

ივანე ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი  
ზუსტ და საბუნებისმეტყველო მეცნიერებათა ფაკულტეტი



ცერცვაძე ეკატერინე

ქ. საჩხერის ზოგიერთი მიწისქვეშა წყლის ეკოქიმიური კვლევა

გარემოს ქიმია

ნაშრომი შესრულებულია ქიმიის მაგისტრის აკადემიური ხარისხის  
მოსაპოვებლად

ხელმძღვანელი: ქიმიის დოქტორი ჟუჟუნა გურჯია

თბილისი 2019

# სარჩევი

ანოტაცია .....	3
Annotation.....	4
შესავალი .....	5
1. ლიტერატურული მიმოხილვა .....	6
1.1. გარემოს დაბინძურების ეკოლოგიური ასპექტები.....	6
1.2. მიწისქვეშა წყლები, მათი ფორმირება და შედგენილობა .....	10
1.3. მიწისქვეშა წყლების დაბინძურების მიზეზები და შედეგები.....	17
2. ექსპერიმენტული ნაწილი.....	19
2.1 სამუშაო ხსნარები, რეაგენტები და გამოყენებული აპარატურა .....	19
2.2. წყლების ქიმიური შემადგენლობის კვლევის მეთოდების მიმოხილვა .....	20
დასკვნები.....	31
გამოყენებული ლიტერატურა.....	32

## ანოტაცია

საქართველოს ბუნებრივი რესურსებიდან წყალი ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი ბუნებრივი მარაგია. ბუნებრივი წყლებიდან სასმელი დანიშნულებით ძირითადად გამოიყენება მიწისქვეშა წყლები, სუფთა მტკნარი წყალი კი ჯანმრთელობის წინაპირობაა.

საქართველოს მრავალ რეგიონში სასმელად გამოიყენება წყარო ან ჭის წყლები. ხშირ შემთხვევაში ამ წყლების გამოყენებას დიდი ხნის ისტორია აქვს, მაგრამ ამასთანავე უმეტეს შემთხვევაში სრულიად გამოუკვლეველია ამ წყლების ქიმიური და მიკრობიოლოგიური შემადგენლობა, არ არის დადგენილი სასმელად მათი გამოყენების ვარგისიანობა.

ჩვენ მიზნად დავისახეთ გამოგვეკვლია ქალაქ საჩხერის რამდენიმე წყაროს და ჭის წყლის ქიმიური შემადგენლობა, განსაზღვრული პარამეტრების მიხედვით დაგვედგინა მათი სასმელად გამოყენების შესაძლებლობა.

## **Annotation**

Water is among one of the most important natural reserves in Georgia. Generally groundwater is used for drinking purposes, whereas fresh water is the prerequisite for the health.

In many regions of Georgia spring or well water is drunk. In many cases these kinds of water have a long story of the use, but mostly there are no studies about their chemical and micro-biological composition and there is no exact information about their suitability for drinking.

We aimed to investigate the composition of several spring and well waters in Sachkhere, Georgia and to detect the possibility of their use for drinking.

## შესავალი

საქართველოს ბუნებრივი რესურსებიდან წყალი ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი ბუნებრივი მარაგია. წყალი თავისი უნიკალური თვისებების გამო ცოცხალი სამყაროსათვის შეუცვლელი ნივთიერებაა. იგი ბუნებაში ყველაზე გავრცელებული და პრაქტიკულად ერთადერთი ნივთიერებაა, რომელიც სამივე აგრეგატულ მდგომარეობაში გვხვდება. დედამიწაზე 1,40.1018 ტ წყალია, რომლის 94 % ზღვებზე და ოკეანეებზე მოდის.

ბუნებრივი წყლებიდან მნიშვნელოვანია მიწისქვეშა წყლები. როგორც ცნობილია ჰიდროსფეროს საერთო ბალანსში მიწისქვეშა წყლებზე მოდის 4,12 %. მიწისქვეშა წყლებით იკვებება მდინარეები და რაც მთავარია ფართოდაა გამოყენებული წყალმომარაგებაში.

სუფთა მტკნარი წყალი ჯანმრთელობის წინაპირობაა. ჯანმრთელობის დაცვის საერთაშორისო ორგანიზაციის მონაცემებით დაავადებების 80 % მიზეზი სასმელი წყლის უკმარისობა, ან უვარგისობაა. წყლის ბაქტერიოლოგიური დაბინძურება ბევრ-ჯერ გამხდარა ინფექციური დაავადებების პანდემიის მიზეზი.

ადამიანის ჯანმრთელობაზე დიდ გავლენას ახდენს წყლის ქიმიური შედგენილობაც. სასმელად მინერალიზირებული წყლის ხანგრძლივი გამოყენება იწვევს ნეფრიტს, კალციუმის მოჭარბებული შემცველობა კენჭოვან დაავადებას. წყალში I- და F- კონცენტრაციები განაპირობებენ ენდემური ჩიყვის და კარიესის დაავადებებს. მჭიდრო კავშირი აღმოჩნდა გულის იშემიურ დაავადებებსა და წყლის სიხისტეს შორის. კალციუმის ნაკლებობის შემთხვევაში მათი რიცხვი 20-40 %-ით იზრდება.

საქართველოს მრავალ რეგიონში სასმელად გამოიყენება წყარო ან ჭის წყლები. ხშირ შემთხვევაში ამ წყლების გამოყენებას დიდი ხნის ისტორია აქვს, მაგრამ ამასთანავე უმეტეს შემთხვევაში სრულიად გამოუკვლეველია მათი ეკოლოგიური მდგომარეობა, ქიმიური და მიკრობიოლოგიური შემადგენლობა.

ჩვენ მიზნად დავისახეთ გამოგვეკვლია საჩხერის რამდენიმე წყაროს და ჭის წყლის ქიმიური შემადგენლობა, დაგვედგინა მათი ეკოლოგიური პარამეტრები და სასმელად ვარგისიანობა.

# 1. ლიტერატურული მიმოხილვა

## 1.1. გარემოს დაბინძურების ეკოლოგიური ასპექტები

რა იგულისხმება გარემოს დაბინძურებაში? - გარემოს დაბინძურება უნდა გავიგოთ, როგორც არასასურველი მოვლენა, რომლის შედეგად გარემოში ისეთი რაოდენობით ხვდება უცხო, მავნე ნივთიერება, რომ იცვლება მისი ფონური კონცენტრაცია, ბუნებრივი პროცესების ჩვეულებრივი მიმდინარეობა, რითაც ცოცხალ ორგანიზმებს არსებობა-განვითარებისათვის ექმნებათ არახელსაყრელი პირობები ან დისკომფორტი.

გარემოს დაბინძურების მიზეზები შეიძლება იყოს ბუნებრივი მოვლენები ( ტყის ხანძრები, ვულკანები, მტვრიანი ქარიშხლები და ა.შ. ), ან ანთროპოგენული ფაქტორები ( სოფლის მეურნეობის ქიმიზაცია, ტანსპორტი და სხვ.)

გარემოს დაბინძურების შედეგად მკვეთრათ იცვლება და უარესდება საარსებო პირობები. ამ დროს იცვლება მზის რადიაცია და კლიმატი, იქმნება ტექნიკური ხასიათის სიძნელები. ანთროპოგენული ნივთიერებების დიდი ნაწილი (მძიმე ლითონები, რადიოაქტიური ნივთიერებები, პესტიციდები და სხვა) მავნეა ცოცხალი ორგანიზმებისათვის. ზოგ შემთხვევაში ისინი გარემოში ტრანსფორმირდებიან კიდევ უფრო ძლიერ ტოქსიკანტებად. მაგალითად, ნიტრიტები აღდგებიან ნიტრატებად, მძიმე ლითონები წარმოქმნიან მეთილირებულ ფორმებს. ზოგიერთი ანთროპოგენული ნივთიერება აქტიურად მონაწილეობს ატმოსფეროში მიმდინარე ფოტოქიმიურ პროცესებში, რომლის შედეგად წარმოიქმნება საყოველთაოდ ცნობილი სმოგი (ბოლნისლი), თხელდება

სიცოცხლისათვის აუცილებელი „ოზონის ფარი“. გარემოში მოხვედრილი მჟავური ოქსიდების ჰიდრატაციის შედეგად ფორმირდება „მჟავა წვიმები“, რომლებიც აჩქარებენ ლითონთა კოროზიას, აზიანებენ ხელოვნების ძეგლებს.

გარემოს დაბინძურების პრობლემა ახალი არ არის და მოსახლეობის ზრდასთან ერთად ეს საკითხი უფრო და უფრო გამწვავდა. დღეს უკვე მნიშვნელოვნად არის დაბინძურებული ატმოსფერო, შიგა წყლები, ოკეანეები და ნიადაგები. ჩვენი ინტენსიური და ზოგჯერ წინდაუხედავი საქმიანობის შედეგად ირღვევა ბუნებაში არსებული წონასწორული პროცესები, ხდება ნახშირბადის მიმოქცევის ანთროპოგენური დეფორმაცია, რასაც უკვე მოჰყვა კლიმატის შეცვლა.

ბუნებრივ რესურსებში იგულისხმება ის ყველაფერი, რაც საჭიროა ადამიანის არსებობისა და მისი განვითარებისათვის. მათ მიეკუთვნება საარსებო საშუალებები (ჰაერი, წყალი, ნიადაგი),

მინერალური რესურსები (წიაღისეული სათბობი, სხვა მადნეული), ენერჯის წყაროები (წყლის, მზის, ქარის და სხვა).

ბუნებრივი რესურსები სამ კატეგორიად იყოფა: ადვილად განახლებადი (ჰაერი, მზის ენერჯია და სხვ.), ძნელად განახლებადი (ნიადაგი) და განუახლებადი (წიაღისეული). ბუნებრივი რესურსების დეფიციტი, ან მათი არარაციონალური გამოყენება, ხშირად ეკოლოგიური ვითარების გართულების უშუალო მიზეზია. მაგალითად, მიწის ფონდის სიმცირე გვამბობს მივმართოთ სოფლის მეურნეობის ქიმიზაციის მეთოდებს; ატმოსფეროში ნახშირბადის დიოქსიდის კონცენტრაციის ზრდის ერთ-ერთი მიზეზი ტყეების გაჩანაგებაა და ა.შ.

