

ივანე ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის
სახელმწიფო უნივერსიტეტი

თინათინი ომსარაშვილი

მდინარე ვერეს მაკროკომპონენტური შედგენილობა

ფიზიკური და ანალიზური ქიმია

სამაგისტრო ნაშრომი შესრულებულია ქიმიის მაგისტრის

აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად

ხელმძღვანელი - ასისტ. პროფესორი ნინო თაყაიშვილი

ქიმიის დოქტორი ნუნუ ლაზარტყავა

თბილისი

2021

სარჩევი

I. ანოტაცია-----	3-4
II. შესავალი -----	5
III. ლიტერატურის მიმოხილვა	
3.1. ზედაპირული წყლების შემადგენელი მაკროკომპონენტები და მათი განსაზღვრის მეთოდები -----	6-15
3.2. ზედაპირულ წყლებში ბიოგენური ნივთიერებების და პერმანგანატული ჟანგვადობის განსაზღვრა-----	16-21
IV. ექსპერიმენტული ნაწილი	
4.1. გამოყენებული აპარატურა, მდინარე ვერეს სინჯები და განსაზღვრის მეთოდები	
4.1.1. გამოყენებული აპარატურა -----	22
4.1.2. მდინარე ვერეს ნიმუშები, მათი აღების ადგილები -----	23
4.1.3. ცალკეული განსაზღვრებისთვის გამოყენებული მეთოდები -----	24
V. მიღებული შედეგები და მათი განსჯა	
5.1. მდინარე ვერეს ქიმიური შედგენილობა-----	26-31
5.2. ბიოგენების შემცველობა და პერმანგანატული ჟანგვადობა მდინარე ვერესში-----	32
5.3. მდინარე ვერეს მიმდებარე ტერიტორიის ნიადაგების გამოკვლევა-----	33
VI. დასკვნები -----	34
VII. ლიტერატურა -----	35

I. ანოტაცია

ბუნებრივი წყლების მაკროკომპონენტურ შედგენილობას განსაზღვრავს მასში არსებული მთავარი იონების - ანიონების და კათიონების შემცველობა.

ჩვენს მიზანს შეადგენდა მდინარე ვერეს ჰიდროქიმიური გამოკვლევა, მისი ქიმიური შედგენილობის დადგენა. კერძოდ, მასში არსებული მაკროკომპონენტების (HCO_3^- , Cl^- , SO_4^{2-} , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+), ბიოგენების (NH_4^+ , NO_2^-), პერმანგანატული ჟანგვადობის განსაზღვრა, მდინარის მინერალიზაციის შეფასება და დაბინძურების ხარისხის დადგენა.

მდინარე ვერე მიეკუთვნება სულფატური კლასის, კალციუმის ჯგუფის მეორე ტიპის წყალს SII^{a} . იგი ხასიათდება მაღალი მინერალიზაციით 1198-1457 მგ/ლ.

მდინარე ვერეს ზოგიერთ სინჯში NH_4^+ -ის და NO_2^- -ის კონცენტრაცია მაღალია და აღემატება ზღვ-ს, მიზეზი - საყოფაცხოვრებო-კომუნალური წყლებია. NH_4^+ -ის შემცველობა მერყეობს 0.1-1.5 მგ/ლ-ის ფარგლებში, ხოლო NO_2^- -ის 0.01-0.5 მგ/ლ ზღვრებში. პერმანგანატული ჟანგვადობა ნორმის ფარგლებშია და 0.72-2.88 მგO/ლ ფარგლებში იცვლება.

Summary

Macro component composition of natural water is determined by its main ions – anion and cation composition.

Our purpose was hydrochemical investigation of the river Vere and determination of its chemical composition. In particular, determination of macro components (HCO_3^- , Cl^- , SO_4^{2-} , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+), biogenic compounds (NH_4^+ , NO_2^-), permanganate oxidation, estimation of mineralization and pollution level.

Water composition of the river Vere belongs to sulfate class, Calcium group, 2nd type - $\text{S}_{\text{II}}^{\text{Ca}}$. It is characterized by high mineralization with the range of 1198-1457 mg/L.

In some samples of the river Vere there is a higher concentration of NH_4^+ and NO_2^- ions than maximum allowable concentration. The reason is household-wastewater. NH_4^+ quantity varies between 0.1-0.15 mg/L, while NO_2^- is around 0.01-0.5 mg/L. Permanganate oxidation corresponds with its limits with the concentration of 0.72-2.88 mg O/L.

II. შესავალი

ზედაპირული წყლების (მდინარეები, ტბები, წყალსაცავები) მინერალიზაცია და ქიმიური შედგენილობა ფართო ზღვრებში იცვლება. გახსნილი ნივთიერებების რაოდენობის მიხედვით (მგ/ლ-ით) არჩევენ მცირე (< 200), საშუალო (200-500), ზომიერი (500-1000) და მაღალი (> 1000) მინერალიზაციის მქონე წყლებს.

მდინარეების ქიმიური შედგენილობის ფორმირების თავისებურებაა წყლის სწრაფი ცვლა და მისი კონტაქტი უკვე გამოფიტულ და გამორეცხილ ქანებთან.

საქართველოს ზედაპირული წყლების იონების ჯამის გაზრდით კარბონატული წყლები გადადიან კარბონატულ-სულფატურში და სულფატურში. სულფატური კლასის, შედარებით მინერალიზებული წყლები, დამახასიათებელია აღმოსავლეთ საქართველოს მშრალი კლიმატის ზონისათვის.

ზედაპირული წყლების ანთროპოგენური დაბინძურების ძირითადი მიზეზი საყოფაცხოვრებო-კომუნალური და სამრეწველო ჩამდინარე წყლებია. მათი გავლენა განსაკუთრებით მკვეთრად აისახება ტექნო-ურბანიზებული რაიონების პატარა მდინარეებზე როგორცაა მაგალითად მდინარე ვერე (თბილისი).

მდინარე ვერე აღმოსავლეთ საქართველოს მდინარეა, იგი სათავეს იღებს თრიალეთის ქედის აღმოსავლეთ კალთაზე, დიდგორის მთის მიდამოებში. მდინარე მტკვარს ერთვის ქალაქ თბილისის ფარგლებში მარჯვნიდან. სიგრძე 45 კმ, აუზის ფართობი 194 კმ². საზრდოობს თოვლის, წვიმისა და მიწისქვეშა წყლით. წყალდიდობა იცის გაზაფხულზე, წყალმცირობა — ზაფხულსა და ზამთარში. ახასიათებს პერიოდული წყალმოვარდნა. საშუალო წლიური ხარჯი 0,97 მ³/წმ.

ჩვენს მიზანს შეადგენდა მდინარე ვერეს ჰიდროქიმიური გამოკვლევა, მისი ქიმიური შედგენილობის დადგენა. კერძოდ, მასში არსებული მაკროკომპონენტების (HCO_3^- , Cl^- , SO_4^{2-} , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+), ბიოგენების (NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^-), პერმანგანატული ჟანგვადობის განსაზღვრა, მდინარის მინერალიზაციის შეფასება და დაბინძურების ხარისხის დადგენა.

III. ლიტერატურის მიმოხილვა

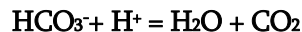
3.1. ზედაპირული წყლების შემადგენელი მაკროკომპონენტები და მათი განსაზღვრის მეთოდები

ზედაპირულ წყლებში შემავალი მაკროკომპონენტები იყოფა მთავარ ანიონებად (HCO_3^- , Cl^- , SO_4^{2-}) და მთავარ კათიონებად (Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+}). განვიხილოთ ზედაპირულ წყლებში მათი განაწილება და განსაზღვრის მეთოდები.

ანიონები

HCO_3^- განსაზღვრა

ბუნებრივ წყლებში HCO_3^- ისაზღვრება ნეიტრალიზაციის მეთოდით (აცდიმეტრულად) [1-4]. მეთოდს საფუძვლად უდევს შემდეგი რეაქცია:



გამოყოფილი CO_2 -ის გამო ეკვივალენტობის წერტილში ხსნარს სუსტი მჟავა რეაქცია აქვს (pH 4-5), ამიტომ მიზანშეწონილია ინდიკატორად მეთილნარინჯის ან მეთილწითელის გამოყენება.

გამოყენებული რეაქტივები:

- 0.1 ან 0.01 N HCl რომლის ტიტრი შემოწმებულია შესაბამისად 0.1 ან 0.01 N Na_2CO_3 -ის გამოყენებით.
- მეთილწითელის 1%-იანი სპიტრხსნარი ან მეთილნარინჯის 0.1%-იანი წყალხსნარი.

ანალიზის მსვლელობა:

10.0-25.0 მლ წყალს ათავსებენ კონუსისებრ კოლბაში, ამატებენ 2-3 წვეთ ინდიკატორს და ტიტრავენ HCl-ის ხსნარით ყვითელი ფერის ნარინჯისფერში გადასვლამდე.

შედეგების გაანგარიშება:

$$\text{HCO}_3^- \text{ მგ/ლ} = N \cdot V \cdot \Xi \cdot 1000 / a$$

სადაც, N- HCl-ის ნორმალობა;

V - გატიტრებაზე დახარჯული HCl -ის მოცულობა;

Ξ - HCO_3^- -ის ეკვივალენტი (61);

a - საანალიზოდ აღებული წყლის მოცულობა (ალიქვოტი).

Cl⁻ განსაზღვრა

Cl⁻ ბუნებრივი წყლების მუდმივი შემადგენელი კომპონენტია, რომლის კონცენტრაცია დიდ დიაპაზონში მერყეობს. როგორც სხვა იონის, ისე მისი შემცველობა წყალში იცვლება წყლის წარმოშობის მიხედვით. საქართველოსთვის ატმოსფერული ნალექები შეიცავს 1-3 მგ/ლ Cl⁻-ს, მდინარეები და ზედაპირული წყლები 5-10 მგ/ლ, მიწისქვეშა წყლები და მარილიანი ტბები 100 - ბით მგ/ლ [5, 8]. დიაპაზონი ცვალებადობის ძალიან დიდია. ზღვები და ოკეანეები გ/ლ Cl⁻-ს შეიცავს. შეიმჩნევა ერთი საინტერესო კანონზომიერება, რაც უფრო მარილიანია წყალი მით მეტია Cl⁻ ხვედრითი წილი ანიონებში.

