

ივანე ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის  
სახელმწიფო უნივერსიტეტი

მარიამ ბრეგაძე

ბუნებრივი და ჩამდინარე წყლების პერმანგანატული ინდექსის  
განსაზღვრის შედეგზე მოქმედი ფაქტორების შესწავლა

ფიზიკური და ანალიზური ქიმია

სამაგისტრო ნაშრომი შესრულებულია ქიმიის მაგისტრის  
აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად

ხელმძღვანელი - ასისტ. პროფესორი ნინო თაყაიშვილი  
კონსულტანტი - ქიმიის მეცნიერებათა დოქტორი  
გურამ სუპატაშვილი

თბილისი

2017

## ანოტაცია

ბუნებრივი, სასმელი და ჩამდინარე წყლების ხარისხის ერთ-ერთი მაჩვენებელია ორგანული ნივთიერებების საერთო შემცველობა, რომლის შეფასებისათვის ფართოდაა გამოყენებული პერმანგანატული ინდექსის განსაზღვრა. სიდიდე ფარდობითია, რადგან პირობების მიხედვით 0,01 N პერმანგანატით იჟანგება გახსნილი ორგანული ნივთიერებების 50-60 %.

ჩვენი მიზანი იყო ექსპერიმენტულად შეგვესწავლა და რაოდენობრივად შეგვეფასებინა ფიზიკური და ქიმიური ფაქტორების გავლენა პერმანგანატული ინდექსის განსაზღვრის შედეგზე.

ორგანული ნივთიერებების საერთო კონცენტრაციის შემდეგ, პერმანგანატული ინდექსი მკვეთრად რეაგირებს ნარევის დუღილის ხანგრძლივობაზე, რომლის ერთი წუთით გაზრდით სიდიდე 1-2 %-ით მატულობს. უხეში შეცდომის მიზეზი შეიძლება გახდეს ქალაქის ფილტრიც, რომელიც მღვრიე სინჯების გაფილტვრის წინ გულდასმით უნდა გაირეცხოს.

პერმანგანატული ინდექსის განსაზღვრის შედეგზე შედარებით ნაკლებია ნარევში პერმანგანატის საწყისი კონცენტრაციის, რეაგენტების დამატების რიგის, თერმული დამუშავების რეჟიმის და ნარევში გოგირდმჟავას კონცენტრაციის გავლენა.

მიუხედავად მრავალი ფაქტორისა, რეკომენდებული პირობების ზუსტი დაცვით, შესაძლებელია პერმანგანატული ინდექსის განმეორებადი შედეგების მიღება. პარალელურ განსაზღვრებში ცალკეული შედეგების გადახრა საშუალოდან 0,03-0,04 მგ/ლ შეადგენს, ხოლო სტანდარტული და ფარდობითი სტანდარტული გადახრები ნაკლებია 0,1-ზე.

## Summary

One of the indices of the quality of natural, drinkable and drainage waters is the common content of organic substances to evaluate of which the definition of permanganate index is required. The value is the relative one as according to the conditions 50-60% of the solved organic substances are oxidized by 0.01N permanganate.

After the common concentration of organic compounds, permanganate index abruptly reacts on the duration of boiling the compound, the value of its increasing by one minute is increased by 1-2%. The reason for rough error might become paper filter which should be thoroughly washed before filtering muddy samples.

The initial concentration of permanganate in the compound, reagents supplements line thermal treatment mode and concentration of sulphuric acid in compound has less impact on the result of definition of permanganate index.

Despite a lot of factors, the repetitive results of permanganate index might be obtained through complying with the recommended conditions. Deviation of separate results in parallel definitions constitutes averagely 0.03-0.04 mgO/l and standard and relative standard deviations are less than 0.1.

## სარჩევი

I. შესავალი -----	5
II. ლიტერატურის მიმოხილვა	
2.1. ორგანული ნივთიერებები ბუნებრივ და ჩამდინარე წყლებში -----	7
2.2. ორგანული ნივთიერების გავლენა წყლის ეკოლოგიურ მახასიათებლებზე, ნორმატივები -----	9
2.3. ზედაპირულ წყლებში ორგანული ნივთიერებების საერთო შემცველობის შეფასების და განსაზღვრის მეთოდები -----	10
III. ექსპერიმენტული ნაწილი	
3.1. გამოყენებული რეაქტივები, ხსნარები და ბუნებრივი წყლის სინჯები ----	13
3.2. ფიზიკური ფაქტორების გავლენა პერმანგანატული ინდექსის განსაზღვრის შედეგზე	
3.2.1. წყლის სინჯის დუღილის ხანგრძლივობის გავლენა პერმანგანატული ინდექსის განსაზღვრის შედეგზე -----	14
3.2.2. რეაგენტის დამატების თანმიმდევრობის გავლენა პერმანგანატული ინდექსის განსაზღვრის შედეგზე -----	16
3.3. ქიმიური ფაქტორების გავლენა პერმანგანატული ინდექსის განსაზღვრის შედეგზე	
3.3.1. წყლის სინჯის გაცხელების წესის გავლენა პერმანგანატული ინდექსის განსაზღვრის შედეგზე -----	17
3.3.2. გოგირდმჟავას კონცენტრაციის გავლენა პერმანგანატული ინდექსის განსაზღვრის შედეგზე -----	19
3.3.3. პერმანგანატის საწყისი კონცენტრაციის გავლენა პერმანგანატული ინდექსის განსაზღვრის შედეგზე -----	20
3.3.4. ქლორიდიონის გავლენა პერმანგანატული ინდექსის განსაზღვრის შედეგზე -----	22
3.3.5. წყლის სიმღვრივის გავლენა პერმანგანატული ინდექსის განსაზღვრის შედეგზე ---	23
3.3.6. პერმანგანატული ინდექსის განსაზღვრის შედეგების განმეორებადობა -----	25
IV. დასკვნები -----	27
V. ლიტერატურა -----	29

## შესავალი

ბუნებრივი წყლები რთული შედგენილობის დინამიური სისტემებია, რომელთა ბუნება, ხარისხი და გამოყენების სფერო, სხვა კომპონენტებთან ერთად, მნიშვნელოვნადაა დამოკიდებული მათში გახსნილი ორგანული ნივთიერებების გვარობაზე და რაოდენობაზე.