საქართველო ბუნებრივი რესურსებით (მტკნარი და მინერალური წყლები, წყლის ენერჯია, წიაღისეული) ერთ-ერთი მდიდარი ქვეყანაა. მათი დაცვა და რაციონალური გამოყენება, სხვა ფაქტორებთან ერთად, დამოკიდებულია მოსახლეობის ეკოლოგიურ განათლებაზე.

გარემოს დაბინძურების ხარისხისა და შექმნილი ვითარების საშიშროების შეფასების მიზნით შემოღებულია ცნება - ზღვრული დასაშვები კონცენტრაცია (ზდკ).

ზდკ მავნე და ტოქსიკური ნივთიერების მაქსიმალური კონცენტრაციაა ამა თუ იმ ობიექტში, რომელიც უვნებელია ცოცხალი ორგანიზმისთვის და ქმნის რაიმე დისკომფორტს. თანამედროვე მოთხოვნებით ზდკ-ს ტოლმა რაოდენობა ნივთიერებამ შორეულ მომავალშიც კი არ უნდა გამოიწვიოს რაიმე დაავადება, პათოლოგიური თუ გენეტიკური ცვლილება ორგანიზმში.

ამჟამად მრეწველობაში, სოფლის მეურნეობაში და ადამიანის პრაქტიკული საქმიანობის სხვა დარგებში ათასობით მავნე ნივთიერება გამოყენებული. მარტო ქიმიური მრეწველობა 120 000-მდე ნივთიერებას ამზადებს. მათი ასორტიმენტი ყოველწლიურად ივსება ახალი, ზოგჯერ უცნობი ბუნების მქონე ნივთიერებებით. თითოეული მათგანისათვის დასადგენია ზდკ ჰაერში, წყლებში, ნიადაგში, ზოგჯერ საკვებშიც. ამასთან საჭიროა ვიცოდეთ ერთჯერადი მაქსიმალური და საშუალო დღე-ღამური დასაშვები კონცენტრაციები სამუშაო და საცხოვრებელი ზონებისათვის ცალ-ცალკე.

იშვიათად, მაგრამ მაინც, გარემოს დაბინძურების მიზეზი შეიძლება იყოს ვულკანები, ტყის ხანძრები და სხვა ბუნებრივი მოვლენები. ვულკანების ამოფრქვევისას ტროფოსფეროსა და სტრატოსფეროში იფანტება დიდი რაოდენობა ფერფლი და მტვერი. პიროპლასტიკურ მასალასთან ერთად ვულკანების ამოფრქვევისას ატმოსფეროში ხვდება ტექტონიკური აიები, მათ შორის ტოქსიკური ნივთიერებებიც (CO და CO<sub>2</sub>).

ბუნებრივ კატასტროფათა ჯგუფში შედის მტვრიანი ქარიშხლებიც. სასოფლო-სამეურნეო რეგიონებიდან, ამომშრალი წყალსატევებიდან, ღია კარიერებიდან და სხვა, ჰაერის ნაკადებს ასობით და ათასობით კმ მანძილზე გადააქვთ ნიადაგი, ქვიშა და სხვა ტერიგენული მასალა.

გარემოს დაბინძურებას ჭვარტლით, ნახშირორჟანგით, ორგანული ნივთიერებებით და სხვა იწვევენ ტყის ხანძრები. ყოველწლიურად მსოფლიოს სხვადასხვა რეგიონში მლნ-ით ჰა ტყე იწვის. მარტო 1982-1983 წწ ავსტრალია - ინდოეთის ზონაში 200 ათასი კმ 2 ტყე გადაიწვა, რის შედეგად ატმოსფეროში მოხვდა 2 . 10 9 ტ CO 2 . სხვადასხვა ბუნების აეროზოლების მძლავრ წყაროს წარმოადგენენ მცენარეები, განსაკუთრებით ყვავილობის პერიოდში.

დაბინძურების სხვა წყაროებიდან აღსანიშნავია ბიოქიმიური პროცესები, ოკეანის წყლის „მექანიკური აორთქლება“ და სხვა. საგანგაშოა ის ფაქტი, რომ გასული საუკუნის ბოლო 50-60 წლის მანძილზე, ახალი გლობალური პროცესების შედეგად, ბუნებრივი კატასტროფების რიცხვი რამდენჯერმე გაიზარდა.

გარემოს დაბინძურების ანთროპოგენული წყერობია:

- ენერგეტიკა (თბოენერგეტიკა, ჰიდროენერგეტიკა, ატომური ენერგეტიკა)
- ტრანსპორტი
- მრეწველობა
- სამხედრო-თავდაცვითი საქმიანობა
- სოფლის მეურნეობა
- კომუნალური მეურნეობები

ატმოსფერული ნალექები ატმოსფეროსა და ჰიდროსფეროს დამაკავშირებელი რგოლი და გარემოს უმნიშვნელოვანესი ობიექტია. მიუხედავად დაბალი მინერალიზაციისა მათი როლი ნივთიერების გლობალურ მიგრაციაში, ატმოსფეროს თვითგაწმენდის პროცესში, ზედაპირული წყლებისა და ნიადაგების ქიმიური შედგენილობის ფორმირებაში მეტად მნიშვნელოვანია. ატმოსფერული ნალექების ქიმიური შედგენილობა რეგიონის ეკოლოგიური ვითარების ერთ-ერთი ობიექტური მახასიათებელია.

ნალექების ფორმირების გამარტივებული სქემიდან (აორთქლება- კონდენსაცია- ჩამოდინება) გამომდინარე მათი მინერალიზაცია დაბალი, გამოხდილი წყლის მსგავსი უნდა იყოს. რეალურად მათი მინერალიზაცია 10-20 და მეტ მგ/ლ აღწევს. მათი ქიმიური შედგენილობის ფორმირება ხმელეთიდან თუ ოკეანიდან წყლის აორთქლებისთანავე იწყება.



ატმოსფერული ნალექების ქიმიური შედგენილობა არაერთგვაროვანია, რადგან მრავალი ფაქტორის ფუნქციაა. მიუხედავად ამისა, ზოგიერთი გამონაკლისით, ისინი მიეკუთვნებიან სუსტ მჟავა ხსანარებს (pH 5-6), რომლებშიც წამყვანი იონების როლში გამოდიან  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  და  $\text{Na}^+$ . მიუხედავად დაბალი მინერალიზაციისა ატმოსფერული წყლების ქიმიური შედგენილობა რთულია. მთავარ იონებთან ერთად წარმოდგენილია ბიოგენური ნივთიერებები ( $\text{K}^+$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ ), ორგანული შენაერთები (სპირტები, ალდეჰიდები, კარბონმჟავები და სხვა), მიკროელემენტები (Cu, Zn, Pb, As, Ni და სხვა).

## 1.2. მიწისქვეშა წყლები, მათი ფორმირება და შედგენილობა

მიწისქვეშა წყლები დედამიწის სიღრმეში ატმოსფერული და ზედაპირული წყლების ინფილტრაციის, ან ორთქლის კონდენსაციის პროდუქტია. ვარაუდობენ, რომ მათი ნაწილი სიღრმული წარმოშობისაა და მანტიის დეგაზაციასთან არის დაკავშირებული (იუვენილური წყლები). ამ მოსაზრებას ადასტურებს წყლის ორთქლის მაღალი შემცველობა (6-8 %) ვულკანურ აირებში. ქანებში წყალი შეიძლება იყოს თხევად, სორბირებულ, კაპილარებში კონდენსირებულ და სხვა მდგომარეობაში. წყალი საკმაო რაოდენობით გვხვდება კრისტალჰიდრატების შემადგენლობაშიც. ჰიდროსფეროს საერთო ბალანსში მიწისქვეშა წყლებზე მოდის 4,12 %.

მიწისქვეშა წყლებით იკვებება მდინარეები, ფართოდაა გამოყენებული წყალმომარაგებაში, ქიმიურ ნედლეულის NaCl, Br<sub>2</sub>, I<sub>2</sub>, B, Li და სხვ. მისაღებად, ბალნეოლოგი-აში, თბოენერგეტიკაში და ა.შ. მარტო ცაიშის თერმული წყლების წლიური ენერჯია 7400 ტ ქვანახშირის ეკვივალენტურია. ევროპის წყალმომარაგების 65 % მიწისქვეშა წყლებზე მოდის. თბილისის პრაქტიკულად მთლიანად მარაგდება მაღალხარისხოვანი ფილტრატებით (ცხრილი 6.1).

ცხრილი 6.1. თბილისის წყალმომარაგების (ბურღილების) ქიმიური შედგენილობა

ობიექტი	pH	Mმგ/ლ						
		Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Na <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Σi
ნატახტარი	7.83	4.6	26.2	176	7.2	44.7	10.9	270
ბულაჩაური	7.80	4.8	27.0	180	8.2	45.8	11.0	277
მუხრანის ველი	7.84	4.4	22.7	210	8.2	52.5	12.0	320

მიწისქვეშა წყლები საინტერესო ინფორმაციას შეიცავენ მათთან კონტაქტში მყოფი ქანების ბუნებაზე და მადნეულის ძიების გეოქიმიური მეთოდის ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი ობიექტია. მიწისქვეშა წყლების ჰიდროქიმიური პარამეტრების ცვა-ლებადობაზეა დაფუძნებული მიწისძვრების პროგნოზირების ერთ-ერთი მეთოდი. როგორც ირკვევა მიწისძვრის წინა პერიოდში, ტექტონიკური მოვლენების ინტენ-სიური განვითარების შედეგად, შესამჩნევად იცვლება მიწისქვეშა წყლების ტემპერატურა, pH, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, Σi, გახსნილი აირების და ზოგიერთი მიკროელემენტის ( F, Hg, U) კონცენტრაცია.