განსაზღვრის მეთოდები

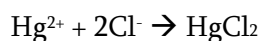
თავდაპირველად Cl⁻ ბუნებრივ წყლებში ისაზღვრებოდა გრავიმეტრული მეთოდით AgCl-ის სახით. მეთოდი ხანგრძლივი და დაბალმგრძობიარეა [3].

ჩვეულებრივ Cl⁻ განსაზღვრისათვის იყენებენ მოცულობით მეთოდებს. ტიტრანტებად გამოყენებულია AgNO₃ ან Hg(NO₃)₂.

ჰიდროქიმიამი AgNO₃-ით Cl⁻ განსაზღვრის რამდენიმე ვარიანტია გამოყენებული, იმის მიხედვით, თუ რომელი ინდიკატორი და გატიტვრის რა წესი გვექნება არჩეული.

დღეისათვის უფრო მოხერხებულად ითვლება Cl⁻ განსაზღვრა მერკურიმეტრული მეთოდით [1-4]. ვერცხლისწყლის (II) ხსნადი მარილების უმეტესობა კომპლექსური ბუნებისაა და არ არის დისოცირებული. გამონაკლისია მხოლოდ ნიტრატები და პერქლორატები. მათი ანომალური თვისება უდევს საფუძვლად მერკურიმეტრიას. მერკურიმეტრიაში სამუშაო ხსნარად გამოყენებულია Hg(NO₃)₂, რომელიც უფრო ხელმისაწვდომია, ვიდრე Hg(ClO₄)₂.

სუსტ აზოტმჟავა არეში Hg²⁺ Cl⁻-თან წარმოქმნის არადისოცირებულ HgCl₂-ს (უმდგადობის მუდმივას მაჩვენებელი 14).



მერკურიმეტრული მეთოდი გამოყენებულია ბუნებრივ და ჩამდინარე წყლებში, ნიადაგის ხსნარებში, ბიოგენური ნივთიერებების დანაცრების პროდუქტებში და სხვა ობიექტებში ქლორიდ-იონის განსაზღვრავად. ინდიკატორად გამოყენებულია

დიფენილკარბაზონი, რომელიც საშუალებას იძლევა 0.1 – 0.001 N Hg(NO₃)₂ ხსნარებით ვიმუშაოთ.

დიფენილკარბაზონატის წარმოქმნის რეაქცია დამოკიდებულია ხსნარის pH-ზე. ეკვივალენტობის წერტილის ზუსტად ფიქსირებისათვის რეკომენდირებულია ოპტიმალური pH-ის 2.5 - 3.0 - მდე დაცვა. უფრო დაბალ pH-ზე მიიღება გადიდებული, ხოლო pH > 4-ზე - შემცირებული შედეგები. სათანადო მჟავიანობას ქმნიან განზავებული HNO₃-ით და გარე (უნივერსალური ინდიკატორის ქაღალდი) ან შიდა (მაგ. ბრომფენოლლურჯი ან β - დინიტროფენოლი) ინდიკატორის საშუალებით მიიღწევა სათანადო pH.

ბუნებრივ ობიექტებში ქლორიდ-იონის განსაზღვრის მერკურიმეტრული მეთოდი პრაქტიკულად სპეციფიურია. ხელის შემშლელი ანიონებიდან ბუნებრივ ობიექტებში CN⁻ და SCN⁻ არსებობა გამორიცხებულია, Br⁻ და I⁻-ის კონცენტრაციები კი 100-ჯერ და 1000-ჯერ ნაკლებია Cl⁻-ის შემცველობაზე.

გამოყენებული რეაქტივები :

- Hg(NO₃)₂-ის 0.1 N ხსნარი. 8.5 გ Hg(NO₃)₂·0.5H₂O-ს ხსნიან 100-150 მლ გამოხდილ წყალში, რომელსაც დამატებული აქვს ერთი მლ კონცენტრირებული HNO₃ და ავსებენ 0,5 ლ-მდე. ხსნარის ზუსტ კონცენტრაციას ადგენენ NaCl-ის სტანდარტული ან HCl-ის სამუშაო ხსნარით. ძირითადი სამუშაო ხსნარის 10-ჯერადი განზავებით ამზადებენ Hg(NO₃)₂-ის 0.01 N სამუშაო ხსნარს;
- დიფენილკარბაზონის 1%-იანი სპირტხსნარი;
- განზავებული HNO₃.

ანალიზის მსვლელობა :

10.0 - 25.0 მლ საანალიზო წყალს ათავსებენ კონუსისებრ კოლბაში, ამჟავებენ HNO₃-ის განზავებული ხსნარით pH 2.5-3.0 -მდე (სინჯი უნივერსალური ინდიკატორის ქაღალდით), ამატებენ 2-3 წვეთ ინდიკატორ დიფენილკარბაზონის სპირტხსნარს და ტიტრავენ 0.01 N Hg(NO₃)₂ - ის ხსნარით სუსტი ყვითელი ფერის იისფერში გადასვლამდე.

შედეგების გაანგარიშება :

$$Cl- \text{ მგ/ლ} = N \cdot V \cdot \vartheta \cdot 1000 / a$$

სადაც, $N-Hg(NO_3)_2$ -ის ნორმალობაა;

V - გატიტვრაზე დახარჯული $Hg(NO_3)_2$ -ის მოცულობა;

ჰ – Cl-ის ეკვივალენტი (35.5);

a - საანალიზოდ აღებული წყლის მოცულობა (ალიქვოტი).

თუ საანალიზო სინჯში Cl-ის შემცველობა 3-5 მგ/ლ-ზე ნაკლებია, საჭირო ხდება მისი კონცენტრირება აორთქლებით K_2CO_3 -ის თანაობისას და კონცენტრატის გასატიტრად მიკრობიურეტის გამოყენება.

მცირე რაოდენობა Cl- განსაზღვრისათვის იშვიათად, მაგრამ მაინც იყენებენ ტურბიდიმეტრულ მეთოდს. მეთოდი დაფუძნებულია HNO_3 -ის არეში AgCl სუსპენზიის მიღებაზე.

SO_4^{2-} განსაზღვრა

სულფატ-იონი ბუნებრივი წყლების ერთ-ერთი მთავარი ანიონია, რომელიც ო. ალექსინის კლასიფიკაციით განსაზღვრავს წყლის ტიპს. მიუხედავად იმისა, რომ SO_4^{2-} არ მიეკუთვნება ტოქსიკურ ნივთიერებათა ჯგუფს, მისი შემცველობა სასმელ წყლებში მაინც ნორმირებულია. ჯანმრთელობის დაცვის საერთაშორისო ორგანიზაციის რეკომენდაციით დასაშვებია 250 მგ/ლ-მდე SO_4^{2-} . რუსეთში და საქართველოში მოქმედი სტანდარტით მისაღებია 500 მგ/ლ-მდე SO_4^{2-} .

საქართველოს ატმოსფერულ ნალექებში SO_4^{2-} -ის საშუალო შემცველობა 1.8-7.1 მგ/ლ ფარგლებში მერყეობს. ცალკეულ სინჯებში (თბილისი, რუსთავი) მისი კონცენტრაცია n.10 მგ/ლ-ს აღწევს [5, 8] .

საქართველოს ზედაპირულ წყლებში (მდინარეები, წყალსაცავები, მტკნარი ტბები) SO_4^{2-} -ის საშუალო შემცველობა 2-340 მგ/ლ ფარგლებში იცვლება, თუმცა 75% შემთხვევაში < 30 მგ/ლ-ზე. ამასთან აღმოსავლეთ საქართველოს მდინარეებში სულფატების შემცველობა რამდენადმე მეტია (ალგეთა, ვერე, მტკვრის ქვემო დინება), ვიდრე დასავლეთ საქართველოს მდინარეებში. ეს გამოწვეულია მშრალი კლიმატით, გათაბაშირებული ქანების გავრცელებით და აგრეთვე მძლავრი ანთროპოგენური ფაქტორების გავლენით [5, 8, 9] .

SO₄²⁻-ის მაღალი შემცველობით - ასეული და ათასეული მგ/ლ, გამოირჩევა მარილიანი ტბები.

განსაზღვრის მეთოდები

სულფატების განსაზღვრა ერთ-ერთი პრობლემატური საკითხია ჰიდროქიმიაში. ამიტომაც, რომ არც ერთი იონის განსაზღვრის შესახებ არ არის გამოქვეყნებული იმდენი მეთოდი რამდენიც SO₄²⁻-ის შესახებ. განვიხილოთ ზოგიერთი მათგანი. უძველესი და დღემდე შემორჩენილია გრავიმეტრული განსაზღვრა. მეთოდი დაფუძნებულია მჟავა არეში სულფატების გამოყოფაზე BaSO₄-ის ნალექის სახით, რომელსაც ფილტრავენ, რეცხავენ, გააშრობენ ან გაახურებენ მასის მუდმივ მნიშვნელობამდე. მეთოდი პრაქტიკულად სპეციფიური, ზუსტი, ხელმისაწვდომი, მაგრამ დაბალმგრძობიარე, ხანგრძლივი და შრომატევადია. თუ SO₄²⁻-ის შემცველობა < 10-20 მგ/ლ-ზე აუცილებელია წინასწარი კონცენტრირება, რაც კიდევ უფრო ახანგრძლივებს ანალიზის მსვლელობას.

ბუნებრივ წყლებში სულფატების განსაზღვრის მეთოდების დიდ ჯგუფს შეადგენს მოცულობითი მეთოდები, რომლებიც გრავიმეტრულთან შედარებით სწრაფია [1-3].

ბუნებრივ წყლებში სულფატების განსაზღვრისათვის გამოიყენება აგრეთვე ანალიზის ინსტრუმენტული მეთოდები: პირდაპირი და არაპირდაპირი ფოტომეტრული განსაზღვრა, პოტენციომეტრული მეთოდი იონსელექტიური ელექტროდების გამოყენებით, იონქრომატოგრაფია, რომელიც დაფუძნებულია ანიონების ქრომატოგრაფულ დაყოფაზე და ელუენტებში მათი კონცენტრაციის კონდუქტომეტრულ განსაზღვრაზე. მეთოდი სპეციფიური და მგრძობიარეა (ისაზღვრება > 0.01 მგ/ლ SO₄²⁻), მაგრამ მის პრაქტიკაში გამოყენებას აძნელებს აპარატურის სიძვირე და ანალიზის შედარებითი ხანგრძლივობა.