ბუნებრივ წყლებში ორგანული ნივთიერებების ძირითადი წყაროებია ნიადაგის ხსნარები, ჭაობის წყლები, წყალმცენარეების და ორგანიზმების ცხოველმყოფელობის და დესტრუქციის პროდუქტები. გაცილებით მრავალფეროვანია ორგანული ნივთიერებების ანთროპოგენური წყაროები ( საყოფაცხოვრებო და სამრეწველო ჩამდინარე წყლები; ქალაქების ქუჩა-მოედნების, მეცხოველეობის ფერმების, ნაგავსაყრელების ნარეცხი წყლები და სხვა ).

ბუნებრივ წყლებში გახსნილი ორგანული ნივთიერებების სპექტრი რთულია (ნახშირწყალბადები, ცხიმოვანი- და ჰუმუსის მჟავები, სპირტები, ეთერები და სხვა), მათი საერთო შემცველობა რამდენიმე მკგ/ლ-დან ( მყინვარული და ატმოსფერული წყლები ), რამდენიმე ასეულ მგ/ლ-ის ( ჭაობის წყლები ) ფარგლებში მერყეობს.

სასმელად და ტექნიკური მიზნებისათვის გამოყენებულ წყლებში ორგანული ნივთიერებების შემცველობა ნორმირებულია. ამის ძირითადი მიზეზი წყლებში მიმდინარე ბაქტერიოლოგიური პროცესებია, რომელთა შედეგად აზოტშემცველი ( ამინომჟავები, ცილები), და გოგირდშემცველი ( სულფატები, თიროზინი და სხვა ) აღდგენა-დესტრუქციის შედეგად გამოიყოფა ამიაკი და გოგირდწყალბადი. ამიტომ წყალმომარაგებისთვის გამიზნულ ობიექტებში ორგანული ნივთიერებების საერთო შემცველობა ნორმირებულია. ცხადია მკაცრი, ინდივიდუალური ნორმატივებია დადგენილი ტოქსიკური ბუნების შენაერთებისთვისაც (პესტიციდები, ნავთობპროდუქტები და ა.შ.).

ბუნებრივ და ჩამდინარე წყლებში გახსნილი ასობით ორგანული ნივთიერების, ან საერთო ორგანული ნახშირბადის კონტროლი რთულია და ეკონომიურად გაუმართლებელია. ამიტომ, ამ მიზნით, ანალიზური ქიმიის პრაქტიკაში მიღებულია ორგანული ნივთიერებების საერთო შემცველობის შეფასება წყალში გახსნილი ჟანგბადის ან შეფერილობის მიხედვით. უფრო საიმედო შედეგები მიიღება წყლის პერმანგანატული ან ბიქრომატული ჟანგვადობების ( პერმანგანატული და ბიქრომატული ინდექსები ) განსაზღვრით. წყლის ჟანგვადობაში იგულისხმება ჟანგბადის მგ-ის რაოდენობა, რომელიც საჭიროა ერთ ლიტრ წყალში გახსნილი ორგანული ნივთიერებების დასაჟანგად.

ცნობილია, რომ პერმანგანატით და ბიქრომატით იჟანგება გახსნილი ორგანული ნივთიერებების ნაწილი. მათი დაჟანგვის ხარისხი დამოკიდებულია ორგანული ნაერთების

ბუნებაზე და დაჟანგვის პრობებზე. ჩვენი მიზანი იყო წყლის პერმანგანატული ინდექსის განსაზღვრის შედეგზე სხვადასხვა ფიზიკური და ქიმიური ფაქტორების გავლენის დეტალური შესწავლა და მიღებული შედეგების საფუძველზე ანალიზის მსვლელობის ოპტიმალური ვარიანტის შერჩევა.

## II. ლიტერატურის მიმოხილვა

### 2.1. ორგანული ნივთიერებები ბუნებრივ და ჩამდინარე წყლებში

ბუნებრივი წყლები რთული შედგენილობის დინამიური სისტემებია, რომლებიც არაორგანულ კომპონენტებთან ( მაკრო- და მიკროელემენტები, გახსნილი აირები და სხვა ) გახსნილი, კოლოიდური და შეტივანარებული სახით შეიცავენ ორგანულ ნაერთებს [ 1, 7 ]. მათი თანაობით არის განპირობებული ძირითადი სხვაობა ბუნებრივ წყლებსა და ხელოვნურად მომზადებულ ხსნარებს შორის [ 1 ].

ზედაპირულ და ჩამდინარე წყლებში გახსნილი ორგანული ნივთიერებების რაოდენობას აფასებენ აბსოლუტური სიდიდით ( მგ/ლ ), წყლის შეფერილობით ( გრადუსი ) ან წყლის ჟანგვადობით ( ჟანგბადის მგ-ის რაოდენობა, რომელიც საჭიროა ერთ ლიტრ წყალში გახსნილი ორგანული ნივთიერებების დასაჟანგად ) [ 1, 2 ].

ზედაპირულ წყლებში გახსნილი ორგანული ნივთიერებების სპექტრი ძალზე რთულია (ნახირწყალბადები, კარბონ-, ამინო- და ფულვომჟავები, ამინები, ცილები, შაქრები და სხვა) [ 1, 2, 5, 11 ]. მათი ბუნებრივი წყაროებია ნიადაგის ნარეცხი წყლები, ჭაობები, წყალმცენარეებისა და ცხოველების დესტრუქციის პროდუქტები და სხვა [ 1, 2 ]. მძლავრი და მრავალფეროვანია ორგანული ნივთიერებების ანთროპოგენური წყაროები ( საყოფაცხოვრებო-კომუნალური, მეცხოველეობის ფერმების და სამრეწველო ჩამდინარე წყლები, ქალაქების ქუჩა-მოედნების ნიაღვრები ) [ 1, 2, 6, 7, 11 ].

ზედაპირულ წყლებში ორგანული ნივთიერებების მნიშვნელოვანი რაოდენობა ხვდება ატმოსფერული ნალექებიდანაც [ 3, 11 ]. ატმოსფერული ნალექების პერმანგანატული ჟანგვადობა საქართველოში 0,1-1,8 მგO/ლ ფარგლებში იცვლება. თბილისში ეს სიდიდე საშუალოდ 3,3 მგO/ლ ტოლია [ 3 ]. გაცილებით მაღალია სახლის სახურავებისა და ქუჩის ნიაღვრის წყლების ჟანგვადობები ( 11,6-50,8 მგO/ლ ) [ 11 ].

