქნება შესაბამისი მითითება;
4. შესამჩნევი, აღმოჩნდება მომხმარებლის მიერ და იწვევს მის უარყოფით რეაქციას;
5. მკვეთრი, იქცევს ყურადღებას და წყალი სასმელად გამოუყენებელია;
6. ძალიან ძლიერი, წყალი გამოუყენებელია სასმელად.

ითვლება, რომ წყალს, რომლის სუნი 2 ბალს არ აღემატება, სუნი არ აქვს.

 II კლასის ზედაპირული წყაროების წყალს შეიძლება ჰქონდეს ბუნებრივი წარმოშობის სუნი, მაგრამ არა უმეტეს 3 ბალი, ხოლო III კლასის წყალს- არაუმეტეს 4 ბალი.

წყლის სუნის განსაზღვრისათვის მილესილსაცობიან კოლბას მოცულობის 2/3 -მდე ავსებენ საკვლევი წყლით და ძლიერ შეანჯღრევენ, რის შემდეგ, საცობს მოხსნიან და ჩაისუნთქავენ მის სუნს. სუნის ინტენსიურობის გაძლიერების მიზნით გამოკვლევის წინ შესაძლებელია წყლის გაცხელება. 200-300 მლ მოცულობის კონუსურ კოლბას მისი მოცულობის 1/2 - მდე ავსებენ საკვლევი წყლით, დაახურავენ საათის მინას და გააცხელებენ 600C -დე. შემდეგ კოლბას წრიული მოძრაობით შეანჯღრევენ, მინას გადასწევენ და სუნს განსაზღვრავენ.

წყლის ბუნებრივი სუნის აღწერა ხდება სპეციპიკური ტერმინოლოგიის გამოყენებით. წყლის გასათავისუფლებლად გოგირდწყალბადისა და სხვა უცხო სუნისაგან საჭიროა მისი დამატებითი გადამუშავება: აერაცია, დამჟანგველებისა და სორბენტების გამოყენება.

გემო. თუ წლის გემოს შეფასება არ აღემატება 2 ბალს, ითვლება, რომ მას არ აქვს გემო. წყლის გემოს გამოკვლევა ხდება 200C ტემპერატურაზე. გემოს განსაზღვრისათვის წყალს იგუბებენ პირში მცირე ულუფებად, გადაყლაპვის გარეშე. აღნიშნავენ მის გემოს (მლაშე, მწარე, მჟავე, ტკბილი), გარკვეულ თავისებურებეს (ტუტე, რკინის მაგვარი, ლითონისებური, მთრიმლავი და სხვა) და ინტენსიურობას ბალებში (წყლის სუნის ინტენსიურობის განსაზღვრის ანალოგიურად).

წყლის სუნისა და გემოს ჰიგიენური მნიშვნელობა განისაზღვრება შემდეგი მომენტებით: მათი 2 ბალზე მეტი ინტენსიურობისას სასმელად გამოყენება შეზღუდულია; წყლის უცხო სუნი და გემო შეიძლება დაკავშირებული იყოს სამრეწველო ჩამდინარე წყლებით წყალმომარაგების წყაროს გაბინძურებასთან; წყლის ბუნებრივი სუნი და გემო 2 ბალზე მეტი ინტენსიურობით მიუთითებს წყალში ლურჯ-მწვანე წყალმცენარეების მიერ გამოყოფილი ბიოლოგიურად აქტიური ნივთიერებების არსებობაზე.

ფერიანობა წყლის ბუნებრივი თვისებაა და განპირობებულია მასში ჰუმინური ნივთირებების არსებობით. ჰუმინური ნივთიერებები წყალს აძლევს საკმაოდ ფართო სპექტრი შეფერვას - მოყვითალოდან ყავისფრამდე.

ჰუმინური ნივთირებები ნიადაგში ორგანული ნივთირებები გახრწნის შედეგად წარმოიქმნება, შემდეგ იქიდან გამოირეცხება და წყალსატევის წყალში ხვდება. აქედან გამომდინარე, ფერიანობა და დამახასიათებელია ღია წყალსატევის წყლებისათვის და მკვეთრად იზრდება წყალდიდობის პერიოდში.

წყლის ფერიანობა 15-ზე მეტი არ უნდა იყოს. ამ შემთხვევაში წყალი ითვლება პრაქტიკულად უფეროდ. ნორმატიული დოკუმენტით სასმელ სამეურნეო დანიშნულების წყალს უნდა ჰქონდეს ფერიანობა არა უმეტეს 200-სა. დაეშვება 350-მდე ფერიანობის წყლის გამოყენება. I და II კლასის მიწუსქვეშა წყლების ფერიანობა არ აღემატებოდეს 200-ს, III კლასის - 500 -ს.

I, II და III კლასის ზედაპირული წყაროების ფერიანობა არ უნდა აღემატებოდეს 35, 120 და 2000 -ს, შესაბამისად. მცირედ შეფერილი (350-მდე) წყლის ხარისხი შეიძლება გაუმჯობესდეს დამუშავების ტრადიციული მეთოდებით: ფილტრაცია კოაგულაციის გარეშე, ან კოაგულანტის მცირე დოზების გამოყენება და გაუვნებლობა. ძლიერი ფერიანობის წყლისათვის საჭიროა სპეციალური დამუშავება. წყლის ფერიანობის გამოკვლევისათვის ამზადებენ 2 სტანდარტულ ხსნარს.

ძირითადი სტანდარტული ხსნარი 1 შემდეგი კომპონენტებისაგან მზადდება: 0,0875 გ კალიუმის ბიქრომატი 2 გ კობალტის სულფატი, 1 მლ გოგირდმჟავა სიმკვრივით 1,84 გ/სმ3. აღნიშნულ კომპონენტებს ხსნიან გამოხდილ წყალში და მოცულობას შეავსებენ ერთ ლიტრამდე. ამ ხსნარის ფერიანობა შეესაბამება 5000-ს.

სტანდარტული ხსნარი 2 - გოგირდმჟავას განზავებული ხსნარი. მის დასამზადებლად 1 მლ კონცენტრირებული გოგირდმჟავა სიმკვრივით 1,84 გ/სმ3 გამოხდილი წყლით შეივსება 1 ლ-მდე.

ფერიანობის რკალის მისაღებად 1 და 2 ხსნარებს ნესლერის ცილინდრში გარკვეული პროპორციით შეურევენ ერთმანეთს.

წყლის ფერიანობის განსაზღვრა შესაძლებელია კოლორიმეტრული მეთოდით. ამისათვის კოლორიმეტრულ ცილინდრებში ასხამენ 100-100 მლ გაფილტრულ გამოსაკვლევ წყალს და აკვირდებინ მის შეფრვას ზემოდან ქვემოთ. ამ დროს ეძებენ სკალის იმ ცილინდრის სტანდარტული ხსნარით, რომელშიც ხსნარის შეფერვა დაემთხვევა ცილინდრის შეფერვას საკვლევი წყლით. სხვადასხა ფერიანობის ხსნარის ფოტომეტრიული განსაზღვრა ხდება 5 სმ სისიქის კიუვეტის გამოყენებით, სპექტრის ლურჯ ნაწილში.

წყლის ფერიანობის ჰიგიენური მნიშვნელობა განისაზღვრება შემდეგი მომენტებით:350-ზე მეტი ფერიანობის შემთხვევაში წყლის მომხმარება შეზღუდულია;მიწის ქვეშა წყლის ფერიანობის სიდიდის მერყეობა (მომატება ან შემცირება) მიუთითებს მის გაბიმძურებაზე;ფერიანოვა წარმოადგენს წყალსადენის ნაგებობაზე წყლის გაუფერულების ეფექტურობის მაჩვენებელს.

გამჭვირვალობა. წყალი გამჭვირვალედ ითვლება, თუ მისი 30 სმ ფენის ქვეშ მკაფიოდ იკითხება სნელენის შრიფტი. ასეთი გამჭირვალობა უნდა ჰქონდეს წყალსადენის წყალს. არტეზიული წყლები უფრო მაღალი გამჭვირვალობით ხასიათდება. არა ნაკლებ 30 სმ გამჭირვალობა უნდა ჰქონდეს წყალს, რომელიც მომხმარებელს გაკამკამების გარეშე მიეწოდება.

გამჭირვალეობის გამოკვლევა წარმოებს ბრტყელძირიანი ცილინდრისა და სნელენის შრიფტის საშუალებით. გამოკვლევისათვის ცილინდრის ძირის ქვეშ 4 სმ დაცილებით თავსდება სპეციალური სნელენის შრიფტი (ან ნებისმიერი შრიფტი, რომლის ასოების სიმაღლეა 2 მმ, ხოლო მათი ხაზის სისქე - 0,5 მმ). ცილინდრში ასხამენ გამოსაკვლევ წყალს მანამ, სანამ ზემოდან წყლის ფენის ქვეშ შესაძლებელია შრიფტის წაკითხვა. ცილინდრში წყლის სვეტის სიმაღლის მიხედვით ისაზღვრება გამჭვირვალობა სმ-ში. განსაზღვრა ხდება დღის გაფანტული სინათლის პირობებში, ბუნებრივი სინათლის წყაროდან (კედლიდან) 1 მ დაცილებით.

წყლის გამჭირვალობის ჰიგიენური მნიშვნელობა განისაზღვრება შემდეგი მომენტებით:30 სმ-ზე ნაკლები გამჭირვალობისას წყლის მოხმარება შეზღუდულია;ბუნებრივი წყლის გამჭირვალობის შემცირება მიუთითებს მის გაბინძურებაზე;წყლის გამჭირვალობა წარმოადგენს გამწმენდ ნაგებობებში წყლის გაკამკამების პროცესის ეფექტურობის მაჩვენებელი.

სიმღვრივე წყლის ბუნებრივი თვისებაა, რომელიც განპირობებულია მასში მინერალური ან ორგანული წარმოშობისა შეწონილი ნაწილაკების არსებობით. მისის განსაზღვრა ხდება ფოტომეტრიული მეთოდით (კოლომეტრით), საკვლევი წყლის შედარებით სტანდარტული სუსპენზიასთან. სტანდარტის დასამზადებელი გამოიყენება სპეციალურად დამუშავებული კაოლინი. მისი გამოყენებით მზადდება სტანდარტული ხსნარების ნაკრები კონცენტრაციით 0,1-დან 0,5 მგ/დმ3-მდე. საკვლევწყალში შეწონილი ნაწილაკების დიდი რაოდენობით არსებობის შემთხვევაში (მაღალი სიმღვრივისას) ხდება მისი განზავება ნულოვანი სიმღვრივის წყლით. ფოტომეტრია წარმოებს საკონტროლო ხსნართან შედარებით 5 სმ სისქის კიუვეტში სპექტრის მწვანე ნაწილში.

1,5 მგ/დმ3 სიმღვრივე შეესაბამება 30 სმ გამჭვირვალობას. აქედან გამომდინარე, ნორმატიული დოკუმენტის მოთხოვნის მიხედვით, წყალსადენის წყალს და იმ წყალს, რომელიც დამუშავებას არ ექვემდებარება, უნდა ჰქონდეს სიმღვრივე არა უმეტეს 1,5 მგ/დმ3. წყალდიდობის პერიოდში დაიშვება 2 მგ/დმ2-მდე. I და II კლასის ნიადაგქვეშა წყაროები წყლების სიმღვრივე არ უნდა აღემატებოდეს 1,5 მგ/დმ3-ს. ხოლო II კლასისა - 10 მგ/დმ2-ს. I, II და III კლასის ზედაპირული წყლების სიმღვრივე არ უნდა აღემატებოდეს 20, 1500 და 10000 მგ/დმ2-ს, შესაბამისად მცირე სიმღვრივის (20 მგ/დმ2-მდე) მქონე წყალი დამუშავების შედეგი სათანადო კონდიციამდე შეიძლება იქნას მიყვანილ. დამუშავება ხდება დალექვისა და ფილტრაციის გზით კოაგულაციის გარეშე ან კოაგულატის მცირა დოხის გამოყენებით. მაღალი სიმღვრივის წყალს სჭირდება დამატებითი დალექვა, კოაგულირება ორსაფეხურიანი ფილტრაციით. წყლის სიმღვრივეზე გავლენას ახდენს მაში ფიტოპლანქტონის არსებობა. ფიტოპლანქტონის შემცველობა ზედაპირული წყალმომარაგების წყაროების წყლებში დაიშვება: I კლასის წყაროებში - 1 მ მგ/დმ3-მდე, ხოლო II კლასის წყაროებში - 5 მგ/დმ3-მდე, ხოლო III კლასის წყაროებში - 50 მგ/დმ3-მდე. ფიტოპლანქტონის მოცილებისათვის აუცილებელი წყლის გაწმენდა მიკროფილტრაციის გზით.

წყლის სიმღვრივის ჰიგიენური მნიშვნელობა განისაზღვრება იმავე მომენტებით, რითაც მისი გამჭირვალობისა.შეფერვა (ნალექი). წყალში არსებული ნალექის განსაზვრისათვის საკვლევ წყალს ბოთლში შეანჯღრევენ და ჩაასხამენ ცილინდრში დაახლოებით 30 სმ სიმაღლეზე. ღია წყალსატევიდან აღებული წყლის გამოკვლევისას მას დააყოვნებენ 1 სთ განმავლობაში, ხოლო ნიადაგქვეშა წყაროებიდან აღებული წყლის გამოკვლევისა - 24 სთ განმავლობაში. ნალექის შემცველობა შეფასდება რაოდენობრივად (არ არის უმნიშვნელო, შესამჩნევი, დიდი რაოდენობით) და ხარისხობრივად (ქვიშის, თიხის, ლამის, კრისტალური, ფიფქისებრი და სხვა); აღინიშნება აგრეთვე ნალექის ფერი.

**2.5წყლის ეპიდემიოლოგიური უსაფრთხოების შესწავლა**

წყლის ეპიდემიოლოგიური უსაფრთხოების შეფასებისათვის გამოიყენება მაჩვენებლებს ორი ჯგუფი: სანიტარულ-მიკრობიოლოგიური მაჩვენებელი; სანიტარულ-ქიმიური მაჩვენებლები.

სანიტარულ-მიკრობიოლოგიური მაჩვენებლები - მიკრობული რიცხვი და კოლი-ინდექსი, ხოლო ეპიდემიოლოგიური ჩვენებისას - პათოგენური მიკროორგანიზმების არსებობა.

სანიტარულ -ქიმიური მაჩვენებლები ახასიათებს ორგანული ნივთიერებების ან დაშლის პროდუტების არსებობას - პერმანგანატული და ბიქრომატული ჟანგვადობა, აზოტის ჯგუფი (ამონიუმის, ნიტრიტის, ნიტრატის აზოტი), ქლორიდები, ჟბმ5, გახსნილი ჟანგბადი.

ეპიდემიოლოგიური უსაფრთხოების სანიტარულ-მიკრობიოლოგიური მაჩვენებლები.სანიტარიულ-მიკრობიოლოგიური მაჩვენებლები წყლის ეპიდემიოლოგიური უსაფრთხოების ძირითადი მაჩვენებლებია.

მიკრობიოლოგიური რიცხვი - კოლონიების საერთო რაოდენობა, რომელიც გაიზარდა 24 სთ განმავლობაში 370C ტემპერატურაზე 1 სმ3 წყლის დათესვისას 1,5 % ხორც -პეპტონიან აგარზე.კოლი-ინდექსი - ნაწლავის ჩხირის ჯგუფის ბაქტერიების რაოდენობა 1 დმ3 წყალში.წყლის ეპიდემიოლოგიური უსაფრთხოების სანიტარულ-ქიმიური მაჩვენებლები.სანიტარულ-მიკრობიოლოგიურ (ძირითად) მაჩვენებლებთან ერთად წყლის ეპიდემიოლოგიური უსაფრთხოების შეფასებისათვის გამოიყენება დამატებით, არაპირდაპირი სანიტარულ-ქიმიური მაჩვენებლები.

**პერმანგანატული ჟანგვადობა-**ჟანგბადის ის რაოდენობა (მგ), რომელიც იხარჯება 1ლ წყალში არსებული ადვილად დაჟანგვადი ორგანული და არაორგანული ნივთიერებების დაჟანგვაზე. ჟანგვადობის მომატება მიუთითებს მის დაბინძურებაზე, რამდენადაც ჟანგვადობის სიდიდეს ძირითადად განაპირობებს წყალში ადვილად დაჟანგვადი ორგანული ნივთიერებების არსებობა.

**ბიქრომატული ჟანგვადობა** (ჟანგბადის ქიმიური მოხმარება) - ჟანგბადის ის რაოდენობა (მგ), რომელიც იხარჯება 1 დმ3 წყალში შემავალი, დაჟანგვას დაქვემდებარებული ყველა ორგანული და არაორგანული ნივთიერებების ქიმიურ დაჟანგვაზე.

**აზოტისჯგუფი**(ნიტრიტები და ნიტრატები) განსაზღვრავს წყლის ორგანული დაბინძურების ხანდაზმულობას. წყალში დიდი რაოდენობით ნიტრიტების არსებობა ადასტურებს მის შედარებით ახალ დაბინძურებას აზოტშემცველი ორგანული ნივთიერებებით. წყალში დიდი რაოდენობით ნიტრატებიბის აღმოჩენა კი მიუთითებს ძველ გაბინძურებაზე.

**2.6ანიონების კონცენტრაციების განსაზღვრა**

 **იონური - ქრომატოგრაფიის მეთოდით**

ანიონების რაოდენობრივი შემცველობის დასადგენად, ერთ-ერთ უახლეს მეთოდს წარმოადგენს იონური ქრომატოგრაფი (ხელსაწყო - ICS-2100), რომელიც დაკონფიგურირებული და ოპტიმიზირებულია კონცენტრაციის ფართო დიაპაზონში ანიონების ანალიზისათვის.

ხსნარები მზადდება, ახლად მომზადებული DI წყლის გამოყენებით.
ხელსაწყოს დაკალიბრებისთვის აუცილებელია სტანდარტების მომზადება საჭირო კონცენტრაციებით, რაც დამოკიდებულია ტესტის ნიმუშების სავარაუდო კონცენტრაციაზე. გასათვალისწინებელია, რომ თითოეული კომპონენტის ოდენობა არ უნდა აღემატებოდეს 200 მგ/ლ, როგორც სტანდარტული, ასევე უცნობი ნიმუში. წინააღმდეგ შემთხვევაში, ანალიზური სვეტის "დაბინძურების" ალბათობა იზრდება.იონური ქრომატოგრაფია (ანიონ-გაცვლითი ქრომატოგრაფია) არის ქრომატოგრაფიული პროცესი, რომელიც იონების და პოლარული მოლეკულების განცალკევებით იონის ექსპანგერთან დამოკიდებულებას ეფუძნება. იგი მუშაობს თითქმის ნებისმიერი სახის დამუხტულ მოლეკულაზე, მათ შორის ცილებზე, მცირე ნუკლეოტიდებზე და ამინომჟავებზე. იონ ქრომატოგრაფიის გამოყენების ერთ-ერთი ძირითადი უპირატესობა არის მხოლოდ ერთგვარი ურთიერთქმედება, რომელიც გამოყოფილია გამიჯვნის დროს, განსხვავებით სხვა დამყოფი მეთოდებისგან; აქედან გამომდინარე, იონ-ქრომატოგრაფიას შეიძლება ჰქონდეს უმაღლესი მატრიცა დატოლერანტობა.

იონური ქრომატოგრაფიის ძირითადი პროცესი იონური გაცვლის გამოყენებით შეიძლება წარმოდგენილი იქნეს 5 საფეხურით: ელუენტის მომზადება, ნიმუშის ინექცია, ნიმუში სგამოყოფა, ანალიტის ელუირება A და ანალიტის ელუირება B. ელუირება არის პროცესი, სადაც საკვლევი ნაერთი გადაადგილდება სვეტის მეშვეობით. ეს ხდება იმიტომ, რომ ელუენტის ხსნარი, რომელიც გამოიყენება, როგორც გამხსნელი ქრომატოგრაფში, მუდმივად იტუმბება ტუმბოს მეშვეობით. 7 ანიონის აღმოჩენისთვის მოცემული ხელსაწყოს სჭირდება 15 წუთი.

**2.7 სანიტარულ-მიკრობიოლოგიური მაჩვენებლების გამოთვლა**

 **კოლი-ინდექსის გამოთვლა.** გამოსაკვლევ წყლის მოცულობებში ლაქტოზადადებითი ნაწლავის ჩხირის დადებითი და უარყოფითი შედეგების მიღების შემდეგ ხდება კოლი-ინდექსის გამოთვლა ცხრილებით.

გამოთვლისათვის შევარჩიეთ 3-ჯერადიან მიმდინარეობით განზავებები ან წყლის მოცულობები ჩათესილი გამამდიდრებელ ნიადაგებში, რომლებშიც მიღებულია დადებითი და უარყოფითი შედეგები.

50 და 10 მლ-ში ლაქტოზადადებითი ნაწლავის ჩხირის არსეობობა და მიღებული შედეგების წყლის ობიექტის სანიტარული გამოკვლევის შეფასებულ მონაცემებთან შეუსაბამობას უნდა მიექცეს ყურადღება იმ სექტორებს, სადაც გაიზარდა ლაქტოზა დადებითი კოლონიები (ვარდისფერი, მოგრძო უფერო და ა.შ).

 **ნაწლავის ჩხირის რაოდენობის განსაზღვრა: E.coli**- კოლი როგორც ნაწლავის ჩხირის ჯგუფის წარმომადგენელი მიეკუთვნება ლაქტოზადადებითი ნაწლავის ჩხირს, რომლებიც შლის ლაქტოზას და ინდოლს 440C°. ამ ჯგუფში შეიძლება შევიდნენ შემდეგი სახის ბაქტერიები ,,ენტერობაქტერიები“, რომლებსაც ზემოთ ჩამოთვლილი თვისებები გააჩნიათ.კოლ-ს განსაზღვრავენ ზედაპირული წყალსატევის ხარისხის შეფასებისას, ნორმატივზე მაღალი ,,მიკრობული ხასიათის დაბინძურების წარმოშობისას”.

მიღებული შედეგების შეფასებისას მნიშვნელოვანია კოლი-ს რაოდენობა წყალში და მისი შეფარდება ლაქტოზადადებით ნაწლავის ჩხირთან. 1 ლიტრ წყალში 1000 მეტი კოლი-ს არსეობობა მაჩვენებელია საყოფაცხოვრებო ფეკალური დაბინძურებისა, ამ შემთხვევაში ლაქტოზა დადებითი ნაწლავის ჩხირისა და კოლი-ს შეფარდება 10-ზე ნაკლებია და წყალსატევი წარმოადგენს პოტენციალურ ეპიდემიოლოგიურ საშიშროებას.