გარდა ჩამოთვლილი მეთოდებისა ცალკეულ შემთხვევებში, წყლებში სულფატების განსაზღვრისათვის მოწოდებულია არაპირდაპირი ფიზიკური მეთოდებიც: ემისიურ-სპექტრული (ალის ფოტომეტრია) და ატომურ-აბსორბციული.

დღეისათვის სულფატების განსაზღვრისათვის ხელმისაწვდომი მეთოდია ტურბიდიმეტრია. მეთოდი სწრაფი და მგრძობიარეა, მაგრამ როგორც ყველა ტურბიდიმეტრული განსაზღვრა საჭიროებს დიდ ყურადღებას. შეცდომის მთავარი მიზეზი შეიძლება იყოს წარმოქმნილი BaSO₄-ის სუსპენზიის მარცვლების განსხვავებული ზომები. ეს კი

თავისთავად დამოკიდებულია სუსპენზიის მიღების პირობებზე. ნაწილაკთა ზომაზე და სუსპენზიის ოპტიკურ თვისებებზე მოქმედებს : ნალექწარმომქმნელი იონების კონცენტრაცია, რეაგენტების შერევის რიგი და სიჩქარე, გამხსნელის გვარობა, დრო, რომელიც საჭიროა მაქსიმალური სიმღვრივის მისაღებად, სუსპენზიის სტაბილურობა დროში, გარეშე ელექტროლიტების და არაელექტროლიტების თანაობა, ტემპერატურა, დამცველი კოლოიდების სიჭარბე. BaSO_4 -ის სუსპენზიის მდგრადობაზე და ოპტიკურ თვისებებზე გავლენას ახდენს აგრეთვე ხსნარის pH.

მიუხედავად აღნიშნული სირთულეებისა SO_4^{2-} -ის განსაზღვრის ტურბიდიმეტრული მეთოდი სიმარტივის და სისწრაფის გამო გამოყენებულია ჰიდროქიმურ პრაქტიკაში. საიმედო, მეტროლოგიურად გამართული შედეგების მისაღებად აუცილებელია ანალიზის პირობების შერჩევა და მკაცრი დაცვა [7].

BaSO_4 -ის სუსპენზიის მისაღებად გამოიყენება BaCl_2 -ის შემცველი დამლექავი რეაგენტი. სუსპენზიის ოპტიკური სიმკვრივე იზომება ფოტომეტრით (ტალღის სიგრძე $\lambda=400$ ნმ, კიუვეტის ფენის სისქე $l=20$ მმ).

გამოყენებული რეაქტივები :

- დამლექავი რეაგენტი, რომლის შედგენილობაშიც შედის 5 % -იანი ბარიუმის ქლორიდი, ეთილენგლიკოლი და 96 % - იანი ეთანოლი მოცულობითი თანაფარდობით 1 : 3 : 3. ნარევის pH განზავებული HCl-ით მიყვანილია 2.5-3 მდე;
- K_2SO_4 -ის სტანდარტული ხსნარი ($T \text{SO}_4^{2-} = 100$ მკგ/მლ);
- განზავებული HCl-ის ხსნარი

ანალიზის მსვლელობა :

საანალიზოდ იღებენ 5.0 მლ სინჯს (თუ საანალიზო სინჯში SO_4^{2-} -ის კონცენტრაცია 40-50 მგ/ლ-ს აღემატება იღებენ 1-2 მლ ხსნარს და ავსებენ 5.0 მლ-მდე გამოხდილი წყლით), გადააქვთ 12-15 მლ ტევადობის სინჯარაში, ამჟავებენ განზ. HCl-ის ხსნარით, ამატებენ 5.0 მლ დამლექავ რეაგენტს, ურევნ ბურთულიანი წკირით, 3-5 წთ-ის შემდეგ გადააქვთ კიუვეტაში ($l = 20$ მმ) და ფოტო-ელექტრო-კოლორიმეტრზე ზომავენ სუსპენზიის ოპტიკურ სიმკვრივეს ($\lambda = 400$ ნმ). შედეგებს აითვლიან საკალიბრო გრაფიკზე.

საკალიბრო გრაფიკის აგება:

12-15 მლ ტევადობის სინჯარებში ათავსებენ K_2SO_4 -ის სტანდარტული ხსნარის მზარდ მოცულობებს : 0.0; 0.3; 0.5; 1.0; 2.0 მლ. ყველა მათგანს 5.0 მლ-მდე ავსებენ გამოხდილი წყლით, ამატებენ 5.0 მლ დამლექავ რეაგენტს, ურევენ ბურთულიანი წკირით, 3-5 წთ-ის შემდეგ გადააქვთ კიუვეტაში ($l = 20$ მმ) და ფოტო-ელექტრო-კოლორიმეტრზე ზომავენ სუსპენზიის ოპტიკურ სიმკვრივეს ($\lambda = 400$ ნმ).

კათიონები

Na⁺-ის განსაზღვრა

ნატრიუმის იონი წყლების ძირითადი შემადგენელია. ატმოსფერულ ნალექებში 1-3 მგ/ლ ფარგლებშია, მდინარეებში $n \cdot 10$ მგ/ლ, ტბები და ოკეანეები $n \cdot 100 - n \cdot 1000$ მგ/ლ Na⁺-ს შეიცავენ. ქიმიური მეთოდები ემყარება მის დალექვას ნატრიუმ-თუთია ურანილ აცეტატის სახით - $NaZn(UO_2)_3(CH_3COO)_9$. ნალექი საკმაოდ ხსნადია, ამიტომ სრული დალექვის მისაღწევად საჭიროა რეაგენტის სიჭარბე, ორგანული რეაგენტების გამოყენება და გაციება. ნალექს რეცხავენ თუთია ურანილ აცეტატის გაჯერებული, გაციებული ხსნარით. ამის შემდეგ განსაზღვრა მთავრდება გრავიმეტრულად, ან მოცულობითი მეთოდით. ამ უკანასკნელის გამოყენების შემთხვევაში ნალექს ხსნიან განზავებულ მჟავაში, უმატებენ მცირე რაოდენობით Na_2CO_3 -ს, ურანილი იბოჭება კომპლექსის სახით და Zn იტიტრება კომპლექსონომეტრულად. შედეგებს გადაითვლიან ნატრიუმზე (მოლი-მოლზე მოდის). მეთოდი საიმედოა, მაგრამ დალექვის პროცესი შრომატევადია [1, 2] .

პრაქტიკაში ფართოდ არის დანერგილი Na⁺-ის გაანგარიშების მეთოდი ანიონებისა და კათიონების ეკვივალენტების ჯამიდან. მაგრამ ამ შემთხვევაში ვანგარიშობთ არა Na⁺, არამედ Na⁺+K⁺. ვარაუდობენ, რომ Na⁺- ის და K⁺-ის თანაფარდობა წყალში არის 3:1 ან 4:1. ამ მეთოდის ნაკლია ის, რომ თუ რომელიმე იონის განსაზღვრისას დაშვებულია შეცდომა, ეს აისახება Na⁺-ის გათვლის შედეგშიც [1-3] .

მაგალითად, Na⁺ მგ/ლ = [($\Sigma Cl^- + \Sigma SO_4^{2-} + \Sigma HCO_3^-$) - ($\Sigma Ca^{2+} + \Sigma Mg^{2+}$)] 23

სადაც, 23 Na⁺-ის ეკვივალენტია.

დღეისათვის Na^+ -ის განსაზღვრის ორი მეთოდია პრაქტიკაში გამოყენებული. ეს არის ალის ფოტომეტრია და იონმეტრია. იონმეტრია საკმაოდ სწრაფია. გამოყენებულია ნატრიუმის სელექტიური ელექტროდი და განსაზღვრის ტექნიკა pH-ის განსაზღვრის ანალოგიურია, მაგრამ მეთოდის ნაკლია შედარებით დაბალმგრძობიარობა.

ბუნებრივ და ჩამდინარე წყლებში Na^+ -ის განსაზღვრის მგრძობიარე მეთოდია ალის ფოტომეტრია. მეთოდი სპეციფიურია, ზემგრძობიარეა, ვინაიდან 10^{-2} - 10^{-3} მკგ/მლ ფარგლებში ისაზღვრება Na^+ , სწრაფია და ზუსტი. განსაზღვრის ტექნიკა აღწერილია სათანადო ხელსაწყო ინსტრუქციაში.

წყლებში Na^+ -ის განსაზღვრისათვის გამოიყენება აგრეთვე ატომურ-აბსორბციული მეთოდიც [4].

Ca^{2+} და Mg^{2+} -ის განსაზღვრა

ბუნებრივ წყლებში Ca^{2+} და Mg^{2+} ისაზღვრება კომპლექსონომეტრული მეთოდით. წყლის ერთ სინჯში საზღვრავენ Ca^{2+} და Mg^{2+} -ის ჯამურ შემცველობას, მეორეში - Ca^{2+} - ს. სხვაობით ითვლიან Mg^{2+} -ის რაოდენობას. ტიტრანტებად გამოყენებულია ეთილენდიამინტეტრაამდარმეავა (EDTA, კომპლექსონ II) ან მისი ორჩანაცვლებული ნატრიუმის მარილი (TB, კომპლექსონ III). აღნიშნული ნივთიერებები Ca^{2+} და Mg^{2+} - თან ტუტე არეში წარმოქმნის მდგრად, წყალში ხსნად კომპლექსებს. ინდიკატორების (ერიოქრომ შავი, მურექსიდი და სხვა) თანაობისას ეკვივალენტობის წერტილის დადგენა ადვილია [7,8] .

თუ საანალიზო წყალი შეიცავს მძიმე ლითონებს (Cu^{2+} , Zn^{2+} და სხვა), საჭიროა მათი მოცილება, შენიღბვა ტრიეთანოლამინით ან სხვა სუსტი კომპლექწარმომქმნელით.

Ca^{2+} და Mg^{2+} -ის ჯამურ შემცველობით შესაძლოა წყლის საერთო სიხისტის დადგენა. სიხისტე - სასმელად და ტექნიკური მიზნებისათვის განკუთვნილი წყლის ხარისხის მნიშვნელოვანი მახასიათებელია. არსებული ნორმატივებით სასმელი წყლის საერთო სიხისტე არ უნდა აღემატებოდეს 7 მგ-ეკვ/ლ.