მიწისქვეშა წყლების ფორმირების თავისებურება აისახება ქიმიურ შედგენილობაში. ზედაპირული წყლებისაგან განსხვავებით მათ მჭიდრო კავშირი აქვთ ქანებთან, რაც განაპირობებს რთულ მიკროელემენტურ შედგენილობას და ზოგ შემთხვევაში ძალზე მაღალ მინერალიზაციას (600-650 გ/კგ). ამ პარამეტრით მათ მხოლოდ მარილიანი ტბები შეედრება. რთულია მიწისქვეშა წყლების აიროვანი შედგენილობაც, რომლებიც შეიძლება იყოს ატმოსფერული ( $O_2$ ,  $N_2$ ,  $CO_2$ ,  $Ar$ ), ბიოქიმიური ( $CH_4$ ,  $CO_2$ ,  $H_2S$ ) და რადიაქტიური ( $He$ ,  $Ne$ ) წარმოშობის.

მიწისქვეშა წყლებისათვის დამახასიათებელია მკვეთრი ფენობრივი იზოლაცია: ზედა - აქტიური მიმოცვლის, საშუალო - გამწვანებული მიმოცვლის და ქვედა - პრაქტიკულად უძრავი ფენები. ამასთან ტემპერატურის, წნევის და ჟანგბადის კონცენტრაციის მკვეთრი ცვლილება, აგრეთვე ბიოგენური პროცესების დამუხრუჭება სიღრმის მიხედვით, შესამჩნევად ცვლის მიწისქვეშა წყლების ბუნებას და განაპირობებს მათ ფენობრივ სახესხვაობებს. მიწისქვეშა წყლების სხვა თავისებურებებიდან აღსანიშნავია მათი ქიმიური შედგენილობის სტაბილურობა. ამ კანონზომიერებებიდან გამონაკლისია გრუნტის წყლები, რომლებიც ცირკულირებენ პირველი წყალ-გაუმტარი ფენის ზემოთ და რომელთა შედგენილობა მნიშვნელოვნად არის დამოკიდებული რეგიონის კლიმატზე.

წყალმომარაგების თვალსაზრისით საინტერესოა არტეზიული და კარსტული წყლები. არტეზიული წყლები ზედაპირიდან შედარებით ღრმადაა, იზოლირებულია წყალგაუმტარი ფენებით და გაბურღვის შემთხვევაში თვითდინებით ამოდიან ზედაპირზე. კარსტული წყლების ბუნება დამოკიდებულია კარსტწარმომქმნელი ქანების (კარბონატები, თაბაშირი, ჰალიტი) გვარობაზე. კარსტული წარმონაქმნებით და კარსტული წყლების სიუხვით გამოირჩევა დასავლეთ საქართველო. ზოგიერთი მათგანის ქიმიური შედგენილობა მოცემულია ცხრილში 6.2.

სხვა რეგიონებთან შედარებით ზემო იმერეთის (ჭიათურა, საჩხერე) კარსტული წყლების მინერალიზაცია მაღალია. სხვა ფაქტორებთან ერთად ამის მიზეზია ღია კარიერების სიმრავლე და გაფხვიერებული ქანებიდან ფილტრაციული წყლებით მარილების (ძირითადად თაბაშირი) გამორეცხვის სიადვილე.

ცხრილი 6.2. საქართველოს კარსტული წყალნაკადების ქიმიური შედგენილობა

რეგიონი	pH	Mმგ/ლ						
		Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Na <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Σi
აფხაზეთი	7.5	0.4	4.9	105	8.8	21.0	3.5	145
იმერეთი	7.8	1.3	6.0	155	4.4	41.8	5.7	214
ზემო იმერეთი	7.1	10.8	257	261	18.3	112	45.1	704
ლეჩხუმი	7.1	0.6	4.0	245	14.4	7.1	60.7	337

მიწისქვეშა წყლების ხანგრძლივი, ინტენსიური გამოყენების შედეგად შეიმჩნევა გრუნტის დაწევა. ამის გამო სერიოზული პრობლემები შეიქმნა ვენეციაში, მეხიკოში და მსოფლიოს ზოგიერთ სხვა კუთხეში.

გარკვეულ მოთხოვნებს უნდა აკმაყოფილებდეს 'ტექნიკური' წყალიც. შაქრის, ლუდის და სხვა სასმელების წარმოებაში შეზღუდულია მინერალიზებული და კალციუმით გამდიდრებული წყლების გამოყენება. ზედაპირული წყლების ანთროპოგენური დაბინძურების ძირითადი მიზეზი საყოფაცხოვრებო-კომუნალური და სამრეწველო ჩამდინარე წყლებია.

წყლის დაბინძურების შედეგად იცვლება მისი ფიზიკური თვისებები (ფერი, სუნი, სიმღვრივე), ქიმიური შედგენილობა (ორგანული და ბიოგენური ნივთიერებები, მძიმე ლითონები და სხვა), მიკრიფლორა.

ჰიდროსფეროში მოხვედრილი ანთროპოგენური ნივთიერებები ქიმიური, ფიზ-ქიმიური და ბიოლოგიური პროცესების შედეგად, იშვიათი გამონაკლისით, ტრანსფორმირდებიან არატოქსიკურ ნაერთებად. ორგანული და ბიოგენური ნივთიერებები იჟანგება, ან მოიხმარება ცოცხალი ორგანიზმების მიერ. მძიმე ლითონები ჰიდროლიზდება და სორბირდება ტივტივა ნატანზე. ამ და სხვა პროცესების შედეგად, რომელიც ცნობილია თვითგაწმენდის სახელით, წყალი მეტ-ნაკლებად იბრუნებს საწყის ქიმიურ და ბაქტერიოლოგიურ შედგენილობას.

მიწისქვეშა წყლები დედამიწის სიღრმეში ატმოსფერული და ზედაპირული წყლების ინფილტრაციის, ან ორთქლის კონდენსაციის პროდუქტია. ვარაუდობენ, რომ მათი ნაწილი სიღრმული წარმოშობისაა და მანტიის დეგაზაციასთან არის დაკავშირებული (იუვენილური

წყლები). ამ მოსაზრებას ადასტურებს წყლის ორთქლის მაღალი შემცველობა (6-8 %) ვულკანურ აირებში. ქანებში წყალი შეიძლება იყოს თხევად, სორბირებულ, კაპილარებში კონდენსირებულ და სხვა მდგომარეობაში. წყალი საკმაო რაოდენობით გვხვდება კრისტალჰიდრატების შემადგენლობაშიც. ჰიდროსფეროს საერთო ბალანსში მიწისქვეშა წყლებზე მოდის 4,12%. მიწისქვეშა წყლებით იკვებება მდინარეები, ფართოდაა გამოყენებული წყალმომარაგებაში, ასევე მიწისქვეშა წყლებს იყენებენ ქიმიურ ნედლეულის NaCl, Br<sub>2</sub>, I<sub>2</sub>, B, Li და სხვ. მისაღებად.

მიწისქვეშა წყლები საინტერესო ინფორმაციას შეიცავენ მათთან კონტაქტში მყოფი ქანების ბუნებაზე და მადნეულის ძიების გეოქიმიური მეთოდის ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი ობიექტია. მიწისქვეშა წყლების ჰიდროქიმიური პარამეტრების ცვალებადობაზეა დაფუძნებული მიწისძვრების პროგნოზირების ერთ-ერთი მეთოდი. როგორც ირკვევა მიწისძვრის წინა პერიოდში, ტექტონიკური მოვლენების ინტენსიური განვითარების შედეგად, შესამჩნევად იცვლება მიწისქვეშა წყლების ტემპერატურა, pH, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, Si, გახსნილი აირების და ზოგიერთი მიკროელემენტის ( F, Hg, U) კონცენტრაცია.

მიწისქვეშა წყლების ფორმირების თავისებურება აისახება ქიმიურ შედგენილობაში. ზედაპირული წყლებისაგან განსხვავებით მათ მჭიდრო კავშირი აქვთ ქანებთან, რაც განაპირობებს რთულ მიკროელემენტურ შედგენილობას და ზოგ შემთხვევაში ძალზე მაღალ მინერალიზაციას (600-650 გ/კგ). ამ პარამეტრით მათ მხოლოდ მარილიანი ტბები შეედრება. რთულია მიწისქვეშა წყლების აიროვანი შედგენილობაც, რომლებიც შეიძლება იყოს ატმოსფერული (O<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, Ar), ბიოქიმიური (CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S) და რადიაქტიური (He, Ne) წარმოშობის.

მიწისქვეშა წყლებისათვის დამახასიათებელია მკვეთრი ფენობრივი იზოლაცია: ზედა - აქტიური მიმოცვლის, საშუალო - გამწვანებული მიმოცვლის და ქვედა - პრაქტიკულად უძრავი ფენები. ამასთან ტემპერატურის, წნევის და ჟანგბადის კონცენტრაციის მკვეთრი ცვლილება, აგრეთვე ბიოგენური პროცესების დამუხრუჭება სიღრმის მიხედვით, შესამჩნევად ცვლის მიწისქვეშა წყლების ბუნებას და განაპირობებს მათ ფენობრივ სახესხვაობებს. მიწისქვეშა წყლების სხვა თავისებურებებიდან აღსანიშნავია მათი ქიმიური შედგენილობის სტაბილურობა. ამ კანონზომიერებებიდან გამონაკლისია გრუნტის წყლები, რომლებიც ცირკულირებენ პირველი წყალგაუმტარი ფენის ზემოთ და რომელთა შედგენილობა მნიშვნელოვნად არის დამოკიდებული რეგიონის კლიმატზე.

წყალმომარაგების თვალსაზრისით საინტერესოა არტეზიული და კარსტული წყლები. არტეზიული წყლები ზედაპირიდან შედარებით ღრმადაა, იზოლირებულია წყალგაუმტარი

ფენებით და გაბურღვის შემთხვევაში თვითდინებით ამოდიან ზედაპირზე. კარსტული წყლების ბუნება დამოკიდებულია კარსტწარმომქმნელი ქანების (კარბონატები, თაბაშირი, ჰალიტი) გვარობაზე. კარსტული წარმონაქმნებით და კარსტული წყლების სიუხვით გამოირჩევა დასავლეთ საქართველო. სხვა რეგიონებთან შედარებით ზემო იმერეთის (ჭიათურა, საჩხერე) კარსტული წყლების მინერალიზაცია მაღალია. სხვა ფაქტორებთან ერთად ამის მიზეზია ღია კარიერების სიმრავლე და გაფხვიერებული ქანებიდან ფილტრაციული წყლებით მარილების (ძირითადად თაბაშირი) გამორეცხვის სიადვილე.