წყლის ობიექტის ადგილმდებარეობის, რეგიონის ტექნო-ურბანიზაციის ხარისხის და წელიწადის დროის მიხედვით ზედაპირულ წყლებში ორგანული ნივთიერებების საერთო შემცველობა 5-20 მგ/ლ-ს შეადგენს, ხოლო ჟანგვადობა 0,5 - 50 მგO/ლ ფარგლებშია [ 1, 2, 3, 5, 7, 26 ].

ორგანული ნივთიერებების დაბალი შემცველობით გამოირჩეულია მყინვარული და მაღალმთიანი ზონის ზედაპირული წყლები. მათი ჟანგვადობა 0,0-1,9 მგO/ლ ფარგლებში იცვლება [ 3, 5, 7 ]. ბარის მდინარეების წყლის ჟანგვადობა, ჩვეულებრივ, 5-7 მგO/ლ-ია [ 1, 3, 7 ]. ამ პარამეტრით გამოირჩეულია ჭაობის და დაჭაობებული ტბების წყლები. მათში

ორგანული ნივთიერებების შემცველობა 50 მგ/ლ-ს აღწევს, ხოლო ჟანგვადობა 12-20 მგO/ლ შეადგენს [ 1, 3 ]. მაღალი ჟანგვადობა ( 10-12 მგO/ლ ) დამახასიათებელია წყალმცირე მდინარეებისთვისაც, რომლებშიც ჩაედინება მეცხოველეობის ფერმების ნარეცხი წყლები ( მდ. ჭოლა, ოჩხამური და სხვა ) [ 6 ].

ორგანული ნივთიერებების დაბალი შემცველობა დამახასიათებელია მიწისქვეშა წყლებისათვის. ამ მხრივ გამონაკლისია ნავთობის თანმხლები წყლები [ 7 ].

როგორც ზემოთ იყო აღნიშნული, ბუნებრივ წყლებში ორგანული ნივთიერებების საერთო შემცველობა შეიძლება შევავსოთ წყლის შეფერილობით. მათ შორის არსებობს მჭიდრო კორელაციური კავშირი [ 1 ]. კავშირი ამ ორ პარამეტრს შორის ლოგიკურია, რადგან ბუნებრივ წყლებში გახსნილ ორგანულ ნაერთებს შორის ერთ-ერთი წამყვანი ადგილი უკავიათ შეფერილ ფულვომჟავებს [ 1, 3, 12 ]. ასევე ლოგიკურია კავშირი წყლის ჟანგვადობასა და სიმღვრივეს შორის ( კორელაციის კოეფიციენტი +0,95 [ 6 ] ). წყალში შეტივანარებული ნივთიერებების მძლავრი წყაროა ნიადაგის ეროზიის პროდუქტები, რომლებიც თავის მხრივ წარმოადგენენ წყალში გახსნილი ორგანული ნაერთების წყაროს.



## 2.2. ორგანული ნაერთების გავლენა ბუნებრივი წყლის ეკოლოგიურ მახასიათებლებზე, ნორმატივები.

გენეტიკურად ბუნებრივ წყაროებთან დაკავშირებული ორგანული ნივთიერებები (ნახშირწყალბადები, ჰუმუსის და ამინომჟავები, ცილები და ა.შ.) არატოქსიკური ბუნების ნაერთებია. აქედან გამომდინარე მათი საერთო შემცველობა სასმელ წყლებში არ უნდა იყოს ნორმირებული. მაგრამ მხედველობაშია მისაღები ის გარემოება, რომ ბუნებრივ წყლებში მიმდინარე ქიმიური, ბიოქიმიური და ბაქტერიოლოგიური პროცესების შედეგად ზოგიერთი აზოტ- და გოგირდშემცველი ნაერთებიდან ( ცილები, ამინები და სხვა ) გამოყოფილი ამიაკი და გოგირდწყალბადი უარყოფითად მოქმედებს წყლის ხარისხზე.

სასმელ წყლებში ორგანული ნივთიერებების საერთო შემცველობის კონტროლის მიზნით მიღებულია წყლის პერმანგანატული ჟანგადობის განსაზღვრა [ 1, 7, 8 ]. ძალიან სუფთა წყლის ჟანგადობა ნაკლები უნდა იყოს 1 მგ/ლ, სუფთა წყლის ჟანგადობა არ უნდა აღემატებოდეს 2 მგ/ლ და ა.შ. [ 2 ]. არსებული ნორმატივებით ეს სიდიდე არ უნდა აღემატებოდეს 3-5 მგ/ლ [ 8 ]. საქართველოში მოქმედი ნორმატივებით სასმელი წყლის პერმანგანატული ჟანგადობის ( პერმანგანატული ინდექსის ) ზღვრულად დასაშვებ სიდიდედ მიღებულია 2-3 მგ/ლ [ 9, 10, 25 ].

ორგანული ნივთიერებების ჯამური შემცველობა ლიმიტირებულია გამოხდილ და ბუთილიზირებულ წყლებშიც. პირველი კატეგორიის ბუთილიზირებულ წყლებში პერმანგანატული ინდექსი არ უნდა აღემატებოდეს 3 მგ/ლ, მაღალი კატეგორიის წყლებში კი 2 მგ/ლ [ 8, 25 ]. გამოხდილი წყლის ჟანგადობა, მოქმედი კანონმდებლობით, ნაკლები უნდა იყოს 0,08 მგ/ლ [ 15 ].

ტოქსიკური ორგანული ნაერთების შემცველობა სასმელად და თევზმეურნეობაში გამოყენებულ წყლებში მკაცრად არის ლიმიტირებული. მაგალითად, სხვადასხვა პესტიციდის, ბენზპირენის და სხვა ძლიერ ტოქსიკური ნივთიერების ზღვრულად დასაშვები კონცენტრაციები სასმელ წყლებში ნაკლები უნდა იყოს 0,1-0,01 მკგ/ლ [ 2, 8 ].

## 2.3. 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 [ 16 ]. 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 [ 1, 17, 19, 20, 29 ]. ბუნებრივ წყლებში გახსნილი ორგანული ნივთიერებიდან შეფერილია ჰუმუსის მჟავები, რომელთა კონცენტრაცია წყლებში რამდენიმე მგ/ლ-დან ათობით მგ/ლ ფარგლებში მერყეობს [ 1, 3, 12 ]. 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, ჟანგით 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 პერმანგანატული ან ბიქრომატული ჟანგვადობის განსაზღვრა.

წყლის პერმანგანატული ჟანგვადობის განსაზღვრის კუბელის მეთოდი დაფუძნებულია გახსნილი ორგანული ნივთიერებების დაჟანგვაზე კალიუმის პერმანგანატით გოგირდმჟავა არეში და რეაქციაში შეუსვლელი რეაგენტის უკუგატიტრებაზე [ 13, 14, 17, 18, 19, 20, 21 ].