ანალიზის შესრულება: კოლი-ს რაოდენობის განსაზღვრისათვის მივმართავდით გათესვას ისე, როგორც ლაქტოზადადებითი ნაწლავის ჩხირის ანალიზის წარმოება მემბრანულ ფილტრებზე. ფილტრებზე ან ფინჯნებზე, სადაც გაიზარდა იზოლირებული კოლონიები, ვითვლიდით მუქი წითელი მეტალური ბზინვარების მქონე კოლონიებს. თითოეულ კოლონიას ან ნაწილს არა ნაკლებ 15-ისა გადავთესავდით პარალელურად ნახევრად თხიერ ლაქტოზიან ნიადაგიან სინჯარაში (ან ლაქტოზა-პეპტონიან ლივლივებიან ნიადაგში) და ინდოლის განსაზღვრულ ნიადაგში (ხოტინგერის ბულიონი ან სხვა რომელიც შეიცავს ტრიფტოპანს). ნიადაგი წინასწარ უნდა იქნეს გაცხელებული წყლის აბაზანაში. 440C° ნათესებიან სინჯარებს აბაზანიანად ათავსებენ თერმოსტატში 0.50C°. იდენტიფიკაციის გაიოლების მიზნით შეიძლება გამოყენებულ იქნას ფკპ-1-ის ნიადაგი, ინკუბირება ხდება 430C° განმავლობაში. ინდოლს ვსაზღვრავდით ერთ-ერთი საერთოდ მიღებული მეთოდებით (ინდიკატორული ქაღალდით ან ერლიხის, კოვცაკოვისა და სხვა რეაქტივებით). დადებით პასუხს იძლევიან აირისა და ინდოლის წარმოქმნის შემთხვევაში, რომლებზეც გაიზარდა არაუმეტესი 20-30 კოლონიისა. ვითვლიდით ენტეროკოკებისათვის დამახასიათებელ კოლონიებს: ბრტყელი მსხვილი სწორი ნაპირებით, თეთრი ან მკრთალად შეღებილი, მოკრემო ან მოვარდისფერო, მალინისფერი.

ლაქტოზადადებითი ნაწლავის ჩხირის რიცხვის გამოთვლა: წყლის ფეკალური დაბინძურების მაჩვენებელია ნაწლავის ჩხირი. ანალიზის შედეგებს გამოვხატავდით 1 მლ წყალში ლაქტოზადადებითი ნაწლავის ჩხირის რაოდენობით. (კოლი-ინდექსი). იმ ფილტრებზე, სადაც ნაწლავის ჩხირის კოლონიების რაოდენობა არ აღემატება 30-ს ვთვლიდით ლაქტოზადადებით ნაწლავის ჩხირს და ვყოფდით გაფილტრულ წყლის მოცულობაზე.

ანალიზის შესრულება: წყლის ყველა მოცულობები ან განზავებებს ვთესავდით ორ-ორი ან სამ-სამი პარალელურად ლაქტოზა ან გლუკოზა პეპტიონიან ნიადაგებში. 50 მლ მოცულობის გამოსაკვლევი წყალი შეგვქონდა 15 მლ-იანი კონცენტრირებულ ლაქტოზა პეპტოიანი ნიადსაგიდან ფლაკონებში, ხოლო 1 მლ-იანი წყლის სინჯი და 1 მლ განზავებულიდან 10 მლ-იანი ნორმალური კონცენტრაციის ნიადაგიდან სინჯარაში. ნათესების ინკუბირება ხდება 0.50C° 24 სთ განმავლობაში.

შედეგების აღრიცხვა: თუ ნათესებში აღინიშნება სიმღვრივე აირის გარეშე გაიცემა უარყოფითი პასუხი. გამდიდრებული ნიადაგიანი ნათესებიდან, სადაც აღინიშნება სიმღვრიე და აირის წარმოქმნა, ვაწარმოებდით გათესვას შტრიხებით მყარ, ფუქსიან-სულფიტიან ენდოს ნიადაგზე, იმის გათვალისიწნებით, რომ მიგვეღო იზოლირებული კოლონიები. ნათესების ინკუბირებას ვახდენდით 0.50C° 16-18 სთ განმავლობაში.გამდიდრებულ ნიადაგში სიმღვრივისა და აირის წარმოქმნისას, ხოლო ენდოს ნიადაგზე გათესვისას ლაქტოზადადებითი ნაწლავის ჩხირისათვის დამახასიათებელი (მუქი-წითელი მეტალური ბზინვარებით და უიმისოდ) კოლონიების არსებობისას ვიღებდით დადებით პასუხს. ანალიზის ჩატარების დრო 42 საათია.

იმ შემთხვევაში, როცა გამდიდრებულ ნიადაგში აღინიშნება ოდნავ აირის წარმოქნა ან ენდოს ნიადაგზე გაიზარდა ლაქტოზადადებითი ნაწლავის ჩხირისათვის არა დამახასიათებელი კოლონიები (ვარდისფერი, მოგრძო წითელი, ვარდისფერი წითელ ცენტრში და ა.შ.) ვადგენდით გაზრდილი კოლონიების ლაქტოზადადებითი ნაწლავის ჩხირისადმი კუთვნილებას. 2-2 კოლონიას თითოეული სახეობიდან ვღებავდით გფრამის წესით. ჩვენს მიერ ხდებოდა მათი მიკროსკოპირება, დავთესეთ ნახევართხიერ ლაქტოზიან ნიადაგში სინჯარის ძირზე ჩხვლეტით, ინკუბირება წარმოებდა 0.50C 5-6 სთ ინკუბაცია შემდეგ თუ წარმოიქმნა მჟავა და აირი გრ – ჩხირის მიერ ვიღებდით დადებით პასუხს, ლაქტოზადადებითი ნაწლავის ჩხირის არსებობაზე გამოსაკვლევი წყლის მოცულობაში.იმ შემთხვევაში, თუ ნიადაგი არ იცვლის ფერს პასუხი უარყოფითია. მხოლოდ მჟავის წარმოქმნისას საბოლოო პასუხი მიიღება 24 საათის განმავლობაში. ანალიზის დრო 48-72 საათია.

ბაქტერიების მიერ ლაქტოზის ფერმენტაციის თვისებების დადგენისათვის შეიძლება გამოყენებულ იქნას ლაქტოზა-პეპტონიანი ლივლივებიან ნიადაგი. შედეგების აღრიცხვა წარმოებს 24 სთ-ის განმავლობაში.სინჯების აღება ხდებოდა დაბინძურებისა და წყალთსარგებლობის შესაძლო დონეების გათვალისწინებით. ობიექტთა პირველ ჯგუფში სინჯებს ვიღებდით ქალაქის კანალიზაციის ჩამდინარე წყლების ჩაშვების რაიონებში. მეორე ჯგუფში ჩაშვების ზონაში და ინტენსიურად გამოიყენებოდა სარეკრეაციო ადგილებად (დასვენების, საბანაო). ეს გახლავთ მდიანარე ალაზნის სანაპიროზე მოსახლეობის უფრო ხშირად კი ბავშვების დასვენებისა და ბანაობის ადგილები აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ ამ ადგილებში ხდება საქონლის თავმოყრაც. მე-3 იყო საკონტროლო წერტილები ანუ მესამე ჯგუფი მდებარეობდა იმ ზონაში, რომელიც დაშორებულია დაბინძურების წყაროებისაგან და მოსახლეობის დასვენებისა და საბანაო ადგილებიდან.

*Salmonella*  გამოკვლევა:წყლის გამოკვლევისას სალმონელებისა და შიგელებზე ვახდენდით არასაიმედო სანიტარული და ეპიდემოლოგიური მდგომარეობის დროს, აგრეთვე, კოლი ინდექსის მომატებისას რეკრეციისათვის გამოყენებული წყალმომარაგების წყაროს შერჩევის და რეკრეციისათვის გამოუყენებელი წყლის ობიექტების ეპიდსიტუაციის კონტროლისას წყლიდან სალმონელების, ტიფის, პარატიფის, შიგელების გამოყოფა მიუთითებს წყლის ობიექტის ეპიდემიურ საშიშროებაზე.

სალმონელების გვარის ბაქტერიების კვლევის მეთოდები მოიცავს, როგორც ხარისხობრივ შეფასებას, ასევე რაოდენობრივ განსაზღვრებასაც. მეთოდის არსი მდგომარეობს გამდიდრებულ ნიადაგებში პათოგენური ენტერობაქტერიების დაგროვების მეთოდის გამოყენებაში. შემდგომი გადათესვის მყარ სელექტიურ და მადიფერენცირებელ ნიადაგებზე ავახდენდით გამოყოფილი კულტურების ბიოქომიური თვისებების შესწავლას და მათ სეროლოგიურ იდენთიფიკაციას მიღებული მეთოდებით.ვიყენებდით არანაკლებ დამგროვებელ ორ ნიადაგს:მიულურ – კაუფმანის;სელენიტის ბულიონი;მაგნიუმიანი ნიადაგი.სვიიანი ბადაგი

სალმონელებისათვის გამოყენება ნებისმიერი 2 ნიადაგიანი 4-დან და როსტოვის ეპიდემიოლოგიისა და მიკრობიოლოგიის ინსტიტუტის მეთოდით. სალმონელების რაოდენობის განსაზღვრისათვის გამოსაკვლევ მდინარის წყალს ვტიტრავდით 500, 50.5 და 0.5 მლ. ერთი ან ორჯერადი განმეორებით და ვუმატებდით სუსლოს ნიადაგზე დადუღებულ დამზადებულ შენაერთს. 1:4 შეფარდებით ნათესებს ინკუბირება ხდება 370C 18-20 სთ. სალმონელების ინდექსს ვსაზღვრავდით, გამოსაკვლევ წყალს 0.5-1 ლ. გამოსაკვლევ წყალს თანახმად სახელმწიფო სტანდარტისა ვუმატებდით 5-10 მლ. 1% ხორც-პეპტონიან ბულიონს. ინკუბირებას ვახდენდით 370C° 24 სთ. 24 საათიანი დიფერენციალურ-სელექტიურ ნიადაგზე; პროსკირევაზე და ენდოზე (ეოზინო-მეთილენის ლურჯით). ნათესებიან ფინჯნებს თერმოსტატში 370C° 24 სთ. ვამზადებდით წყლის განზავებებს დამაგროვებელ ნიადაგებში: ნაცვლიან და სელენტიან ბულიონში 10-1 და 10-5 მდე (0.5 მლ. წყალი 4.5 მლ. ნიადაგზე). ნათესებს ვათავსებდით თერმოსტატში 370C° 24 საათის შემდეგ ვახდენდით გათესვას ზემოაღნიშნულ დიფერენციალურ-სელექტიურ ნიადაგებზე. შემდგომ გამოკვლევებს ვაწარმოებდით მომქმედი ინსტრუქციების თანახმად. იმ შემთხვევაში, როცა ნაწლავის ჩხირის ფაგის რაოდენობა 1 ლ. 1000 მეტია, წყლის ობიექტი ნაწლავის ვირუსული ინფექციის მხრივ წარმოადგენს ეპიდემიურ საშიშროებას ნაწლავის ჩხირის ფაგების რაოდენობას განსაზღვრა წარმოებს აგარული ზოლების მეთოდით. მეთოდის არსი გამოიხატება 1-5 მლ გამოსაკვლევ წყალში БОЕ – განსაზღვრა, რომელსაც შეუძლია ნაწლავის ჩხირის ლიზისი და ნეგატიური კოლონიების წარმოქმნა ბაქტერიალურ გაზონზე.

ანალიზისათვის მზადება: 1.5% ხორც-პეპტონიანი აგარი 25-30 მლ. რაოდენობას ვასხავდით სტერილური პეტრის ფინჯნებში. ფინჯნებს ვაფერადებდით სტერილურ ქაღალდს და 1 სთ-ის განმავლობაში ვაშრობდით ბაქტრიოციდული ლამპის ქვეშ. შემდეგ ვახურებდით ფინჯანს თავზე სახურავს და გადაბრუნებულ მდგომარეობაში ვტოვებდით მთელი ღამე ოთახის ტემპერატურაზე. წინასწარ სინჯარებზე ჩამოსასხმელი 3 მლ. 0.8% ხორცპეპტონიან აგარს ვალღობდით და ვაციებდით 46-48%. 10 მლ. მოცულობის გამოსაკვლევ წყალს ბაქტერიოლოგიური მიკროფლორისაგან განთავისუფლების მიზნით ვუმატებდით 102 მლ. ქლოროფორმს, ვურევდით და ვტოვებდით 15 წთ. ეს უკანასკნელი რომ დაილექოს. გამოსაკვლევად ვიღებდით ქლოროფორმის ნალექის ზემოთ მოთავსებულ წყალს. ანალიზის წარმოება დამუშავებული წყლის სინჯის თითო მილი შეგვაქვს 1.5% აგარიანი ნიადაგის ზედაპირზე პეტრის სამ ფინჯანში. 0.8% ხორც-პეპტონიან აგარიან სინჯარას ვუმატებდით 0.1-0.2 მლ 18 საათიან კულტურას, გამოყოფილს გამოსაკვლევი წყალსატევის წყლის სინჯიდან კარგად ვურევდით. ნარევს ვასხავდით დასნებოვნებული აგარის ზედაპირზე. ვტოვებდით 30 წთ. გასამაგრებლად ოთახის ტემპერატურაზე. შემდეგ ფინჯნებს გადაბრუნებულ მდგომარეობაში ვათავსებდით თერმოსტატში 370C°

 შედეგების აღრიცხვა ხდებოდა 18-24 სთ-ის განმავლობაში БОЕ რაოდენობის ყველა 3 ფინჯანზე გადაიანგარიშებით გამოსაკვლევი წყლის სინჯის მოცულობაზე (1ლ) და გამოვხატავდით ფაგს ინდექსში.

**2.8მემბრანული ფილტრაციის მეთოდი**

 წყლის სანიტარული მდგომარეობის შესაფასებლად ხდება შემდეგი პარამეტრებისა და მეთოდების გამოყენება: ჰეტეროტროფული (მეზოფილური აერობები და ფაკულტატური ანაერობების) ბაქტერიების საერთო რიცხვის განსაზღვრა და აღრიცხვა ხდება ISO 17994:2004 მეთოდით; ნაწლავური ენტეროკოკების (Enterococcus faecalis) - ფეკალური კოლიფორმების განსაზღვრა და აღრიცხვა ხდება ISO 7899-2:2000 მეთოდით; ტოტალური კოლოფორმებისა და Escherichia coli - ს (E.coli) განსაზღვრა და აღრიცხვა ხდება E-coli ISO 0157:H7 მეთოდით.

ზემოთაღნიშნული პარამეტრების განსაზღვრა ხდება მემბრანული ფილტრაციის მეთოდის გამოყენებით. მემბრანული ფილტრაციის აპარატი შედგება: ვაკუუმ-ტუმბოს, კოლბის, ვაკუუმ-ტუმბოსა და კოლბის დამაკავშირებელი მილისა და სპეციალური მოწყობილობისგან, რომელზეც იდება მემბრანული ფილტრი. მემბრანული ფილტრაციის აპარატის ზედაპირზე, რომელიც წინასწარ სტერილდება ცეცხლის ალზე, ასევე სტერილური პინცეტით უნდა მოთავსდეს მემბრანული ფილტრი და მასზე გატარდეს წყლის ნიმუშის წინასწარ განსაზღვრული რაოდენობა (სასმელი წყლის შემთხვევაში 250 – 300 მლ-ის ოდენობით, ხოლო ზედაპირული წყლის შემთხვევაში სხავადასხვა განზავებით). მომდევნო ეტაპზე უნდა ავიღოთ მემბრანული ფილტრი, ისევ სტერილური პინცეტით და მოვათავსოთ პეტრის ჯამზე, რომელზეც წინასწარ არის შეტანილი სპეციფიკური საკვები არე (საკვები არის სპეციფიკურობა დამოკიდებულია, იმაზე თუ რომელი პარამეტრის განსაზღვრა ხდება). პეტრის ჯამების ინკუბაცია უნდა განხორციელდეს თერმოსტატებში, რომლებშიც იქნება განსხვავებული ტემპერატურული რეჟიმი (ტემპერატურული რეჟიმის სხვადასხვაობა ასევე დამოკიდებულია, თუ რომელი პარამეტრის განსაზღვრა ხდება მაგ. E. coli - ის ინკუბაცია უნდა მოხდეს 440C - ზე 24 სთ-ის განმავლობაში, ხოლო ნაწლავური ენტეროკოკების - Enterococcus faecalis 370C - ზე 24 სთ-ის მანძილზე). ინკუბაციის დასრულების შემდეგ მიმდინარეობს შედეგების აღრიცხვა პეტრის ჯამზე გაზრდილი კოლონიების საწყის ეტაპზე დათვლისა და მომდევნო ეტაპზე მათი დამადასტურებელი მეთოდების ( მაგ. ოქსიდაზა ტესტი და კოვაჩის რეაქტივი E. coli - ის შემთხვევაში) გამოყენების გზით.

* 1. **მძიმელითონებისგანსაზღვრააქსიალურიინდუქციური**

**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:თხევადგარემოშისხვადასხვაელემენტებისკონცენტრაციებისგაზომვა.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-ისა327.4ნმ-ზე. ოპტიკური სისტემა არის უძრავად დამაგრებული კორპუსზე და იძლევადაბერვა-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 შემთხვევე­ბისთვის, 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.სერტიფირებული 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/ლაზოტმჟავა; დეიონიზირებულიწყალი;საზომიჭურჭელი: კოლბები, მენზურები, ავტომატურიპიპეტები, ქიმიურიჭიქ­ები.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 არაუმეტეს 5 ppm და აზოტის შემცველობა არაუმეტეს 20 ppm. აირადიარგონის 1 ბალონიხელსაწყოსსრულყოფილმუშაობასუზრუნველყოფსმხოლოდ 5 საათისგანმავლობაში.

 არგონისმიწოდებაშესაძლებელიაზღვარში: 400-დან 600 kPa (57-დან 88 psi); ხელსაწყოსმუშაობისრეკომენდირებულიწნევა: 550 kPa (80 psi) რეგულირებადირეგულატორით; რეკომენდირებულინაკადი: 0.7-32 ლ/წთ; სასურველიაელექტროენერგიისუწყვეტიდასტაბილურიმიწოდებადაზღვეულიმუდმივიდენისწყაროს (UPS)-ისგამოყენებით.

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 ინსტრუქციისხელსაწყო 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;

* 1. **ვერცხლისწყლის კონცენტრაციის განსაზღვრა საანალიზო**

**პროდუქტში (თევზი) კოლორიმეტრულიმეთოდით (გოსტ 26927-86)**

**პროდუქტის დესტრუქციისათვის მომზადება:** ვიღებთ 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 ტემპერარურაზე 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 ოქსიდების გამოყოფა 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 სმ3-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 აიმღვრეს 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 ფილტრტის 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 შემდომი საბოლოო რომელიმე მეთოდით გაიზომოს ვსრცხლისწყლის შემცველობა.

**ვერცხლისწყლის განსაზღვრა კოლორიმეტრული მეთოდით:** ვერცხლისწყლის კოლორიმეტრული მეთოდით განსაზღვრისათვის ვაგებთ საკალიბრო მრუდს. ამისათვის ვამზადებთ შემდეგიHg-ის კონცენტრაციის ხსნარებს ქიმიურად სუფთა HgCI2-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:

$$\frac{\left(m2-m1\right).v}{v1 . m}$$

m1- Hg-ის კონცენტრაცია საკონტროლო ხსნარში (სტანდარტული ხსნარი)

m2 - Hg-ის კონცენტრაცია საკვლევ ხსნარში

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

V1 - საკვლევი ხსნარის მოცულობა

M - დესტრუქციისათვის აღებული პროდუქტის რაოდენობა (გრ)

* 1. **კადმიუმისკონცენტრაციისგანსაზღვრასაანალიზოპროდუქტში (თევზი) ატომურ-აბსორბციულიმეთოდით(გოსტ 30178-96)**

**საკვლევი ხსნარის მომზადება:** საკვლევი ხსნარის მომზადება იწყება პროდუქტისმშრალი გამოწვით აზოტმჟავას როგორც ექსტრაგენტის გამოყენებით. ამისათვისშესაბამის ტიგელში ათავსებენ პროდუქტის გარკვეულ რაოდენობას და უმატებენ აზოტმჟავას ხსნარს (1:1).მიღებულ მასალას აორთქლებენ სველი მარილებისმდგომარეობამდე (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 დაახლოებით ნახევარი საათის განმავლობაში აცხელებენ.

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

$$\frac{\left( Cx-Cy\right).y.k}{p}$$

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

**2.12Hg-ისა და Cd-ის განსაზღვრა მდინარის წყლებში**

**ატომურ-აბსორბციული მეთოდის მეშვეობით**

 **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 აღგზნებულ მდგომარეობაში გადაყვანა. ამისათვის იყენებენ სხვადასხვა ტიპის ტექნიკას. შესაბამისად, ამ მეთოდით განსაზღვრა მეტალებისა საანალიზო ნიმუშებში ხორციელდება ა.წ. ატომურ-აბსორბციული სპექტრომეტრებით. ზოგადად ეს არის მაღალავტომატიზირებული 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 აღგზნებულ მდგომარეობაში, ყოველივე ეს კი მოითხოვს მაღალ ტემპერატურას. ძველ მოდელებში ატომიზატორში მეტალების აღგზნება ხდება ალის მეშვეობით, სადაც მიეწოდება განსასაზღვრავი ხსნარი (ალური ფოტომეტრია) , ხოლო თანამედროვე ტექნიკაში ამ პროცედურის განსახორციელებლად გამოიყენება ლაზერი (გარკვეული დოზით) - ელექტროთერმული, ანუ არაალებადი ფოტომეტრია.

ატომური აბსორბცია ეს არის პროცესი, როდესაც არააღგზნებულ მდგომარეობაში მყოფი ატომი შთანთქავს სინათლის გარკვეული ტალღის ენერგიას და გადადის აღგზნებულ 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 ავტომატუერად. ჩვენს შემთხვევაში Hg და Cd საანალიზო ნიმუშებში განისაზღვრა პლაზმურ-ემისიურის პექტრომეტრიის მეთოდის (AAS) საშუალებით, რაც გულისხმობს, ლითონების აღგზნებულ მდგომარეობაში გადაყვანას (ხსნარში) ლაზერული სხივის მეშვეობით, რაც აძლევს მეთოდს განსაზღვრის მაღალიმგრძნობიარობის საშუალებას. ჩვენს მიერ შემოთავაზებული ტექნიკა სწორედ არის პლაზმურ-ემისიურის პექტრომეტრი- ICP-MS. ასევე,მოცემული ტექნიკა და მეთოდი, ყველა შემთხვევაში (ნიადაგი, წყალი), გვაძლევს საშუალებას ერთდროულად გავატაროთ რამოდენიმე ათეულინი მუში აპარატზე და შესაბამისად, მასში განისაზღვროს ასევე რამოდენიმე ათეული კომპონენტი ერთდროულად.

**თავი III**

**კვლევის შედეგები და მათი განხილვა**

**3.1 აღმოსავლეთ საქართველოს მდინარეების**

**(მტკვარი,ლიახვი, ხრამი, ალაზანი,) ეკოლოგიურიმონიტორინგი**

სუფთა წყლის პრობლემა და წყლის ეკოსისტემების დაცვა მით უფრო მნიშვნელოვანი ხდება, რაც უფრო სწრაფად იზრდება წყალსატევების დაჭუჭყიანება ანთროპოგენული ფაქტორების ზემოქმედებით. ეს პრობლემა განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია ჩვენი ქვეყნისათვის, რადგან საქართველოში ბოლო 20 წლის განმავლობაში მკვეთრად შეიცვალა ეკოსისტემებზე ანთროპოგენული ზემოქმედების ხარისხი და ინტენსივობა. ზედაპირული წყლების ეკოქიმიური - ბიოლოგიური მონიტორინგი და წყლის ხარისხის კონტროლი ერთადერთი საშუალებაა, რომლითაც შეიძლება შემოწმდეს მდინარეების რეალურად არსებული ეკოლოგიური მდგომარეობა.