მიწისქვეშა წყლებს, რომლებიც გამოირჩევიან ტემპერატურით, თავისებური ქიმიური შედგენილობით (pH,  $\Sigma i$ , მიკრო- და რადიაქტიური ელემენტები, გახსნილი აირები;) და ფიზიოლოგიური აქტივობით - მინერალური წყლები ეწოდებათ. განმარტება პირობითია, რადგან ჩამოთვლილი პარამეტრების რა მნიშვნელობის ზემოთ შეიძლება წყალი მივაკუთნოთ მინერალურს, საკამათოა. ასევე საკამათოა „ფიზიოლოგიური აქტივობის“ არსი, რადგან მისი ექსპერიმენტული განსაზღვრის მეთოდები დასახვეწია. რაც მთავარია ჯერ კიდევ დასადგენია მინერალური წყლების ფიზიკური და ქიმიური პარამეტრები, რომლებიც განაპირობებენ წყლის სამკურნალო თვისებებს. ამ თვალსაზრისით განმსაზღვრელ ფაქტორად მიაჩნდათ წყლის მიკროელემენტური შედგენილობა, მოგვიანებით კი მათი შემცველობის ფორმები. გაუგებარი რჩებოდა, თუ რამდენიმე საათში რატომ კარგავდა წყალი სამკურნალო თვისებებს მაშინაც კი, როცა მისი ქიმიური შედგენილობა არ იცვლებოდა. ასევე უშედეგოდ დამთავრდა ხელოვნურად მომზადებული მინერალური წყლების სამკურნალოდ გამოყენების ცდები.

მინერალური წყლის მიწის ზედაპირზე ამოსვლის შემდეგ გახსნილი აირების (პირველ რიგში CO<sub>2</sub>) დეგაზაციისა და წყლის აერაციის შედეგად ირღვევა მაჟავურ-ფუძე და ჟანგვა-აღდგენითი წონასწორობა, იზრდება pH და eH, იჟანგება Fe<sup>2+</sup> და ილექება Fe(OH)<sub>3</sub>, ხელსაყრელ პირობებში კი CaCO<sub>3</sub> და H<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>. წარმოქმნილი ნალექები აკუმულირდებიან მინერალური წყლის გამოსავალთან და წარმოქმნიან ტრავერტინებს, რომელთა სიმრავლით და ზომებით გამორჩეულია ყაზბეგის რაიონი. ტრავერტინები გამდიდრებულია მიკროელემენტებით, რომლებიც ნალექგამოყოფის პროცესში თანდაილექება ან სორბირდება ჰიდროქსიდებზე, კარბონატებზე ან სხვა კოლექტორებზე.

ზედაპირულ წყლებთან შედარებით ნაკლებად, მაგრამ მაინც შესამჩნევია მიწისქვეშა წყლების ანთროპოგენური დაბინძურება. აზოტმემცველი სასუქების წარმოების და ინტენსიური გამოყენების რაიონებში წამყვანი იონების როლში გამოდიან NH<sub>4</sub><sup>+</sup> და NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (აბსოლუტური

კონცენტრაციები 10-15 გ/ლ), რაც გეოქიმიური თვალსაზრ-სით ანომალიაა, ეკოქიმიურით - საგანგაშო. ლოკალურ უბნებზე სხვა ნორმირებული ნივთიერებებით მიწისქვეშა წყლების დაბინძურება აღინიშნება სამრეწველო ცენტრებში. მაგ. ალუმინისა და ფოსფორშემცველი სასუქების წარმოების ზონაში F- შემცველობა n გ/ლ-დეა გაზრდილი, რაც გაცილებით მაღალია ზდკ არის 1,5 მგ/ლ-ზე.

მიწისქვეშა წყლების კიდევ ერთი ეკოქიმიური თავისებურებაა სიღრმეში ჟანგითი პოტენციალის მკვეთრი შემცირება. ასეთ არეში ნიტრატები აღდგებიან ნიტრიტებად, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>- H<sub>2</sub>S- მდე, As (V) As (III)-დე და ა.შ. უნდა გვახსოვდეს, რომ ელემენტების ტოქსიკურობა მკვეთრად იზრდება ნაერთებში მათი დაჟანგულობის ხარისხის შემცირებით. ასე მაგალითად, სასმელ წყლებში NO<sub>3</sub><sup>-</sup> და NH<sub>4</sub><sup>+</sup> ზდკ-ს შესაბამისად შეადგენს 45-50 და 0,5-1 მგ/ლ. მაღალი ტოქსიკურობით გამოირჩევიან Hg, Pb და As მეთილირებული ფორმები, რომლებიც აღმდგენელ არეში წარმოიქმნიან.

ანთროპოგენური ფაქტორების გავლენით გამოწვეულ არასასურველ ეკოლოგიურ შედეგებს შორის უმთავრესია მიწისქვეშა წყლების გეოქიმიური არის (pH, eH) შეცვლა. მჟავა გარემოს (pH 3-4) წარმოქმნის მიზეზი შეიძლება იყოს მჟავა წვიმები, სულფიდური მადნების დამუშავება, ჩამდინარე წყლები. ტუტე არე (pH>9-10) ჩვეულებრივ დაკავშირებულია ამონიუმშემცველი სასუქების გამოყენებასთან, ან ფუძე ქანების დამუშავებასთან. pH-ის შეცვლით იცვლება არის ჟანგითი პოტენციალი, ელემენტთა მიგრაციის ფორმები, ქანების ხსნადობა და ა.შ. ამრიგად ანთროპოგენური ზემოქმედების შედეგად იცვლება გეოქიმიური არე, რაც იწვევს სისტემის ბუნების და შედგენილობის მკვეთრ ცვლილებას.

მიწისქვეშა წყლების თავისებურებების (ნელი მიმოქცევა, ჟანგბადის დეფიციტი, შენელებული ან სრულად დამუხრუჭებული ბიოლოგიური პროცესები) გამო მათი თვითგაწმენდის უნარი შეზღუდულია. ამიტომ მიწისქვეშა წყლები დაბინძურებული რჩება ანთროპოგენური წყაროს „ჩაქრობიდან“ რამდენიმე ათეული წლის მანძილზე. მიწისქვეშა წყლების დაბინძურებისაგან დაცვის მიზნით იქმნება სანიტარული ზონები, სადაც იკრძალება მშენებლობა, შხამქიმიკატების გამოყენება, ფერმების და ნაგავსაყრელების მოწყობა. ასეთი დამცავი ზონები შექმნილია ნატახტარის, მუხრანის ველის, საგურამოს და სხვა უბნებზე, საიდანაც სასმელი წყლით მარაგდება თბილისი.

მიწისქვეშა წყლები დედამიწის სიღრმეში ატმოსფერული და ზედაპირული წყლების ინფილტრაციის, ან ორთქლის კონდენსაციის პროდუქტია. მიწისქვეშა წყლებისათვის

დამახასიათებელია მკვეთრი ფენობრივი იზოლაცია: ზედა - აქტიური მიმოცვლის, საშუალო - გამწვანებული მიმოცვლის და ქვედა - პრაქტიკულად უძრავი ფენები. ამასთან ტემპერატურის, წნევის და ჟანგბადის კონცენტრაციის მკვეთრი ცვლილება, აგრეთვე ბიოგენური პროცესების დამუხრუჭება სიღრმის მიხედვით, შესამჩნევად ცვლის მიწისქვეშა წყლების ბუნებას და განაპირობებს მათ ფენობრივ სახესხვაობებს. მიწისქვეშა წყლების სხვა თავისებურებებიდან აღსანიშნავია მათი ქიმიური შედგენილობის სტაბილურობა. ამ კანონზომიერებებიდან გამონაკლისია გრუნტის წყლები, რომლებიც ცირკულირებენ პირველი წყალ-გაუმტარი ფენის ზემოთ და რომელთა შედგენილობა მნიშვნელოვნად არის დამოკიდებული რეგიონის კლიმატზე.



### 1.3. მიწისქვეშა წყლების დაბინძურების მიზეზები და შედეგები

ზედაპირულ წყლებთან შედარებით ნაკლებად, მაგრამ მაინც შესამჩნევია მიწის-ქვეშა წყლების ანთროპოგენური დაბინძურება. აზოტშემცველი სასუქების წარმოების და ინტენსიური გამოყენების რაიონებში წამყვანი იონების როლში გამოდიან  $\text{NH}_4^+$  და  $\text{NO}_3^-$  (აბსოლუტური კონცენტრაციები 10-15 გ/ლ), რაც გეოქიმიური თვალსაზრისით ანომალიაა, ეკოქიმიურით - საგანგაშო. ლოკალურ უბნებზე სხვა ნორმირებული ნივთიერებებით მიწისქვეშა წყლების დაბინძურება აღინიშნება სამრეწველო ცენტრებში. მაგ. ალუმინისა და ფოსფორშემცველი სასუქების წარმოების ზონაში F- შემცველობა n გ/ლ-დეა გაზრდილი, რაც გაცილებით მაღალია ზდკ (1,5 მგ/ლ).

მიწისქვეშა წყლების კიდევ ერთი ეკოქიმიური თავისებურებაა სიღრმეში ჟანგვითი პოტენციალის მკვეთრი შემცირება (450-300-დან 100-50 მილივოლტამდე). ასეთ არეში ნიტრატები აღდგებიან ნიტრიტებად,  $\text{SO}_4^{2-}$  -  $\text{H}_2\text{S}$ -მდე, As (V) As (III)-დე და ა.შ. უნდა გვახსოვდეს, რომ ელემენტების ტოქსიკურობა მკვეთრად იზრდება ნაერთებში მათი დაჟანგულობის ხარისხის შემცირებით. ასე მაგალითად, სასმელ წყლებში  $\text{NO}_3^-$  და  $\text{NH}_4^+$  ზდკ შესაბამისად შეადგენს 45-50 და 0,5-1 მგ/ლ. მაღალი ტოქსიკურობით გამოირჩევიან Hg, Pb და As მეთილირებული ფორმები, რომლებიც აღმდგენელ არეში წარმოიქმნებიან.