ამრიგად, კომპლექსონმეტრული მეთოდით წყლის საერთო სიხისტის დასადგენად ისაზღვრება Ca^{2+} და Mg^{2+} -ის საერთო შემცველობა და გატიტვრაზე დახარჯული $\text{Na}_2\text{H}_2\text{Y}$ -ის მოცულობით (V_1) ანგარიშობენ საერთო სიხისტეს:

$$\text{საერთო სიხისტე} = N \cdot V_1 \cdot 1000 / a \text{ მგ-ეკვ/ლ}$$

სადაც, N და V_1 $\text{Na}_2\text{H}_2\text{Y}$ -ის ნორმალობა და მოცულობაა, a - საანალიზოდ აღებული წყლის მოცულობა მლ-ში.

Ca^{2+} და Mg^{2+} -ის ჯამური შემცველობის განსაზღვრა

გამოყენებული რეაქტივები:

- 0.1N ან 0.01 N TB (კომპლექსონ III) ხსნარი;
- ამიაკური ბუფერი ($\text{NH}_4\text{OH} + \text{NH}_4\text{Cl}$, pH=10.5)
50 გ სუფთა NH_4Cl -ს ხსნიან გამოხდილ წყალში, უმატებენ 250 მლ 20%-იან NH_4OH -ს და ავსებენ გამოხდილი წყლით 1 ლ-მდე.
- ინდიკატორი ერიოქრომშავი (ფხვნილის ან უკეთეს შემთხვევაში ხსნარის სახით).

ანალიზის მსვლელობა:

10.0 - 25.0 მლ საანალიზო წყალს უმატებენ 4-5 მლ ამიაკურ ბუფერს, ინდიკატორ ერიოქრომშავს და ტიტრავენ TB-ს ხსნარით ვარდისფერის ლურჯ-ცისფერში გადასვლამდე. TB-ს დახარჯულ მოცულობას აღნიშნავენ V_1 -ით.

Ca^{2+} -ის განსაზღვრა

კალციუმი ბუნებრივი წყლების მუდმივი შემადგენელი კომპონენტია.

ჰიდროკარბონატულ მინერალურ წყლებში Ca^{2+} -ის განსაზღვრის გართულების მიზეზი შეიძლება გახდეს CaCO_3 -ის გამოლექვა სინჯში NaOH -ის დამატების შემდეგ. ჰიდროკარბონატ-იონის გავლენა შეიძლება ავიცილოთ HCl -ით მისი წინასწარი განეიტრალებით [7, 8].

გამოყენებული რეაქტივები:

- 0.1N ან 0.01 N TB (კომპლექსონ III) ხსნარი;

- 2N NaOH-ის ხსნარი;
- ინდიკატორი მურექსიდი (მყარი ან სუსპენზია ეთილენგლიკოლში).

ანალიზის მსვლელობა:

10.0 - 25.0 მლ საანალიზო წყალს უმატებენ 2 მლ 2N NaOH-ს, ინდიკატორ მურექსიდს და ტიტრავენ TB-ს ხსნარით ვარდისფერის იისფერში გადასვლამდე. TB-ს დახარჯულ მოცულობას აღნიშნავენ V_2 -ით.

შედეგების გაანგარიშება:

$$\text{Ca}^{2+} \text{ მგ/ლ} = N \cdot V_2 \cdot \Xi \cdot 1000 / a$$

$$\text{Mg}^{2+} \text{ მგ/ლ} = N (V_1 - V_2) \cdot \Xi \cdot 1000 / a$$

სადაც, V_1 და V_2 - გატიტრებულ დახარჯული კომპლექსონის მოცულობებია;

N - კომპლექსონის ნორმალობაა;

Ξ - ეკვივალენტური მასა (Ca^{2+} -20.0 და Mg^{2+} -12.16);

a - საანალიზოდ აღებული წყლის მოცულობა (ალიკვოტი).

3.2. ზედაპირულ წყლებში ბიოგენური ნივთიერებების და პერმანგანატული ჟანგვადობის განსაზღვრა

ამონიუმ-იონის ფოტომეტრული განსაზღვრა

ზედაპირულ წყლებში ამონიუმის იონის განსაზღვრისთვის გამოიყენება ნესლერის რეაქტივი (K_2HgI_4 -ის ტუტე ხსნარი), რომელიც 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 [7, 8].

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

გამოყენებული რეაგენტები

1. ნესლერის რეაქტივი
2. NH_4Cl -ის ძირითადი სტანდარტი (ტიტრი 0,100 მგ/მლ NH_4^+). 0.2965 გ ექსიკატორში გამომშრალ NH_4Cl -ს ხსნიან 50 – 100 მლ გამოხდილ წყალში და მიღებული ხსნარის მოცულობა საზომ კოლბაში მიჰყავთ ერთ ლიტრამდე. სამუშაო სტანდარტულ ხსნარს (ტიტრი 10 მკგ/მლ 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, უმატებენ 1 მლ სეგნეტის მარილის ხსნარს, 0,5 მლ ნესლერის რეაქტივს და 5-10 წუთის შემდეგ ზომავენ ხსნარის ოპტიკურ სიმკვრივეს (ლურჯი შუქვილტრი, λ 400-430 ნმ, კიუვეტის $l = 20$ მმ). ანალიზის შედეგებს აითვლიან საკალიბრო გრაფიკზე.

ამონიუმის იონის განსაზღვრისათვის ანალიზურ ქიმიის 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 შეაქვთ 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 ავსებენ 25,0 მლ-მდე. შემდეგ სამუშაოს აგრძელებენ ზემოთ აღწერილი მეთოდიკის შესაბამისად.

ნიტრიტ-იონის ფოტომეტრული განსაზღვრა გრისის რეაქტივით

ზედაპირულ წყლებში ნიტრიტ-იონის ფოტომეტრული განსაზღვრა გრისის რეაქტივით დაფუძნებულია მჟავა არეში სულფანილის მჟავას, ნიტრიტ-იონისა და ალფა-ნაფთილამინის ურთიერთქმედების შედეგად მოწითალო-იისფერი აზოსაღებავის წარმოქმნაზე. მეთოდი საშუალებას იძლევა კოლორიმეტრულად ან ფოტომეტრულად განისაზღვროს $> 0,05-0,1$ მკგ ნიტრიტ-იონი (λ_{max} 520 - 530 ნმ). მორეაგირე კომპონენტებს შორის რეაქცია ნელა მიმდინარეობს, ამიტომ რეაგენტის დამატების შემდეგ ხსნარს აყოვნებენ მცირე ხნით, ანდა ათავსებენ 70 – 80 °C მქონე წყლის აბაზანაში. აზონაერთის წარმოქმნისათვის ოპტიმალურია 2 – 2,5 pH [7, 8].

გამოყენებული რეაგენტები

1. გრისის რეაქტივის (მყარი ნარევი) 1 % წყალხსნარი
2. NaNO_2 -ის ძირითადი სტანდარტული ხსნარი (ტიტრი 10 მკგ/მლ NO_2^-). 0,1497 გ თერმოსტატში 105-110 °C გამომშრალ NaNO_2 ხსნიან 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 NO_2^-).
3. 1:1 HCl

ანალიზის მსვლელობა. საანალიზო ხსნარს, რომელშიც NO_2^- შემცველობა არ უნდა აღემატებოდეს 1–1,5 მკგ, ათავსებენ 25,0 მლ საზომ კოლბაში, გამოხდილი წყლით ავსებენ

დაახლოებით 20 მლ-მდე, ურევენ და რამდენიმე წვეთი განზავებული მარილმჟავით pH მიჰყავთ 2 – 2,5-მდე (სინჯი უნივერსალური ინდიკატორიანი ქაღალდით). 1,0 მლ რეაგენტის დამატების შემდეგ გამოხდილი წყლით ხსნარის მოცულობა მიჰყავთ 25,0 მლ-მდე, ურევენ, აყოვნებენ 20 – 25 წუთი, ანდა 5 – 10 წუთით ათავსებენ 70 – 80 °C 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 შეაქვთ 0; 0,1; 0,3; 0,5; 1,0 და 2,0 მლ სამუშაო სტანდარტული ხსნარი, უმატებენ 20 მლ-მდე გამოხდილ წყალს და სამუშაოს აგრძელებენ ზემოთ აღწერილი მეთოდიკის შესაბამისად.

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

ნიტრატ-იონის ფოტომეტრული განსაზღვრა

ნატრიუმის სალიცილატით

ზედაპირულ წყლებში 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 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 Ag_2SO_4 -ით. ნიტრიტების მოსაცილებლად საანალიზო სინჯს აშრობენ ამონიუმის სულფატის თანაობისას [7].

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 NO_3^-). 0,1631 გ თერმოსტატში 105 °C გამომშრალ 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 NO_3^-).

ანალიზის მსვლელობა. 10,0 მლ საანალიზო სინჯს ათავსებენ ფაიფურის ჯამში, უმატებენ 1,0 მლ ნატრიუმის სალიცილატის ხსნარს და აშრობენ წყლის აბაზანაზე. მშრალ ნაშთს შეასველებენ ერთი მლ გოგირდმჟავით, 10 წუთის შემდეგ ფრთხილად უმატებენ 20 – 25 მლ გამოხდილ წყალს და 7 მლ ნატრიუმის ტუტის ხსნარს. გაციების შემდეგ ხსნარი გადააქვთ 50,0 მლ საზომ კოლბაში და ჯამის ნარეცხი წყლით შეავსებენ 50,0 მლ-მდე. ხსნარის ოპტიკურ სიმკვრივეს ზომავენ ლურჯი შუქფილტრის გამოყენებით (λ 400 - 410 ნმ) 20 მმ ფენის სისქის მქონე კიუვეტებში.

საკალიბრო გრაფიკი. ფაიფურის ჯამებში შეაქვთ 0, 0,3, 0,5, 1,0, 1,5 და 2,0 მლ სამუშაო ხსნარი, უმატებენ 10 – 10 მლ გამოხდილ წყალს, 1,0 - 1,0 მლ ნატრიუმის სალიცილატის ხსნარს და სამუშაოს აგრძელებენ ანალიზის მსვლელობაში აღწერილი მეთოდის მიხედვით. სასურველია საკონტროლო განსაზღვრის ჩატარებაც. მიღებული მონაცემებით აგებენ საკალიბრო გრაფიკს.