კვლევის ობიექტად შერჩეულ იქნა მტკვარი და მისი ზოგიერთი შენაკადი მდინარეები - ლიახვი, ხრამი და მდინარე ალაზანი. ეს მდინარეები წარმოადგენენ აღმოსავლეთ საქართველოს წყლის ძირითად არტერიას, რომლებიც მიედინებიან მჭიდროდ დასახლებულ, ეკონომიკურად განვითარებულ რეგიონებში. აღსანიშნავია, რომ ამ მდინარეებისმსგავსი კომპლექსური კვლევები ჩატარებულია 1998-1999 წლებში, პროფესორ თეა მჭედლურის მიერ, როდესაც ზემოთ ხსენებული მდინარეები იმყოფებოდნენსულ სხვა ტიპის ანტროპოგენულ დატვირთვის ქვეშ. [15]

საველესამუშაოებისდაწყებამდეგაიწერასტანდარტულიპროცედურებისაველეანალიზებისათვის,კერძოდ, ჩატარდაპორტატულიაპარატურისადასტანდარტული ხსნარებისტესტირება. ნიმუშებისაღებადატრანსპორტირებატარდებოდასაერთაშორისო ევროსტანდარტების მეთოდებისშესაბამისად.

**3.1.1 მდინარე მტკვარი**

მდინარე მტკვრის ეკოლოგიური მდგომარეობის დასადგენად, მონიტორინგს ვაწარმოებდით 2016-2017 წლებში. კვლევისათვის შერჩეულ იქნა ექვსი დაკვირვების წერტილი: ხერთვისი, ბორჯომი, ხაშური, გორი, თბილისი და რუსთავი. ჩავატარეთქიმიური, ფიზიკურ-ქიმიურ და სანიტარულ-მიკრობიოლოგიურიკვლევა. შევისწვლეთ ასევე, მდინარის წყალსა და ფსკერულ ნალექებში მძიმე ლითონების შემცველობა. აღებულ საანალიზო სინჯებში განვსაზღვრეთ წყლის ფიზიკურ-ქიმიური მაჩვენებლები - t0, pH, ელ. გამტარობა; ჰიდროქიმიური სიდიდეები - მარილიანობა, გამჭირვალობა, ჟბმ5, მინერალიზაცია, წყალშიგახსნილი ჟანგბადი (Do); ბიოგენური ელემენტები - NO2-, NO3-, NH4+, PO43-; ბუნებრივი წყლების ძირითადი იონები - Na+,K+,Ca2+,Mg2+,Cl-, SO42, HCO3- და მძიმე ლითონები - Fe, Cu, Zn, Mn, Ni, Pb). სანიტარულ-მიკრობიოლოგიური მაჩვენებლების შესწავლისას კი გამოკვლეულ იქნა - ტოტალური კოლიფორმები, E.coli, ფეკალური სტრეპტოკოკები; სალმონელა (Salmonella).

მდინარე მტკვრის გასაშუალედებული ფიზიკურ-ქიმიური მაჩვენებელი წარმოდგენილია ცხრილებში №3.1.1-3.1.2.

***ცხრილი №3.1.1***

**მდინარე მტკვრის გასაშუალედებული ფიზიკურ-ქიმიური მაჩვენებელი**

|  |  |
| --- | --- |
| **დასახელება** | **მდინარე მტკვარი** **2016 წელი** |
| **ხერთვისი** | **ბორჯომი** | **ხაშური** | **გორი** | **თბილისი** | **რუსთავი** |
| ტემპერატურა t 0C | 8.22 | 9.14 | 9.9 | 11.3 | 13.1 | 13.7 |
| გამჭირვალობა. სმ | 22 | 13 | 24 | 15 | 28 | 24 |
| pH | 8.50 | 7.95 | 7.65 | 8.20 | 8.10 | 8.00 |
| გახსნილი O2 მგ/ლ (Do) | 7.8 | 7.2 | 6.8 | 6.9 | 6.8 | 6.7 |
| ელ. გამტარობა sms/სმ | 310 | 298 | 280 | 214 | 220 | 403.2 |

***ცხრილი № 3.1.2***

**მდინარე მტკვრის გასაშუალედებული ფიზიკურ-ქიმიური მაჩვენებელი**

|  |  |
| --- | --- |
| **დასახელება** | **მდინარე მტკვარი** **2017 წელი** |
| **ხერთვისი** | **ბორჯომი** | **ხაშური** | **გორი** | **თბილისი** | **რუსთავი** |
| ტემპერატურა t 0C | 8.62 | 9.42 | 10.2 | 12.0 | 13.86 | 14.1 |
| გამჭირვალობა. სმ | 24 | 16 | 27 | 14 | 26 | 27 |
| pH | 8.45 | 8.01 | 7.85 | 8.15 | 8.3 | 8.01 |
| გახსნილი O2 მგ/ლ (Do) | 7.4  | 7.0 | 6.8 | 7.0 | 6.4 | 6.2 |
| ელ.გამტარობა sms/სმ |  289 | 315 | 288 | 225 | 218 | 400.2 |

2016-2017 წლის საშუალო წლიური ფიზიკურ-ქიმიური მაჩვენებლების მიხედვით, ჩანს, რომ მდინარის დინების მიმართულებით, მონაცემები უმეტესწილად იცვლება. მაგალითად, ბუნებრივი წყლების გენეზისის, ბუნებისა და ხარისხის ერთ-ერთი ძირითადი მაჩვენებელი pH მერყეობს - 7,65 დან - 8,5 მდე; ელ. გამტარობა იზრდება თითქმის 2- ჯერ; გახსნილი ჟანგბადის რაოდენობა კი 2016 წელს ხერთვისის წერტილში დაფიქსირდა 7,8 მგ/ლ, ხოლო რუსთავის მიდამოებში ჩამოვიდა - 6.7 მგ/ლ მდე. 2017 წელს კი შესაბამისად, მერყეობდა 7.4მგ/ლ-6.2მგ/ლ ფარგლებში.ჰიდროქიმიური ანალიზის შედეგები (ცხრ. №3.1.3; №3.1.4) გვიჩვენებს, რომ მტკვრის წყალში ჟანგბადის ბიოლოგიური მოთხოვნილება ხუთი დღე-ღამის მანძილზე (ჟბმ5) დინების მიმართულებით იზრდება და ყველაზე მაღალ მაჩვენებელს აღწევს რუსთავის ტერიტორიაზე - 3.89 მგ/ლ. ყველაზე დაბალს - ხერთვისში 0.67მგ/ლ. ასევე, შეინიშნება თითქმის ყველა მონაცემის ზრდა. წყლის მინერალური შემადგენლობის, ელ. გამტარობის და მშრალი ნაშთის განმსაზღვრელი ძირითადი იონების (*Na+, K+, Ca2+, Mg2+ Cl-, SO42-, HCO3*-) კონცენტრაცია მერყეობს ზდკ-ს ფარგლებში და იზრდება დინების მიმართულებით, რაც ჩვენი აზრით, განპირობებულია ანთროპოგენური დატვირთვის ზრდით.

***ცხრილი №3.1.3***

**მტკვრის აუზის გასაშუალებული ჰიდროქიმიური მონაცემები**

|  |  |
| --- | --- |
| ***დასახელება*** | **მდინარე მტკვარი****2016 წელი** |
| **ხერთვისი** |  **ორჯომი** | **ხაშური** | **გორი** | **თბილისი** |  **რუსთავი** |
| სიხისტე მგ. ექვ/ლ | 1.92 | 2.02 | 2.14 | 3.15 | 3.22 | 3.18 |
| ჟბმ5 მგ02/ლ | 0.87 | 0.92 | 1.95 | 0.98 | 1.81 | 3.78 |
| NO2- მგN/ლ | 0.030 | 0.020 | 0.058 | 0.035 | 0.660 | 1.101 |
| NO3-მგN/ლ | 1.90 | 1.42 | 1.05 | 1.39 | 5.02 | 5.65 |
| NH4+მგN/ლ | 0.42 | 0.54 | 0.44 | 0.54 | 0.558 | 1.014 |
| PO43-მგ/ლ | 0.160 | 0.045 | 0.585 | 0.030 | 0.170 | 0,398 |
| SO42-მგ/ლ | 14.8 | 15.9 | 29.5 | 16.9 | 40.3 | 70.1 |
| CI-მგ/ლ | 8.0 | 7.9 | 10.8 | 9.2 | 7.5 | 8.9 |
|  HCO3- მგ/ლ | 120.5 | 130.5 | 175.5 | 140.2 | 220.7 | 178.1 |
| K მგ/ლ | 2.0 | 1.9 | 2.8 | 1.4 | 1.1 | 1.0 |
| Na მგ/ლ | 15.8 | 12.2 | 30.6 | 15.4 | 14.5 | 30.0 |
| Mg მგ/ლ | 6.5 | 6.4 | 8.6 | 8.0 | 8.0 | 9.5 |
| Ca მგ/ლ | 25.3 | 26.5 | 35.6 | 30.5 | 51.2 | 47.1 |
| მინერალიზაცია  | 202 | 200 | 224 | 334 | 398 | 401 |

***ცხრილი №3.1.4.***

**მტკვრის აუზის გასაშუალებული ჰიდროქიმიური მონაცემები**

|  |  |
| --- | --- |
| ***დასახელება*** | **მდინარე მტკვარი** **2017 წელი** |
|  **ხერთვისი** |  **ბორჯომი** |  **ხაშური** |  **გორი** |  **თბილისი** |  **რუსთავი** |
| სიხისტე მგ. ექვ/ლ | 1.78 | 1.84 | 2.42 | 3.36 | 3.28 | 3.20 |
| ჟბმ5 მგ02/ლ | 0.65 | 0.87 | 2.05 | 1.10 | 2.65 | 3.86 |
| NO2- მგN/ლ | 0.033 | 0.028 | 0.078 | 0.055 | 0.570 | 1.230 |
| NO3-მგN/ლ | 1.88 | 1.72 | 1.15 | 1.30 | 6.014 | 5.458 |
| NH4+მგN/ლ | 0.52 | 0.64 | 0.66 | 0.52 | 0.922 | 1.112 |
| PO43-მგ/ლ | 0.110 | 0.035 | 0.335 | 0.130 | 0.182 | 0.378 |
| SO42-მგ/ლ | 16.5 | 18.8 | 20.5 | 17.1 | 39.8 | 71.2 |
| CI-მგ/ლ | 7.6 | 7.2 | 9.8 | 10.2 | 7.7 | 9.3 |
| HCO3- მგ/ლ | 122.0 | 128.8 | 178.5 | 145.2 | 210.6 | 172.4 |
| K მგ/ლ | 1.8 | 1.9 | 2.9 | 1.3 | 1.4 | 1.2 |
| Na მგ/ლ | 16.7 | 12.8 | 29.8 | 18.4 | 14.8 | 32.4 |
| Mg მგ/ლ | 6.6 | 6.7 | 8.8 | 7.8 | 8.2 | 10.4 |
| Ca მგ/ლ | 27.3 | 28.5 | 34.6 | 30.8 | 54.7 | 48.1 |
| მინერალიზაცია  | 224 | 246 | 238 | 320 | 378 | 386 |

როგორც ჩანს,მდინარე მტკვრის წყალი ჰიდროკარბონატულია (Ca-ის შემცველობის). მდინარის წყალში Na+ -ის უფრო მაღალი კონცენტრაციაა, ვიდრე K+. ეს აიხსენება იმით, რომ კალიუმი არის მეტად აუცილებელი პროდუქტი მცენარეთა საფარისათვის და იგი აითვისება უფრო დიდი ინტენსივობით, ვიდრე ნატრიუმი. ასევე უფრო მტკიცედაა შთანთქმული ნიადაგში არსებულ კომპლექსებში. რაც შეეხება კალციუმის შემცველობის მატებას წყალში დინების მიმართულებით, აიხსნება საქართველოს ნიადაგების სპეციფიურობით, ანუ ნიადაგში მაღალი კალციუმის შემცველობით.

 დინების მიმართულებით, წყლის მინერალიზაცია კანონზომიერად იზრდება და ყველაზე მაღალი მაჩვენებელი დაფიქსირდა 2016 წელს, რუსთავის ტერიტორიაზე - 401, ხოლო ყველაზე დაბალი ბორჯომში -200.ყოველივე ეს განპირობებულია ასევე ანთროპოგენური დატვირთვის ზრდით.

რაც შეეხება ბიოგენურ ელემენტებს, ისინი ასახავენ ზედაპირული წყლების დაბინძურების ხარისხს და წარმოადგენენ მათ ინდიკატორებს. მიუთითებენ აგრეთვე, ისეთი პროცესების გაძლიერებაზე, როგორიცაა ფეკალური დაბინძურება და ევტროფიკაცია. ამიტომ, მნიშვნელოვნად ჩავთვალეთ, კვლევის ფარგლებში, დაგვედგინა მათი ცალკეული ფორმების NO2-, NO3-, NH4+, PO43-  შემცველობა მდინარის წყალში.

 წყალში (განსაკუთრებით ჟანგბადით მდიდარ მდინარეებში), ამონიუმისა და ნიტრიტის იონების მაღალი კონცენტრაცია უაღრესად ტოქსიკურია თევზებისათვის. ამონიუმის იონი თანდათან გარდაიქმნება ნიტრიტის, შემდგომ კი ნიტრატის იონად(ანუ მიმდინარეობს ჟანგვის პროცესები). ჭარბი რაოდენობით დაგროვილი აზოტის შემცველი იონები წყლის მიკროსკოპული ორგანიზმებისა და წყალმცენარეების აქტიურ ზრდას იწვევს. შედეგად ირღვევა წყლის ეკოსისტემის წონასწორობა, მცირდება ჟანგბადის შემცველობა წყალში, რამაც თევზების მასობრივი დაღუპვა შეიძლება გამოიწვიოს.

მნიშვნელოვანია ბიოგენური ელემენტების ცალკეული ფორმების შემცველობის კონტროლი წყალში.გრაფიკებზე 3.1.1; 3.1.2 გამოსახულია ამონიუმის იონისა და ჟბმ5-ის კონცენტრაციების ცვლილებების დინამიკა მდინარე მტკვრის წყალში.

როგორც კვლევის შედეგებიდან ჩანს, აზოტშემცველი ნაერთებიდან მხოლოდ ამონიუმის იონი აჭარბებს ზღვულად დასშვებ კონცენტრაციას (ზდკ - 0.39 მგ/ლ).ეს ტენდენცია აღინიშნება ზაფხულის წყალმცირობის პერიოდში, რაც იმის მაჩვენებელია, რომ მდინარე მტკვარი მის ქვედა კვეთაში (თბილისი-რუსთავი) გზადაგზა ჭუჭყიანდება ფეკალიებით. ამის კიდევ ერთი დამადასტურებელი მაგალითია ჟბმ5-ის სიდიდის ცვლილება, რომელიც დაახლოებით 5- ჯერ იზრდება დინების მიმართულებით და შესაბამისად, მაქსიმუმს აღწევს თბილისი-რუსთავის მონაკვეთში (გრაფიკი 3.1.2).

***გრაფიკი 3.1.1. ამონიუმის იონის კონცენტრაციის ცვლილების დინამიკა მდინარე მტკვრის წყალში***

***გრაფიკი 3.1.2.* ჟბმ5 -ის კონცენტრაციების ცვლილების დინამიკა მდინარე მტკვრის წყალში დინების მიმართულებით.**

 მდინარე მტკვრის აუზის ეკოტოქსიკოლოგიური მდგომარეობის შესაფასებლად, შევისწავლეთ აგრეთვე, მძიმე ლითონებისშემცველობა წყალსა და ფსკერულ ნალექებში (ცხრ. №3.1.5; 3.1.6, გრაფ.3.1.3; 3.1.4). მონიტორინგის შედეგებიდან ჩანს, რომ მძიმე ლითონების ხსნადი ფორმები იცვლება, თუმცა მათი კონცენტრაციები ზდკ - ზე ბევრად დაბალია. რასაც განაპირობებს მდინარის წყლის მაღალი pH -7,5-8,5. (დამახასიათებელი საქართველოს ზედაპირული წყლებისათვის), რომლის გავლენითაც ისინი ჰიდროლიზდებიან და ილექებიან ფსკერულ ნალექებში.

თუმცა აღსანიშნავია ისიც, რომ, წყლის ფაზაში მყოფი მძიმე ლითონების კონცენტრაციები, როგორც ამას მიღებული შედეგები აჩვენებს,იზრდება მდინარის დინების მიმართულებით. ამ ტიპის კოლერაციით განსაკუთრებით გამოირჩევა რკინა, სპილენძი და თუთია.

რაც შეეხება მძიმე ლითონების შემცველობას(ცხრილები №3.1.7-3.1.8) ფსკერულ ნალექებში აღმოჩნდა, რომ ისინი გაცილებით მეტია წყლის ფაზასთან შედარებით. მათი მინიმალური კონცენტრაციები აღინიშნება დაბა ხერთვისში, ხოლო მაქსიმალური კი -ურბანიზაციის ცენტრებში ( ხაშური-რუსთავი).

**ცხრილი №3.1.5**

**მძიმე ლითონების შემცველობა მდინარე მტკვარის წყალში (2016)**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| სინჯის აღების ადგილი | Feმგ/ლ | Znმგ/ლ | Cuმგ/ლ | Niმგ/ლ | Pbმგ/ლ | Mnმგ/ლ |
| მტკვარი (ხერთვისი) | 0.003 | 0.005 | 0.008 | 0.002 | 0.003 | 0.007 |
| მტკვარი (ბორჯომი) | 0.004 | 0.005 | 0.008 | 0.003 | 0.004 | 0.008 |
| მტკვარი (ხაშური) | 0.004 | 0.008 | 0.01 | 0.008 | 0.01 | 0.01 |
| მტკვარი (გორი) | 0.005 | 0.010 | 0.012 | 0.01 | 0.004 | 0.01 |
| მტკვარი (თბილისი) | 0.008 | 0.015 | 0.008 | 0.004 | 0.003 | 0.005 |
| მტკვარი (რუსთავი) | 0.01 | 0.017 | 0.012 | 0.005 | 0.003 | 0.006 |
| ზდკ | 0.3 | 1.0 | 1.0 | 0.1 | 0.03 | 0.1 |

**ცხრილი №3.1.6**

**მძიმე ლითონების შემცველობა მდინარე მტკვარის წყალში (2017)**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| სინჯის აღების ადგილი | Feმგ/ლ | Znმგ/ლ | Cuმგ/ლ | Niმგ/ლ | Pbმგ/ლ | Mnმგ/ლ |
| მტკვარი (ხერთვისი) | 0.004 | 0.006 | 0.007 | 0.002 | 0.004 | 0.008 |
| მტკვარი (ბორჯომი) | 0.004 | 0.005 | 0.008 | 0.002 | 0.004 | 0.01 |
| მტკვარი (ხაშური) | 0.005 | 0.007 | 0.009 | 0.007 | 0.008 | 0.01 |
| მტკვარი (გორი) | 0.055 | 0.009 | 0.004 | 0.008 | 0.006 | 0.01 |
| მტკვარი (თბილისი) | 0.01 | 0.018 | 0.009 | 0.009 | 0.007 | 0.008 |
| მტკვარი (რუსთავი) | 0.01 | 0.020 | 0.015 | 0.008 | 0.005 | 0.007 |
| ზდკ | 0.3 | 1.0 | 1.0 | 0.1 | 0.03 | 0.1 |

**გრაფიკი 3.1.3. მძიმე ლითონების დინამიკა მდინარე მტკვრის წყალში. 2016 წელი**

**(საშუალო წლიური შემცველობები)**

**გრაფიკიG3.1.4. მძიმე ლითონების დინამიკა მდინარე მტკვრის წყალში.**

**(2017 წლის საშუალო წლიური შემცველობები.)**

**ცხრილი №3.1.7**

**მძიმე ლითონების საშუალო წლიური შემცველობები მდინარე**

**მტკვრის ფსკერულ ნალექებში**

|  |  |
| --- | --- |
| ***დასახელება*** | **მდინარე მტკვარი****2016 წელი** |
|  **ერთვისი** |  **ბორჯომი** |  **ხაშური** |  **გორი** |  **თბილისი** |  **რუსთავი** |
| ***რკინა (Fe)*** | 10.5 | 16.0 | 15.5 | 20.5 | 28.0 | 26.0 |
| ***თუთია (Zn)*** | 15.0 | 17.0 | 20.0 | 23.0 | 26.0 | 28.0 |
| ***სპილენძი (Cu)*** | 10.5 | 17.0 | 16.0 | 20.0 | 23.0 | 25.5 |
| ***ნიკელი (Ni)*** | 9.0 | 12.5 | 15.0 | 19.0 | 16.0 | 24.5 |
| ***მანგანუმი (Mn)*** | 7.5 | 7.7 | 7.8 | 7.5 | 15.0 | 17.5 |
| ***ტყვია (Pb)*** | 5.5 | 6.0 | 6.5 | 11 | 6.5 | 7.5 |

**ცხრილი №3.1. 8**

**მძიმე ლითონების საშუალო წლიური შემცველობები მდინარე**

**მტკვრის ფსკერულ ნალექებში**

|  |  |
| --- | --- |
| ***დასახელება*** | **მდინარე მტკვარი** **2017 წელი** |
|  **ხერთვისი** |  **ბორჯომი** |  **ხაშური** |  **გორი** |  **თბილისი** |  **რუსთავი** |
| ***რკინა (Fe)*** | 14.0 | 15.0 | 17.0 | 20.0 | 24.0 | 24.0 |
| ***თუთია (Zn)*** | 16.0 | 16.0 | 18.5 | 22.5 | 26.0 | 29.0 |
| ***სპილენძი (Cu)*** | 12.0 | 15.0 | 12.5 | 12,8 | 24.3 | 27.0 |
| ***ნიკელი (Ni)*** | 10.0 | 10.0 | 15.0 | 19.5 | 18.5 | 22.0 |
| ***მანგანუმი (Mn)*** | 8.0 | 8.2 | 8.0 | 8.8 | 14.8 | 18.0 |
| ***ტყვია (Pb)*** | 6.0 | 6.5 | 7.2 | 10.0 | 8.4 | 9.0 |

მტკვრის წყლის ეპიდემიოლოგიური უსაფრთხოების შეფასებისათვის ჩატარებულ იქნა სანიტარულ-მიკრობიოლოგიური ანალიზები ქ. თბილისის ტერიტორიაზე, იქ სადაც მდინარეში ჩაედინება დიდი რაოდენობით გაუფილტრავი საყოფაცხოვრებო - კომუნალური ჩამდინარე წყლები, მაგ. ვახუშტის ხიდი.მდინარის სანიტარულ - მიკრობიოლოგიური მდგომარეობის შეფასების თვალსაზრისით, წყალში გამოვიკვლიეთ ისეთი მაჩვენებლები როგორებიცაა - ტოტალური კოლიფორმები, E.coli, ფეკალური სტრეპტოკოკები, სალმონელა. შესაბამისად მიღებული შედეგები შედარებულ იქნა სხვა ზოგიერთი შენაკადების მონაცემებთანაც.მიღებული საშუალო წლიური მონაცემები წარმოდგენილია ცხრილში №3.1.9; 3.1.10.