ანთროპოგენური ფაქტორების გავლენით გამოწვეულ არასასურველ ეკოლოგიურ შედეგებს შორის უმთავრესია მიწისქვეშა წყლების გეოქიმიური არის (pH, eH) შეცვლა. მჟავა გარემოს (pH 3-4) წარმოქმნის მიზეზი შეიძლება იყოს მჟავა წვიმები, სულფი-დური მადნების დამუშავება, ჩამდინარე წყლები. ტუტე არე (pH > 9-10) ჩვეულებრივ დაკავშირებულია ამონიუმშემცველი სასუქების გამოყენებასთან, ან ფუძე ქანების დამუშავებასთან. pH-ის შეცვლით იცვლება არის ჟანგვითი პოტენციალი, ელემენტ-თა მიგრაციის ფორმები, ქანების ხსნადობა და ა.შ. ამრიგად ანთროპოგენური ზემოქმედების შედეგად იცვლება გეოქიმიური არე, რაც იწვევს სისტემის ბუნების და შედგენილობის მკვეთრ ცვლილებას.

მიწისქვეშა წყლების თავისებურებების (ნელი მიმოქცევა, ჟანგბადის დეფიციტი, შენელებული ან სრულად დამუხრუჭებული ბიოლოგიური პროცესები) გამო მათი თვითგაწმენდის უნარი შეზღუდულია. ამიტომ მიწისქვეშა წყლები დაბინძურებული რჩება ანთროპოგენური წყაროს "ჩაქრობიდან" რამდენიმე ათეული წლის მანძილზე. სათანადო მაგალითი მოტანილი იყო 2.4-ში.

მიწისქვეშა წყლების დაბინძურებისაგან დაცვის მიზნით იქმნება სანიტარული ზონები, სადაც იკრძალება მშენებლობა, შხამქიმიკატების გამოყენება, ფერმების და ნაგავსაყრელების მოწყობა. ასეთი დამცავი ზონები შექმნილია ნატახტარის, მუხრანის ველის, საგურამოს და სხვა უბნებზე, საიდანაც სასმელი წყლით მარაგდება თბილისი.

## 2. ექსპერიმენტული ნაწილი

### 2.1 სამუშაო ხსნარები, რეაგენტები და გამოყენებული აპარატურა

250მლ ერლენ-მეიერის კოლბა

25 და 50მლ-იანი მზომი კოლბები მზომი კოლბები

ფაიფურის ჯამები

10, 20 და 25მლ-იანი პიპეტები

პერკინ ელმერის სპექტრომეტრი

სპექტროფოტომეტრი

2N NaOH

ტროლონ ბ-ს 0.01N ხსნარი

ამიაკალური ბუფერი

ერიოქრომ-შავი

მურექსიდი

მეთინარინჯი

0.1N HCl

AgNO<sub>3</sub>-ის სტანდარტული ხსნარი

K<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub>

დამლექავი რეაგენტი ( BaCl<sub>2</sub>-ის 5% ხსნარი,ეთანოლი და ეთილენგლიკოლი თანაფარდობით

1:3:3 )

ნესლერის რეაქტივი

სეგნეტის მარილი

NH<sub>4</sub>Cl-ის სტანდარტული ხსნარი

გრისის რეაქტივის წყალხსნარი

ნატრიუმის ნიტრიტის სტანდარტული ხსნარი

ნატრიუმის სალიცილატის 0,5 %-იანი წყალხსნარი

კონცენტრირებული გოგირდმჟავა

ნატრიუმის ტუტის 40 % წყალხსნარი

კალიუმის ნიტრატის სტანდარტული ხსნარი

## 2.2. წყლების ქიმიური შემადგენლობის კვლევის მეთოდების მიმოხილვა

როგორც ზემოთ იყო აღნიშნული ჩემი სმასტრო კვლევის ობიექტს წარმოადგენდა ქალაქ საჩხერის ზოგიერთი მიწისქვეშა წყლის და ჭის წყლის ქიმიური კვლევა. ამისათვის წყლის სინჯები ავიღე 1.5ლ პოლიეთილენის ჭურჭლით.

ამოცანის გადასაწყვეტად გამოყენებულია წყლის ქიმიური ანალიზის საერთაშორისო სტანდარტების (ГОСТ, ISO, EPA) მეთოდები.

### **Ca<sup>2+</sup> იონის განსაზღვრა კომპლექსონომეტრული მეთოდით.**

ავიღე 25მლ ნიმუში პიპეტით. ჩავასხი 250მლ მოცულობის ერლენმეიერის კოლბაში, განვაზავე დისტილატით 50მლ-მდე, დავუმატე 2მლ 2N NaOH და ინდიკატორი მურექსიდი (მყარი სახით), ხსნარი შეიფერა ღვინიფერ-მოწითალოდ. გავტიტრე 0.01N ტრილონ-ბ-თი. შეფერილობა გადავიდა იისფერში. Ca<sup>2+</sup>-ის შემცველობა ვიანგარიშე ფორმულით და მიღებული შედეგები შევიტანე ცხრილი #1.

$$\text{Ca}^{2+} \text{ მგ/ლ} = V_1 N 40.08 \times 1000 / V, \text{ სადაც}$$

V<sub>1</sub> - გატიტრისას დახარჯული TB-ს მოცულობაა მლ-ში.

N- ნორმალობა TB-სი

V - საკვლევი ხსნარის მოცულობა მლ-ში.

### **Mg<sup>2+</sup> იონის განსაზღვრა კომპლექსონომეტრული მეთოდით.**

ავიღე 25მლ ნიმუში პიპეტით, ჩავასხი 250 მლ-იან კოლბაში, განვაზავე დისტილატით 50მლ-მდე. დავუმატე 2მლ ბუფერი (NH<sub>4</sub>Cl + NH<sub>4</sub>OH, pH=10.5 ) და ინდიკატორი ერიოქრმზავი, გავტიტრე 0.01N TB-თი. გატიტრა Ca<sup>2+</sup> და Mg<sup>2+</sup> ჯამი. Mg<sup>2+</sup>-ის რაოდენობის დასაგენად, გამოვაკელი Ca<sup>2+</sup> და Mg<sup>2+</sup>-ის ჯამს Ca<sup>2+</sup> -ის გატიტრაზე დახარჯული ტრილონ-ბ-ს მოცულობა. Mg<sup>2+</sup>-ის რაოდენობა ვიანგარიშე ფორმულით და მიღებული შედეგები შევიტანე ცხრილი #1.

$$\text{Mg}^{2+} \text{ მგ/ლ} = N(V_1 - V_2) 12 1000 / V, \text{ სადაც}$$

N – TB-ს ნორმალობაა

V<sub>1</sub> - Ca<sup>2+</sup> და Mg<sup>2+</sup>-ის საერთო გატიტრაზე დახარჯული TB-ს რაოდენობაა მლ-ში,

V<sub>2</sub> - Ca<sup>2+</sup> -ის გატიტრაზე დახარჯული TB-ს მოცულობაა მლ-ში.

V - აღებული ალიქვოტი მლ-ში.

**ჰიდროკარბონატ-იონის განსაზღვრა მოცულობითი მეთოდით.**

ჰიდროკარბონატ-იონისთვის საანალიზოდ ავიღე წყლის 1მლ, დავუმატე ფენოფტალეინი, რომელმაც ფერი არ მომცა, ეს იმას ნიშნავს რომ საკვლევ სინჯში არ ფიქსირდება კარბონატ-იონი,ეს ამ სინჯის pH-ის მნიშვნელობასთან თანმთვევაშია. შემდეგ მეთოდის შესაამისად დავამატე ინდიკატორი მეთილნარინჯი, მივიღე ყვითელი შეფერილობა,HCl-ით გატიტვრის შემდეგ შეფერილობა გადავიდა ყვითლიდან მოწითალო ფერში.HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>-ის რაოდენობა ვიანგარიშე ფორმულით და მიღებული შედეგები შევიტანე ცხრილში #1.

$$\text{HCO}_3^- \text{ მგ/ლ} = \text{NV } 61 \times 1000 / a , \text{ სადაც}$$

N – HCl-ის ნორმალობაა

V - გატიტვრაზე დახარჯული HCl-ის მოცულობა მლ-ში.

61 – HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> ის ეკვივალენტი

a აღებული ნიმუშის ალიქვოტია მლ-ში.

**ნატრიუმისა და კალიუმის იონების განსაზღვრა ატომურ-ემისიური სპექტროფოტომეტრული მეთოდით**

ნატრიუმის და კალიუმის განსაზღვრისთვის, წყაროს წყლებსა და ჭის წყლებში ხშირად გამოიყენება ჰიდროქიმიში მიღებული და კარად ცნობილი მეთოდი ექვივალენტებს სხვაობის. ამ შემთხვევაში მიღებული მნიშვნელობა არის ნატრიუმის დაკალიუმის ჯამი, ნატრიუმის და კალიუმის განსაზღვრისთვის გამოვიყენე ატმურ ემისიური სპექტროფოტომეტრული მეთოდი. აღის ფოტომეტრია ემისიური სპექტრული ანალიზის ერთ-ერთი მეთოდია,რომელსაც საფუძვლად უდევს ალში შეტანილი ელემენტების გამოსხივების ფოტომეტრება.აღზების წყაროდ ჩვეულებრივ გამოყენებულია დაბალტემპერატურაანი ალი,ამიტომაც ეს მეთოდი გვამღევს იმის საშუაებას რომ რაოდენობრივად განვსაზღვროთ მხოლოდ ადვილად აღზნებადი ტუტე და ტუტემიწა ლითონები.

ცხრილი1. ნატრიუმის და კალიუმის განსაზღვრის პირობები.

კომპონენტები	განსაზღვრის მეთოდი	აპარატურა	საწვავი,ტალღი სიგრძე
Na <sup>+</sup>	ატომურ ემისიური სპექტრომეტრია	პერკინ ელმერი 300	პროპანი/ჰაერი, 598.56მ
K <sup>+</sup>	ატომურ ემისიური სპექტრომეტრია	პერკინ ელმერი 300	პროპანი/ჰაერი, 769.46მ

## ქლორიდ-იონის განსაზღვრა ბუნებრივ წყლებში

ქლორიდ-იონი ბუნებრივი წყლების მუდმივი შემადგენელი კომპონენტია, რომლის კონცენტრაცია დიდ დიაპაზონში მერყეობს. საანალიზო სინჯის მოცულობა იმ ვარაუდით უნდა შეირჩეს, რომ გატიტვრაზე დაიხარჯოს 4-5 მლ-ზე მეტი და 15-20 მლ-ზე ნაკლები სამუშაო ხსნარი. საანალიზო სინჯს უნდა ჰქონდეს ნეიტრალური ან სუსტი ტუტე რეაქცია. საჭირო შემთხვევაში წყლის მჟავიანობის კორექტირება შესაძლებელია განზავებული  $\text{HNO}_3$  ან  $\text{NH}_4\text{OH}$ -ით.