ზედაპირულ წყლებში ორგანული ნივთიერებების საერთო შემცველობის შეფასების და განსაზღვრის მეთოდები

ბუნებრივ წყლებში გახსნილი ორგანული ნივთიერებების სპექტრი რთულია. ნაერთთა ცალკეული კლასების, მით უმეტეს ინდივიდუალური ორგანული ნივთიერებების, შემცველობის განსაზღვრა რთული და შრომატევადი სამუშაოა [1]. ამიტომ წყლებში გახსნილი ორგანული ნივთიერებების საერთო შემცველობის შეფასების მიზნით გამოყენებულია სხვა პარამეტრები. ბუნებრივ წყლებში ორგანული ნივთიერებების ჯამური შემცველობის შეფასება შეიძლება მათი შეფერილობის, ან გახსნილი ჟანგბადის კონცენტრაციის მიხედვით [10-12].

ბუნებრივ წყლებში გახსნილი ორგანული ნივთიერებებიდან შეფერილია ჰუმუსის მჟავები, რომელთა კონცენტრაცია წყლებში რამდენიმე მგ/ლ-დან ათობითმგ/ლ ფარგლებში მერყეობს [8]. ამიტომ მჭიდრო კავშირი წყლის შეფერილობასა და ჟანგვადობას შორის ბუნებრივია.

ბუნებრივი წყლების ერთ-ერთი ეკოქიმიური მახასიათებელია გახსნილი ჟანგბადის კონცენტრაცია [1,2]. სუფთა წყლებში მისი შემცველობა 8-14 მგ/ლ ფარგლებშია [2]. წყლის ორგანული ნივთიერებებით დაბინძურების ხარისხის მატებასთან ერთად, ჟანგვით პროცესებში აქტიური მონაწილეობის გამო, გახსნილი ჟანგბადის კონცენტრაცია მკვეთრად კლებულობს [1].

ბუნებრივ და ჩამდინარე წყლებში ორგანული ნივთიერებების საერთო შემცველობის რაოდენობრივი შეფასების მიზნით ჰიდროქიმიურ ანალიზში მიღებულია მათი პერმანგანატულიანბიქრომატული ჟანგვადობის განსაზღვრა.

წყლის პერმანგანატული ჟანგვადობის განსაზღვრის კუბელის მეთოდი დაფუძნებულია გახსნილი ორგანული ნივთიერებების დაჟანგვაზე კალიუმის პერმანგანატით გოგირდმჟავა არეში და რეაქციაში შეუსვლელი რეაგენტის უკუგატიტვრაზე [1-3, 10,12].

100 მლ წყალს, რომლის ჟანგვადობა არ უნდა აღემატებოდეს 10 მგ/ლ, უმატებენ 10,0 მლ 0,01 N $KMnO_4$ -ის ხსნარს, 5 მლ 1:3 განზავებულ გოგირდმჟავას, აცხელებენ ელექტროქურაზე და ადუღებენ 10 წუთს. თუ პერმანგანატი საკმარისი აღმოჩნდება გახსნილი ორგანული ნაერთების დასაჟანგად (ხსნარმა დუღილის შემდეგ შეინარჩუნა ვარდისფერი) ცხლადვე უმატებენ 10,0 მლ 0,01 N $H_2C_2O_4$, რომლის სიჭარბეს უკუტიტრავენ 0,01 N $KMnO_4$ [10,12]. თუ წყლის ჟანგვადობა სავარაუდოზე მეტი აღმოჩნდება, საანალიზოდ თავიდან იღებენ წყლის ნაკლებ მოცულობას, რომელსაც 100 მლ-მდე ავსებენ ორჯერ გამოხდილი წყლით. როგორც წესი წყლის ჟანგვადობას საზღვრავენ ახლად აღებულ სინჯში, ანდა ახდენენ მის კონსერვირებას გოგირდმჟავით.

ჟანგვადობის განსაზღვრის კუბელის მეთოდი არ არის სპეციფიური. განსაზღვრას ხელს უშლიან დიდი რაოდენობა ქლორიდები და ადვილად ჟანგვადი კომპონენტები (Fe^{2+} , NO_2 და H_2S) [1-3]. თუ წყალში ქლორიდის კონცენტრაცია აღემატება 300 მგ/ლ, სინჯს უმატებენ ვერცხლისწყლის (II) სულფატს, ანდა ჟანგვადობას საზღვრავავენ ტუტე გარემოში [12]. სხვა ხელისშემშლელი კომპონენტების გავლენის ასაცილებლად, მათ შემცველობას წინასწარ ადგენენ და ანალიზის შედეგში შეაქვთ სათანადო შესწორება, ან მათ წინასწარ ჟანგავენ ცივად 0,01 N პერმანგანატის ხსნარით. მოდელოურ ხსნარებზე ჩატარებულმა გამოკვლევებმა აჩვენა, რომ

ჟანგვადობის განსაზღვრის პერმანგანატული მეთოდებით რეკომენდებულ პირობებში გახსნილი ორგანული ნივთიერებების დაჟანგვის სისრულე არ აღემატება 60 % [12].

საანალიზო სინჯში ქლორიდების მაღალი შემცველობის შემთხვევაში (> 300 მგ/ლ) პერმანგანატულ ჟანგვადობას საზღვრავენ ტუტე გარემოში [11,12]. მჟავა არისაგან განსხვავებით, ტუტე არეში პერმანგანატის ჟანგვის ნორმალური პოტენციალი დაბალია (1,51 და 0,60 v შესაბამისად [3]) და ქლორიდ იონი პერმანგანატით არ იჟანგება.

ორგანული ნივთიერებებით დაბინძურებული სინჯების (ჭაობის და ჩამდინარე წყლები) უპირატესობით სარგებლობს ჟანგვადობის განსაზღვრის ბიქრომატული მეთოდი [8]. პერმანგანატული მეთოდისაგან განსხვავებით, ბიქრომატული მეთოდის გამოყენების შემთხვევაში, წყალში გახსნილი ორგანული ნივთიერების 95-97 % იჟანგება. ორგანული ნაერთების პრაქტიკულად სრული დაჟანგვა განპირობებულია საანალიზო სინჯის მცირე მოცულობით (2-10 მლ) და კალიუმის ბიქრომატის მაღალი კონცენტრაციით (0,25-0,40 N).

ანალიზურ პრაქტიკაში ბიქრომატული ჟანგვადობის ფართო გამოყენებას აფერხებს ანალიზის მსვლელობის სირთულე, ხანგრძლივობა და განმეორებადი შედეგების მიღების სიძნელე.

IV. ექსპერიმენტული ნაწილი

4.1. გამოყენებული აპარატურა, მდინარე ვერეს სინჯები და მეთოდები

4.1.1. გამოყენებული აპარატურა

მდინარე ვერეს სინჯებში SO_4^{2-} ტურბიდიმეტრული განსაზღვრა მოვახდინეთ ბარიუმის სულფატის სუსპენზიის სახით, რომლის ოპტიკურ სიმკვრივე გავზომეთ 20 მმ ფენის სისქის მქონე კიუვეტებში, 400 ნმ სიგრძის ტალღაზე, KΦK-2M მარკის ფოტომეტრის გამოყენებით.

წყალბადიონების კონცენტრაციას ვაკონტროლებდით პოტენციომეტრული მეთოდით pH-673.M მარკის pH მეტრით. ხელსაწყოს ჩვენებას ვამოწმებდით სათანადო ბუფერული ხსნარებით.

ამონიუმის და ნიტრიტის განსაზღვრისათვის გამოვიყენეთ სპექტროფოტომეტრი.

4.1.2. მდინარე ვერეს ნიმუშები, მათი აღების ადგილები

მდინარე ვერეს წყლის სინჯები აღებული იყო სათანადო წესების დაცვით, რომელიც ცნობილია ჰიდროქიმიურ ანალიზში [5] 2021 წლის ზამთარში, გაზაფხულზე და ზაფხულში, სულ 12 სინჯი. 1 ცხრილში მოტანილია მდინარე ვერეს სინჯების აღების ადგილები.

ცხრილი 1

მდინარე ვერეს სინჯების აღების ადგილები

სინჯი №	აღების ადგილი	თარიღი
1	ნაფეტვრები (დასაწყისი)	27.01.2021
2	თბილისი (6 კმ ნაფეტვრებამდე)	27.01.2021
3	გ. სვანიძის ქუჩა (დასაწყისი)	27.01.2021
4	გ. სვანიძის ქუჩა (შუა ადგილი)	27.01.2021
5	გ. სვანიძის ქუჩა (დასაწყისი)	14.03.2021
6	გ. სვანიძის ქუჩა (შუა ადგილი)	14.03.2021
7	მზიურთან	14.03.2021
8	ვაკე-საბურთალოს ახალი გზის გასწვრივ	14.03.2021
9	გ. სვანიძის ქუჩა (დასაწყისი)	5.06.2021
10	გ. სვანიძის ქუჩა (შუა ადგილი)	5.06.2021
11	მზიურთან	5.06.2021
12	ვაკე-საბურთალოს ახალი გზის გასწვრივ	5.06.2021

4.1.3. ცალკეული განსაზღვრებისთვის გამოყენებული მეთოდები

მდინარე ვერეს სინჯებში pH-ს ვსაზღვრავდით პოტენციომეტრული მეთოდით.

HCO_3^- განსაზღვრისათვის და დროებითი სიხისტის დასადგენად გამოვიყენეთ ნეიტრალიზაციის მეთოდი.

ქლორიდებს ვსაზღვრავდით მერკურიმეტრული მეთოდით.

SO_4^{2-} რაოდენობის დასადგენად გამოვიყენეთ ტურბიდიმეტრული მეთოდი. სინჯებში სულფატების კონცენტრაციას ვითვლიდით წინასწარ აგებულ საკალიბრო გრაფიკზე, რომლის მონაცემებიც მოცემულია 2 ცხრილში და საკალიბრო გრაფიკი წარმოდგენილია 1 ნახაზზე.

წყლის მუდმივი სიხისტის დასადგენად და Ca^{2+} და Mg^{2+} განსაზღვრისათვის გამოვიყენეთ კომპლექსონომეტრული მეთოდი.