**ცხრილი №3.1.9**

 **მდინარე მტკვრის, ლიახვის, ალაზანის წყლის მიკრობიოლოგიური ანალიზის შედეგები (საშუალო წლიური მონაცემები)**

|  |  |
| --- | --- |
| **სინჯის აღების ადგილი** | **განსასაზღვრი მიკროორგანიზმები****2016 წელი** |
| **ტოტალური კოლიფორმები** | **E.coli** | **ფეკალური სტრეპტოკოკები** | **Salmonella** |
| მდინარე ლიახვი(ნიქოზი) | 80000  | 14000  | 1050 | არ აღმოჩნდა |
| მდინარე მტკვარი(ვახუშტის ხიდი) | 24000 | 10500 | 450 |
| მდინარე ალაზანი(შაქრიანი) | 7000 | 5000 | 45 |

**ცხრილი №3.1.10**

**მიკრობიოლოგიური ანალიზის შედეგები მდ. მტკვარი, მდ. ლიახვი, მდ.ალაზანი.**

**(საშუალო წლიური შემცველობები)**

|  |  |
| --- | --- |
| **სინჯის აღების ადგილი** | **განსასაზღვრი მიკროორგანიზმები****2017 წელი** |
| **ტოტალური კოლიფორმები** | **E.coli** | **ფეკალური სტრეპტოკოკები** | **Salmonella** |
| მდინარე ლიახვი(ნიქოზი) | 68000 | 12000 | 1000 | არ აღმოჩნდა |
| მდინარე მტკვარი (ვახუშტის ხიდი) |  22000 | 10000 |  400 |
| მდინარე ალაზანი(შაქრიანი) | 5500 | 6000 | 35 |

**გრაფიკი 3.1.5. ტოტალური კილოფორმები მდ. ლიახვის, მდ, მტკვრის და მდ. ალაზნის წყალში (საშუალო წლიური მონაცემები). 2016 წელი**

**გრაფიკი 3.1.6. ფეკალური სტრეპტოკოკების კონცენტრაციები მდ, ლიახვის, მდ. მტკვრის და მდ. ალაზნის წყალში (საშუალო წლიური მონაცემი) 2016 წელი**

მდინარეების ეკოლოგიური მდგომარეობის შესაფასებლად, მიკრობიოლოგიური კვლევისათვის აღებული წერტილები გარკვეული მოსაზრებით შევარჩიეთ: მდინარე ლიახვი (ნიქოზი), რომელიც მოედინება ჩვენი ქვეყნის არაკონტროლირებადი ტერიტორიიდან, იმყოფება ცხინვალის კომუნალურ-საყოფაცხოვრებო ჩამდინარე წყლების დატვირთვის ქვეშ. ნიქოზი შეირჩა დაკვირვების წერტილად კიდევ იმიტომ, რომ ამ ტერიტორიაზეა ახლად დამთავრებული წყალსაცავი (დაგუბებული წყალი), რომელიც გამოიყენება მიმდებარე სოფლების სარწყავად. დაგუბებულ წყალში მიკრობების გამრავლების საშიშროება დიდია.

 მდინარე მტკვარი, თავისთავად საინტერესოა, როგორც დაკვირვების ობიექტი. სინჯებს ვიღებდით თბილისის ერთ-ერთ ცენტრალური ადგილზე, ვახუშტის ხიდთან, სადაც მდინარე მნიშვნელოვნად ჭუჭყიანდება ჩამდინარე წყლებით.

მდინარე ალაზანი (შაქრიანის ტერიტორია), დიდ ყურადღებას იქცევს, იმით რომ რომ ის ჩამოედინება ვენახებისა და სასოფლო სამეურნეო სავარგულების ტერიტორიაზე (კახეთის რეგიონი). მასზე ანთროპოგენური დატვირთვა სპეციფიურია, იმდენად რამდენადაც მისი დაჭუჭყიანება ხდება საყოფაცხოვრებო - ნახმარი წყლებით, სოფლის მეურნეობაში გამოყენებული შხამ-ქიმიკატებით და ა.შ.

 მიღებული მონაცემებიდან მკვეთრად ჩანს, რომ მდინარეების ლიახვისა და მტკვრის წყლის სინჯები შეიცავენ ტოტალური კოლიფორმებისა და ფეკალური სტრეფტოკოკების უფრო მაღალ მნიშვნელობებს ვიდრე მდ. ალაზანი, რაც მიანიშნებს პირველ და მეორე მდინარეზე მეტ ანთროპოგებული ფაქტორების გავლენას, ფეკალიებით დაბინძურების უფრო მაღალ რეალობას, ვიდრე მდ. ალაზანზე.

 მდინარე მტკვრის წყლის ფაზაში ანთროპოგენური დატვირთვით გამოწვეულ მაჩვენებელთა სახით, შეიძლება გამოვყოთ აზოტის ფორმები (NO2-, NO3-, NH4+), განსაკუთრებით ჭარბობს ამონიუმის იონების კონცენტაცია, რომელთა შემცველობა ზოგჯერ წყლის ფაზაში აჭარბებს შესაბამის ზდკ-ს მნიშვნელობას. მათი კონცენტრაციები, ისევე, როგორც სხვა დამაბინძურებლებისა იზრდება მდინარის დინების მიმართულებით და მაქსიმუმს აღწევს თბილისი-რუსთავის ტერიტორიაზე. ასევე იზდება ჟბმ5-ის სიდიდეები დინების მიმართულებით. რაც შეეხება მძიმე ლითონების კონცენტრაციებს, წყლის ფაზაში და ფსკერულ ნალექებში მდინარის დინების მთელ მონაკვეთზე ზდკ-ზე ბევრად დაბალია, თუმცა, მათი შემცველობა წყლის ფაზაში გაცილებით ნაკლებია, ვიდრე, ფსკერულ ნალექებში, რასაც ხელს უწყობს მდინარის მაღალი pH. ქიმიურმა და სანიტარულ - მიკრობიოლოგიურმა კვლევებმა აჩვენა რომ ადგილი აქვს მდინარეზე ანთროპოგენულ დაბინძურებას.

**3.2.მდინარე ლიახვი**

მდ. ლიახვი და მისი აუზი, ჩვენი ქვეყნისათვის, როგორც დემოგრაფიული, ასევე, ეკოლოგიური შესწავლის თვალსაზრისით, მეტად საინტერესო და მიმზიდველ ობიექტს წარმოადგენს. უნდა აღინიშნოს, რომ დაბინძურების ხარისხის შესწავლის თვალსაზრისით მდინარე ლიახვზე არ ტარდება სისტემატური სახის ეკოლოგიური მონიტორინგი და შესაბამისად, ყოველივე ეს აქტუალურს ხდის მოცემული მდინარის თანამედროვე ეკოქიმიური მდგომარეობის შესწავლა-შეფასებას.

აღნიშნული პრობლემის გათვალისწინებით, აქტუალურად ჩავთვალეთ შეგვესწავლა მდინარე ლიახვის ეკოქიმიური მდგომარეობა 2016-2017 წლებში. მდინარე ლიახვის ჰიდროქიმიურიდა მიკრობიოლოგიური კვლევა, მისი მონიტორინგი და წყლის ხარისხის კონტროლი ერთადერთი საშუალებაა რომლითაც შეიძლება შემოწმდეს მდინარის რეალურად არსებული ეკოქიმიური მდგომარეობა. წარმოდგენილი კვლევა განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია, რადგან, ბოლო წლების განმავლობაში, გაიზარდა მდინარე ლიახვზე ანთროპოგენური ფაქტორების გავლენა არაკონტროლირებადი ტერიტორიის მხრიდან.

მდინარე ლიახვის ეკოლოგიურ მონიტორინგს ვაწარმოებდით 2016-2017 წლებში. დაკვირვებისათვის შერჩეულ იქნა ოთხი წერტილი - ნიქოზი (წყალსაცავი), ვარიანი, შინდისი და გორი (მდ. მტკვრის შესართავთან ახლოს). საანალიზო სინჯებში განისაზღვრა ჟბმ5, ზოგიერთი მძიმე ლითო­ნი (Fe, Zn, Cu, Ni, Pb, Mn) და ძირითად**ი** იონები, განსაკუთრებული ყურადღება დაეთმო ბიოგენური ელემენტების ნაერთებს (NO2-, NO3-, NH4+, PO43-), ასევე ანალოგიურ სინჯებში ჩატარდა მიკრობიოლოგიური ანალიზები. ასევე საველე პირობებში იზომებოდა მდინარის წყლის ფიზიკურ-ქიმიური მაჩვენებლები პორტატული აპარატის გამოყენებით.

 შერჩეული წერტილებიდან, ჩვენი ყურადღება მიიქცია ქვემო ნიქოზის მონაკვეთმა, რომელიც ყველაზე ახლო მდებარე პუნქტია არაკონტროლირებადი ტერიტორიიდან, სადაც 2009-2010 წლებში მიმდინარეობდა სარწყავი არხის მშენებლობა, რამაც გამოიწვია საკმაოდ დიდი მოცულობის წყლის დაგუბება. მიღებული შედეგები წარმოდგენილია ცხრილებში №3.2.1-3.2.8 და გრაფიკებზე 3.2.1-3.2.6.

კვლევის შედეგებიდან კარგად ჩანს,რომ მდინარეში კალციუმის იონების შემცველობა მაღალია, რაც განაპირობებს მის ჰიდროკარბონატულობას. რაც შეეხება კალიუმს, ნატრიუმს და მაგნიუმს 2016 წელს შესაბამისად მერყეობს - 1.4 მგ/ლ - 2.1 მგ/ლ-მდე; 7,8 მგ/ლ; 9.6მგ/ლ\_მდე; 6.8 მგ/ლ - 7,4 მგ/ლ \_მდე. 2017 წელს კი კალიუმის (2,2 მგ/ლ), ნატრიუმის (8,8 მგ/ლ) და მაგნიუმის (38,2 მგ/ლ) ყველაზე მაღალი შემცველო დაფიქსირდა გორის ტერიტორიაზე.

ამონიუმის იონის ყველაზე მაღალი კონცენტრაცია დაფიქსირდა ზემო ნიქოზის ტერიტორიაზე. წყალში მისი შემცველობა ზდკ -ს დაახლოებით 4-5-ჯერ აჭარბებს (ორივე წლის გასაშუალებული მონაცემები) და მერყეობს 1.130 მგ/ლ-1.180 მგ /ლ ფარგლებში. NO2-, NO3-, PO43--ის შემცველობები კი ზღვრულად დასაშვები კონცენტრაციის ფარგლებში მერყეობს (ცხრილები №3.2.2, 3.2.4).

ჟანგბადის ბიოლოგიური მოხმარება, რომელიც წყალში გახსნილი მდგრადი ორგანული ნაერთების შემცველობის მნიშვნელოვანი მახასიათებელია, მერყეობს - 4.6 მგ /ლ - 4.85 მგ /ლფარგლებში. ჟბმ5და ბიოგენური ნაერთების დინამიკის შესწავლის შედეგად დადგინდა, რომ მდინარე ლიახვის დაჭუჭყიანების ხარისხი თვითგაწმენდის პროცესების ხარჯზე, დინების მიმართულებით კლებულობს, რის შედეგადაც, მისი ეკოქიმიური მდგომარეობა მის ქვედა წელშიშეიძლება ჩაითვალოს დამაკმაყოფილებლად. ყოველივე ეს მიანიშნებს იმას, რომ მდინარე ლიახვზე აისახება ქალაქ ცხინვალის კომუნალურ-საყოფაცხოვრებო წყლების გავლენა და გადმოდის რა ნიქოზის რეგიონში ის გროვდება სარწყავ არხში, შესაბამისად იქმნება ყველა ის პირობა, რომ აქტიური ბაქტერიები უფრო დიდი სიჩქარით გამრავლდეს. ამიტომ მდინარის ამ ზედა წერტილში ფიქსირდება მათი შედარებით მაღალი შემცველობები (ცხრილები №3.2.7, 3.2.8).

მდინარე ლიახვის ფიზიკურ-ქიმიური მაჩვენებლების შედეგების საფუძველეზე, შეიძლება ითქვას, რომ მოცემულ პერიოდში (2016-2017წ.წ.), რაიმე სერიოზულ ჩაღვრებს მდინარეში, რომელიც გამოიწვევდა წყლის ფიზიკურ- ქიმიური მაჩვენებლების მკვეთრ ცვლილებებს, ადგილი არ ჰქონია (ცხრილები№3.2.1-3.2.3).

*ცხრილი №3.2.1*

 **მდინარე ლიახვის გასაშუალებული ფიზიკურ-ქიმიური მაჩვენებელი**

|  |  |
| --- | --- |
| **განსაზღვრული****კომპონენტი** | **მდინარე ლიახვი****2016 წელი** |
| **ნიქოზი** | **შინდის** | **ვარიანი** |  **გორი** |
| ტემპერატურა t 0C | 5.2 | 5.0 | 5.6 | 5.5 |
| გამჭირვალობა. სმ | 7 | 8 | 9 | 12 |
| pH | 8.30 | 8.27 | 8.40 | 8.45 |
| გახსნილი O2 მგ/ლ (Do) | 7.88 | 8.1 | 8.2 | 8.0 |
| ელ.გამტარობა sms/სმ | 300 | 320 | 340 | 425 |
| მარილიანობა | 0.15 | 0.15 | 0.15 | 0.15 |

 *ცხრილი № 3.2.2*

**მდინარე ლიახვის წყლის გასაშუალებული ჰიდროქიმიური მონაცემები**

|  |  |
| --- | --- |
| **განსაზღვრული** **კომპონენტები** | **სინჯის აღების ადგილი****2016 წელი** |
|  **ნიქოზი** | **შინდის** |  **ვარიანი** |  **გორი** |
| **სიხისტე, მგ.ექვ./ლ** | 3.01 | 2.66 | 3.16 | 3.22 |
| **ჟბმ5 მგ02/ლ** | 4.68 | 3.4 | 3.0 | 2.5 |
| **NO2- მგN/ლ** | 0.001 | 0.008 | 0.010 | 0.020 |
| **NO3-მგN/ლ** | 0.272 | 0.170 | 0.142 | 0.640 |
| **NH4+ მგN/ლ** | 1.180 | 0.382 | 0.260 | 0.388 |
| **PO43-,მგ/ლ** | 0.001 | 0.015 | 0.026 | 0.020 |
| **SO42-,მგ/ლ** | 20.2 | 21.2 | 20.4 | 24.2 |
| **CI-, მგ/ლ** | 2.330 | 3.244 | 2.720 | 2.320 |
| **HCO3- ,მგ/ლ** | 128.6 | 125.0 | 126.2 | 130.2 |
| **K, მგ/ლ** | 1.4 | 1.6 | 2.0 | 2.1 |
| **Na, მგ/ლ** | 7.8 | 7.6 | 7.4 | 9.6 |
| **Mg, მგ/ლ** | 6.8 | 7.0 | 7.1 | 7.4 |
| **Ca, მგ/ლ** | 30.2 | 30.5 | 33.6 | 37.2 |
| **მინერალიზაცია, მგ/ლ** | 212 | 222 | 270 | 282 |
| **ზასნ, მგ/ლ**  | 0.02 | 0.022 | 0.019 | 0.023 |

***ცხრილი №3.2.3***

**მდინარე ლიახვის წყლი გასაშუალედებული ფიზიკურ-ქიმიური მაჩვენებლები**

|  |  |
| --- | --- |
| **განსაზღვრული****კომპონენტი** | **მდინარე ლიახვი****2017 წელი** |
| **ნიქოზი** | **შინდის** | **ვარიანი** |  **გორი** |
| ტემპერატურა t 0C | 5.8 | 6.0 | 5.8 | 6.2 |
| გამჭირვალობა. სმ | 7.5 | 7.0 | 8.5 | 11.0 |
| pH | 8.12 | 8.22 | 8.10 | 8.15 |
| გახსნილი O2 მგ/ლ (Do) | 6.88 | 7.5 | 8.0 | 8.2 |
| ელ.გამტარობა sms/სმ | 320 | 300 | 320 | 365 |
| მარილიანობა (%) | 0.15 | 0.15 | 0.15 | 0.15 |

***ცხრილი №3.2.4.***

 **მდინარე ლიახვიs წყლის ჰიდროქიმიური მონაცემები**

|  |  |
| --- | --- |
| **განსაზღვრული****კომპონენტი** | **მდინარე ლიახვი****2017 წელი** |
| **ნიქოზი** | **შინდის** | **ვარიანი** | **გორი** |
| სიხისტე, მგ.ექვ./ლ | 2.38 | 1.99 | 2.04 | 2.98 |
| ჟბმ5 მგ02/ლ | 4.85 | 3.5 | 3.1 | 2.4 |
| NO2- მგN/ლ | 0.003 | 0.007 | 0.014 | 0.017 |
| NO3-მგN/ლ | 0.280 | 0.176 | 0.146 | 0.520 |
| NH4+ მგN/ლ | 1.130 | 0.245 | 0.251 | 0.300 |
| PO43-,მგ/ლ | 0.001 | 0.016 | 0.022 | 0.018 |
| SO42-,მგ/ლ | 125.6 | 122.0 | 125.7 | 132.2 |
| CI-, მგ/ლ | 2.430 | 2.844 | 2.650 | 2.420 |
| HCO3- ,მგ/ლ | 21.2 | 23.4 | 22.6 | 24.4 |
| Kმგ/ლ | 1.2 | 1.5 | 2.0 | 2.2 |
| Naმგ/ლ | 6.8 | 6.6 | 7.4 | 8.8 |
| Mgმგ/ლ | 31.2 | 29.5 | 32.5 | 38.2 |
| Ca მგ/ლ | 6.8 | 7.2 | 7.1 | 7.6 |
| მინერალიზაცია, მგ/ლ | 245 | 223 | 216 | 237 |
| ზასნ. მგ/ლ | 0.015 | 0.010 | 0.018 | 0.016 |

**გრაფიკი 3.2.1. მდინარე ლიახვში ჟბმ5-ის ცვლილების დინამიკა (2016)**

  **გრაფიკი 3.2.2. მდინარე ლიახვში NH4+-ის ცვლილების დინამიკა (2016)**

**გრაფიკი 3.2.3. მდინარე ლიახვში ჟბმ5-ის ცვლილების დინამიკა (2017)**

**გრაფიკი 3.2.4. მდინარე ლიახვში NH4+-ის ცვლილების დინამიკა (2017)**

შედეგების გრაფიკული სახით წარმოდგენისას (გრაფიკი 3.2.1-3.2.4) კარგად იკვეთება სურათი თუ მდინარის თვითგაწმენდის ხარჯზე როგორ მცირდება ამონიუმის იონისა და ჟბმ5-ის კონცენტრაციები მდინარე ლიახვის წყალში მისი დინების მიმართულების მიხედვით.

2016-2017წლების მონაცემებიდან ჩანს (ცხრილი №3.2,5; 3.2.6), რომ მდინარე ლიახვის წყალში,რკინის, სპილენძის, ტყვიის, ნიკელისრაოდენობის ყველაზე მაღალი მაჩვენებელი დაფიქსირდა გორის ტერიტორიაზე, მაგრამ არ აღემატება ზღვრულად დასაშვებ კონცენტრაციას.მანგანუმის რაოდენობამ კი 2,2 ჯერ გადააჭარბა ზდკ -ს.

***ცხრილი №3.2.5***

**მძიმე ლითონების შემცველობის დინამიკა მდინარე ლიახვის წყალში**

|  |  |
| --- | --- |
| **სინჯის აღების** **ადგილი** | **მძიმე ლითონების შემცველობა****2016 წელი** |
| **Fe****მგ/ლ** | **Zn****მგ/ლ** | **Cu****მგ/ლ** | **Ni****მგ/ლ** | **Pb****მგ/ლ** | **Mn****მგ/ლ** |
| **ნიქოზი** | 0.0030 | 0.0028 | 0.0055 | 0.0078 | 0.0007 | 0.183 |
| **შინდისი** | 0.0028 | 0.0030 | 0.0061 | 0.0068 | 0.0007 | 0.195 |
| **ვარიანი** | 0.0034 | 0.0022 | 0.0068 | 0.0080 | 0.0008 | 0.223 |
| **გორი** | 0.0042 | 0.0040 | 0.0074 | 0.0098 | 0.0010 | 0.248 |
| **ზდკ** | 0.3 | 1.0 | 1.0 | 0.1 | 0.03 | 0.1 |

*ცხრილი №3.2.6*

 **მძიმე ლითონების შემცველობის დინამიკა მდინარე ლიახვის წყალში**

|  |  |
| --- | --- |
| **სინჯის აღების ადგილი** | **მძიმე ლითონების შემცველობა****2017 წელი** |
| **Fe****მგ/ლ** | **Zn****მგ/ლ** | **Cu****მგ/ლ** | **Ni****მგ/ლ** | **Pb****მგ/ლ** | **Mn****მგ/ლ** |
| ნიქოზი | 0.0040 | 0.0027 | 0.0052 | 0.0074 | 0.0006 | 0.188 |
| შინდისი | 0.0033 | 0.0031 | 0.0066 | 0.0068 | 0.0007 | 0.186 |
| ვარიანი | 0.0038 | 0.0032 | 0.0072 | 0.0078 | 0.0009 | 0.192 |
| გორი | 0.0055 | 0.0044 | 0.0078 | 0.0099 | 0.0010 | 0.222 |
| ზდკ | 0.3 | 1.0 | 1.0 | 0.1 | 0.03 | 0.1 |

მდინარე ლიახვის წყალზე, 2016-2017 წლებში ჩატარებული ჰიდროქიმიური ანალიზის შედეგებიდან გამომდინარე, შეგვიძლია დავასკვნათ, რომ ის ჰიდროკარბონატულია და მასში ჭარბობს კალციუმის იონები. დაკვირვების ოთხი წერტილიდან - ნიქოზი (წყალსაცავი), ვარიანი, შინდისი და გორი, დაჭუჭყიანების ყველაზე მაღალი დონე დაფიქსირდა ზემო ნიქოზში. მდინარის წყალში განსაზღვრული კომპონენტებიდან ამონიუმის იონის შემცველობები ზდკ-ას დაახლოებით 4-5-ჯერ აჭარბებს. თუმცა შემდგომ, მდინარის თვითგაწმენდის ხარჯზე, დინების მიმართულებით მისი კონცენტრაცია კლებულობს. დანარჩენი ბიოგენური ელემენტების NO2-, NO3-, PO43- შემცველობა კი ზღვრულად დასაშვები კონცენტრაციის ფარგლებში მერყეობს. ასეთივე ტენდენციით ხასიათდება ჟანგბადის ბიოლოგიური მოხმარებაც (ჟბმ5), რომელიც წყალში გახსნილი მდგრადი ორგანული ნაერთების შემცველობის მნიშვნელოვანი მახასიათებელია, იმავე წერტილში (ნიქოზი) ჟბმ5-ის მაჩვენებელი აჭარბებს მის ზღვრულად დასაშვებ კონცენტრაციას.