### გამოყენებული რეაგენტები

1. 0,1 N  $\text{AgNO}_3$ . 17,0 გ თერმოსტატში 105 0C გამომშრალ მარილს ხსნიან 100-150 მლ ორჯერ გამოხდილ წყალში, გადააქვთ საზომ კოლბაში და ავსებენ ერთ ლიტრამდე. სამუშაო ხსნარის ზუსტ ნორმალობას ადგენენ 0,1 N  $\text{NaCl}$ -ის ხსნარით.

### 2. $\text{K}_2\text{CrO}_4$ -ის 10 %-იანი წყალხსნარი

ანალიზის მსვლელობა. 100 მლ საანალიზო სინჯს, რომლის pH 7 – 10 ფარგლებში მივიყვანე, მოვათავსე 250 მლ მოცულობის კონუსურ კოლბაში, დავუმატე 0,5 მლ 10 %-იან  $\text{K}_2\text{CrO}_4$ -ის ხსნარი და გავტიტრე 0,1 N  $\text{AgNO}_3$ -ით მოწითალო-აგურისფერი ნალექის მიღებამდე. საანალიზო წყალში  $\text{Cl}^-$ -ის შემცველობა (გ) ვიანგარიშე ფორმულით -

$$N.V.35,5.1000$$

$$g = \text{-----} \text{ მგ/ლ Cl}^-,$$

a

სადაც N და V  $\text{AgNO}_3$ -ის ნორმალობა და მოცულობაა მლ-ში, a - საანალიზოდ აღებული წყლის მოცულობაა მლ-ში, 35,5  $\text{Cl}^-$ -ის მოლ-ეკვივალენტი.

პრაქტიკაში გამოყენებულია  $\text{Cl}^-$ -ის არგენტომეტრული განსაზღვრის ფოლჰარდის ვარიანტიც. აზოტმჟავით სუსტად შემჟავებულ სინჯს უმატებენ  $\text{AgNO}_3$ -ის 0,1 N ხსნარს ჭარბი, განსაზღვრული რაოდენობით. რეაქციაში შეუსვლელ  $\text{AgNO}_3$ -ს უკუტიტრვენ 0,1 N  $\text{NH}_4\text{SCN}$ -ის ხსნარით რკინის (III) სულფატის, ან ნიტრატის თანაობისას.

### წყლის საერთო სიხისტის განსაზღვრა

საერთო სიხისტე განპირობებულია წყალში  $\text{Ca}^{2+}$  და  $\text{Mg}^{2+}$  საერთო შემცველობით. სიხისტე - სასმელად და ტექნიკური მიზნებისათვის განკუთვნილი წყლის ხარისხის მნიშვნელოვანი მახასიათებელია. არსებული ნორმატივებით სასმელი წყლის საერთო სიხისტე არ უნდა აღემატებოდეს 7 მგ-ეკვ/ლ.

კომპლექსონმეტრული მეთოდით წყლის საერთო სიხისტის დასადგენად ისაზღვრება  $\text{Ca}^{2+}$  და  $\text{Mg}^{2+}$ -ის საერთო შემცველობა (იხილეთ  $\text{Mg}^{2+}$ -ის განსაზღვრა) და გატიტვრაზე დახარჯული  $\text{Na}_2\text{H}_2\text{Y}$ -ის მოცულობით ( $V_2$ ) ვანგარიშობთ საერთო სიხისტეს -

$$N \cdot V_2 \cdot 1000$$

$$\text{საერთო სიხისტე} = \frac{\text{----- მგ-ეკვ/ლ, სადაც}}{a}$$

$N$  და  $V_2$   $\text{Na}_2\text{H}_2\text{Y}$ -ის ნორმალობა და მოცულობაა,  $a$  - საანალიზოდ აღებული წყლის მოცულობა მლ-ში.

წყლის საერთო სიხისტის განსაზღვრავად შეიძლება გამოვიყენოთ გარდამავალი სიხისტის განსაზღვრის შემდეგ მიღებული ხსნარი. 5 მლ ბუფერული ნარევისა და რამდენიმე წვეთი ერიოქრომშავის დამატების შემდეგ  $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$  იტიტრება 0,01 N  $\text{Na}_2\text{H}_2\text{Y}$ -ით. ტუტე არეში ერიოქრომშავის ინდიკაცია, მეთილ ნარინჯის ან მეთილწითელის თანაობისას, განსაკუთრებით მკვეთრია.

### **სულფატის განსაზღვა ტურბიდიმეტრული მეთოდით**

სულფატების განსაზღვრის ტურბიდიმეტრული მეთოდი დაუძვნებულია სუსტ მჟავა არეში ბარიუმის სულფატის სუსპენიის მიღებაზე.

### **მიზანი, გამოყენების სფერო**

სულფატ იონის განსაზღვრის ტურბიდიმეტრული მეთოდი ემყარება სულფატ იონის გადაყვანას ბარიუმის სულფატის უხსნად ფორმაში მარილმჟავა არისა და გლიკოლის გამოყენებით.

გლიკოლი ხელს უწყობს წარმოქმნილი ნალექის სტაბილიზაციას ხსნარში.

ეს მეთოდი გამოიყენება წყლებში  $\text{SO}_4$ -ის განსაზღვრისათვის.

### **გამოყენებული რეაგენტები:**

1. დამლექავი რეაგენტები. ერთმანეთს ურევენ 5%-იან  $\text{BaCl}_2$  -ს, ეთანლს და ეთილენგლიკოლს მოცულობით თანაფარდობით 1:3:3. ნარევის pH განზავებული მარილმჟავით მიჰყავთ 2.5-3-მდე.

2. სულფატ იონის ძირითადი ტანდარტული ხსნარი (ტიტრი 1მგ/მლ  $\text{SO}_4$ ). 1.8140გ გადაკრისტალეზულ და თერმოსტატში გამომშრალ  $\text{K}_2\text{SO}_4$ -ს ხსნიან 100-150მლ გამოხდილ წყალში და ავსებენ 1 ლ-მდე.ძირითადი სტანდარტის ათჯერადი განზავებით ამზადებენ სამუშაო სტანდარტულ ხსნარს (ტიტრი 0.1 მგ/მლ).

## **ანალიზის მსვლელობა**

5.0მლ საანალიზო ხსნარი, რომლის pH წინასწარ მივიყვანე 2.3-3-მდე, გადავიტანე 15 - 20მლ მოცულობის სინჯარაში, დავუმატე 5.0მლ დამლექავი რეაგენტი, მოვურიე ბურთულიანი მინის წკირით და 5 – 10წთ-ის შემდეგ გავზომე ოპტიკური სიმკვრივე (ლურჯი შუქფილტრი, 20მმ სისქის მქონე კიუვეტი).

## **საკალიბრო გრაფიკი**

15 – 20მლ მოცულობის მქონე სინჯარებში შევიტანე მზარდი რაოდენობა  $SO_4^{2-}$ -ის სამუშაო სტანდარტული ხსნარი 0 ; 0.3 ; 0.5 ; 1.0 და 2.0 მლ, გამოხდილი წყლით შევავეს 5.0 მლ-მდე, მოვურიე მინის წკირით და სამუშაოს გავაგრძელე ანალიზის მსვლელობაში მოტანილი მეთოდით. მიღებული შედეგების გამოყენებით ავაგე საკალიბრო გრაფიკი.

## **განსაზღვრის ზღვარი, დიაპაზონი, ხელისშემშლელი პარამეტრები**

მეთოდის მგრძობიარობაა 2 მგ/ლ  $SO_4$  . დიაპაზონი - 500 მგ/ლ. მაღალი კონცენტრაციის შემთხვევაში საჭიროა განზავება, ხოლო 2 მგ/ლ -ზე დაბალი კონცენტრაციის შემთხვევაში დაკონცენტრირება.

წყალში სულფატ იონის განსაზღვრის ხელისშემშლელი პარამეტრია სიმღვრივე და შეფერილობა.

სიმღვრივის მოსაცილებლად საჭიროა წინასწარი გაფილტვრა. თუ გაფილტვრის შემდეგაც არის მღვრიე ან შეფერილი, მაშინ სინჯი უნდა შემჟავდეს და ყოველგვარი დამლექავის გარეშე იმავე შუქფილტრზე და იმავე კიუვეტებით უნდა განვსაზღვროთ შთანთქმა.

იგივე სინჯში განვსაზღვრავთ სულფატ იონის შემცველობას მეთოდის შესაბამისად.

## **აზოტშემცველი ნაერთების განსაზღვრა წყალში**

### **ამონიუმ-იონის ფოტომეტრული განსაზღვრა**

ნესლერის რეაქტივი ( $K_2HgI_4$ -ის ტუტე ხსნარი) ამონიუმ-იონთან წარმოქმნის ყვითლად შეფერილ მერკურამონიუმის იოდიდს ( $NH_2Hg_2IO$ ). მეთოდი მგრძობიარეა (განსასაზღვრავი მინიმუმი 1 მკგ), მაგრამ არ არის სპეციფიური. განსაზღვრას ხელს უშლის ზოგიერთი ამინი, სულფიდ-იონი და კათიონები, რომლებიც ტუტე არეში ილექებიან ჰიდროქსიდების სახით. ნესლერის რეაქტივთან სულფიდ-იონის ურთიერთქმედების შედეგად ილექება ვერცხლისწყლის სულფიდი. მის გავლენას იცილებენ საანალიზო ხსნარში თუთიის აცეტატის შეტანით, ჰიდროქსიდების გამოლექვის აცილება შესაძლებელია სეგნეტის მარილით. სხვა ხელისშემშლელი ნივთიერებებისაგან ამონიუმ-იონი შეიძლება დავაცილოთ ამიაკის გადადენით ტუტე არედან.