100 მლ წყალს, რომლის ჟანგვადობა არ უნდა აღემატებოდეს 10 მგO/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  $KMnO_4$  [ 13, 19, 22 ]. თუ წყლის ჟანგვადობა სავარაუდოზე მეტი აღმოჩნდება, საანალიზოდ თავიდან იღებენ წყლის ნაკლებ მოცულობას, რომელსაც 100 მლ-მდე ავსებენ ორჯერ გამოხდილი წყლით [ 19 ]. როგორც წესი წყლის ჟანგვადობას საზღვრავენ ახლად აღებულ სინჯში, ანდა ახდენენ მის კონსერვირებას გოგირდმჟავით [ 17 ].

ჟანგვადობის განსაზღვრის კუბელის მეთოდი არაა სპეციფიური. განსაზღვრას ხელს უშლის დიდი რაოდენობა ქლორიდები და ადვილად ჟანგვადი კომპონენტები ( $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{NO}_2$  და  $\text{H}_2\text{S}$ ) [ 17, 18, 19 ]. თუ წყალში ქლორიდონის კონცენტრაცია აღემატება 300 მგ/ლ, სინჯს უმატებენ ვერცხლისწყლის ( II ) სულფატს, ანდა ჟანგვადობას საზღვრავენ ტუტე გარემოში [18, 19, 24 ]. სხვა ხელისშემშლელი კომპონენტების გავლენის ასაცილებლად, მათ შემცველობას წინასწარ ადგენენ და ანალიზის შედეგში შეაქვთ სათანადო შესწორება [ 17, 19 ], ან მათ წინასწარ ჟანგავენ ცივად 0,01 N პერმანგანატის ხსნარით [ 18 ]. მოდელურ ხსნარებზე ჩატარებულმა გამოკვლევებმა აჩვენა, რომ ჟანგვადობის განსაზღვრის პერმანგანატული მეთოდებით რეკომენდებულ პირობებში გახსნილი ორგანული ნივთიერებების დაჟანგვის სისრულე არ აღემატება 60 % [ 8, 24 ].

საანალიზო სინჯში ქლორიდების მაღალი შემცველობის შემთხვევაში ( > 300 მგ/ლ ) პერმანგანატულ ჟანგვადობას საზღვრავენ ტუტე გარემოში [ 13, 18 ]. მჟავა არისაგან განსხვავებით, ტუტე არეში პერმანგანატის ჟანგვის ნორმალური პოტენციალი დაბალია ( 1,51 და 0,60 v შესაბამისად [ 4 ] ) და ქლორიდ იონი პერმანგანატით არ იჟანგება.

ორგანული ნივთიერებებით დაბინძურებული სინჯების ( ჭაობის და ჩამდინარე წყლები ) უპირატესობით სარგებლობს ჟანგვადობის განსაზღვრის ბიქრომატული მეთოდი [13, 18, 20 ]. პერმანგანატული მეთოდისაგან განსხვავებით, ბიქრომატული მეთოდის გამოყენების შემთხვევაში, წყალში გახსნილი ორგანული ნივთიერების 95-97 % იჟანგება [ 23, 24 ]. ორგანული ნაერთების პრაქტიკულად სრული დაჟანგვა განპირობებულია საანალიზო სინჯის მცირე მოცულობით (2-10 მლ) და კალიუმის ბიქრომატის მაღალი კონცენტრაციით ( 0,25-0,40 N [ 18, 19, 20 ] ).

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

ლიტერატურაში არსებული ინფორმაციის ანალიზი გვიჩვენებს, რომ ჟანგვადობის განსაზღვრის კუბელის მეთოდში ჯერ კიდევ რჩება რიგი დასაზუსტებელი საკითხი. კერძოდ, სხვადასხვა ავტორის მიერ რეკომენდებულია საანალიზო ხსნარში შესატანი გოგირდმჟავას განსხვავებული კონცენტრაციები, კალიუმის პერმანგანატის სხვადასხვა მოცულობები, სინჯის თერმული დამუშავების პირობები და ა.შ. ჩვენი გამოკვლევის მიზანი იყო წყლის პერმანგანატული ჟანგვადობის განსაზღვრის შედეგზე მოქმედი ფაქტორების ექსპერიმენტული შემოწმება.

როგორც ცნობილია კუბელის მეთოდით ხდება წყალში გახსნილი ორგანული ნივთიერებების შემცველობის შეფასება, რადგან რეკომენდებულ პირობებში იჟანგება მათი

მხოლოდ 50-60%. ამით უნდა ავხსნათ ამ პრინციპზე დაფუძნებული სხვადასხვა ვარიანტის ძიება, რომლის მიზანია ჟანგადობის მაქსიმალური, განმეორებადი შედეგების მიღება. თითქმის საუკუნის მანძილზე მიმდინარეობს რეაგენტების რაოდენობის და კონცენტრაციის, სისტემაში მათი შეტანის თანმიმდევრობის, სინჯის თერმული დამუშავების წესის და სხვა პარამეტრების ვარირება ( ცხრილი 1 ) [ 13, 14, 17-20 ].

**ცხრილი 1**

**პერმანგანატული ინდექსის განსაზღვრის პირობები**

პარამეტრი, განზომილება	რეკომენდებულია
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , მლ	5,0
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , განზავება	1:2; 1:3; 1:4
KMnO <sub>4</sub> , მლ	10,0; 15,0; 20,0
KMnO <sub>4</sub> , ნორმალობა	0,01; 0,02
დუდილის ხანგრძლივობა, წუთი	10; 10 ± 2
KMnO <sub>4</sub> -ის დამატება	სინჯის ადუღებამდე ან ადუღების შემდეგ
გამაცხელებელი	ელექტროქურა. წყლის აბაზანა
ერთეული	მგ0/ლ; მგ0 <sub>2</sub> /ლ

ჩვენი მიზანი იყო პერმანგანატული ინდექსის განსაზღვრის შედეგზე ყველაზე მკვეთრად მოქმედი ფაქტორების გამოვლენა, რისთვისაც საჭირო იყო მათი კომპლექსური შესწავლა და რაოდენობრივი შეფასება.