მდინარე ლიახვის წყალში ასევე ჩატარებულ იქნა მიკრობიოლოგიური ანალიზები, მიღებული შედეგები წარმოდგენილია ცხრილებში*№3.2.*7, 3.2.8 და გრაფიკებზე 3.2.5-3.2.6.

***ცხრილი №3.2.7***

**მდინარე ლიახვის წყლის მიკრობიოლოგიური ანალიზის შედეგები**

|  |  |
| --- | --- |
| **სინჯის აღების ადგილი** | **განსასაზღვრი მიკროორგანიზმები****2016 წელი****(ერთეული/ლ)** |
| **ტოტალური კოლიფორმები** | **E.coli****100**  | **ფეკალური სტრეპტოკოკები** | **Salmonella** |
| **ნიქოზი**  | 80000 | 14000 | 1050 | არ აღმოჩნდა |
| **შინდისი**  | 36000 | 8000 | 600 | არ აღმოჩნდა |
| **ვარიანი** | 15000 | 5000 | 400 | არ აღმოჩნდა |
| **გორი** | 16000 | 5500 | 400 | არ აღმოჩნდა |

***ცხრილი №3.2.8***

**მდინარე ლიახვის წყლის მიკრობიოლოგიური ანალიზის შედეგები**

|  |  |
| --- | --- |
| **სინჯის აღების ადგილი** | **განსასაზღვრი მიკროორგანიზმები****2017 წელი****(ერთეული/ლ)** |
| **ტოტალური კოლიფორმები** | **E.coli****100**  | **ფეკალური სტრეპტოკოკები** | **Salmonella** |
| **ნიქოზი**  | 68000 | 12 000 | 1500 | არ აღმოჩნდა |
| **შინდისი**  | 32000 | 7500 | 700 | არ აღმოჩნდა |
| **ვარიანი** | 12500 | 4500 | 500 | არ აღმოჩნდა |
| **გორი** | 10000 | 4500 | 400 | არ აღმოჩნდა |

***გრაფიკი 3.2.5.* მდინარე ლიახვის წყალში ტოტალური კოლიფორმების ცვლილების დინამიკა დინების მიმართულების მიხედვით (2016)**

**გრაფიკი 3.2.6. მდინარე ლიახვის წყალში ტოტალური კოლიფორმების ცვლილების დინამიკა დინების მიმართულების მიხედვით (2017)**

მიღებული შედეგების მიხედვით ნიქოზის სარწყავი არხის სანიტარულ-ჰიგიენური მდგომარეობა არასასურველია, რადგან მის წყლებში გამოჩნდა ეშერიხია კოლის მაღალი რაოდენობები, რაც მეტყველებს იმაზე, რომ მდინარე განიცდის მძიმე ფეკალურ დატვირთვას ქ, ცხინვალის ტერიტორიაზე და ყოველივე ამას ემატება კიდევ ის ფაქტორი, რომ ექცევა ის რა ნიქოზის სარწყავი არხის პირობებში (წყალი დაგუბებულია და არის თითქმის უძრავ მდგომარეობაში) მიკროორგანიზმები უფრო სწრაფად მრავლდებიან წყალში, ასევე, მდინარე ლიახვის მიკრობიოლოგიური კვლევის შედეგებიდანაც გამოჩნდა, რომ მასში მიმდინარე თვითგაწმენდის პროცესების ხარჯზე, მისი დაჭუჭყიანების ხარისხი დინების მიმართულებით კლებულობს და მისი ეკოლოგიური მდგომარება მის ქვედა ნაწილში (მდინარე მტვრის შესართავი) უმჯობესდება.

**3.3 მდინარე ხრამი**

ხრამი არის მდინარე აღმოსავლეთ საქართველოში, მტკვრის მარჯვენა შენაკადი, რომელსაც ზემო წელში უწოდებენ ქციას. მდინარე ხრამი სათავეს იღებს თრიალეთი ქედის კალთებზე, მიედინება ღრმა ხეობაში. მდინარის სიგრძე 201 კმ-ია, აუზის ფართობი - 83402 კმ, წყლის საშუალო ხარჯი - 51 კუბ.მ/წმ, მაქსიმალური - 448 კუბ.მ/წმ. საზრდოობს უპირატესად თოვლით, ზამთრის პერიოდში არ იყინება, ქვემო წელში გამოიყენება სარწყავად. ხრამზე აგებულია [წალკის წყალსაცავი](https://ka.wikipedia.org/wiki/%E1%83%AC%E1%83%90%E1%83%9A%E1%83%99%E1%83%98%E1%83%A1_%E1%83%AC%E1%83%A7%E1%83%90%E1%83%9A%E1%83%A1%E1%83%90%E1%83%AA%E1%83%90%E1%83%95%E1%83%98) და სამი ჰიდროელექტროსადგური. ხრამის შენაკადებია: [დებედა](https://ka.wikipedia.org/wiki/%E1%83%93%E1%83%94%E1%83%91%E1%83%94%E1%83%93%E1%83%90)და[მაშავერა](https://ka.wikipedia.org/wiki/%E1%83%9B%E1%83%90%E1%83%A8%E1%83%90%E1%83%95%E1%83%94%E1%83%A0%E1%83%90)(მარჯვენა), რომლებიც მნიშვნელოვან გავლენას ახდენენ მის სტრუქტურაზე**[1]**

მდინარე ხრამის აუზში კონტინენტური კლიმატია, ნალექიანობა მინიმალურია ზამთრისა და ზაფხულის ბოლოს. ხრამის აუზის მაღალმთიან ნაწილში (2000-3000 მ) სუბალპური ბალახი ხარობს, სტეპის ელემენტებით. ზეგნებზე გამოიყოფა შემდეგი ვეგეტაციური ზონები: მთიანი სტეპის მცენარეულობა; წიწვნარი, მუხნარი და რცხილის ტყეები; უფრო დაბლა ტყეები თხელდება და მათ ეკლიანი ბუჩქნარი ცვლის ტყის ელემენტებით. სტეპები და თხმელის პატარა ტყეები მდინარის გასწვრივ ჭარბობს აუზის კიდევ უფრო დაბალ მონაკვეთზე (ალუვიურ ველზე).

მდინარე ხრამის აუზში სამი მსხვილი ჰიდროელექტო სადგურია: ხრამჰესი I, ხრამჰესი II და დმანისჰესი (მაშავერაჰესი). ხრამის აუზში რამდენიმე განსხვავებული მრეწველობის დარგია განვითარებული: ფოლადის წარმოება, მცირე ხე-ტყის გადამამუშავებელი ქარხნები, სამშენებლო მასალების წარმოება, ღვინისა და საკონსერვო საწარმოები. ასევე რძის პროდუქტების რამდენიმე საწარმო.

მდინარე ხრამს ქვემო ქართლისათვის სასიცოცხლო მნიშვნელობა აქვს და მისი ჩამონადენის თითქმის ყოველი კუბური მეტრი წყალი აღრიცხვაზეა აყვანილი. მდინარე ხრამის წყალი დღეისათვის გამოყენებულია მრავალი სოფლის სასმელი წყლით მომარაგებისათვის, კიდევ მრავალი სოფელი გეგმავს მდინარე ხრამიდან სასმელი წყლით უზრუნველყოფას. მდინარით ირწყვება ათასობით ჰექტარი სავარგულები და ათასობით ჰექტარი სავარგულების მორწყვა კიდევ იგეგმება [2], მიუხედავად იმისა, რომ უკვე დღეისათვის წარმოქმნილია სარწყავი წყლის დეფიციტი. სოფლები, რომლებიც "მიბმული" არიან მდინარე ხრამზე, დასახლებულია აზერბაიჯანული მოსახლეობით, რომლებიც მთლიანად დაკავებული არიან სასოფლო პროდუქტების მოყვანით და წელიწადში იღებენ სამ მოსავალს. მდინარე ხრამის ჩამონადენის თუნდაც ნაწილობრივი შემცირება ნიშნავს მათ დატოვებას საარსებო პირობების გარეშე. ადგილობრივი მოსახლეობის ძირითადი საქმიანობა სოფლის მეურნეობაა.

მდინარე ხრამის წყლის ხარისხის შესაფასებლად მონიტორინგს ვაწარმოებდით 2016-2017 წლებში სეზონურად. კვლევისათვის შერჩეულ იქნა დაკვირვების 2 წერილი: ხრამი - იმირი (№1) და ხრამი - წითელი ხიდი (№2). ვიღებდით საანალიზო სინჯებს წლის ოთხ სხვადსხვა პერიოდში (იანვარი, აპრილი, აგვისტო, ნოემბერი).

აღებულ საანალიზო სინჯებში განვსაზღვრეთ წყლის ფიზიკურ-ქიმიური მაჩვენებლები - t0C, pH; ჰიდროქიმიური სიდიდეები - მარილიანობა, გამჭირვალობა, ჟქმ5, მინერალიზაცია, გახსნილი ჟანგბადი (Do) და ა.შ; ბიოგენური ელემენტები - NO2-, NO3-, NH4+, PO43; ბუნებრივი წყლების ძირითადი იონები - Na+, K+, Ca2+, Mg2+, Cl-, SO42, HCO3-) და მძიმე ლითონები - Fe, Cu, Zn, Mn, Pb). მიღებული შედეგები წარმოდგენილია ცხრილებში № 3.3.1-3.3.2 და გრაფიკებზე 3.3.1-3.3.2.

***ცხრილი №3.3.1.***

**მდინარე ხრამის წყლის ჰიდროქიმიური ანალიზის შედეგები (2016 წელი)**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **მაჩვენებლები** | **ხრამი წითელი ხიდი** | **ხრამი****იმირი** | **ხრამი წითელი ხიდი** | **ხრამი****იმირი** | **ხრამი წითელი ხიდი** | **ხრამი****იმირი** | **ხრამი წითელი ხიდი** | **ხრამი****იმირი** |
| **№** | **1** | **2** | **1** | **2** | **1** | **2** | **1** | **2** |
| **სინჯის აღების****დრო** | **ზამთარი** | **ზამთარი** | **გაზაფხული** | **გაზაფხული** | **ზაფზული** | **ზაფხული** | **შემოდგომა** | **შემოდგომა** |
| **ტემპარეტურა.t0C** | 5.46 | 6.5 | 13.1 | 11.8 | 23.8 | 21.8 | 6.9 | 6.6 |
| **სიხისტე. მგ. ექვ/ლ** | 4.41 | 3.77 | 3.67 | 3.96 | 4.42 | 3.70 | 3.86 | 3.30 |
| **სუნი. ბალები.** | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| **გამჭირვალობა. სმ** | 10 | 10 | 9 | 7 | 11 | 11 | 11 | 10 |
| **შეწონილი ნაწილაკები. მგ/ლ** | - | - | 70.2 | 125.2 | - | - | - | - |
| **pH** | 8.41 | 8.24 | 8.58 | 8.36 | 8.1 | 8.30 | 7.83 | 8.11 |
| **კარბონატი. მგ/ლ** | 2.1 | 1.5 | 3.3 | 2.4 | 1.2 | 2.4 | - | - |
| **გახსნილი ჟანგბადი. მგO2/ლ** | 11.5 | 11.8 | 9.8 | 9.8 | 5.8 | 5.16 | 11.3 | 10.7 |
| **ჟანგბადის გაჯერების ხარისხი. %** | 111 | 116 | 96 | 95 | 70 | 61.2 | 91 | 85 |
| **ჟბმ5. მგ O2/ლ** | 1.56 | 0.79 | 0.63 | 0.87 | 1.49 | 2.16 | 2,08 | 1,34 |
| **Nნიტრიტი აზოტიმგN/ლ** | 0.041 | <0.001 | 0.022 | 0.048 | 0.011 | 0.002 | 0.020 | 0.039 |
| **ნიტრატი აზოტი მგN/ლ** | 2.289 | 2.211 | 1.312 | 1.744 | 1.623 | 0.214 | 2.178 | 1.955 |
| **ამონიუმის აზოტიმგN/ლ** | 0.322 | 0.331 | 0.159 | 0.421 | 0.268 | 0.281 | 0.262 | 0.211 |
| **ფოსფატიმგP/ლ** | <0.001 | <0.001 | 1.112 | 0.038 | 0.041 | 0.144 | 0.062 | 0.256 |
| **სულფატები.მგSO4--/ლ** | 71.22 | 43.91 | 0.040 | 36.11 | 89.64 | 35.51 | 71.78 | 50.15 |
| **ქლორიდები. მგCl/ლ** | 10.70 | 8.47 | 44.52 | 6.99 | 12.86 | 8.28 | 10.18 | 8.05 |
| **ფტორი.მგ/ლ** | 0.006 | 0.150 | 6.242 | 0.186 | 0.322 | 0.155 | 0.122 | 0.141 |
| **ჰიდროკარბონატებიმგHCO3/ლ** | 223.04 | 198.20 | 188.82 | 206.92 | 234.55 | 230.16 | 227.9 | 166.49 |
| **კალიური.მგ/ლ** | 1.7 | 1.4 | 1.2 | 1.1 | 1.8 | 1.5 | 1.4 | 1.2 |
| **ნატრიუმი.მგ/ლ** | 25.5 | 18.5 | 14.6 | 10.5 | 22.5 | 12.9 | 26.6 | 15.8 |
| **კალციუმი. მგ/ლ** | 60.01 | 51.28 | 52.93 | 56.73 | 68.56 | 46.44 | 56.62 | 46.55 |
| **მაგნიუმი. მგ/ლ** | 14.84 | 16.58 | 14.24 | 15.22 | 12.88 | 12.82 | 14.80 | 12.96 |

***ცხრილი №4.3.2***

**მდინარე ხრამის წყლის ჰიდროქიმიური ანალიზის შედეგები (2017 წელი)**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **მაჩვენებლები** | **ხრამი წითელი ხიდი** | **ხრამი****იმირი** | **ხრამი წითელი ხიდი** | **ხრამი****იმირი** | **ხრამი წითელი ხიდი** | **ხრამი****იმირი** | **ხრამი წითელი ხიდი** | **ხრამი****იმირი** |
| **№** | **1** | **2** | **1** | **2** | **1** | **2** | **1** | **2** |
| **სინჯის აღების****დრო** | **ზამთარი** | **ზამთარი** | **გაზაფხული** | **გაზაფხული** | **ზაფზული** | **ზაფხული** | **შემოდგომა** | **შემოდგომა** |
| **ტემპარეტურა.t0C** | 6.12 | 6.18 | 13.2 | 12.4 | 22.6 | 20.2 | 6.1 | 6.5 |
| **სიხისტე. მგ. ექვ/ლ** | 3.98 | 3.47 | 4.27 | 3.86 | 4.12 | 3.20 | 3.66 | 3.32 |
| **სუნი. ბალები.** | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| **გამჭირვალობა. სმ** | 8 | 8.5 | 9.1 | 8 | 10 | 11 | 9 | 10 |
| **შეწონილი ნაწილაკები. მგ/ლ** | - | - | 70.2 | 125.2 | - | - | - | - |
| **pH** | 8.11 | 8.15 | 8.28 | 8.30 | 8.12 | 8.15 | 7.88 | 8.10 |
| **კარბონატი. მგ/ლ** | 2.2 | 1.9 | 3.1 | 2.6 | 1.4 | 2.5 | - | - |
| **გახსნილი ჟანგბადი. მგO2/ლ** | 11.0 | 11.3 | 9.1 | 8.8 | 5.2 | 5.12 | 11.2 | 11.0 |
| **ჟანგბადის გაჯერების ხარისხი. %** | 102 | 114 | 94 | 93 | 68 | 61.0 | 90 | 82 |
| **ჟბმ5. მგ O2/ლ** | 1.55 | 0.89 | 0.66 | 0.89 | 1.52 | 2.33 | 2,16 | 1,58 |
| **Nნიტრიტი აზოტიმგN/ლ** | 0.052 | 0.002 | 0.025 | 0.066 | 0.018 | 0.004 | 0.024 | 0.044 |
| **ნიტრატი აზოტი მგN/ლ** | 2.423 | 2.231 | 1.328 | 1.735 | 1.539 | 0.211 | 2.188 | 2.244 |
| **ამონიუმის აზოტიმგN/ლ** | 0.342 | 0.334 | 0.163 | 0.577 | 0.382 | 0.488 | 0.274 | 0.308 |
| **ფოსფატიმგP/ლ** | <0.001 | 0.055 | 1.114 | 0.048 | 0.046 | 0.126 | 0.066 | 0.288 |
| **სულფატები.მგSO4--/ლ** | 75.68 | 49.22 | 48.34 | 39.66 | 99.34 | 47.54 | 78.73 | 54.66 |
| **ქლორიდები. მგCl/ლ** | 12.70 | 8.44 | 19.59 | 6.90 | 12.88 | 7.36 | 11.19 | 8.04 |
| **ფტორი.მგ/ლ** | 0.084 | 0.282 | 5.148 | 1.180 | 0.4 28 | 0.178 | 0.128 | 0.152 |
| **ჰიდროკარბონატებიმგHCO3/ლ** | 221.14 | 198.25 | 180.82 | 206.98 | 220.50 | 239.30 | 230.8 | 168.28 |
| **კალიური.მგ/ლ** | 1.8 | 1.6 | 1.6 | 1.7 | 1.6 | 1.4 | 1.2 | 1.8 |
| **ნატრიუმი.მგ/ლ** | 18.5 | 17.6 | 14.8 | 10.5 | 22.6 | 18.5 | 18.0 | 17.5 |
| **კალციუმი. მგ/ლ** | 62.78 | 48.28 | 44.96 | 58.11 | 68.44 | 56.14 | 55.13 | 56.51 |
| **მაგნიუმი. მგ/ლ** | 12.38 | 18.55 | 14.44 | 17.36 | 14.80 | 11.82 | 12.88 | 12.33 |

**გრაფ. 3.3.1 ჟბმ5-ის სეზონური ცვლილებები მდინარე ხრამის წყალში (წითელი ხიდი)**

**გრაფ.3.3.2 ჟბმ5-ის სეზონური ცვლილებები მდინარე ხრამის წყალში (იმირი)**

გრაფიკებიდან 3.3.1 და 3.3.2 თვალნათლივ ჩანს სეზონური კორელაცია მდ.ხრამის წყალშიისეთი მნიშვნელოვანი მაჩვენებელისა როგორიცაა ჟბმ5. კერძოდ, როგორც იმირის, ასევე წითელი ხიდის დაკვირვების წერტილებში, მკვეთრად გამოჩნდა ამ მაჩვენებლისმომატებულიმნიშვნელობები ზაფხულსა და შემოდგომაზე (წყალმცირობის პერიოდი), ხოლო მისი მინიმალური სიდიდეები დაფიქსირდა გაზაფხულზე (წყალუხვობის პერიოდში). რაც მიგვანიშნებს მდინარეში გახსნილი კომპონენტების განზავების ფაქტორზე მოცემულ პერიოდში.

მდინარე ხრამს მარჯვნიდან, სოფელ ნახიდურთან, ერთვის მდინარე მაშავერა. მას იყენებენ ირიგაციული დანიშნულებით. მაშავერაზე ფუნქციონირებს 5 სარწყავი სისტემა, რომელიც რწყავს ბოლნისისა და მარნეულის 7440 ჰა სასოფლო-სამეურნეო სავარგულს. მდინარე ხრამში ასევე ჩაედინება მძიმე ლითონებით დატვირთული მდინარე კაზრეთულა. მდინარე გარკვეულწილად შეხებაშია და გაივლის იმ რეგიონებს, სადაც არის განლაგებული სხვადასხვა მადანგადამამუშავებელი საწარმოები. მდინარე მაშავერა ბინძურდება საყდრისის ოქროს მომპოვებელი საწარმოს სამუშაოების შედეგად ჩამდინარე მჟავე წყლებით და მძიმე ლითონებით**[3].**

ამიტომ, საინტერესოა მდ. ხრამის წყლის შემადგნლობაში ზოგიერთი მძიმე ლითონების შემცველობის შესწავლა. მდინარე ხრამზე 2016-2017 წლებში მონიტორინგს ვაწარმოებდით 2 წერტილში - ხრამი იმირი (№1) და ხრამი წითელი ხიდი (№2) სეზონურად. აღებულ საანალიზო ნიმუშებში განვსაზღვრეთ რეგიონისათვის დამახასიათებელი ზოგიერთი მძიმე ლითონის შემცველობა წყალში. მიღებული შედეგები წარმოდგენილია ცხრილებში№3.3.3; №3.3.4. და გრაფიკზე 3.

**ცხრილი № 3.3.3**

**მდინარე ხრამის წყალში ზოგიერთი მძიმე მეტალის შემცველობები (2016)**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **მაჩვენებლები** | **ხრამი წითელი ხიდი** | **ხრამი****იმირი** | **ხრამი წითელი ხიდი** | **ხრამი****იმირი** | **ხრამი წითელი ხიდი** | **ხრამი****იმირი** | **ხრამი წითელი ხიდი** | **ხრამი****იმირი** |
| **№** | **1** | **2** | **1** | **2** | **1** | **2** | **1** | **2** |
| **sინჯის აღების დრო** | **გაზაფხული** | **გაზაფხული** | **ზაფხული** | **ზაფხული** | **შემოდგომა** | **შემოდგომა** | **შემოდგომა** | **შემოდგომა** |
| **რკინა. მგ/ლ** | 0.2098 | 0.4158 | 0.2194 | 0.1096 | 0.0933 | 0.0683 | 0,1700 | 0,2073 |
| **თუთია. მგ/ლ** | 0.0293 | 0.0317 | 0.0417 | 0.0093 | 0.0090 | 0.0065 | 0,0108 | 0,0078 |
| **სპილენძი. მგ/ლ** | 0.0236 | 0.0128 | 0.0240 | 0.0085 | 0.0099 | 0.0034 | 0,0073 | 0,0048 |
| **ტყვია. მგ/ლ** | 0.0013 | 0.0011 | 0.0054 | 0.0042 | 0.0011 | 0.0038 | 0,0027 | 0,0018 |
| **მანგანუმი. მგ/ლ** | 0.0464 | 0.0422 | 0.0797 | 0.0090 | 0.0064 | 0.0050 | 0,0069 | 0,0087 |

**ცხრილი №3.3.4**

**მდინარე ხრამის წყალში ზოგიერთი მძიმე ლითონების შემცველობები (2017)**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **მაჩვენებლები** | **ხრამი წითელი ხიდი** | **ხრამი****იმირი** | **ხრამი წითელი ხიდი** | **ხრამი****იმირი** | **ხრამი წითელი ხიდი** | **ხრამი****იმირი** | **ხრამი წითელი ხიდი** | **ხრამი****იმირი** |
| **№** | **1** | **2** | **1** | **2** | **1** | **2** | **1** | **2** |
| **sინჯის აღების დრო** | **გაზაფხული** | **გაზაფხული** | **გაზაფხული** | **გაზაფხული** | **ზაფხული** | **ზაფხული** | **შემოდგომა** | **შემოდგომა** |
| **რკინა. მგ/ლ** | 0.2228 | 0.3877 | 0.2290 | 0.1198 | 0.1732 | 0.0723 | 0,1805 | 0,2570 |
| **თუთია. მგ/ლ** | 0.0256 | 0.0312 | 0.0398 | 0.0089 | 0.0099 | 0.0055 | 0,0138 | 0,0070 |
| **სპილენძი. მგ/ლ** | 0.0211 | 0.0202 | 0.0248 | 0.0088 | 0.0091 | 0.0045 | 0,0080 | 0,0068 |
| **ტყვია. მგ/ლ** | 0.0018 | 0.0014 | 0.0048 | 0.0044 | 0.0021 | 0.0040 | 0,0032 | 0,0020 |
| **მანგანუმი. მგ/ლ** | 0.0457 | 0.0445 | 0.0782 | 0.0086 | 0.0066 | 0.0058 | 0,0077 | 0,0079 |

მდინარე ხრამის წყალში მძიმე ლითონების შემცველობის კვლევამ აჩვენა, რომ ზოგ შემთხვევაში, მიუხედავად წყლის მაღალი pH-ისა მომატებულია რკინის კონცენტრაციები და აჭარბებს ზდკ-ს მნიშვნელობებს, რაც საქართველოს რეალობაში იშვიათი შემთხვევაა. გაზაფხულზე, იმირის ტერიტორიაზე დაფიქსირდა რკინის ყველაზე მაღალი კონცენტრაცია და 2016 წელს შეადგინა - 0.4158 მგ/ლ, ხოლო 2017 წელს 0,3877 მგ/ლ, რაც აღემატება ზდკ-ს (იხილეთ გრაფიკი 3.3.1).