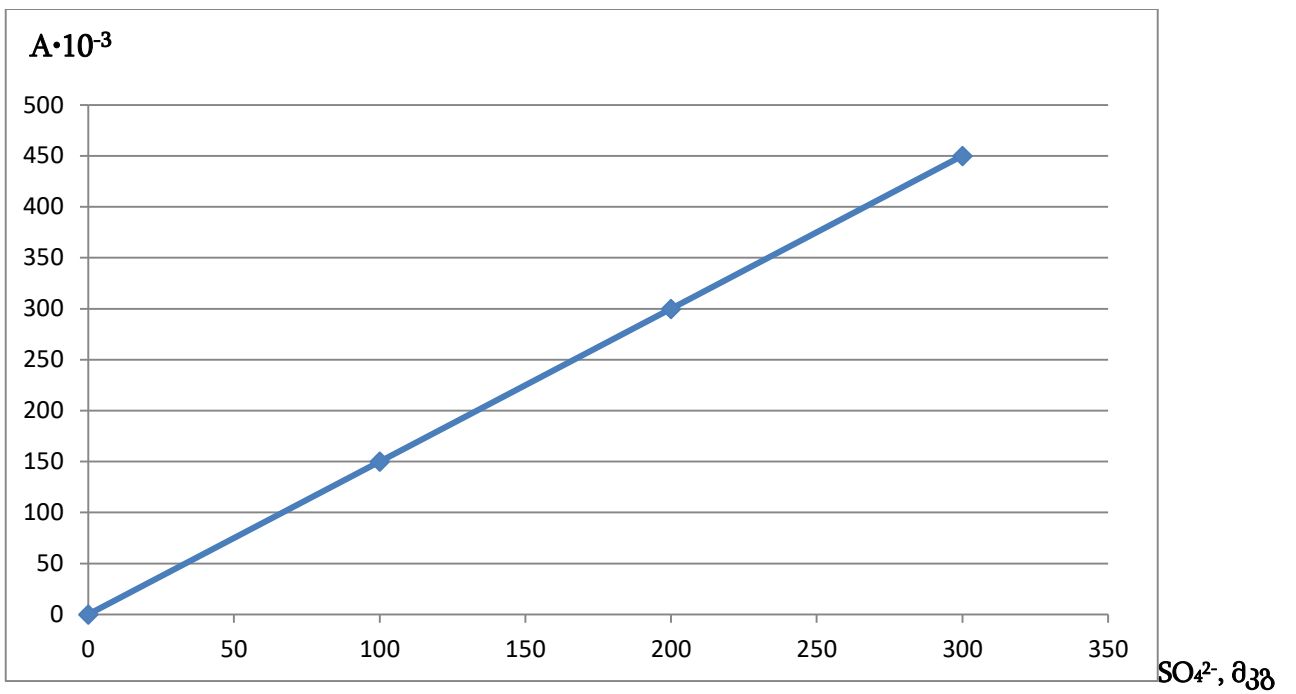
წყლის სინჯებში ნატრიუმის შემცველობა დადგენილია გათვლის ხერხით.

ყველა აღნიშნული მეთოდი მოცემულია ლიტერატურის მიმოხილვაში.

ცხრილი 2

მონაცემები საკალიბრო გრაფიკის ასაგებად

SO_4^{2-} , მკგ	ოპტიკური სიმკვრივე	SO_4^{2-} , მკგ	ოპტიკური სიმკვრივე
0	0, 0	200	0, 30
100	0, 15	300	0, 45



ნახაზი 1. საკალიბრო გრაფიკი სულფატების ტურბიდიმეტრული განსაზღვრისათვის

V. მიღებული შედეგები და მათი განსჯა

5.1. მდინარე ვერეს ქიმიური შედგენილობა

მდინარე ვერეს ქიმიური შედგენილობა მოცემულია მე-3 ცხრილში. საიდანაც ჩანს, რომ pH 6.90-7.54 ზღვრებში მერყეობს. მთავარი ანიონებიდან მაღალი შემცველობით გამოირჩევა სულფატები, მათი კონცენტრაცია იცვლება 567-870 მგ/ლ ზღვრებში, რაც აღემატება ზღვრულად დასაშვებ კონცენტრაციას (500 მგ/ლ). სულფატების განსაკუთრებით მაღალი შემცველობა აღინიშნება ნაფეტვრებში აღებულ მდინარის სინჯებში. ქლორიდების შემცველობა ნორმის ფარგლებშია იცვლება 22-54 მგ/ლ-მდე (ზღვ 300 მგ/ლ). მაღალია აგრეთვე მდინარე ვერეს წყლის მინერალიზაცია, იგი 1198-1457 მგ/ლ ფარგლებში მერყეობს. მაქსიმალური მინერალიზაცია აღინიშნება ნაფეტვრებში აღებულ მდინარის სინჯებში.

ცხრილი 3

მდინარე ვერეს ქიმიური შედგენილობა

სინჯი №	pH	მგ/ლ						
		Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Σi
1	7.54	26.98	869.8	134.81	199.87	190	35.26	1456.72
2	7.52	28.4	866.7	134.2	199.18	184	38.91	1451.39
3	6.90	35.5	633.3	285.48	165.6	184	29.18	1333.06
4	6.91	38.34	666.7	283.04	193.43	168	34.05	1383.56
5	7.00	44.02	633.3	236.68	181.93	168	24.32	1288.25
6	6.95	46.86	583.3	234.24	149.73	168	29.18	1211.31
7	6.99	53.96	566.7	236.68	138.23	168	34.05	1197.62
8	6.90	53.96	666.7	231.8	193.42	176	24.32	1346.2
9	7.24	22.72	652.8	219.6	168.82	192	10.8	1363.94
10	7.22	24.14	644.3	219.6	174.34	184	11.2	1257.58
11	7.28	22.72	650	217.16	165.6	192	10.6	1258.08
12	7.32	23.43	660	214.72	159.4	200	11.6	1269.15

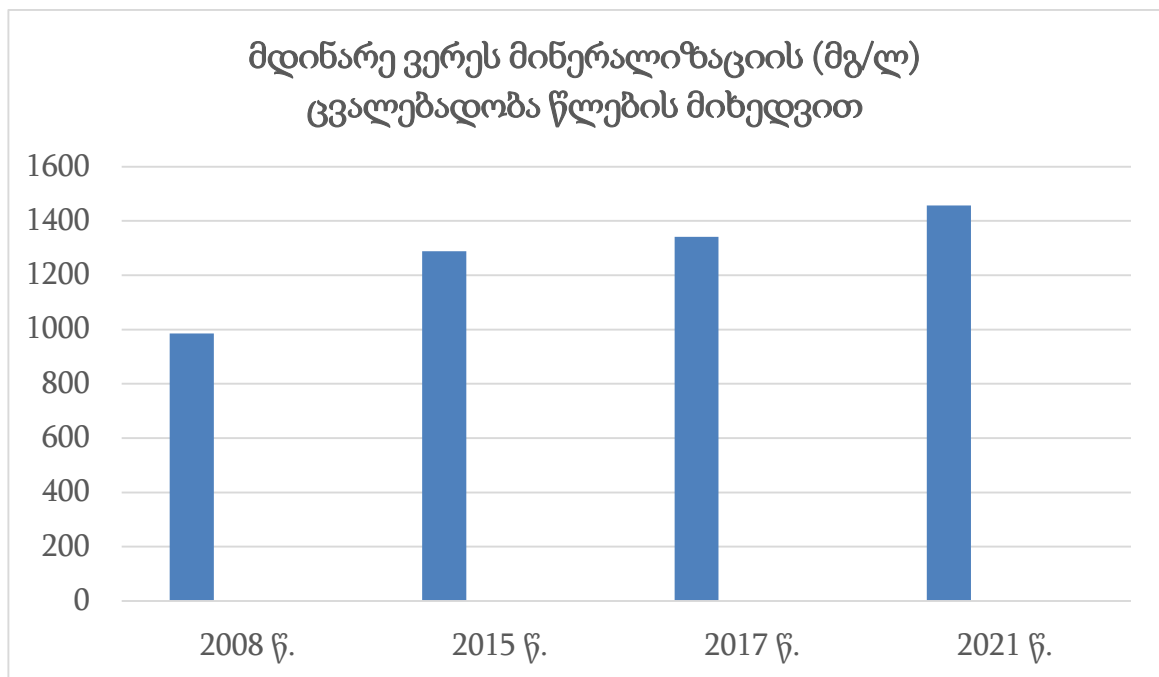
თუ შევადარებთ ერთმანეთს მდინარის მინერალიზაციის ცვალებადობას წლების მიხედვით გვაქვს შემდეგი სურათი: 2008 წელს ფიზიკური და ანალიზური ქიმიის კათედრაზე ჩატარებული კვლევებით მდინარის მინერალიზაცია შეადგენდა 985 მგ/ლ-ს; 2015 წელს გარემოს ეროვნული სააგენტოს მიერ ჩატარებული კვლევებით მდინარის ყველაზე მაღალი მინერალიზაცია 1288.9 მგ/ლ აღინიშნა ივნისის თვეში.

დიაგრამაზე გამოსახულია მდინარე ვერეს მინერალიზაციის ცვალებადობა წლების მიხედვით. საიდანაც ჩანს, რომ წლების მიხედვით მინერალიზაცია იზრდება. ნახაზზე დატანილია მდინარის ნიმუშებში აღმოჩენილი მაქსიმალური მინერალიზაციის მნიშვნელობები.

მინერალიზაციის მატება წლების განმავლობაში აიხსნება არა მარტო მდინარის ფიზიკურ-გეოგრაფიული ფაქტორების რთული კომპლექსით, არამედ ანთროპოგენული ფაქტორების გავლენით..

ჩვენი გამოკვლევული სინჯებიდან ჩანს აგრეთვე, რომ 2021 წელს მდინარე ვერე სეზონურ ცვალებადობას ვერ ემორჩილება, ვინაიდან ზამთარში მინერალიზაცია უფრო მაღალია, ვიდრე გაზაფხულზე და ზაფხულში, რაც გრუნტის წყლების დაგროვებით და შემდგომ მათი ჩამორეცხვით აიხსნება.