### III. ექსპერიმენტული ნაწილი

#### 3.1. გამოყენებული რეაქტივები, ხსნარები და ბუნებრივი წყლები

კალიუმის პერმანგანატის და მჟაუნმჟავას 0,1 N ხსნარებს ვამზადებდით შესაბამისი ფიქსანალებიდან. მათი ათჯერადი განზავებით ვღებულობდით 0,01 N ხსნარებს. 1:4 განზავებული გოგირდმჟავა მომზადებულია კონცენტრირებული (98 %) გოგირდის მჟავას განზავებით. ხსნარების მოსამზადებლად ვიყენებდით ორჯერ გამოხდილი წყალს.

წყლის პერმანგანატული ინდექსის განსაზღვრის შედეგზე სხვადასხვა ფაქტორის გავლენის შესწავლის მიზნით, საანალიზოდ გამოვიყენეთ სასმელი (თბილისი), ზედაპირული (არაგვი, მაშავერა, ვერე) და მიწისქვეშა (ბარათაშვილის აღმართის წყაროები, სოფ. ნორიოს ჭა) წყლები. მათი ქიმიური შედგენილობა (ცხრილი 2) დადგენილი იყო ჰიდროქიმიურ ანალიზში მიღებული მეთოდებით [3, 20].

#### ცხრილი 2

#### ექსპერიმენტში გამოყენებული ბუნებრივი წყლების ქიმიური შედგენილობა (მგ/ლ)

წყალი	pH	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>	M
სასმელი, თბილისი	8,11	10	31	166	15	37	11	270
მდ. არაგვი	8,73	7	21	180	13	38	8	267
ბარათაშვილის აღმართი	8.05	18	1200	190	48	496	19	1971
მდ. მაშავერა	7.45	32	120	275	18.4	84	24.4	554
მდ. ვერე [3]	7,80	23	417	206	33	57	50	786
ჭა, სოფ. ნორიო	7.72	71	108	329	57	92	29	681

## 3.2. ფიზიკური ფაქტორების გავლენა პერმანგანატული ინდექსის განსაზღვრის შედეგზე

### 3.2.1. წყლის სინჯის დუღილის ხანგრძლივობის გავლენა პერმანგანატული ინდექსის განსაზღვრის შედეგზე

პერმანგანატის განზავებული ხსნარით წყალში გახსნილი ორგანული ნივთიერებების მხოლოდ ნაწილი იჟანგება [ 13, 16 ]. დაჟანგვის ხარისხი, ცხადია, დამოკიდებულია გახსნილი ორგანული ნივთიერებების ბუნებაზე და დაჟანგვის პირობებზე, მათ შორის სინჯის დუღილის ხანგრძლივობაზე. ამ ფაქტორის განსაზღვრის შედეგზე გავლენის რაოდენობრივი შეფასების მიზნით სხვადასხვა ბუნების წყლის პერმანგანატული ინდექსი განსაზღვრული იყო სინჯის სხვადასხვა ხანგრძლივობით დუღილის პირობებში ( ცხრილი 3 ).

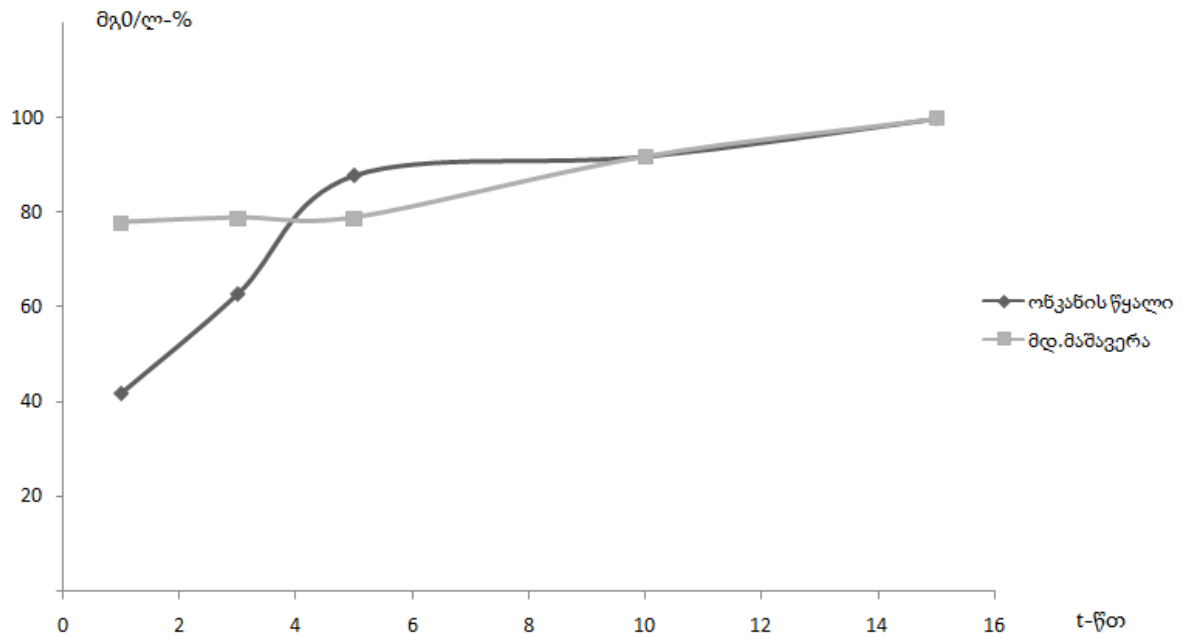
როგორც მოსალოდნელი იყო, პერმანგანატული ინდექსის სიდიდე მნიშვნელოვნადაა დამოკიდებული წყლის სინჯის დუღილის ხანგრძლივობაზე, ამიტომ აუცილებელია რეკომენდებული დროის მკაცრი დაცვა.

ცხრილი 3

**წყლის სინჯის დუღილის ხანგრძლივობის ( t ) გავლენა პერმანგანატული ინდექსის (მგ/ლ) განსაზღვრის შედეგზე**

t, წუთი	ონკანის წყალი	მდ. მაშავერა	წყარო (ბარათ.)
1	1	27,0	2,2
3	1,5	27,2	2,4
5	2,1	27,2	2,5
10	2,2	30,4	2,6
15	2,4	34,4	2,7

სინჯის დუღილის ხანგრძლივობის გავლენა კარგად ჩანს პერმანგანატული ინდექსის ფარდობით სიდიდეზე ( ცხრილი 3, ნახ. 1 ). სინჯის 5-10 წუთით დუღილის შედეგად მეტ-ნაკლებად სტაბილური შედეგები მიიღება, რომლებიც სინჯის 15 წუთით დუღილით მიღებულ შედეგების 90-95 % შეადგენს.