როგორც იყო მოსალოდნელი გახსნილი მძიმე ლითონების კონცენტრაციები მდ. ხრამის წყალში აღმოჩნდა უფრო მაღალი, ვიდრე, მდინარე მტკვარში. ამის დემონსტრირებას წარმოადგენს გრაფიკი 3.3.1, რომელზეც შედარებულია მდ. ხრამისა და მდ.მტკვრის შედეგები. გრაფიკი 3.3.1 -დან ჩანს, რკინის მომატებული კონცენტრაცია მდ. ხრამში. ის აღემატება მდ. მტკვრის შემცველობას მინიმუმ 15-ჯერ, მანგანუმის კონცენტრაცია 4.5-ჯერ და ა,შ. თუმცა მანგანუმის კონცენტრაციები წყალში არ აღემატება ზღვრულად დასაშვებ კონცენტრაციებს.

**გრაფიკი 3.3.3. მდინარე მტკვრისა და მდინარე ხრამის წყლებში ლითონის კონცენტრაციების შედარებითი ანალიზი. (საშუალო წლიური მონაცემები)**

მძიმე ლითონების შემცველობის შესწავლის შედეგად, შეგვიძლია ვთქვათ, რომ მდინარე ხრამის ეკოლოგიურ მდგომარეობაზე გავლენას ახდენს მისი ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი შენაკადი მდინარე მაშავერა. მაშავერაზე სერიოზულ ანთროპოგენურ დატვირთვას ახდენს სამთო გადამამუშავებელი ობიექტები და საყდრისის ოქროს მომპოვებელი საწარმო. ამის გამო, მდინარე ხრამის წყალში შეინიშნება ზოგიერთი ლითონის მომატებული კონცენტრაცია, ვიდრე, ეს არის მდინარე მტკვრის წყალში (რუსთავის ტერიტორია). თუმცა, მძიმე ლითონების კონცენტრაციები (გარდა რკინისა ) მდინარის წყალში არ აღემატება ზღვრულად დასაშვებ კონცენტრაციებს.

ჩატარებული მონიტორინგის შედეგად ჩანს, რომ მძიმე ლითონების ხსნადი ფორმები იცვლება, თუმცა მათი კონცენტრაციები ზდკ-ას ფარგლებში მერყეობს, რაც განპირობებულია მდინარის წყლის მაღალი pH-ით, რომლის გავლენითაც ეს ლითონები განიცდიან ჰიდროლიზს და მათი ძირითადი მასა ილექება ფსკერზე, ნაწილი სორბირდება ტივტივა ნატანზე. მდინარე ხრამში მოხვედრილი ანთროპოგენური ნივთიერებები ქიმიური, ფიზიკურ-ქიმიური და ბიოლოგიური პროცესების შედეგად, ტრანსფორმირდებიან არატოქსიკურ ნაერთებად. ორგანული და ბიოგენური ნივთიერება იჟანგება, ან მოიხმარება ცოცხალი ორგანიზმების მიერ. ამ და სხვა პროცესების შედეგად, რომელიც ცნობილია თვითგაწმენდის სახელით, წყალი მეტ-ნაკლებად ინარჩუნებს დამაკმაყოფილებელ ეკოლოგიურ მდგომარეობას.

**3.4.მდინარე ალაზნი**

 მდინარე ალაზნის აუზი მჭიდროდ არის დასახლებული და ხასიათდება შედარებით განვითარებული მრეწველობით, სოფლის მეურნეობით, მევენახეობით, მეღვინეობითა და მეცხოველეობით. ალაზანი ბინძურდება საყოფაცხოვრებო-ნახმარი, მეცხოველეობის ფერმებიდან ჩამონადენი გაუწმენდავი წყლებითა და სოფლის მეურნეობაში გამოყენებული შხამ-ქიმიკატებით. აღსანიშნავია, რომ მდინარე ალაზანი გამოიყენება ბანაობის, თევზჭერის და სარეკრეაციო მიზნებისათვის. ანთროპოგენური ფაქტორების გავლენა მდინარე ალაზანზე სულ უფრო იზრდება, რის შედეგად, შეიძლება მოიმატოს მდინარის დაბინძურების ხარისხმა, დაბინძურებულ მდინარეებში კი შესაძლებელია შეიცვალოს ჰიდრობიონტთა შემადგენლობა მათი მრავალფეროვნების შემცირების ხარჯზე, მოხდეს ორგანული და ტოქსიკური ნივთიერებების გამოყოფა, რომლებიც კვებითი ჯაჭვის გზით ზეგავლენას მოახდენს ეკოლოგიური პირამიდის ყველა ტროფიკული დონის ორგანიზმზე. ყოველივე ეს სერიოზულ გავლენას მოახდენს მდინარის ეკოლოგიურ მდგომარეობაზე.

მდინარე ალაზნის დაბინძურების დასადგენად, ეკოლოგიურ მონიტორინგს ვაწარმოებდით 2016-2017 წლებში. საანალიზო ნიმუშები აღებულია 3 წერტილში: ახმეტა, შაქრიანი, გურჯაანი.

ახმეტის მუნიციპალიტეტის ტერიტორიაზე ალაზნის სიგრძე პირდაპირი ხაზით 50 კმ-ზე მეტია. მას უერთდება ბევრი მდინარე, რომელიც ჩამოედინება დასახლებულ პუნქტების, საძოვრების, ვენახების, მეცხოველეობისა და მეფრინველეობის ფერმების მიმდებარე ტერიტორიებზე. ახმეტის მუნიციპალიტეტში ფუნქციონირებს ხე-ტყის გადასამუშავებელი საწარმოები. არის "ხადროჰესის" ჰიდროელექტროსადგური.

ყვარლის რაიონი სოფელი შაქრიანი წარმოადგენს სინჯის აღების მეორე წერტილს. ყვარლის მუნიციპალიტეტის ტერიტორიაზე ჩამოედინება ღვარცოფული მდინარე დურუჯი, რომელიც წარმოადგენს ალაზნის მარცხენა შენაკადს. ის ვენახებისა და სასოფლო–სამეურნეო სავარგულების ტერიტორიაზე მიედინება. ყვარლის რაიონში ფუნქციონირებს ღვინის ქარხნები. ყვარლის მუნიციპალიტეტში მდებარეობს ჰიდროელექტრო სადგური - "ინწობაჰესი"

გურჯაანის მუნიციპალიტეტი ვრცელდება მდ. ალაზნის აუზში. მისი ჰიდროგრაფიული ქსელი არც თუ ისე მჭიდროა.აქ კარგად არის განვითარებული სოფლის მეურნეობის დარგები:მევენახეობა-მეღვინეობა, მეხილეობა და მეცხოველეობა. ვითარდება სატბორე მეურნეობაც. გურჯაანის რაიონში არის ღვინის ქარხნები, აგრეთვე, ჰიდროელექტროსადგური "ალაზანჰესი’’.

მდინარის წყალში(სამი დაკვირვების წერტილი) გავზომეთ (პორტატული აპარატის მეშვეობით) ფიზიკურ-ქიმიური მაჩვენებლები **--** pH, ტემპერატურა t0C, გახსნილი O2, ელექტრი გამტარობა, მარილიანობა; ჰიდროქიმიური ანალიზის ფარგლებში განსაზღვრულ იქნა - სიხისტე, ჟბმ**5**; ზოგიერთი ძირითადი იონი -- Na+. K+Ca2+, Mg2+,Cl-, HCO3-,SO42-; ბიოგენური ელემენტების შემდეგი ფორმები -- NO32-,NO2-, NH+4, PO43-დაასევე ზოგიერთი მძიმე ლითონი - Zn, Fe, Cu, Pb, Ni, Mn.

როგორც 2016-2017 წლის ანალიზის შედეგებიდან ჩანს (ცხრილები 3.4.1-3.4.2), მდინარე ალაზანში გახსნილი ჟანგბადის შემცველობა 2016 წელს ზედა კვეთაში (ახმეტა) არის 7,6მგ/ლ, ხოლო ქვედა კვეთაში (გურჯაანი) შეინიშნებამისი კლება - 6,9მგ/ლ. 2017 წელს კი მერყეობს -7.9 მგ/ლ - 7,2 მგ/ლ. წყლის ტემპერატურა, pH, მარილიანობა მნიშვნელოვან ცვლილებას არ განიცდიან. ელ.გამტარობა sms/სმ - 2016 წელს მერყეობს 210მგ/ლ\_ დან 298 მგ/ლ მდე. 2017 წელს კი -240 მგ/ლ -დან - 300 მდე.

მდინარე ალაზნის ეკოლოგიური მდგომარეობის სრულყოფილი შეფასებისათვის შევისწავლეთ მისი მინერალიზაციის პროცესი. მდინარე ალაზნის წყალში მთავარი იონების განსაზღვრის შედეგები და მათი გადანაწილების მონაცემები მოწმობს, რომ კონცენტრაციის მკვეთრ ცვლილებებს ადგილი არ ჰქონია. ჩატარებული კვლევების შედეგად აღმოჩნდა, რომ მდინარე ალაზანში დინების მიმართულებით მატულობს მთავარი კათიონების (K+, Na+, Mg2+, Ca2+), ანიონების (SO42-, CL-, HCO3-) და ბიოგენური ელემენტების (NO2-, NO3-, PO43-, NH4+) კონცენტრაციები (ცხრილები3.4.3; 3.4.4).

***ცხრილი № 3.4.1***

**მდინარე ალაზნის წყლის საშუალო წლიური ფიზიკურ - ქიმიური მონაცემები**

|  |  |
| --- | --- |
| **დასახელება** | **სინჯის აღების ადგილი, დრო****მდინარე ალაზანი. 2016 წელი** |
| **ახმეტა** | **შაქრიანი** | **გურჯაანი** |
| ტემპერატურა t 0C | 12.4 | 14.4 | 14.8 |
| pH | 8.12 | 8.15 | 8.45 |
| გახსნილი O2 მგ/ლ (Do) | 8.02 | 7.8 | 7.6 |
| ელ.გამტარობა sms/სმ | 210 | 277.6 | 298 |
| მარილიანობა (%) | 0.15 | 0.15 | 0.15 |

***ცხრილი № 3.4.2***

 **მდინარე ალაზნის წყლის საშუალო წლიური ფიზიკურ - ქიმიური მაჩვენებელი**

|  |  |
| --- | --- |
| **დასახელება** | **სინჯის აღების ადგილი, დრო****მდინარე ალაზანი. 2017 წელი** |
| **ახმეტა** | **შაქრიანი** | **გურჯაანი** |
| ტემპერატურა t 0C | 13.1 | 14.2 | 15.2 |
| pH | 8.10 | 8.25 | 8.50 |
| გახსნილი O2 მგ/ლ (Do) | 8.24 | 8.08 | 7.88 |
| ელ.გამტარობა sms/სმ | 226 | 279.5 | 288 |
| მარილიანობა (%) | 0.10 | 0.15 | 0.15 |

***ცხრილი №3. 4.3***

 **მდინარე ალაზნის წყლის საშუალოწლიური ჰიდროქიმიური მონაცემები**

|  |  |
| --- | --- |
| **განსაზღვრული კომპონენტი** | **მდინარე ალაზანი.** **2016 წელი** |
| **ახმეტა** | **შაქრიანი** | **გურჯაანი** |
| სიხისტემგ.ექვ/ლ | 1.280 | 2.250 | 3.360 |
| ჟბმ5.მგO2/ლ | 1.250 | 1.77 | 2.250 |
| NO2-მგN/ლ | 0.014 | 0.022 | 0.035 |
| NO3-მგN/ლ | 0.857 | 1.261 | 1.508 |
| NH4+გN/ლ | 0.890 | 1.218 | 1.520 |
| PO43-მგ/ლ | 0.172 | 0.288 | 0.327 |
| SO42-მგ/ლ | 50.8 | 55.6 | 58,5 |
| CI-მგ/ლ | 4.81 | 4.67 | 5,82 |
| HCO3- მგ/ლ | 164.2 | 174.3 | 194.6 |
| K+მგ/ლ | 0.88 | 0.98 | 1.1 |
| Na+მგ/ლ | 8.12 | 9.81 | 10.8 |
| Mg2+მგ/ლ | 8.05 | 8.88 | 10.86 |
| Ca2+მგ/ლ | 38.52 | 43.26 | 51.04 |
| მინერალიზაცია,მგ/ლ | 272.77 | 282.64 | 294.88 |

***ცხრილი №3.4.4***

**მდინარე ალაზნის წყლის საშუალოწლიური ჰიდროქიმიური მონაცემები**

|  |  |
| --- | --- |
| **დასახელება** | **სინჯის აღების ადგილი. დრო****2017 წელი** |
| **ახმეტა** | **შაქრიანი** | **გურჯაანი** |
| სიხისტემგ.ექვ/ლ | 1.23 | 1.66 | 2.88 |
| ჟბმ.მგO2/ლ | 1.8 | 2.45 | 2.77 |
| NO2-მგN/ლ | 0.044 | 0.034 | 0.038 |
| NO3-მგN/ლ | 0.726 | 1.425 | 1.657 |
| NH4+გN/ლ | 0.622 | 0,914 | 1.478 |
| PO43-მგ/ლ | 0.199 | 0.290 | 0.420 |
| SO42-მგ/ლ | 48.4 | 50.6 | 54.7 |
| CI-მგ/ლ | 3.92 | 4.02 | 4.98 |
| HCO3- მგ/ლ | 172 | 189 | 199 |
| K+მგ/ლ | 0.9 | 1.1 | 1.0 |
| Na+მგ/ლ | 10.2 | 10.8 | 11.1 |
| Ca2+მგ/ლ | 32.27 | 39.89 | 49.66 |
| Mg2+მგ/ლ | 7.55 | 9.52 | 11.22 |
| მინერალიზაცია,მგ/ლ | 280.61 | 280.84 | 299.12 |

2016-2017 წლის მონაცემების დამუშავებისას აღმოჩნდა (ცხრილი 3.4.3-3.4.4), რომ ზოგიერთი ბიოგენური ელემენტების ფორმები **-** NO2-, NO3-, PO43-- ის შემცველობა სინჯების აღების სამივე წერტილში ზღვრულად დასაშვებ კონცენტრაციის ფარგლებში მერყეობს. ზდკ -ს აღემატება მხოლოდ ამონიუმის იონის (NH4+) კონცენტრაციები - 2016 წელს მისი მნიშვნელობები მერყეობს 0.890 მგN/ლ -იდან 1.218 მგN/ლ- მდე. 2017 წელს კი 0.622მგN/ლ-იდან - 0,914 მგN/ლ -მდე ფარგლებში. აღსანიშნავია, რომ წლის თბილ პერიოდში, წყალში, მათი კონცენტრაცია იმატებს. ჩვენი აზრით, მათი შემცველობის მომატება (გარდა იმისა, რომ ადგილი აქვს წყალმცირობას) ხშირ შემთხვევაში ემთხვევა მინდვრებში და ბაღებში ამონიუმის გვარჯილის შეტანის ვადებს. რაც კოლერაციულ დამოკიდებულებაშია შეტანილ აზოტიანი სასუქების რაოდენობასა და ზედაპირული წყლების დაბინძურების ფაქტორებთან.

 მდინარე ალაზნის წყალში მძიმე ლითონების შემცველობის მონაცემები მოყვანილია ცხრილებში №3.4.5 და3.4.6. საიდანაც ჩანს, რომ მათი კონცენტრაცია იზრდება მდინარის დინების მიმართულებით და ყველაზე მაღალი მაჩვენებელი ფიქსირდება გურჯაანის ტერიტორიაზე, თუმცა მათი კონცენტრაციები მერყეობს ზდკ- ას ფარგლებში.

***ცხრილი №3.4..5***

**მძიმე ლითონების შემცველობა მდინარე ალაზნის წყალში**

|  |  |
| --- | --- |
| **სინჯის აღების ადგილი** | **მძიმე ლითონების შემცველობა****2016 წელი** |
| **Fe****მგ/ლ** | **Zn****მგ/ლ** | **Cu****მგ/ლ** | **Ni****მგ/ლ** | **Pb****მგ/ლ** | **Mn****მგ/ლ** |
| ახმეტა | 0.0789 | 0.0019 | 0.0028 | 0.0020 | 0.0040 | 0.0118 |
| შაქრიანი | 0.1721 | 0.0028 | 0.0032 | 0.0032 | 0.0065 | 0.0131 |
| გურჯაანი | 0.2422 | 0.0068 | 0.0030 | 0.0028 | 0.0116 | 0.0224 |
| ზდკ | 0.3 | 1.0 | 1.0 | 0.1 | 0.03 | 0.1 |

***ცხრილი №3.4.6***

 **მძიმე ლითონების შემცველობა მდინარე ალაზნის წყალში**

|  |  |
| --- | --- |
| **სინჯის აღების ადგილი** | **მძიმე ლითონების შემცველობა****2017 წელი** |
| **Fe****მგ/ლ** | **Zn****მგ/ლ** | **Cu****მგ/ლ** | **Ni****მგ/ლ** | **Pb****მგ/ლ** | **Mn****მგ/ლ** |
| ახმეტა | 0.0456 | 0.0020 | 0.0031 | 0.0018 | 0.0046 | 0.0120 |
| გურჯაანი | 0,1615 | 0.0024 | 0.0044 | 0.0030 | 0.0070 | 0.0120 |
| შაქრიანი | 0.2235 | 0.0054 | 0.0038 | 0.0021 | 0.0134 | 0.0178 |
| ზდკ | 0.3 | 1.0 | 1.0 | 0.1 | 0.03 | 0.1 |

მდინარე ალაზანში ჩამდინარე საყოფაცხოვრებო-ნახმარმა წყლებმა, ფეკალურმა დაბინძურებამ, შესაძლებელია გააუარესოს წყლის ხარისხი, ხოლო წყალში მოხვედრილი პათოგენური მიკროორგანიზმები ინფეციური დაავადების ზრდისა და გავრცელების მიზეზი გახდეს.ამიტომ, განვსაზღვრეთ წყლის ფეკალური დაბინძურების მაჩვენებელი E.coli, ფეკალური სტეპტოკოკები, რომლებიც მიუთითებს ძველ ფეკალურ დაბინძურებაზე, მეზოფილური აერობებისა და ფაკულტატური ანაერობების რაოდენობა და ნაწლავის ჯგუფის პათოგენური მიკროორგანიზმი - Salmonella.

 კვლევებმა აჩვენა, რომ მდინარის დინების მთელ მონაკვეთზე მიკრობული დაბინძურება იზრდება, თუმცა მერყეობს ზღვრულად დასაშვები კონცენტრაციის ფარგლებში. მაჩვენებლებს შორის შეინიშნება გარკვეული კორელაცია. მაგ: ცვლილებას განიცდის ტოტალური კოლიფორმების მაჩვენებელი. 2016-2017 წლებში ის მერყეობს - 5000- დან– 8500 -მდე. E.coli-ს კი-4000 - დან 7200-მდე, ხოლო ფეკალური სტრეპტოკოკები-25-\_დან - 39 \_მდე. ნაწლავის ჯგუფის პათოგენური მიკროორგანიზმები – სალმონელა (Salmonella) არც ერთ სინჯში არ აღმოჩნდა (ცხრილები №3.4.7; 3.4.8).

***ცხრილი № 3.4.7***

**მდინარე ალაზნის წყლის სანიტარულ-მიკრობიოლოგიური გამოკვლევა**

|  |  |
| --- | --- |
| **სინჯის აღების ადგილი** | **განსასაზღვრი მიკროორგანიზმები****2016 წელი** |
| **მეზოფილური აერობებისა და ფაკულტატური ანაერობების რაოდენობა** | **ტოტალური კოლიფორმები** | **E.coli****100**  | **ფეკალური სტრეპტოკოკები** | **Salmonella** |
| **ახმეტა** | 370 C-105220C - 522 | 5000 | 4000 | 25 | არ აღმოჩნდა |
| **შაქრიანი** | 370 C-195220C – 592 | 7000  |  5000 | 45  | არ აღმოჩნდა |
| **გურჯაანი** | 370 C-148220C - 572 | 7800 | 5000 | 32 | არ აღმოჩნდა |

***ცხრილი№ 3.4.8***

**მდინარე ალაზნის წყლის სანიტარულ-მიკრობიოლოგიური გამოკვლევა**

|  |  |
| --- | --- |
| **სინჯის აღების ადგილი** | **განსასაზღვრი მიკროორგანიზმები****2017 წელი** |
| **მეზოფილური აერობებისა და ფაკულტატური ანაერობების რაოდენობა** | **ტოტალური კოლიფორმები** | **E.coli****100**  | **ფეკალური სტრეპტოკოკები** | **Salmonella** |
| **ახმეტა** | 370 C-125220C - 566 | 4500 | 4800 | 28 | არ აღმოჩნდა |
| **შაქრიანი** | 370 C-155220C – 564 | 5500  | 6000 | 35  | არ აღმოჩნდა |
| **გურჯაანი** | 370 C-188220C – 502 | 8500 | 7200 | 39 | არ აღმოჩნდა |

მდინარე ალაზნის წყლის 2016-2017 წლის სანიტარულ-ქიმიური და სანიტარულ-მიკრობიოლოგიური ანალიზების შედეგებიდან კარგად ჩანს, რომ მდინარის მიკრობიოლოგიური და ქიმიური დაბინძურების მაჩვენებლები მნიშვნელოვან ცვლილებას არ განიცდიან და ძირითადად მერყეობენ ზღვრულად დასაშვები კონცენტრაციის ფარგლებში. თუმცა მიღებული შედეგები მიუთითებს მდინარის ანთროპოგენური დატვირთვის გავლენასა და მის ფეკალურ დაჭუჭყიანებაზე. მიუხედავად ამისა, მდინარის აღნიშნული მონაკვეთის ეკოლოგიური მდგომარეობა დამაკმაყოფილებელია, რაც განპირობებულია წყლის pH-ით, გაზრდილი სიმღვრივით, მდინარეში მიმდინარე თვითგაწმენდის პროცესებით.შეიძლება ითქვას, რომ მდინარე ალაზნის აღნიშნული მონაკვეთზე მისი ეკოლოგიური მდგომარეობა დამაკმაყოფილებელია და ის ეპიდმიოლოგიურად უსაფრთხოა.