დიაგრამა 1



მეოთხე ცხრილში წარმოდგენილია მდინარე ვერეს ანალიზის (მთავარი იონები) შედეგების დამუშავება (მგ-ეკვ/ლ). ცხრილიდან ჩანს, რომ მდინარის წამყვანი ანიონია სულფატი, ხოლო კათიონი კალციუმი. აქედან გამომდინარე, შეიძლება გავაკეთოთ დასკვნა, რომ მდინარე ვერეს წყალი არის სულფატური კლასის და კალციუმის ჯგუფის წყალი. ამასთან, მდინარის სინჯებში $\text{HCO}_3^- < \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} < \text{HCO}_3^- + \text{SO}_4^{2-}$, რაც მიუთითებს, რომ მდინარე ვერეს წყალი მეორე ტიპის მქონე წყალს მიეკუთვნება SII^{Ca} [14].

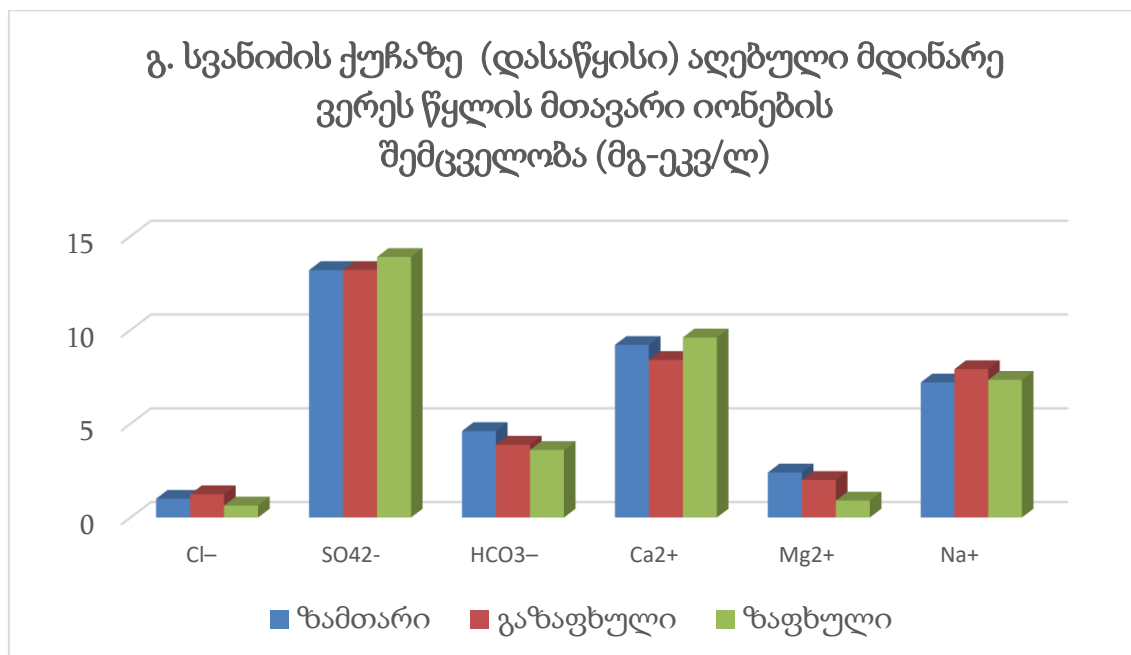
ცხრილი 4

მდინარე ვერეს ჰიდროქიმიური ანალიზის (მთავარი იონები) შედეგების დამუშავება

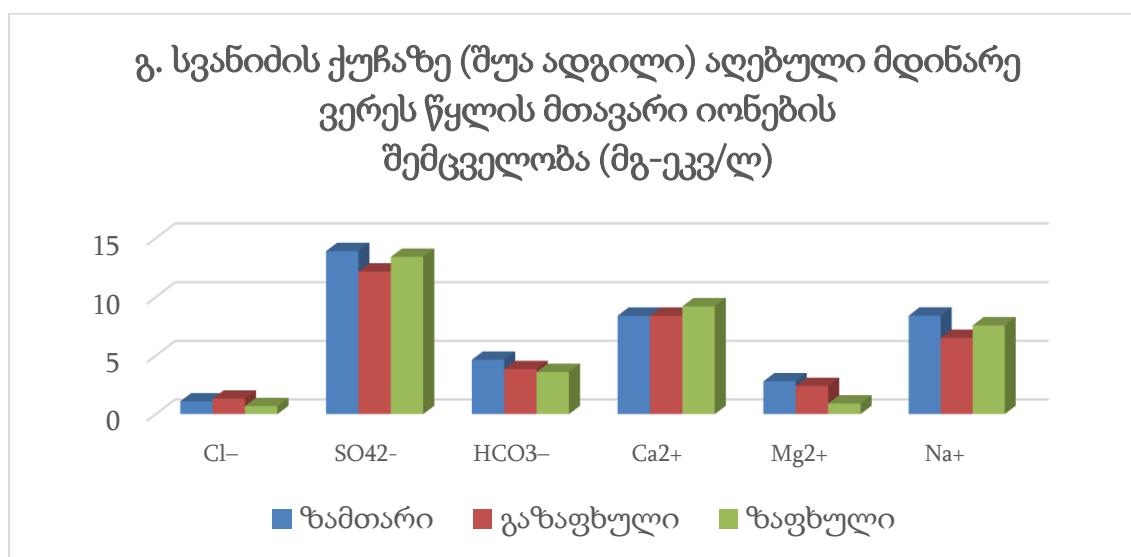
სინჯი №	მგ-ეკვ/ლ							
	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	ჯამი	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	ჯამი
1	0.76	18.12	2.21	21.09	8.69	9.5	2.9	21.09
2	0.8	18.06	2.2	21.06	8.66	9.2	3.2	21.06
3	1.0	13.19	4.61	18.8	7.2	9.2	2.4	18.8
4	1.08	13.89	4.64	19.61	8.41	8.4	2.8	19.61
5	1.24	13.19	3.88	18.31	7.91	8.4	2.0	18.31
6	1.32	12.15	3.84	17.31	6.51	8.4	2.4	17.31
7	1.52	11.81	3.88	17.21	6.01	8.4	2.8	17.21
8	1.52	13.89	3.8	19.21	8.41	8.8	2.0	19.21
9	0.64	13.6	3.6	17.84	7.34	9.6	0.9	17.84
10	0.68	13.4	3.6	17.68	7.58	9.2	0.9	17.68
11	0.64	13.5	3.56	17.7	7.2	9.6	0.9	17.7
12	0.66	13.75	3.52	17.93	6.93	10	1	17.93

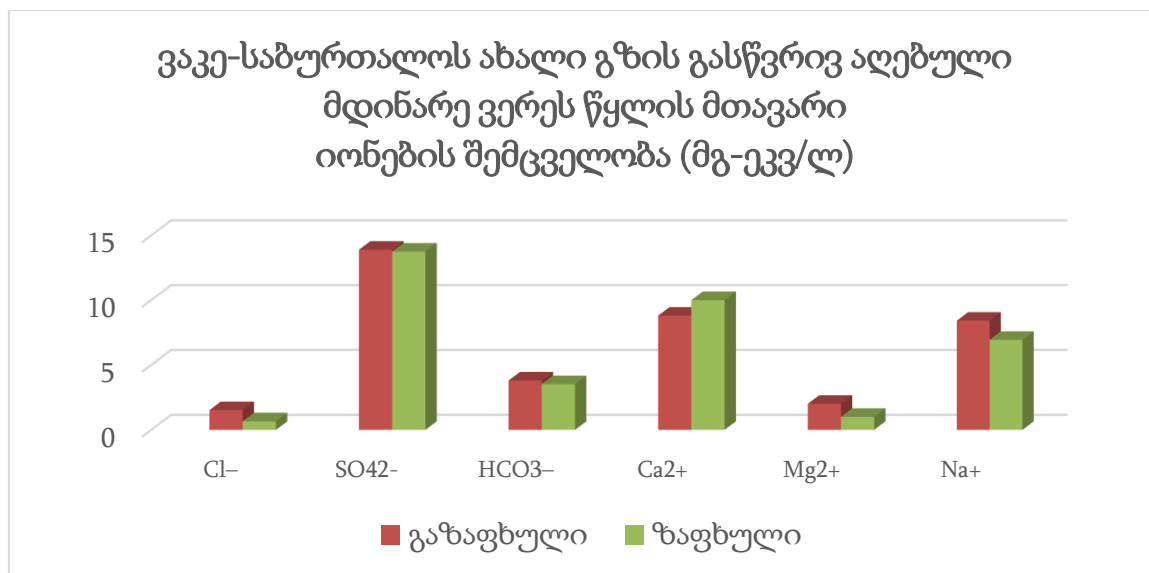
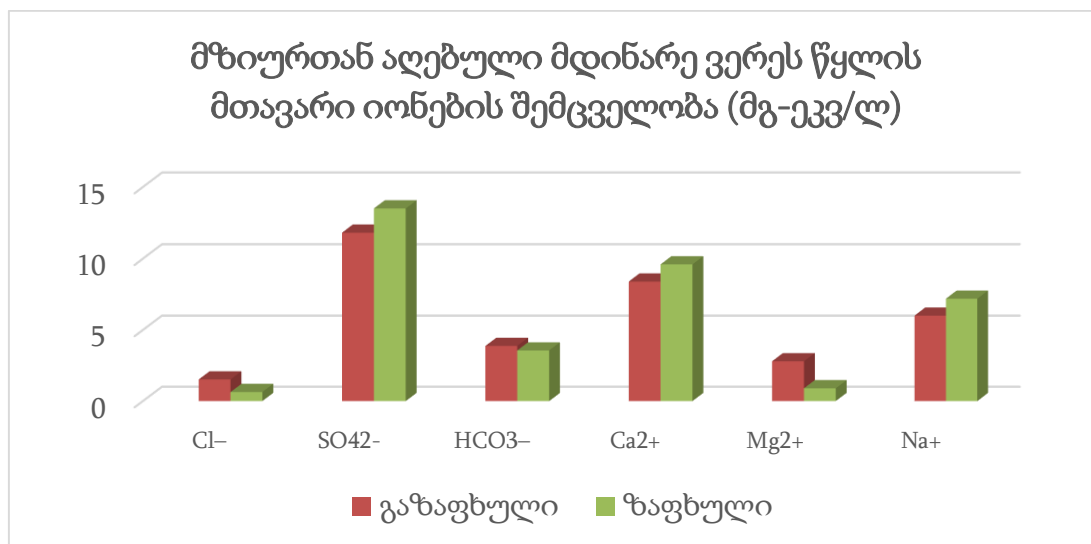
თვალსაჩინოებისთვის, დიაგრამებზე წარმოდგენილია გ. სვანიძის ქუჩაზე (დასაწყისი და შუა ადგილი), მზიურთან და ვაკე-საბურთალოს ახალი გზის გასწვრივ აღებული მდინარე ვერეს წყლის მთავარი იონების შემცველობა (მგ-ეკვ/ლ), საიდანაც ჩანს, რომ მდინარის წყალში წამყვანი ანიონია სულფატი, ხოლო კათიონი კალციუმი. მაშასადამე, მდინარე ვერეს წყალი არის სულფატური კლასის და კალციუმის ჯგუფის.