ამონიუმის იონის განსაზღვრისას აუცილებელია ახლად გამოხდილი წყლის გამოყენება, რადგან ლაბორატორიაში დაყოვნებული წყალი, ჩვეულებრივ, დაბინძურებულია ამიაკით.

### **გამოყენებული რეაგენტები**

1. ნესლერის რეაქტივი

2.  $\text{NH}_4\text{Cl}$ -ის ძირითადი სტანდარტი (ტიტრი 0,100 მგ/მლ  $\text{NH}_4^+$ ). 0.2965 გ ექსიკატორში გამომშრალ  $\text{NH}_4\text{Cl}$ -ს ხსნიან 50 – 100 მლ გამოხდილ წყალში და მიღებული ხსნარის მოცულობა საზომ კოლბაში მიჰყავთ ერთ ლიტრამდე. სამუშაო სტანდარტულ ხსნარს (ტიტრი 10 მკგ/მლ  $\text{NH}_4^+$ ) ამზადებენ ძირითადი სტანდარტული ხსნარის ათჯერადი განზავებით.

3. ნატრიუმკალიუმის ტარტრატის (სეგნეტის მარილის) 30 %-იანი ხსნარი.

**ანალიზის მსვლელობა.** 25,0 მლ საანალიზო სინჯს, რომელშიც ამონიუმ-იონის შემცველობა არ უნდა აღემატებოდეს 20 მკგ, დავუმატე 1 მლ სეგნეტის მარილის ხსნარი, 0,5 მლ ნესლერის რეაქტივი და 5-10 წუთის შემდეგ გავზომე ხსნარის ოპტიკური სიმკვრივე (ლურჯი შუქფილტრი,  $\lambda$  400-430 ნმ, კიუვეტის  $l = 20$  მმ). ანალიზის შედეგებს ავითვალე საკალიბრო გრაფიკზე.

ამონიუმის იონის განსაზღვრისათვის ანალიზურ ქიმის პრაქტიკაში ფოტომეტრულ მეთოდთან ერთად გამოყენებულია კოლორიმეტრული მეთოდიც. ვიზუალურ განსაზღვრებს ატარებენ ნესლერის ცილინდრების გამოყენებით.

**საკალიბრო გრაფიკი.** საკალიბრო გრაფიკის ასაგებად საჭირო მონაცემების მისაღებად 25,0 მლ საზომ კოლბებში შევიტანე 0, 0,3, 0,5, 1,0 და 2,0 მლ ამონიუმის ქლორიდის სამუშაო სტანდარტული ხსნარი (0, 3, 5, 10 და 20 მკგ ამონიუმი) და გამოხდილი წყლით შევავსე 25,0 მლ-მდე. შემდეგ სამუშაოს გავამეღე ზემოთ აღწერილი მეთოდიკის შესაბამისად.

### **ნიტრიტ-იონის ფოტომეტრული განსაზღვრა გრისის რეაქტივით**

ნიტრიტ-იონის ფოტომეტრული განსაზღვრა გრისის რეაქტივით დაფუძნებულია მჟავა არეში სულფანილის მჟავას, ნიტრიტ-იონისა და ალფა-ნაფთილამინის ურთიერთქმედების შედეგად მოწითალო-იისფერი აზოსალეზავის წარმოქმნაზე. მეთოდი საშუალებას იძლევა კოლორიმეტრულად ან ფოტომეტრულად განისაზღვროს  $> 0,05-0,1$  მკგ ნიტრიტ-იონი ( $\lambda_{\text{მაქს}}$  520 – 530 ნმ). მორეაგირე კომპონენტებს შორის რეაქცია ნელა მიმდინარეობს, ამიტომ რეაგენტის დამატების შემდეგ ხსნარს აყოვნებენ მცირე ხნით, ანდა ათავსებენ 70 – 80  $^{\circ}\text{C}$  მქონე წყლის აბაზანაში. აზონაერთის წარმოქმნისათვის ოპტიმალურია 2 – 2,5 pH.

### **გამოყენებული რეაგენტები**

1. გრისის რეაქტივის (მყარი ნარევი) 1 % წყალხსნარი

2.  $\text{NaNO}_2$ -ის ძირითადი სტანდარტული ხსნარი (ტიტრი 10 მკგ/მლ  $\text{NO}_2^-$ ). 0,1497 გ თერმოსტატში 105-1100 C გამომშრალ  $\text{NaNO}_2$  ხსნარს 100 – 150 მლ წყალში და საზომ კოლბაში ავსებენ 1,0 ლ-მდე. 5,0 მლ ძირითადი სტანდარტის განზავებით 50 მლ-მდე ამზადებენ სამუშაო სტანდარტულ ხსნარს (ტიტრი 0,5 მკგ/მლ  $\text{NO}_2^-$ ).

### 3. 1:1 HCl

ანალიზის მსვლელობა. საანალიზო ხსნარს, რომელშიც  $\text{NO}_2^-$  შემცველობა არ უნდა აღემატებოდეს 1–1,5 მკგ, მოვათავსე 25,0 მლ საზომ კოლბაში, გამოხდილი წყლით შევავსე დაახლოებით 20 მლ-მდე, მოვურიე და რამდენიმე წვეთი განზავებული მარილმჟავით pH მივიყვანე 2 – 2,5-მდე (სინჯი უნივერსალური ინდიკატორიანი ქაღალდით). 1,0 მლ რეაგენტის დამატების შემდეგ გამოხდილი წყლით ხსნარის მოცულობა მივიყვანე 25,0 მლ-მდე, მოვურიე, დავაყოვნე 20 – 25 წუთი, ასევე შეიძლება 5 – 10 წუთით მოთავსება 70 – 80 0C ტემპერატურის მქონე წყლის აბაზანში. გაციების შემდეგ ხსნარის ოპტიკურ სიმკვრივეს ზომავენ მწვანე შუქფილტრის გამოყენებით, 20 მმ ფენის სისქის მქონე კიუვეტებში. ანალიზის შედეგს აითვლიან საკალიბრო გრაფიკზე.

საკალიბრო გრაფიკი. 25,0 მლ საზომ კოლბებში შევიტანე 0; 0,1; 0,3; 0,5; 1,0 და 2,0 მლ სამუშაო სტანდარტული ხსნარი, დავუმატე 20 მლ-მდე გამოხდილი წყალი და სამუშაო აგავაგრძელე ზემოთ აღწერილი მეთოდის შესაბამისად.

ანალიზური ქიმიის პრაქტიკაში ფართოდაა გამოყენებული (განსაკუთრებით სავლე პირობებში) გრისის რეაქტივით ნიტრიტების განსაზღვრის კოლორიმეტრული ვარიანტი იმიტირებული შკალით, ან სტანდარტული სერიების მეთოდით.

### **ნიტრატ-იონის ფოტომეტრული განსაზღვრა ნატრიუმის სალიცილატით**

ნიტრატ-იონის ფოტომეტრული განსაზღვრისათვის გამოყენებულია ნატრიუმის სალიცილატი, რომელიც გოგირდმჟავა არეში ნიტრატებთან წარმოქმნის ყვითლად შეფერილ ნიტროსალიცილის მჟავების ნარევს. მეთოდი საშუალებას იძლევა 10 მლ სინჯში განისაზღვროს 1 – 20 მკგ  $\text{NO}_3^-$ . ნიტრატების განსაზღვრას ხელს უშლიან დიდი რაოდენობა ქლორიდები და ნიტრიტები ( $\text{Cl}^- > 200$  მგ/ლ,  $\text{NO}_2^- > 2$  მგ/ლ). ქლორიდების გავლენის აცილება შესაძლებელია მათი წინასწარი გამოლექვით  $\text{Ag}_2\text{SO}_4$ -ით. ნიტრიტების მოსაცილებლად საანალიზო სინჯს ამრობენ ამონიუმის სულფატის თანაობისას.

გამოყენებული რეაგენტები

1. ნატრიუმის სალიცილატის 0,5 %-იანი წყალხსნარი

2. კონცენტრირებული გოგირდმჟავა

3. ნატრიუმის ტუტის 40 % წყალხსნარი

4. კალიუმის ნიტრატის სტანდარტული ხსნარი (ტიტრი 0,100 მგ/მლ  $\text{NO}_3^-$ ). 0,1631 გ თერმოსტატში 105 0C გამომშრალ  $\text{KNO}_3$ -ს ხსნიან 100 – 150 მლ წყალში, ხსნარი გადააქვთ ერთ ლიტრიან საზომ კოლბაში, კონსერვირების მიზნით უმატებენ ერთ მლ ქლოროფორმს და ჭიქის ნარეცხი წყლით ხსნარის მოცულობა მიჰყავთ ერთ ლიტრამდე. ძირითადი სტანდარტული ხსნარის ათჯერადი განზავებით ამზადებენ სამუშაო სტანდარტულ ხსნარს (ტიტრი 10 მკგ/მლ  $\text{NO}_3^-$ ).

ანალიზის მსვლელობა. 10,0 მლ საანალიზო სინჯი მოვათავსე ფაიფურის ჯამში, დავუმატე 1,0 მლ ნატრიუმის სალიცილატის ხსნარი და ამოვაშრე წყლის აბაზანაზე. მშრალ ნაშთი შევასველე 1 მლ გოგირდმჟავით, 10 წუთის შემდეგ ფრთხილად დავუმატე 20 – 25 მლ გამოხდილი წყალი და 7 მლ ნატრიუმის ტუტის ხსნარი. გაციების შემდეგ ხსნარი გადავიტანე 50,0 მლ საზომ კოლბაში და ჯამის ნარეცხი წყლით შევავსე 50,0 მლ-მდე. ხსნარის ოპტიკურ სიმკვრივეს გავზომე ლურჯი შუქფილტრის გამოყენებით ( $\lambda$  400 - 410 ნმ) 20 მმ ფენის სისქის მქონე კიუვეტებში.