3.**5. მდინარე მტკვრის თევზებში ვერცხლისწყლისა და კადმიუმის**

**შემცველობების განსაზღვრა**

დღეს ტექნიკურ პროგრესს და ურბანიზაციის შეუქცევად პროცესებს თან ახლავს წყალსატევების დაჭუჭყიანების მზარდი ტემპი. ამის შედეგად, მდინარის ეკოსისტემაში შეიძლება მოხვდეს ისეთი გამაბინძურებლები, როგორიცაა მძიმე ლითონები, რომლებიც წარმოიქმნება სოფლის მეურნეობის თითქმის ყველა დარგის ქიმიზაციის შემთხვევაში. მძიმე ლითონებიდან, რომლებიც უდიდეს როლს თამაშობენ წყალსატევების დაჭუჭყიანებაში, განვიხილავთ ვერცხლისწყალსა და კადმიუმს.

არაორგანული ვერცხლისწყალი გარემოში შეიძლება გარდაიქმნას მეთილორგანულ შენაერთებად, მათ შორის, ძლიერ შხამიან მეთილირებულ ვერცხლად. იგი წარმოიქმნება წყალში ბიოლოგიური პროცესების შედეგად და ტროფიკული ჯაჭვით ხვდება თევზების და ჰიდრობიონტების სხეულში, საიდანაც, შესაძლებელია მოხვდეს ადამიანის ორგანიზმში. ვერცხლისწყალი როგორც კი ხვდება ორგანიკით დაბინძურებულ წყლის სისტემაში მომენტალურად იწყება მისი მეთილირების პროცესი, შესაბამისად, მიიღება მეთილ ან დიმეთილ ვერცხლისწყალი (CH3Hg, CH3HgCH3), ნივთიერებები, რომლებიც წარმოადგენენ ყველაზე ტოქსიკურ ფორმას ვერცხლისწყლის ბუნებრივ ფორმებს შორის. Hg-ით მდინარეების დაბინძურება, მისი მწვავე ტოქსიკურობის გამო, დამღუპველ გავლენას ახდენს თევზებსა და წყლის სხვა ორგანიზმებზე. ის ადვილად იხსნება თევზის ცხიმში და აქედან გამომდინარე, ადვილად ხვდება მის ორგანიზმში. დიდი დოზით მისი მოხვედრა კი იწვევს ცოცხალი ორგანიზმის სიკვდილს.

 მნიშვნელოვანია ის ფაქტი, რომ Hg-ით წყალსატევების მოწამვლის შემთხვევები არაერთია. მათგან მნიშვნელოვანია იაპონიაში, მინამატას ყურეში, მდინარე აგონოს აუზში ვერცხლისწყლის ნარჩენების დიდი რაოდენობით ჩაღვრის შემთხვევა. ამ ტრაგედიას ათასობით ადამიანის სიცოცხლე შეეწირა. მსგავსი სიტუაცია იყო იაპონიის მეორე ქალაქ ნიიგატაში, ასევე, კოლუმბიაში,ერაყში, კანადაში და სხვა.

 აღსანიშნავია, რომ უახლოეს პერიოდში, საქართველომ ხელი უნდა მოაწეროს მინამატას კონვენციის რატიფიცირებას, რაც გულისხმობს, ხელის მომწერ სახელმწიფოების ვალდებულებას, ბევრ სხვა პრობლემასთან ერთად, დეტალურად აღწერონ და წარადგინონ თუ რა ტიპის Hg-ით დაბინძურების საშიშროებებია მოსალოდნელი თავიანთ ქვეყნის ტერიტორიებზე. 2020 წლიდან აიგრძალება ჩვენს ქვეყანაში ვერცხლისწყლიანი თერმომეტრებისა და ზოგიერთი ტიპის ვერცსლისწყლიანი ნათურების შემოტანა და შესაბამისად ჩატარდება სხვა მრავალი სასარგებლო ღონისძიებები. აქედან გამომდინარე, თვალსაჩინო ხდება თუ რამდენად აქტუალურია დღეს საქართველოში ამ ტიპის კვლევების ჩატარება.

გარემოს დამაბინძურებელ ერთ-ერთ საშიშ ტოქსიკანტს წარმოადგენს აგრეთვე Cd. ის ტოქსიკურობით ხასიათდება ჰიდრობიონტებისათვის და ადამიანისათვის. მათი დაბალი კონცენტრაციებიც კი, შესაძლებელია დამღუპველი აღმოჩნდეს თევზებისა და წყლის ეკოსისტემის სხვა ბინადრებისათვის. Hg და Cd -ის მცირე კონცენტრაციებსაც კი შეუძლია ტოქსიკური ეფექტის გამოწვევა. მათ გააჩნიათ ბიოაკუმულაციის და ბიომაგნიფიკაციის უნარი. ბუნებრივი პროცესების ზეგავლენით, შესაძლოაგარდაიქმნან უფრო სახიფათო ფორმებად. მათ ახასიათებთ გარემოში მდგრადობა და დესტრუქციული უნარი. შესაძლებელია ადგილი ჰქონდეს წყლის ორგანიზმების მოწამვლას, ფაუნის გაღარიბებას, თევზის რაოდენობის შემცირებას, ბუნებრივი ლანდშაფტების დაბინძურებას და რღვევას. კადმიუმი, მოხვდება რა ადამიანის ორგანიზმში, მომენტალურად იჭრება ძვლოვან ფრაქციებში და აძევებს ადამიანისათვისისეთ საჭირო ელემენტს როგორიცაა კალციუმი. ყოველივე ამას, მოყვება ძვლის უჯრედების გადაგვარება და შესაბამისად, ორგანიზმში სიმსივნური დაავადებების დიდი ალბათობით გაჩენა.

აღნიშნული პრობლემებიდან გამომდინარე, კვლევების ჩატარება გადავწყვიტეთ მდინარე მტკვრის დაჭუჭყიანებით ყველაზე გადატვირთულ რამდენიმე წერტილში, რათა დაგვენახა, რამდენად ადვილად არის შესაძლებელი მდინარეში გავრცელებული თევზების მიერ Hg-ს და Cd ათვისება და აკუმულაცია მათ ორგანიზმში.

კვლევები ჩავატარეთ 2017 წლის ოქტომბრის თვეში. მდინარე მტკვრის დაკვირვების ოთხ სხვადასხვა წერტილიდან ავიღეთ წყლის სინჯები და ამავე წერტილებიდან ამოყვანილ თევზების ორგანიმში განვსაზღვრეთ Hg-ის და Cd შემცველობები.

 კვლევისათვის შერჩეულ იქნა მდინარე მტკვრის შემდეგი წერტილები: ზაჰესის ხიდი; ვახუშტის ხიდი; ორთაჭალის ტერიტორია და გაჩიანი. საანალიზო პროდუქტში, თევზში, ვერცხლისწყლის კონცენტრაციის განსაზღვრა ჩატარდა კოლორიმეტრული მეთოდით (გოსტ 26927-86), ხოლო კადმიუმის კონცენტრაციი - ატომურ-აბსორბციული მეთოდით (გოსტ 30178-96). მიღებული შედეგები წარმოდგენილია ცხრილში №3.5 1.

**ცხრილი №3.5.1**

 **მდ. მტკვარში დაჭერილი თევზების საანალიზო ნიმუშებში Hg-ის შემცველობები**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **№** | **ნიმუშის აღების ადგილი** | **ნიმუშის აღების დრო** | **შედეგი მგ/კგ** | **ზდკ. მგ/კგ** | **შენიშვნა** | **მეთოდიკა** |
| **1** | **მდ. მტკვარი,** **ქ. თბილისის შემოსასვლელი, (ზაჰესისი ხიდი)** | 16.10.2017 | 0.005 | 0.5 | საანალიზო წონა 350 გრ. (5 ც. თევზიდან ამოღებული მასალა) | **გოსტ.26927-86** |
| **2** | **მდ. მტკვარი, ქ.თბილისი, (ვახუშტის ხიდი)** | 16.10.2017 | 0.004 | 0.5 | საანალიზო წონა 350 გრ. (5 ც. თევზიდან ამოღებული მასალა) |
| **3** | **მდ. მტკვარი, ქ.თბილისი, (ორთაჭალა)** | 16.10.2017 | 0.0065 | 0.5 | საანალიზო წონა 350 გრ. (6 ც. თევზიდან ამოღებული მასალა) |
| **4** | **მდ. მტკვარი, გაჩიანი** | 16.10.2017 | 0.007 | 0.5 | საანალიზო წონა 350 გრ. (6 ც. თევზიდან ამოღებული მასალა) |

კვლევის შედეგებმა აჩვენა, რომ მდინარე მტკვრის წყალში, მიუხედავად მეტად მცირე Hg-ის კონცენტრაციისა - 0.00035მგ/ლ (ზდკ-0.0005), თბილისის ტერიტორიის სხვადასხვა წერტილებიდან აღებულ თევზების ნიმუშებში ვერცხლისწყლის კონცენტრაციები აღმოჩნდა და მიღებულ შედეგებს შორის განსხვავება მცირეა. საშუალოდ მისი კონცენტრაცია საკვლევ თევზებში უტოლდება 0.006 მგ/კგ-ს. ეს მნიშვნელობა ბევრად ნაკლებია ზღვრულად დასაშვებ კონცენტრაციაზე (0.5 მგ/კგ).

მიღებული შედეგებიდან ჩანს, რომ შესაძლებელია კონკრეტული წერტილიდან აღებული წყალი არ იყოს ვერცხლისწყლით დაბინძურებული, თუმცა იმავე წერტილიდან ამოყვანილი თევზის ორგანიზმში Hg-ის მცირე კონცენტრაცია მაინც იქნებს აღმოჩენილი. ეს კი მიუთითებს იმაზე, რომ წყლიდან თევზი ადვილად ითვისებს ვერცხლისწყალს და შესაბამისად, ხდება ორგანიზმში მისი აკუმულირება. გრაფიკი 3.5.1 - დან კარგად ჩანს, რომ თევზებში ვერცხლისწყლის კონცენტრაცია მცირედ, მაგრამ მაინც მატულობს მდინარის დინების მიმართულებით. ჩვენი აზრით, Hg-ის ის რაოდენობა, რომელიც აღმოჩნდა თევზის ორგანიზმში, ათვისებულია მდ. მტკვრის სათავიდან საქართველოს ტერიტორიამდე განვლილი მანძილზე.

***გრაფიკი3.5.1* მდ.მტკვრის თევზებში Hg-ის შემცველობები**

 სამწუხაროა, რომ საქართველოში არ ტარდება ამ ტიპის მონიტორინგები მდინარეებზე. აქედან გამომდინარე, შეგვიძლია ვთქვათ, რომ ჩვენს მიერ გაკეთებული კვლევა საინტერესო იქნება სპეციალისტებისათვის, იმდენად რამდენადაც საქართველოში შეიძლება ითქვას, ვერცხლისწყლის შემცველობები მდინარე მტკვრის თევზებში (და საერთოდ თევზში) განისაზღვრა თითქმის არ მომხადარა

ანალოგიური კვლევა ჩატარდა მდინარე მტკვარში დაჭერილი თევზების საანალიზო ნიმუშებში და განისაზღვრა ისეთი კანცეროგენული ელემენტის შემცველობა როგორიცაა Cd. მიღებული შედეგები იხილეთ ცხრილი №3.5.2-ში.

**ცხრილი №3.5.2**

**მდინარე მტკვარში დაჭერილი თევზების საანალიზო ნიმუშებში**

**Cd-ის შემცველობები**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **№** | **ნიმუშის აღების ადგილი** | **ნიმუშის აღების დრო** | **შედეგი, მგ/კგ** | **ზდკ, მგ/კგ** | **შენიშვნა** | **მეთოდიკა** |
| **1** | **მდ. მტკვარი, ქ.თბილისის შემოსასვლელი, (ზაჰესისი ხიდი)** | 16.10.2017 | 0.0110 | 0.05 | საანალიზო წონა 350 გრ. (5 ც. თევზიდან ამოღებული მასალა) | გოსტ.30178-96 |
| **2** | **მდ. მტკვარი, ქ.თბილისი, (ვახუშტის ხიდი)** | 16.10.2017 | 0.0112 | 0.05 | საანალიზო წონა 350 გრ. (5 ც. თევზიდან ამოღებული მასალა) |
| **3** | **მდ. მტკვარი, ქ.თბილისი, (ორთაჭალა)** | 16.10.2017 | 0.0116 | 0.05 | საანალიზო წონა 350 გრ. (6 ც. თევზიდან ამოღებული მასალა) |
| **4** | **მდ. მტკვარი, გაჩიანი** | 16.10.2017 | 0.0118 | 0.05 | საანალიზო წონა 350 გრ.(6 ც. თევზიდან ამოღებული მასალა) |

როგორც ვერცხლისწყლის შემთხვევაში, ასევე ამ შემთხვევაშიც მდ. მტკვრის წყალში აღმოჩნდა კადმიუმის მცირე კონცენტრაცია - 0.0005მგ/ლ (ზდკ 0.001მგ/ლ). თუმცა, რაც შეეხება თევზებს, გაჩიანის ტერიტორიიდან ამოყვანილი თევზების ორგანიზმში კადმიუმის ყველაზე მაღალი შემცველობა დაფიქსირდა - 0.0118მგ/კგ, (ბევრად დაბალი ზდკ-ზე -0,05 მგ/კგ). ყველაზე დაბალი მაჩვენებელი კი ზაჰესის ტერიტორიაზე - 0.0110 მგ/კგ.

 მიღებული შედეგებიდან ჩანს, რომ კადმიუმის მატება თევზების ორგანიზმში მდინარის დინების მიხედვით კიდევ უფრო მკვეთრად გამოჩნდა, ვიდრე ეს ვერცხლისწყლის შემთხვევაშია (გრაფიკი 3.5.2). უნდა აღინიშნოს, რომ Cd ადამიანის ორგანიზმში მოხვედრისას ადვილად აძევებს ისეთ საჭირო და აუცილებელ ელემენტს როგორიცაა Ca და მომენტალურად იკავებს მის ადგილს ადამიანის ძვლებში, შემდგომ კი ის იწვევს მთელ რიგ არასასურველ ცვლილებებს უჯრედის დონეზე და როგორც აჩვენა ბოლო სერიოზულმა კვლევებმა, ყოველივე ეს მთავრდება სიმსივნური დაავადებით.გრაფიკი 3.5.2 გვიჩვენებს, თუ როგორი ტენდეცია აქვს მდინარე მტკვრის თევზებში კადმიუმით დაბინძურების პროცესს.

 ***გრაფიკი3. 5. 2*.მდ.მტკვრის (თბილისის რეგიონი) თევზებში Cd-ის შემცველობები**

კვლევის შედეგებიდან გამომდინარე, კარგად ჩანს, რომ თევზებისათვის დამახასიათებელია კუმულაციური ეფექტი, აგროვენებენ რა ტოქსიკურ ნივთიერებებს ორგანიზმში, განიცდიან მის ზემოქმედებას მაშინაც კი, როცა Cd და Hg კონცენტრაცია წყალში ძალიან მცირეა ან მოცემული მომენტისთვის არ ფიქსირდება. ვინაიდან, ჰიდრობიონტები აკონცენტრირებენ შხამიან ნივთიერებებს საკუთარ ორგანიზმში, საბოლოოდ, თვითონ ხდებიან ტოქსიკურად საშიშნი.

 ჩვენს მიერ მიღებულმა შედეგებმა აჩვენა, რომ მდინარე მტკვრის წყალში, ანთროპოგენული ფაქტორებით ყველაზე დატვირთულ წერტილებშიც კი არ აღმოჩნდა ვერცხლისწყლისა და კადმიუმის მაღალი კონცენტრაციები. მასში არსებული თევზები არ არიან დაბინძურებული ამ ელემენტებით, თუმცა უნდა აღინიშნოს ისიც, რომ ამ ელემენტებით თევზებში დაბინძურების პროცესები შეიძლება წარიმართოს საკმაოდ ადვილად და სწრაფად.საბედნიეროდ, საქართველოში არ არის იმ ტიპის საწარმოები, რომლებიც გამოიწვევდნენ ეკოსისტემების დაბინძურებას ისეთი მავნე კომპონენტებით როგორებიცაა ვერცხლისწყალი და კადმიუმი. შესაბამისად, საქართველოს მდინარეების, წყლის ეკოსისტემების, ჰიდრობიონტების და მათი პოპულაციების, წყალსატევის ბიოცენოზების დაბინძურება აღნიშნული მძიმე ლითონებით თითქმის შეუძლებელია.

**დასკვნა**

1. ჩატარდა აღმოსავლეთ საქართველოს მდინარეების (მტკვარი, ლიახვი, ხრამი, ალაზანი) ეკოლოგიური მონიტორინგი და შეფასდა მათზე ანთროპოგენული ფაქტორების შედეგად გამოწვეული დაბინძურების ხარისხი; დადგინდა დამაბინძურებლების გავლენა მდინარეების ეკოლოგიურ მდგომარეობაზე; მდინარე მტკვარში განისაზღვრაწყლის ეკოსისტემების დამაბინძურებელი ისეთი საშიში ტოქსიკანტების შემცველობა, როგორიცაა ვერცხლისწყალი და კადმიუმი და მათი მოქმედება თევზებზე.
2. ანთროპოგენული ფაქტორების გავლენაზე მიუთითებს მდინარე მტკვრის წყალში აზოტის ფორმების (NO2-, NO3-, NH4+), განსაკუთრებით, ამონიუმის იონების, კონცენტრაციის ზრდა მდინარის დინების მიმართულებით. მათი ყველაზე მაღალი კონცენტრაციები დაფიქსირდა მტკვრის ქვედა კვეთაში, თბილისი - რუსთავის ტერიტორიაზე, სადაც NH4+-ის კონცენტრაციამ გაადაჭარბა შესაბამის ზდკ-ს რამოდენიმეჯერ.მდინარის დინების მიმართულებით დაფიქსირდა აგრეთვე, ძირითადი იონების(ანიონები, კათიონები) და წყლის მინერალიზაციის ზრდა. ყველაზე მაღალი მაჩვენებელია 2016 წელს, რუსთავის ტერიტორიაზე - 401 მგ/ლ-ზე, ხოლო ყველაზე დაბალი ბორჯომში -200 მგ/ლ-ზე.
3. მდინარე მტკვარში, საქართველოს მთელ ტერიტორიაზე, მძიმე ლითონების კონცენტრაციები როგორც წყლის ფაზაში, ასევე ფსკერულ ნალექებში, ზღვრულად დასაშვებ კონცენტრაციაზე ბევრად დაბალია. თუმცა, მათი შემცველობა წყლის ფაზაში გაცილებით ნაკლებია, ვიდრე, ფსკერულ ნალექებში, რასაც ხელს უწყობსმდინარის მაღალი pH.
4. მდინარე ლიახვის დაკვირვების ოთხი წერტილიდან - ნიქოზი (წყალსაცავი), ვარიანი, შინდისი და გორი, დაჭუჭყიანების ყველაზე მაღალი დონე დაფიქსირდა ზემო ნიქოზში. მდინარის წყალში განსაზღვრული ბიოგენური ელემენტებიდან ამონიუმის იონის შემცველობები ზდკ-ას დაახლოებით 4-5-ჯერ აჭარბებს. თუმცა შემდგომ, მდინარის თვითგაწმენდის ხარჯზე, დინების მიმართულებით მისი კონცენტრაცია კლებულობს. დანარჩენი ბიოგენური ელემენტების NO2-, NO3-, PO43- შემცველობა კი ზღვრულად დასაშვები კონცენტრაციის ფარგლებშია.
5. ნიქოზის სარწყავი არხის სანიტარულ-ჰიგიენური მდგომარეობა არასასურველია, წყალში დაფიქსირდა ეშერიხია კოლის მაღალი რაოდენობები, რაც მიუთითებს, ცხინვალის ტერიტორიაზე, მდინარის ფეკალურ დაბინძურებაზე. თუმცა მდინარე ლიახვის მიკრობიოლოგიური კვლევის შედეგებიდანაც გამოჩნდა, რომ მასში მიმდინარე თვითგაწმენდის პროცესების ხარჯზე, მისი დაჭუჭყიანების ხარისხი დინების მიმართულებით კლებულობს და მისი ეკოლოგიური მდგომარება მის ქვედა წელში უმჯობესდება.
6. მდინარე ხრამის წყალში მძიმე ლითონების შემცველობის კვლევამ აჩვენა, რომ ზოგ შემთხვევაში, მიუხედავად წყლის მაღალი pH-ისა მომატებულია რკინის კონცენტრაციები და აჭარბებს ზდკ-ს მნიშვნელობებს, რაც საქართველოს რეალობაში იშვიათი შემთხვევაა. გაზაფხულზე, იმირის ტერიტორიაზე დაფიქსირდა რკინის ყველაზე მაღალი კონცენტრაცია და 2016 წელს შეადგინა - 0.4158 მგ/ლ, ხოლო 2017 წელს 0,3877 მგ/ლ, რაც აღემატება ზდკ-ს.
7. მძიმე ლითონების შემცველობის შესწავლის შედეგებიდან ჩანს, რომ მდინარე ხრამის ეკოლოგიურ მდგომარეობაზე გავლენას ახდენს მისი ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი შენაკადი მდინარე მაშავერა. მაშავერაზე სერიოზულ ანთროპოგენურ დატვირთვას ახდენს სამთო გადამამუშავებელი ობიექტები და საყდრისის ოქროს მომპოვებელი საწარმო. ამის გამო, მდინარე ხრამის წყალში შეინიშნება რკინის მომატებული კონცენტრაცია (დაახლოებით 15-ჯერ მეტი) და მანგანუმის 4,5-ჯერ მეტი , ვიდრე, ეს არის მდინარე მტკვრის წყალში (რუსთავის ტერიტორია), თუმცა მათი მნიშვნელობები არ აღემატებიან ზდკ-ს მნიშვნელობებს.
8. მდინარე ალაზნის წყლის 2016-2017 წლის ქიმიური და მიკრობიოლოგიური ანალიზების შედეგებიდან კარგად ჩანს, რომ მდინარის მიკრობიოლოგიური და ქიმიური დაბინძურების მაჩვენებლები მნიშვნელოვან ცვლილებას არ განიცდიან და ძირითადად მერყეობენ ზღვრულად დასაშვები კონცენტრაციის ფარგლებში. თუმცა მიღებული შედეგები მიუთითებს მდინარის ანთროპოგენური დატვირთვის გავლენაზე.მიუხედავად ამისა, მდინარის შესწავლილი მონაკვეთის ეკოლოგიური მდგომარეობა დამაკმაყოფილებელია და ის ეპიდემიოლოგიურად უსაფრთხოა.
9. აღმოსავლეთ საქართველოს მდინარეების მზარდი ანთროპოგენური დატვირთვის მიუხედავად, მათი ეკოლოგიური მდგომარეობა ჯერ-ჯერობით დამაკმაყოფილებელია. მათში მძიმე ლითონების კონცენტრაცია ზდკ-ზე ბევრად დაბალია, რაც განპირობებულია მდინარეების წყლის მაღალი pH-ით. მძიმე ლითონები ჰიდროლიზდებიან და მათი მასა ილექება ფსკერზე,ნაწილი სორბირდება ტივტივა ნატანზე. მდინარეში მოხვედრილი ტოქსიკური ნივთიერებები ქიმიური, ფიზიკურ-ქიმიური და ბიოლოგიური პროცესების შედეგად, ტრანსფორმირდებიან არატოქსიკურ ნაერთებად. ორგანული და ბიოგენური ნივთიერება იჟანგება, ან მოიხმარება ცოცხალი ორგანიზმების მიერ. მდინარეების თვითგაწმენდის პროცესების გავლენით, წყალი მეტ-ნაკლებად ინარჩუნებს დამაკმაყოფილებელ ეკოლოგიურ მდგომარეობას.
10. მდინარე მტკვრისწყალში,ანთროპოგენული ფაქტორებით ყველაზე დატვირთულ წერტილებშიც კი - ზაჰესი, ვახუშტის ხიდი, ორთაჭალა, გაჩიანი, დაფიქსირდა ვერცხლისწყლისა და კადმიუმის საკმაოდ მცირე კონცენტრაციები. მდინარეში არსებული თევზებში კი დაფიქსირდა მათი კონცენტრაციის გარკვეული რაოდენობა(ზდკ-ზე დაბალი). ჩვენი აზრით, ეს განპირობებულია თევზებისათვის დამახასიათებელი კუმულაციურიეფექტით. აგროვენებენ რა ტოქსიკურ ნივთიერებებს ორგანიზმში, განიცდიან მის ზემოქმედებას მაშინაც კი, როცა Cd-ისა და Hg-ის კონცენტრაცია წყალში ძალიან მცირეა ან მოცემული მომენტისთვის ვერ ფიქსირდება.
11. საქართველოში არ ფუნქციონირებს საწარმოები, რომლებიც გამოიწვევენ ეკოსისტემების დაბინძურებას ისეთი მავნე კომპონენტებით როგორიცაა ვერცხლისწყალი და კადმიუმი. შესაბამისად, საქართველოს მდინარეების ეკოსისტემებისა და წყალსატევების ბიოცენოზების დაბინძურება აღნიშნული მძიმე ლითონებით, თითქმის შეუძლებელია.
12. აღმოსავლეთ საქართველოს მდინარეების (მტკვარი, ლიახვი, ხრამი, ალაზანი) ეკოლოგიური მონიტორინგის შედეგებიდან გამომდინარე, შეგვიძლია დავასკვნათ, რომ მდინარეების დაბინძურება არ ხდება ისეთი ტოქსიკური ნივთიერებებით, რომლებიც ძლიერ ნეგატიურ გავლენას მოახდენენ მდინარის თვითგაწმენდის პროცესებზე, წყლის ეკოსისტემების, ჰიდრობიონტების, მათი პოპულაციებისა და წყალსატევის ბიოცენოზების ეკოლოგიურ მდგომარეობაზე.