ნახ.1. სინჯის დუღილის ხანგრძლივობის ( t ) გავლენა პერმანგანატული ინდექსის ფარდობით სიდიდეზე; 1. ონკანის წყალი, 2. მდ. მაშავერა

#### ცხრილი 4

სინჯის დუღილის ხანგრძლივობის ( t ) გავლენა პერმანგანატული ინდექსის ფარდობით სიდიდეზე ( მაქსიმალური შედეგი ჩათვლილია 100 %-ად )

t, წუთი	ონკანის წყალი	მდ. მაშავერა	წყარო (ბარათ.)
1	42	78	81
3	63	79	89
5	88	79	93
10	92	92	96
15	100	100	100

### 3.2.2. რეაგენტის დამატების თანმიმდევრობის გავლენა პერმანგანატული ინდექსის განსაზღვრის შედეგზე

წყლის თერმული დამუშავების პირობები მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს პერმანგანატული ინდექსის განსაზღვრის შედეგზე. ამ ფაქტორის რაოდენობრივი შეფასების მიზნით საანალიზო სინჯებში პერმანგანატის ხსნარი შეგვქონდა თავიდანვე ( სინჯის გაცხელებამდე, ვარიანტი 1 ) და სინჯის ადუღებად გაცხელების შემდეგ ( ვარიანტი 2 ). მიღებული შედეგები მოტანილია 5 ცხრილში.

#### ცხრილი 5

სინჯის გაცხელების რეჟიმის გავლენა პერმანგანატული ინდექსის (მგ O/ლ) განსაზღვრის შედეგზე. 1 ვარიანტი: სინჯი + H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> + KMnO<sub>4</sub> გაცხელება, დუღილი 10 წუთი. 2 ვარიანტი: სინჯი + H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, გაცხელება ადუღებამდე + KMnO<sub>4</sub>, დუღილი 10 წუთი(სინჯების რაოდენობა ვარიანტებში 4-4)

სინჯი, N	ვარიანტი 1		ვარიანტი 2		სხვაობა	
	მინ.-მაქ.	საშუალო	მინ.-მაქ.	საშუალო	მგO/ლ	%
1	2,16 – 2,34	2,29	2,16 – 2,24	2,22	+0,07	3,1
2	2,40 – 2,48	2,44	2,16 – 2,20	2,18	+0,26	10,6
3	2,20 – 2,24	2,21	2,08 – 2,16	2,13	+0,08	3,6
4	49,6 – 51,2	50,4	48,0 – 49,6	48,8	+1,60	3,2

სინჯები: N 1-3 ონკანის წყალი, N 4 - მდ. მაშავერა.

5 ცხრილში მოტანილი მონაცემებით პირველი ვარიანტის შედეგები 0,07-0,26 მგO/ლ მეტია მეორე ვარიანტთან შედარებით, რაც ლოგიკურია სინჯის თერმული დამუშავების მეტი ხანგრძლივობის გამო. მეორე ვარიანტში შედეგების გაფანტვა და სხვაობა მინიმალურ და მაქსიმუმალურ სიდიდეებს შორის ნაკლებია.



### 3.3. ქიმიური ფაქტორების გავლენა პერმანგანატული ინდექსის განსაზღვრის შედეგზე

#### 3.3.1. წყლის სინჯის გაცხელების წესის გავლენა პერმანგანატული ინდექსის განსაზღვრის შედეგზე

ადრე ჩატარებულმა გამოკვლევებმა აჩვენა, რომ წყლის პერმანგანატული ინდექსის განსაზღვრის შედეგი, დამოკიდებულია რეაგენტების დამატების თანმიმდევრობაზეც (ცხრილი 5). პერმანგანატის ხსნარის შეტანით სინჯის გაცხელებამდე (1 ვარიანტი) დაახლოებით 3-4 %-ით გადიდებული შედეგი მიიღება. განსაზღვრის მეორე და მესამე ვარიანტებში (სინჯის გაცხელება კოლბაში და ცილინდრში, პერმანგანატის შეტანა სინჯის ადუღებად გაცხელების შემდეგ) მიღებული შედეგები პრაქტიკულად თანმიხვევადია. ამასთან ცალკეული განსაზღვრების შედეგების გადახრა საშუალოდან მაქსიმალურია პირველ და მცირდება მეორე-მესამე ვარიანტებში ( ცხრილი 6 ). ამავე რიგში კლებულობს სხვაობა განსაზღვრის მაქსიმალურ და მინიმალურ სიდიდეებს შორის. მიღებული შედეგებიდან გამომდინარე წყლის პერმანგანატული ინდექსის საიმედო, განმეორებადი შედეგების მისაღებად უპირატესობა უნდა მიენიჭოს საანალიზო სინჯში პერმანგანატის ხსნარის შეტანას ადუღებად მიყვანილ სინჯში.

#### ცხრილი 6

წყლის სინჯის გაცხელების წესის გავლენა პერმანგანატული ინდექსის (მგ/ლ) განსაზღვრის შედეგებზე (მდ. ვერე)

სერია, N	1 ვარიანტი	2 ვარიანტი	3 ვარიანტი
1	8,2	7,8	8,0
2	7,9	8,0	8,0
3	8,3	8,0	8,1
4	8,3	8,1	7,9
5	8,4	7,9	8,1
6	7,9	8,2	8,0
საშუალო	8,2	8,0	8,0
სხვაობა მაქს. - მინ.	0,5	0,4	0,2
გადახრა საშუალოდან	0,17	0,12	0,05

1 ვარიანტი. კონუსური კოლბა, 100 მლ წყალი,  $\text{KMnO}_4$ , ელექტროქურაზე გაცხელება ადულებამდე, დუღილი 10 წუთი.

2 ვარიანტი. კონუსური კოლბა, 100 მლ წყალი, ელექტროქურაზე გაცხელება ადულებამდე,  $\text{KMnO}_4$ , დუღილი 10 წუთი.

3 ვარიანტი. 120 მლ ცილინდრი, 100 მლ წყალი, წყლის აბაზანაში გაცხელება ადულებამდე,  $\text{KMnO}_4$ , დუღილი 10 წუთი.

ამრიგად, დადგენილი იქნა, რომ წყლის პერმანგანატული ინდექსის განსაზღვრის შედეგზე გარკვეულ გავლენას ახდენს რეაგენტების დამატების რიგი. პერმანგანატის შეტანით ადულებადე მიყვანილ სინჯში 3-4 %-ით ნაკლები და უფრო სტაბილური შედეგები მიიღება, ვიდრე რეაგენტის წინასწარი ( ადულებამდე ) შეტანით.