საკალიბრო გრაფიკი. ფაიფურის ჯამებში შევიტანე 0, 0,3, 0,5, 1,0, 1,5 და 2,0 მლ სამუშაო ხსნარი, დავუმატე 10 – 10 მლ გამოხდილი წყალი, 1,0 - 1,0 მლ ნატრიუმის სალიცილატის ხსნარი და სამუშაოს გავაგრძელე ანალიზის მსვლელობაში აღწერილი მეთოდის მიხედვით. სასურველია საკონტროლო განსაზღვრის ჩატარებაც. მიღებული მონაცემებით ავაგე საკალიბრო გრაფიკი.

ამ მეთოდების გამოყენებით მიღებული შედეგები მოცემულია ცხრილებში: #1-4

ცხრილი 1-ში მოცემულია საჩხერის მიწისქვეშა წყლებში მთავრი იონების შემცველობა. როგორც ცხრილიდან ჩანს კატიონების შემცველობა იცვლება 1.2მგ/ლ-დან 121.6მგ/ლ-მდე, ხოლო ანიონების შემცველობა 35.5მგ/ლ-დან 579.5მგ/ლ-მდე.

ცხრილი 2-ში მოცემულია მთავარი პარამეტრების შემცველობა, როგორც ცხრილიდან ვხედავთ ყველაზე დიდი ელ.გამტარობა აქვს ჭის წყალს, შესაბამისად მინერალიზაციაც. pH ჩვენს წყლებში იცვლება 7.75-დან 7.95-მდე. რაც შეეხება წყლის ტიპს - ჭის წყალი და გოდოურას წყარო არის ნატრიუმიან-კალციუმიანი ჰიდროკარბონატული ტიპის წყალი, ეს განპირობებულია ალბათ იმით რომ ორივე წყალი საკმაოდ ახლოს მდებარეობენ ერთმანეთთან. ხოლო საჩხერის ცენტრალური წყალი და ხეივნის წყარო წარმოადგენენ კალციუმიან-მაგნიუმიან-ნატრიუმიან ჰიდროკარბონატულ წყალს, ასევე ეს ორი მათგანიც აკმაოდ ახლოს მდებარეობენ ერთმანეთთან

განვიხილოთ ცხრილი 3. ამ ცხრილში როგორც ვხედავთ მოცემულია აზოტშცველი ნაერთების რაოდენობა საანალიზო წყლებში. ამონიუმის იონი არ აღმოჩნდა (<0,1 მგ/ლ) საკვლევ სიჯებში, ნიტრიტ-იონი <0,02, დმოჩნდა, რაც შეეხება ნიტრატ-იონს შედარებით დიდი რაოდენობით აღმოჩნდა გოდოურას წყაროს წყალში, ეს ფაქტი აიხსნება იმით, რომ ეს წყარო მდებარეობს დასახლებულ პუნქტთან ახლოს, სადაც მოსახლეობა აქტიურად ეწევა სასოფლო-სამეურნეო საქმიანობას და იყენებს სასუქს.

ცხრილ 4-ში თავმოყრილია ჩემს საკვლევ წყლის სინჯებში განსაზღვრული ყველა პარამეტრი, რომელიც შევადარე სამელი წყლის ტექნიკური რეგლამენტი, რომელიც დამტკიცებულია საქართველოს მთავრობის 2014წლის 15 იანვრის #58 დადგენილებით. როგორც ცხრილიდან ჩანს ჩემს მიერ განსაზღვრული არც ერთი პარამეტრი არ აჭარბებს ზღვ-ს, რაც იმას ნიშნავს რომ ეს წყლები შეიძლება გამოვოყენოთ სასმელად.

**ცხრილი 1. საანალიზო წყლის სინჯებში მთავარი იონების შემცველობა (მგ/ლ)**

სინჯის დასახელება	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na	K <sup>+</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>
ხეივანის წყარო	60.0	19.2	32.0	1.20	305.0	10.0	45.0
ცენტრალიზებული წყალი	70.0	17.3	42.0	1.20	347.7	10.6	42.0
ჭის წყალი	121.6	12.5	133.0	4.50	579.5	46.1	110.0
გოდოურას წყარო	70.0	16.8	95.0	2.20	445.3	35.5	65.0

**ცხრილი 2.** საანალიზო წყლის სინჯებში მთავარი პარამეტრების განსაზღვრის შედეგები

სინჯის დასახელება	pH	მინერალიზაცია მგ/ლ	სიხისტე მგ.ეკ/ლ	ელ. გამტარობა სიმ/მ	სიმღვრივე FTU	წყლის ტიპი
ხეივნის წყარო	7.75	472.3	4.6	0.0445	<0,1	ნატრიუმ-მაგნიუმ-კალციუმისანი ჰიდროკარბონატული
ცენტრალიზებული წყალი	7.85	530.8	4.9	0.0528	<0,1	ნატრიუმ-მაგნიუმ-კალციუმისანი ჰიდროკარბონატული
ქის წყალი	7.95	1007.2	7.1	0.1042	<0,1	ნატრიუმ-კალციუმისანი ჰიდროკარბონატული
გოდოურას წყარო	7.85	729.8	4.9	0.0895	<0,1	ნატრიუმ-კალციუმისანი ჰიდროკარბონატული

**ცხრილი 3.** საანალიზო წყლის სინჯებში აზოტუმცველი ნაერთების შემცველობა

სინჯის დასახელება	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> მგ/ლ	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> მგ/ლ	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> მგ/ლ
ხეივნის წყარო	-	3,0	<0,02
ცენტრალიზებული წყალი	-	-	-
ქის წყალი	-	6,0	<0,02
გოდოურას წყარო	-	13,0	<0,02

**ცხრილი 4. წყლის ქიმიური ანალიზის შედეგების შედარება ნორმატიულ დოკუმენტის  
მონაცემებთან**

განსაზღვრული პარამეტრი	*ზღვრულად* დასაშვები კონცის ნტრაციები, ნდ-ის მიხედვით არაუმეტეს	ხეივანის წყარო	ცენტრალიზებული წყალი	ჭის წყალი	გოდოურას წყარო
სიმღვრივე, FTU	3.5	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
სულფატი, მგ/ლ	250	45.0	42.0	110.0	65.0
ქლორიდები, მგ/ლ	250	9.9	10.6	46.1	35.5
სიხისტე, მგ- ეკვ/ლ	7 (10)	4.6	4.9	7.1	4.9
კალციუმი, მგ/ლ	140	60.0	70.0	121.6	70.0
მაგნიუმი მგ/ლ	85	19.2	17.3	12.5	16.8
ნატრიუმი, მგ/ლ	200	32.0	42.0	133.0	95.0
კალიუმი, მგ/ლ	-	1.2	1.2	4.5	2.2
pH	6 – 9	7.75	7.85	7.95	7.85
საერთო მიმერალიზაცია, მგ/ლ	1000 (1500)	472.3	530.8	1007.2	729.8
ამონიუმი მგ/ლ	-	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
ნიტრატები მგ/ლ	50	3,0	<0.5	6,0	13,0
ნიტრიტები მგ/ლ	0.2	0.01	<0.02	0.01	<0,02
ჰიდროკარბონატი მგ/ლ	-	305.0	347.7	579.5	445.3
კარბონატი მგ/ლ	-	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
ელექტროგამტარობა სიმ/მ	-	0.0445	0.0528	0.1042	0.0895

• ნორმატიული დოკუმენტი - სასმელი წყლის ტექნიკური რეგლამენტი\* დამტკიცებულია საქართველოს მთავრობის 2014 წლის 15 იანვარს #58 დადგენილებით.

## დასკვნები

1. გამოკვლეულია ქალაქ საჩხერის მიწისქვეშა წყლები: „გოდოურას წყარო“, „ჭის წყალი“, „ხეივნის წყარო“ და „ცენტრალიზებული წყალი“.
2. შესწავლილია მათი სასმელად ვარგისიანობის დადგენის მიზნით მთავარი იონების ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$ ) და აზოტის ნაერთების შემცველობა
3. ათვისებულია, როგორც მთავარი იონების, ასევე აზოტის ნაერთების განსაზღვრის საერთაშორისო მეთოდები. ჩატარებულია ამ მეთოდების გამოყენებით შესაბამისი ანალიზები
4. მიღებული შედეგების მიხედვით დადგენილია გამოკვლეული წყლის სინჯების ტიპები
5. მიღებული შედეგები შედარებულია ნორმატიულ დოკუმენტის „სასმელი წყლის ტექნიკურ რეგლამენტი, დამტკიცებული საქართველოს მთავრობის მიერ 2014 წლის 15 იანვარს #58 დადგენილებით“ მონაცემებს.
6. დადგენილია, რომ ქ. საჩხერის „ჭის წყალი“, „ხეივნის წყარო“, „გოდოურას წყარო“ და „ცენტრალიზებული წყალი“ გამოკვლეული პარამეტრების მიხედვით შეესაბამება ნორმატიული დოკუმენტით დამტკიცებულ პარამეტრებს და მათი გამოყენება სასმელად ვარგისია.

## გამოყენებული ლიტერატურა

1. Чихелидзе С. Природные ресурсы Грузии (минеральные воды).1973
2. Прайс В. Аналитическая атомно-абсорбционная спектроскопия
3. М. «Мир» с. 357, 1976.
4. Сендел Е. Колориметрические методы определения следов металлов
5. М. «Мир». с. 903, 1964.
6. Супаташвили Г. Д. Гидрохимия Грузии (Пресные воды). ТГУ. 2003
7. supataSvili g. d. raodenobiTi analizi (gravimetria, moculobiTi meTodi). Tbilisi. Ggv. 37-48. 1992.
8. Марченко З. Фотометрическое определение элементов. М. «Мир» с. 339, 1971.
9. Драчев С.М. Разумов А.С. Скопинцев В.А. Кабанов Н.М. Приемы санитарного изучения водоемов. М. «Медгиз». с. 137, 1960.
10. Коростелев П. П. Приготовление растворов для химико-аналитических работ. Изд. Академии наук. М. 1962.
11. Резников А. А., Муликовская Е. П., Соколов И. Ю. Методы анализа
12. природных вод. М. «Недра» , 1970
13. Лурье Ю.Ю. Унифицированные методы анализа вод. М. «Химия» с. 198, 1984
14. Фомин Г.С. Контроль химической, бактериальной и радиоационной безопасности по международным стандартам. энциклопедический справочник. М. выпуск 2, 2002.
15. Овчиников А.М. Минеральные воды. М. изд."Химия" 1973.