**გამოყენებული ლიტერატურა**

1. ალფენიძე,მ., ელიზბარაშვილი, ე., დახარაძე, კ. (2003).*ზოგადი ფიზიკური გეოგრაფია.* თბილისი: განათლება.
2. ანთია, მ. (2008) *ეკოლოგიური განათლება.* თბილისი.
3. გაბუნია, ი. (1996). *საქართველოს რეკრეაციული მეურნეობა.* თბილისი.
4. დანელია, ა., ერისთავი ვ.,ალასანია, რ., *გარემოს დაჭუჭყიანების წყაროები.* თბილისი
5. დვალი, გ., და თოფურიძე, ლ. (1999). *სწორი კვება ენერგიის წყარო*. საქ. ჯანდაცვის სამინისტრო, საერთაშორისო ფონდი. თბილისი: ჯანმრთელობა. 2(4): 22-25.
6. ელიავა, ი., ნახუცრიშვილი, გ., და ქაჯაია, გ. (1992). *ეკოლოგიის საფუძვლები.* თბილისი: განათლება.
7. ელიზბარაშვილი, ე., და სულხანიშვილი, ნ.. (2003). *გლობალური გეოეკოლოგია.* თბილისი: განათლება.
8. ვაშაკიძე, ა. (1989). *სამრეწველო და სოფლის მეურნეობის შხამების ტოქსიკოლოგია და ჰიგიენა.* თბილისი: მეცნიერება 14(17): 67-69.
9. ზარდალიშვილი, ო., ურუშაძე, თ., (1992). *სასუქების გამოყენება და გარემო.* თბილისი.
10. თხელიძე, რ., ლიპარტელიანი, რ., მუმლაძე, ნ., ხომასურიძე, ხ., და დანელია, გ. (2009*). სოფლის მეურნეობის ქიმიზაცია და გარემოს დაცვა.* თბილისი.
11. თხელიძე, ა., (2009). *სასუქების გამოყენების სისტემა.* თბილისი. მწიგნობარი.
12. კერესელიძე, ზ., (2003).*ზღვებისა და მტკნარი წყლების ბიოლოგია.* თბილისი. უნივერსიტეტის გამომცემლობა.
13. კიკალიშვილი, თ. (1955). *საქართველოს მდინარეთა ჰიდროგრაფია*. ვახუშტის სახელობის გეოგრაფიის ინსტიტუტის შრომები. თბილისი: *ფიზიკურ-გეოგრაფიული სერია*. 4(12):35-38.
14. კვინიკაძე, ზ., დავითაია, ზ., კვინიკაძე ლ. 2010. *ეკოლოგიის მოკლე კურსი.* თბილისი
15. მჭედლური, თ.,(2009) *,,აღმოსავლეთ საქართველოს ღია წყალსატევების მიკრობული თვითგაწმენდის პროცესების მონიტორინგი და ბიოინდიკაცია’’* თბილისი. უნივერსალი.
16. მჭედლური, თ., ნიკოლაიშვილი, მ., მეტრეველი, მ., ბერუაშვლი, გ., და მაისურაძე, ი. (2009) *ალზანის აუზის მცირე შენაკადის მდ. ლოპოტას ეკო-ტოკსიკოლოგიური დახასიათება.* თანამედროვეობის ძირითადი ეკოლოგიური პრობლემები და კავკასია 1. *საერთაშორისო კონფერენციის მასალები 4-6 ივლისი საქართველოს ქიმიის ჟურნალი* 10(4):126.
17. მჭედლური, თ., ნიკოლაიშვილი, მ., მეტრეველი, მ., ბერუაშვლი, გ., და მაისურაძე, ი. (2010) *ალაზანის აუზის მცირე შენაკადის მდ. ლოპოტას მიკრობიოლოგიური დახასიათება.* თანამედროვეობის ძირითადი ეკოლოგიური პრობლემები და კავკასია 1. *საერთაშორისო კონფერენციის მასალები 4-6 ივლისი საქართველოს ქიმიის ჟურნალი* 4(10):38.
18. მჭედლური, თ., ნიკოლაიშვილი, მ., და მეტრეველ, მ. (2011). *მდ. ალაზნის ეკო-ტოქსიკოლოგიური მონაცემები. ექსპერიმენტული და კლინიკური მედიცინა.*4:45-48.
19. მიქაძე, ი. (2006). *ეკოლოგია.* თბილისი.
20. ნათიძე, მ., ჭანიშვილი, თ., და გომართელი, გ. (1989). ბაქტერიოფაგები. თბილისი: განათლება. 1(5):77-80.
21. ონიანი, ჯ (2000) ,,ზოგადი ჰიდრობიოლოგია’’ თბილისი.
22. ონიანი, ჯ (2003) ,,ცოცხალი ბუნების დაცვა’’თბილისი. უნივერსიტეტის გამომცემლობა.
23. პეპენაშვილი, ნ., კლიმიაშვილი, ლ., და მაღრაძე, კ. (2008). *გარემო და მდგრადი განვითარება.* თბილისი: განათლება.
24. ჟორჟოლიანი, ც., გორდაძე, ე., (2010) *ბუნების დაცვა და ბუნებრივი რესურსების რაციონალური გამოყენება’’* ქუთაისი.
25. სუპატაშვილი გ. (2009*). გარემოს ქიმია.* თბილისი. უნივერსიტეტის გამომცემლობა 41-57.
26. სუპატაშვილი, გ., ქაჯაია, გ., (2001). *გარემო და ადამიანი.* თბილისი.
27. საქართველოს ბიომრავალფეროვნების დაცვის სტრატეგია და სამოქმედო გეგმა, 2014.
28. საქართველოს ეკონომიკური განვითარების სამინისრტო. სტატისტიკის დეპარტამენტი. (2009) საქართველოს ბუნებრივი რესურსები და გარემოს დაცვა. თბილისი
29. საქართველოს დაცული ტერიტორიები (2007) თბილისი.
30. ჩანქსელიანი, ზ., და ზარდალიშვილი, ო. (1992). *აგროქიმიის ეკოლოგიური საფუძვლები*. თბილისი:1980.
31. ჯავახიშვილი, ი. (1977). *საქართველოს კლიმატოგრაფია. თბილისი: უნივერსიტეტის გამომცემლობა*.???
32. ქაჯაია, გ. (2002). *გამოყენებითი ეკოლოგიის საფუძვლები*. თბილისი: განათლება.
33. ქაჯაია, გ. (2005). *ჯანმრთელობა და გარემო*. SENCER.
34. ქაჯაია, გ. (2008). *გარემოს დაცვის ეკოლოგიური პრინციპები.* თბილისი.
35. ჯაფოშვილი ბ., ნინუა ნ., ბოჭორიშვილი ვ., (2013) საქართველოს თევზები
36. ღოღობერიძე, მ. (1992). *წყლის ეკოსისტემები, დაცვა და რაციონალური გამოყენება*. თბილისი: მეცნიერება.
37. ყრუაშვილი, ი., ინაშვილი, ი., კუპრავიშვილი, მ., და ბზიავა, კ. (2008). *წყლის რესურსების ინტეგრირებული მართვა.* სსაუ, თბილისი.
38. ხმალაძე, გ. (1997). *საქართველოს წყლის რესურსები.* სტრატეგიული კვლევისა და განვითარებსი ცენტრი. ბიულეტენი 1(2).
39. ყრუაშვილი, ი., ინაშვილი, ი., კუპრავიშვილი, მ., და ბზიავა, კ. (2008). *წყლის რესურსების ინტეგრირებული მართვა.* სსაუ. თბილისი.
40. Bard,S.A., and Alon- Waly, H.F. Grouth resfonse of fresh water alge to contuous flow terbutryn, *Bull, Environ, Contam*. A.Toxicol. 59(2): 298-305.
41. Bustad, L.K., and George L.A. (1997). Radiacion Res, 6(3):380.
42. Biological and Landscape Diversity of Georgia. *Proceeding of Fierst National Conference*..Tbilisi.mecniereba. 1(2): 312. May 28-29.
43. Beaton, G. Oppropriate uses of anthropomitic indices in children. *Geneva,* Inited Vations. 7(2):322.
44. Begum, Y.A., Talukder, K.A., Nair, G.B., Svennerholm, A.M., Sack, R.B., and Qadri F. (2000). Enterotoxigenic *Escherichia coli* isolated from surface water in urban and rural Bangladesh. *J. Clin. Microbiol .*, v.38, pp. 27-31.
45. Dynsson, D. (1998). Stagnant sulphidic basin waters. *Sci. Total environmental* Scitnce, 1(2) :123.
46. Deetjen, P. (1997). Epidemiology and biological effects of radon In: Radon in der Kur medizin, Eds. Pratzel H, Deetjen P // ISMH, Verlag, Geretsried, 34(23):32-38.
47. Fisher, N.S., Graham, L.B., Carpenter, and Wirster C.F.(1973). Geographic differences inphytoplancton sensitivity to PSBs, nature, 45(241):548-549.
48. Fragasova, A.(1998). Compazison of effects of trybutyl -, rriphynyl-, and tribenzyltin compaunds on fresh water beuthos and alga Scenedesmus guadricauda. *Bull. Envir. Contam*. A. Tozzical,60(1): 9-15.
49. Heikkinen, P., Kosma, V., and Huuskonen H. (2001).*Int J. Radiat Biol*. 1(77),483-495.
50. Jaiani, E., Natroshvili, G., Tediashvili, M., Giorgadze, N.,and Lashkhi N. (1999). Investigation of microbial pollution in aquatic reservoires of Tbilisi by biological methods. *I Caucasian Symposium on medical-Biological Sciences, Thesis,* September 21-25, Tbilisi mecniereba., p73-74.
51. Keller, W. (1988). The epidemiology of stunting. *New York, Raven Press*,17(22):34.
52. Mitchell, R. (1976). Water Pollution Microbiology. *Inc. New York*., 3(11):319.
53. Mchedluri, T., Makharoblidze, N., Vepkhvadze, A. ,,The impact of pesticides on ecological condition of the river Alazani’’,,Ученые записки" международный журнал. 2017. 17, 18 October
54. Mchedluri, T., Makharoblidze, N., Oniani, T ,,Hydro-chemical study of the river Liakhvi’' ,,Ученые записки" международный журнал. Гянджа. 2017. 4-5may
55. Mchedluri,T., Makharoblidze, N., (2018)Ecological Monitoring of the river Khrami water and Anthropogenic Load. Socha
56. Pickering, D.C.A., and Lukas S.L.(1961). Uptake of radioaktive Stroncium by an alga and influence of Calcium ion in water- *Nature*, 193(4820):567.
57. Olsvik, O., Wasteson, Y., Lund, A., and Hornes E. (1991). Pathogenic *Escherichia coli* found infood. *Int J. Food Microbiol*.12(22): 103-113.
58. Ron, E., and Modan B. (1984). Radiacion Carcinogenesis; Epidemiologiy and Biological Significance N.Y.143(57):139-151.
59. Sipi, P., Lindholm, C.,and Salomaa S.(2000). *Int. J. Radial. Biol*. 76.(34):823-830.
60. Skirrow, J.(1985). The dissolved gases-carbon dioxide. Chemical Oceanology, 2(3):135.
61. Suchanova, I.M., and Flint N.V. (1988). Hiboum et all exuviaella chlordate ed tide in Bulgarian coastal, waters (May-June, 1986), *Marine Biol*., 99(45):1-8.
62. Tediashvili, M., Eliashvili, T., Chanishvili, N., and Mdzinarashvili T.(2001). Study of Cb and Sd bacteriphages used as a tracers in water environment, *Abstraqt Q 211, ASM General Meetung ,* Orlando, Florida, May 11(23):20 –24.
63. Troitsky, V.L. and Tumanjan, M.A.(1997). Advauces in radiobiology,*Oliver Boyd*. Edinburg, 2(1):22.
64. Takaahashi, M., Kojima, S., Yamaoka, K., and Niki E. (2000). Prevention jf type I diabetes by low-dose g-iradiation in NOD mice *Radiat. Res*.. 154(65):680-685.
65. Valery N., Eremeev. (1995). ContemporaryState of the Hidrophisical investigations of the Black Sea. *Black SeaResearchCounty Profiles (Level 11) IOK* (Bulgaria 30/X-4/X1, 1991), UNESCO Paris.
66. WHO working Ground. (1986). Use and interpretation of antropometric indicators of nutritional status. Dylletion of the WHO,64(34): 929-941.
67. Diasamidze, R., and Karchava G.(2003). Enviromrnts ecological audit for sustainable deveiopment of the region on the exemple of Ajara. *Bul. Of Georgian Acad.of Sciences*, 167(2): 354-356.
68. 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 Hause),24(1-5):53-57.
69. Yamaguch,i K. (1997). Enteropathogenic bacteria in the La Pazriver of Bolivia. Am., *J. Trop. Med. Hyg*. 57(34): 438-444.
70. Dennis Cooke, G., Eugene B. Welch., Spencer Peterson., andStanley A. Nichols. (2005). *Restorationand Management of Lakes and Reservoirs*, Third Edition, CRC.
71. James, L., Wescoat, Jr., and Gilbert, F. (2003). *Water for Life: Water Management and EnvironmentalPolicy* (Cambridge Studies in Environme), CambridgeUniversity Press.
72. Masaru Emoto. (2005). *The Secret Life of Water.* Atria; First Edition, First Printing edition.
73. Matthew, R., Be and nnett, Neil F. Glasser. (1996). *Glacial Geology: Ice Sheets and Landforms.* Wiley.
74. Patrick O'Sullivan, C. S. Reynolds. (2004). *The Lakes Handbook: Limnology and Limnetic Ecology,*Wiley-Blackwell.
75. Peter H. Gleick. (1993). *Water in Crisis: A Guide to the World's Fresh Water Resources*, OxfordUniversityPress, USA.
76. Shiklomanov,I. A., and John C. Rodda. (2003). *World Water Resources at theBegin-ning of the Twenty-First Century*. Cambridge University Press; illustrated edition edition.
77. Singh ,V.P. (1996). *Dam Breach Modeling Technology (Water Science and Technology Library)*,Springer; 1 edition.
78. Tetsuya, Kusuda., Hiroyuki, Yamanishi., Jeremy, Spearman., and Joseph Z. Gailani. (2007). *Sedimentand Ecohydraulics*, Elsevier Science.
79. Trudi Strain Trueit. (2002). *The Water Cycle (Watts Library Series)*. Scholastic Library Publishing.
80. Vischer, D. L., and Hager W. H. (1998). *Dam Hydraulics,* Wiley; 1 edition, 1998.
81. Larry, W. Mays. (1997). *Optimal control of hydrosystems*. New York: M. Dekker.
82. Larry, W. Mays. (2004). *Urban Water Supply, Management Tools*. USA.
83. MWH. (2005).*Water Treatment: Principles and Design,* Wiley; 2 Edition.
84. Neil, S. Grigg. (1996). *Water Resources Management: Principles, Regulations, and Cases.*
85. *McGraw-Hill Professional.* 1 edition.
86. Pashardes, P., Swanson,T.M., and Xepapadeas, A. (2002). *Current Issues in the Economics of WaterResource Management: Theory, Applications and Policies (Economy & Environment).* Springer; 1st edition.
87. Rakesh Hooja., and Ganesh Pangare. (2002). *Users in Water Management.* Rawat Publications.
88. Thomas V. Cech. (2004). *Principles of Water Resources: History, Development, Management, and Policy.* Wiley; 2 Edition.
89. Water Environment Federation, *GIS Implementation for Water and Wastewater TreatmentFacilities: WEF Manual of Practice No. 26*, McGraw-Hill Professional; 1 edition,(2004).
90. Yeou-Koung Tung., and Ben-Chie Yen. (2005). *Hydrosystems Engineering Uncertainty Analysis.* ASCE New York, Press and McGraw-Hill.
91. Yeou-Koung Tung., and Ben-Chie Yen, C.(2005). Steve Melching. *Hydrosystems Engineering ReliabilityAssessment and Risk Analysis.*
92. Акимова Т. А. Кузьмин А.П Экология , природа, человек, техника М 2001
93. Андерсон Дж. Экология `и наука об окружающей среде М 1985
94. Анушкин В.А. Основы природопользования М. 1976
95. Банников А.Р. Основы экологии и охрана окружающей среды М. 1996
96. Бастман Т. К. окружающей среды М 1993
97. Беличенко, Ю.П.,и Швецов М.М. (1986). *Рациональное использование и охрана водных ресур-сов.* М.: Россельхозиздат
98. Беспомятников Г. Кротов Ю. Предельно допустимые концентрации химических веществ в окружающей среде М 1985
99. Боголюбов С.А. (1999) Экология. М
100. Винокурова Н.Ф Камерилова и др. Новый доклад римскому клубу М 2000
101. Воробьёв А. Человек и биосфера м 1998
102. Горбенко Ю.А. (1998) Экология морских организмов.
103. Гладков Н. Михеев А. (1993) Охрана природы. М
104. Грожимека Б.,,Экологические очерки о природе и человеке,, ,, Прогресс,,1988
105. Ивлева И.В. Температура среды и скорость энергетического обмена у водных животных. Киев 1981
106. Иоганзен Б.Г Лантев И. П Львов Ю.А. Экология биогеоценология и охрана природы. Томск 1979
107. Константинов А.С. (1990) ,,Общая гидробиология ,, Издательство ,, Мир,,
108. Комарова Н.Г Геоэкология и природа -пользование М 2003
109. Константинов В.М Челидзе Ю.Б - Экологические основы природопользования М 2001
110. Конюг В.Г. Конференция ООН по окружающей среде и развитию Новосибирск 1992
111. Лавров С.Б Гладкий И.Н - Глобальная география М.1997
112. Лагидзе Г. Грузия: Экономика и окружающая среда. Док. Европ.комиссии ООН, 1995
113. Львович М. (1996) Вода и жизнь М
114. Николайнин Н. Бринская (1992) Охрана окружающей среды М.
115. Новиков Ю.В. Экология окружающей среды и человек М 2002
116. Новиков Ю.В. Сайфундинов А. (1981) Вода и жизнь на земле М.
117. Никаноров А.М. Хоружая А. (2000) Глобальная экология М
118. Никитин А. Новиков Ю. (1980).Окружающая среда и человек М
119. Протасов В.Ф. Экология здоровье и охрана среды М.2001
120. Прохоров Б.Б. (2005) Экология человека М.
121. Ревич Б.А. Авалиани С. и др. Экологическая эпидемиология М.2006
122. Реймерс Н.Ф. - Природопользование М 1991
123. Романова Э.П. Куракова Л. И. Природные ресурсы мира М 1993
124. Романенко В.Д. Евтушенко Н.Ю. Кощарь Н. метаболизм углекислоты у рыб Киев 1980
125. Чибышев Н.В. Филлипова А.В (2004). Основы экологии М
126. <http://water.usgs.gov>
127. [www.enviroliteracy.org](http://www.enviroliteracy.org)
128. <http://pubs.caes.uga.edu>
129. <http://ga.water.usgs.gov>
130. <http://oceanworld.tamu.edu>
131. <http://academic.evergreen.edu>
132. [www.hydrosystems-inc.com](http://www.hydrosystems-inc.com)
133. [www.hydroenvironmental.com](http://www.hydroenvironmental.com)
134. [www.redp.org.np](http://www.redp.org.np)
135. [www.environment.gov.au](http://www.environment.gov.au)
136. [www.awra.org](http://www.awra.org)
137. [www.usaid.gov](http://www.usaid.gov)
138. [www.fugrowaterservices.com](http://www.fugrowaterservices.com)
139. [www.fao.org](http://www.fao.org)