### 3.3.2. გოგირდმჟავას კონცენტრაციის გავლენა პერმანგანატული ინდექსის განსაზღვრის შედეგზე

პერმანგანატული ინდექსი, ჩვეულებრივ, ისაზღვრება გოგირდმჟავა გარემოში. როგორც ცნობილია, წყალბადიონების კონცენტრაციის გაზრდით სისტემის ჟანგვითი პოტენციალი იზრდება.

აქედან გამომდინარე, პერმანგანატული ინდექსის განსაზღვრის შედეგი დამოკიდებულია ხსნარში გოგირდმჟავას კონცენტრაციაზე. პერმანგანატული ინდექსის განსაზღვრის შედეგზე გარკვეულ გავლენას მოახდენს აგრეთვე ხსნარის დუდილის ტემპერატურის გაზრდა ებულიოსკოპური ეფექტის გამო.

წყალში გახსნილი ორგანული ნივთიერებების დაჟანგვის ხარისხზე გოგირდმჟავას კონცენტრაციის გავლენის რაოდენობრივი შეფასების მიზნით ჩატარებულმა გამოკვლევამ გვიჩვენა, რომ განმეორებადი, მაქსიმალური შედეგების მისაღებად საჭიროა ძლიერი მჟავა არე ( 10-15 მლ 1:4 განზავებული გოგირდმჟავა, ცხრილი 7 ). მიღებული შედეგები ასევე გვიჩვენებს, რომ საანალიზო სინჯში შეტანილი მჟავის მოცულობების მცირე სხვაობა ( 0,5-1 მლ ), პერმანგანატული ინდექსის განსაზღვრის შედეგზე შესამჩნევ გავლენას არ ახდენს.

#### ცხრილი 7

გოგირდმჟავას რაოდენობის გავლენა პერმანგანატული ინდექსის განსაზღვრის შედეგზე (მაქსიმალური შედეგი ჩათვლილია 100 %-ად)

1:4 H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , მლ	სასმელი, თბილისი		სოფ. ნორიო, ჭა	
	მგ/ლ	%	მგ/ლ	%
3	2,2	88	3,0	86
5	2,4	96	3,1	89
10	2,5	100	3,3	94
15	2,5	100	3,5	100

### 3.3.3. პერმანგანატის საწყისი კონცენტრაციის გავლენა პერმანგანატული ინდექსის განსაზღვრის შედეგზე

მკვლევართა აზრი სინჯში პერმანგანატის საწყისი რაოდენობის შესახებ რამდენადმე განსხვავებულია. სხვადასხვა წყაროს მიხედვით რეკომენდებულია საანალიზო ხსნარში შევიტანოთ 10 ან 20 მლ 0,01 ან 0,02 N პერმანგანატის ხსნარი [ 14, 17, 21 ]. ითვლება, რომ საიმედო შედეგების მისაღებად აუცილებელია სინჯის თერმული დამუშავების შემდეგ ხსნარში შეტანილი პერმანგანატის საწყისი რაოდენობის 40 % მაინც დარჩეს [ 17 ].

როგორც მოსალოდნელი იყო, საანალიზო სინჯებში პერმანგანატის საწყისი კონცენტრაციის გაზრდით წყალში გახსნილი ორგანული ნივთიერებების დაჟანგულობის ხარისხი შესამჩნევად იზრდება ( ცხრილები 8 და 9 ). ამასთან დაბალი ( < 3 – 5 მგ/ლ ) პერმანგანატული ინდექსის მქონე წყლების შემთხვევაში შედარებით სტაბილური შედეგები მიიღება წყალში 5–7 მლ 0,01 N  $KMnO_4$ - ის შეტანის შემთხვევაში ( სხვაობა მათ საშუალო ფარდობით სიდიდეებს შორის 4 %-ია, ცხრილი 8 ). ორგანული ნივთიერებებით შედარებით მაღალი შემცველობის წყლებში 0,01 N პერმანგანატის მოცულობა 10 -15 მლ-მდე უნდა გაიზარდოს.

#### ცხრილი 8

პერმანგანატის საწყისი რაოდენობის გავლენა პერმანგანატული ინდექსის განსაზღვრის შედეგზე (მგ/ლ)

0,01 N $KMnO_4$ , მლ	სასმელი წყალი, თბილისი	სოფ. ნორიო, ჭა	ბარათაშვილის აღმართ.წყალი
3	0,9	1,6	1,0
5	1,8	2,2	1,8
7	1,8	2,5	2,0
10	2,2	3,3	2,6
12	2,5	3,9	2,9
15	3,4	4,5	3,6

პერმანგანატის საწყისი რაოდენობის გავლენა პერმანგანატული ინდექსის ფარდობით  
სიდიდეზე (მაქსიმალური სიდიდე ჩათვლილია 100-ის ტოლად)

0,01N KMnO <sub>4</sub> , მლ	სასმელი წყალი, თბილისი	სოფელი ნორიო, ჭა	ბარათაშვილის აღმართ. წყალი	საშუალო
3	27	36	28	30
5	53	49	50	51
7	53	56	56	55
10	65	73	72	70
12	74	87	81	77
15	100	100	100	100

პერმანგანატული ინდექსის განსაზღვრის შედეგი მკვეთრად რეაგირებს საანალიზო ხსნარში პერმანგანატის საწყის კონცენტრაციაზე ( ცხრილი 9 ). მიუხედავად ამისა, მეთოდით გათვალისწინებული რეაგენტის მოცულობის შესაძლო ცდომილების ( 0,1-0,2 მლ) გავლენა ანალიზის შედეგზე 0,01 – 0,02 მგ0/ლ-ზე ნაკლები იქნება.

### 3.3.4. ქლორიდონის გავლენა პერმანგანატული ინდექსის განსაზღვრის შედეგზე

პერმანგანატული ინდექსის განსაზღვრის მეთოდი არ არის სპეციფიური. ორგანულ ნივთიერებებთან ერთად შეიძლება დაიჟანგოს წყალში გახსნილი აღმდგენელი ნივთიერებებიც ( $Fe^{2+}$ ,  $NO_2^-$  და  $S^{2-}$  და სხვა). ანალიზის შედეგზე მათი გავლენის აცილების მიზნით საანალიზო სინჯს წინასწარ, ცივად წვეთ-წვეთობით უმატებენ 0.01 N  $KMnO_4$ -ის ხსნარს მდგრადი ვარდისფერის მიღებამდე.