დიაგრამა 2



დიაგრამა 3





მე-5 ცხრილში წარმოდგენილია მდინარე ვერეს წყლის დროებითი და მუდმივი სიხისტე (მგ-ეკვ/ლ). დროებით სიხისტეს განაპირობებს წყალში ჰიდროკარბონატის შემცველობა, ხოლო მუდმივ სიხისტეს კალციუმის და მაგნიუმის იონების ჯამი. დროებითი სიხისტე იცვლება 2.2-4.6 მგ-ეკვ/ლ, ხოლო მუდმივი 10.1-12.4 მგ-ეკვ/ლ ზღვრებში.

ცხრილი 5

სიხისტე (მგ-ეკვ/ლ) მდინარე ვერეში

სინჯი	სიხისტე მგ-ეკვ/ლ	
	დროებითი	მუდმივი
1	2.21	12.4
2	2.2	12.4
3	4.61	11.6
4	4.64	11.2
5	3.88	10.4
6	3.84	10.8
7	3.88	11.2
8	3.8	10.8
9	3.6	10.5
10	3.6	10.1
11	3.56	10.5
12	3.52	11

5.2. ბიოგენების შემცველობა და პერმანგანატული ჟანგვადობა მდინარე ვერეში

ბიოგენების შემცველობა მდინარე ვერეს წყლის სინჯებში მოცემულია მე-6 ცხრილში. ამონიუმის იონის შემცველობა გ. სვანიძის ქუჩაზე აღებულ სინჯებში აღმატება საქართველოს ზედაპირული წყლების ტექნიკურ რეგლამენტში მოცემულ ზღვ-ს (0.39 მგ/ლ). ამავე სინჯებში ასევე მაღალია და აღმატება ზღვ-ს (0.08 მგ/ლ) ნიტრიტების შემცველობაც. NH_4^+ -ის და NO_2^- -ის მაღალი კონცენტრაციის მიზეზი - საყოფაცხოვრებო-კომუნალური წყლებია, რომლებიც ჩაედინება მდინარე ვერეში.

ლიტერატურიდან ცნობილია, რომ საქართველოს ზედაპირულ წყლებში პერმანგანატული ჟანგვადობა 0.5-5 მგ/ლ ზღვრებში მერყეობს [5]. მე-6 ცხრილიდან ჩანს, რომ მდინარე ვერეს სინჯებში პერმანგანატული ჟანგვადობა 0.72-2.88 მგ/ლ ფარგლებშია და არ აღმატება ზედაპირული წყლებისთვის მის ზღვრულ დასაშვებ კონცენტრაციას (4 მგ/ლ).

ცხრილი 6

ბიოგენების შემცველობა და ჟანგვადობა მდინარე ვერეში

სინჯი	მგ/ლ		ჟანგვადობა მგ/ლ
	NH_4^+	NO_2^-	
1	0.2	0.01	0.72
2	0.1	0.01	0.72
3	1.0	0.5	1.84
4	1.5	0.5	2.88
5	0.1	0.5	0.64
6	0.2	0.5	0.72
7	0.1	0.02	1.36
8	0.1	0.1	0.72
9	1	0.2	1.6
10	1	0.2	1.52
11	0.4	0.5	1.28
12	0.4	0.2	1.2

5.3. მდინარე ვერეს მიმდებარე ტერიტორიის ნიადაგების გამოკვლევა

მდინარე ვერეს მიმდებარე ტერიტორიაზე ნაფეტვრებთან ახლოს აღებული იყო ნიადაგის ორი სინჯი 0-10 სმ და 10-20 სმ ფენის ჰორიზონტიდან. ამ ნიმუშებში CaCO_3 რაოდენობის დასადგენად 1 გრამ წონაკს დავუმატეთ 25 მლ 0.1 N HCl, 1 სთ-იანი კონტაქტის შემდეგ ჭარბად დარჩენილი მარილმჟავა უკუგავტიტრეთ 0.1 N NaOH-ით და გავიგეთ CaCO_3 შემცველობა ნიადაგში (ცხრილი 7).

წყალში ხსნადი სულფატების განსაზღვრისთვის 5 გრამ ნიადაგის ნიმუშს დავუმატეთ 25 მლ გამოხდილი წყალი და 24 სთ-იანი კონტაქტის შემდეგ ფილტრატი შევავსეთ 25 მლ-მდე, აქედან ავიღეთ 1 მლ ალიქვოტი, განვაზავეთ 100 მლ-მდე გამოხდილი წყლით და 5 მლ-ში განვსაზღვრეთ SO_4^{2-} ტურბიდომეტრული მეთოდით (ცხრილი 7).

მჟავაში ხსნადი სულფატების განსაზღვრისათვის 2 გ ნიადაგის ნიმუშს დავუმატეთ 1:4 განზ. HCl და 24 სთ-იანი კონტაქტის შემდეგ ფილტრატი შევავსეთ 25 მლ-მდე, აქედან ავიღეთ 1 მლ ალიქვოტი, განვაზავეთ 100 მლ-მდე გამოხდილი წყლით და 5 მლ-ში განვსაზღვრეთ SO_4^{2-} ტურბიდომეტრული მეთოდით (ცხრილი 7).

ცხრილი 7

მდინარე ვერეს მიმდებარე ტერიტორიის ნიადაგების გამოკვლევა

სინჯი №	აღების ადგილი	ფენა, სმ	CaCO_3 მგ/გ	SO_4^{2-} მგ/გ		მგ/გ	
				წყალში ხსნადი	მჟავაში ხსნადი	NH_4^+	NO_2^-
1	ნაფეტვრებთან	0-10	97.5	10.67	32.5	1.5	0.01
2	ნაფეტვრებთან	10-20	95	10.67	43.3	1.5	0.01

მიღებული შედეგებიდან ჩანს, რომ მდინარე ვერეს მიმდებარე ტერიტორიის ნიადაგები კარბონატულია, CaCO_3 შემცველობა 95-97.5 მგ/გ-ია. მჟავაში ხსნადი სულფატების შემცველობა სიღრმის მიხედვით მატულობს, რაც სულფატური კლასის მდინარე ვერეს დინებით აიხსნება.

VI. დასკვნები

1. ექსპერიმენტით მიღებული შედეგებისა და თეორიული გათვლების საფუძველზე ნაჩვენებია, რომ მდინარე ვერეს წყლის მთავარი ანიონებიდან მაღალი შემცველობით გამოირჩევა სულფატები, მათი კონცენტრაცია იცვლება 567-870 მგ/ლ ზღვრებში, რაც აღემატება ზღვრულად დასაშვებ კონცენტრაციას (500 მგ/ლ).
2. მიღებული მონაცემების მიხედვით მდინარე ვერეს წყალი მიეკუთვნება სულფატური კლასის, კალციუმის ჯგუფის, მეორე ტიპის მქონე ზედაპირულ წყალს S_{II}^A .
3. მდინარე ვერე ხასიათდება მაღალი მინერალიზაციით და იცვლება 1198-1457 მგ/ლ ზღვრებში.
4. მდინარე ვერეს ზოგიერთ სინჯში NH_4^+ -ის და NO_2^- -ის კონცენტრაცია მაღალია და აღემატება ზდკ-ს, მიზეზი - საყოფაცხოვრებო-კომუნალური წყლებია. NH_4^+ -ის შემცველობა მერყეობს 0.1-1.5 მგ/ლ-ის ფარგლებში, ხოლო NO_2^- -ის 0.01-0.5 მგ/ლ ზღვრებში.
5. პერმანგანატული ჟანგვადობა ნორმის ფარგლებშია და 0.72-2.88 მგO/ლ ზღვრებში იცვლება.

VII. ლიტერატურა

1. Алекин О. А., Семенов А. Д., Скопинцев Б. А. Руководство по химическому анализу вод суши. Л., Гидрометиздат, 1973.
2. Резиков А. А. Методы анализа природных вод. М., Недра, 1970.
3. Унифицированные методы анализа вод. Ред. Лурье Ю. Ю. М., Химия, 1983.
4. Фомин Г.С. Фомин А.Г. Вода. Контроль качества и экологической безопасности по международным стандартам. М., 2004.
5. სუპატაშვილი გ. გარემოს ქიმია (ეკოქიმია), თსუ, 2009.
6. სუპატაშვილი გ. რაოდენობითი ანალიზი. თსუ 2011.
7. სუპატაშვილი გ. რაოდენობითი ანალიზის პრაქტიკუმი. თბილისი 2018.
8. Супаташвили Г.Д. Гидрохимия Грузии. ТБ. ТГУ. 2003
9. ტაბატაძე მ. აღმოსავლეთ საქართველოს მდინარეების თანამედროვე ეკოლოგიური მდგომარეობის შეფასება მათზე ანთროპოგენური დატვირთვის გათვალისწინებით. თბილისი, 2009.
10. Молчанова Я. П. И др. Гидрохимические показатели состояния окружающей среды. М., 2010.
11. Контроль качества продукции физико-химическими методами. Ашапкина В.В., М., Дели принт 2005.
12. ГОСТР 55684-2013. Вода питьевая. Метод определения перманганатной окисляемости.
13. საქართველოს ზედაპირული წყლების დაბინძურებისგან დაცვის ტექნიკური რეგლამენტი. 2013 წ.
14. Алекин О. А. Гидрохимия. Л., Гидрометиздат, 1972.