ხელისშემშლელ ნივთიერებას მიეკუთვნება აგრეთვე ქლორიდ იონი. თუ მისი კონცენტრაცია წყალში 300-500 მგ/ლ-ს აღემატება [ 17, 18, 20 ]. მისი გავლენის აცილება შეიძლება ვერცხლის იონების საშუალებით. საინტერესოდ ჩავთვალეთ შეგვემოწმებინა მოახდენდა თუ არა ჭარბად შეტანილი ვერცხლის იონები პერმანგანატული ინდექსის განსაზღვრის შედეგზე გავლენას. ამ მიზნით საანალიზო სინჯებს, სხვა რეაგენტებთან ერთად ემეტებოდა 1 მლ 1 N  $AgNO_3$ -ის ხსნარი. მიღებული შედეგი რამდენადმე აღემატება ჩვეულებრივი წესით მიღებულ სიდიდეს ( ცხრილი 10 ), რაც თითქოს ვერცხლის იონების კატალიზური მოქმედების შედეგია. მაგრამ პრაქტიკულად პერმანგანატული ინდექსის იგივე შედეგები მიიღება იმ შემთხვევაშიც როდესაც სინჯებში შეტანილია 1 მლ 1N  $HNO_3$ -ის ხსნარი. აქედან გამომდინარე ჟანგვადობის ნამატი განპირობებულია  $HNO_3$ -ით და არა ვერცხლის იონების კატალიზური ქმედებით.

ცხრილი 10

ვერცხლის ნიტრატის გავლენა პერმანგანატული ინდექსის განსაზღვრის შედეგზე

სინჯი	დანამატის გარეშე	დამატებული 1 მლ 1N $AgNO_3$	დამატებული 1 მლ 1N $HNO_3$
სასმელი, თბილისი	2,2	2,4	2,4
მდ. არაგვი	3,7	3,9	4,0

### 3.3.5. წყლის სიმღვრივის გავლენა პერმანგანატული ინდექსის განსაზღვრის შედეგზე

პერმანგანატული ინდექსის განსაზღვრა რეკომენდებულია წყლის გაფილტრულ სინჯებში [ 17 ]. ზოგ შემთხვევაში ე.წ. საერთო ჟანგვადობის განსაზღვრისათვის, გამოყენებულია გაუფილტრავი სინჯებიც [ 16 ]. მდ. არაგვის და მტკვრის სინჯებზე ჩატარებულმა გამოკვლევამ აჩვენა, რომ გაუფილტრავი სინჯების ჟანგვადობა 10-20 %-ით მეტია [ 3 ]. ცხადია სხვაობა მით მეტი იქნება, რაც მეტია წყლის სიმღვრივე. ასევე გადამწყვეტია ნატანის ქიმიურ-მინერალოგიური შედგენილობაც. მთის მდინარეების ნატანი ძირითადად ქანების ეროზიის პროდუქტებისაგან შედგება და ღარიბია ორგანული ნაერთებით (C<sub>ორგ</sub> საშუალოდ 0,70 % [3]), ბარის მდინარეების ნატანში კი ჭარბობს ორგანული ნივთიერებებით მდიდარი ნიადაგის ეროზიის პროდუქტები, რომლებშიც ორგანული ნახშირბადის წილი საშუალოდ 2,26 %-ია [ 2, 3 ].

წყალში შეტივანარებული ნივთიერებების გამოყოფა შეიძლება დაყოვნებით, ცენტრიფუგირებით ან გაფილტვრით. სინჯის დაწდომა ხანგრძლივი პროცესია, ხოლო დიდი მოცულობა სითხეების ცენტრიფუგირება ტექნიკურ სირთულეებთან არის დაკავშირებული. აღნიშნულიდან გამომდინარე წყლიდან ტივტივა ნატანის გამოყოფის რეალური მეთოდი გაფილტვრაა.

მკვლევართა აზრით წყლის პერმანგანატული ინდექსი გაფილტვრისას შეიძლება გაიზარდოს ქაღალდის ფილტრის გავლენით [ 16 ]. ამ ვარაუდის შემოწმების მიზნით ჩვენს მიერ პერმანგანატული ინდექსი განსაზღვრული იყო ონკანის წყლის გაუფილტრავ და გაფილტრულ სინჯებში ( ცხრილი11 ).

ცხრილი11

ფილტრის ქაღალდის გავლენა პერმანგანატული ინდექსის განსაზღვრის შედეგზე (მგ0/ლ)

წყალი	ფილტრი	გაუფილტრავი	ფილტრატი		
			I	II	III
სასმელი,თბილისი	ფართე ფორიანი	2,6	6,6	3,7	2,6
სასმელი,თბილისი	ფართე ფორიანი	2,2	6,4	2,6	2,2
ნორიო, ჭა	მჭიდრო ფორიანი	3,3	8,2	5,7	3,3

მიღებული შედეგებიდან ჩანს, რომ ფილტრის ქაღალდის გავლენით ფილტრატებში მნიშვნელოვნად იზრდება პერმანგანატული ინდექსის მაჩვენებელი. ფილტრატის დაბინძურების ასაცილებლად ფილტრის გასარეცხად მასში წინასწარ უნდა გავატაროთ 300-350 მლ სინჯი. სინჯის ეკონომიის მიზნით შეიძლება ონკანის წყლის გამოყენებაც.



### 3.3.6. პერმანგანატული ინდექსის განსაზღვრის შედეგების განმეორებადობა

ქიმიური ანალიზის შედეგების თანმთხვევადობა მიღებული ინფორმაციის საიმედოობის ერთ-ერთი მაჩვენებელია. საკითხი განსაკუთრებით აქტუალურია მაშინ, როდესაც საკონტროლო პარამეტრის ( ამ შემთხვევაში პერმანგანატული ინდექსი ) განსაზღვრის შედეგი მრავალ ფაქტორზეა დამოკიდებული.

საკონტროლო პარამეტრის განსაზღვრით მიღებული შედეგების მეტროლოგიური შეფასების მიზნით პერმანგანატული ინდექსი განსაზღვრული იყო თბილისის სასმელი წყლისა და მდ. არაგვის ხუთ-ხუთ სინჯში ( ცხრილი 12 ).

ცხრილი 12

წყლის პერმანგანატული ინდექსის პარალელური განსაზღვრის შედეგები (მგ/ლ)

სასმელი წყალი, თბილისი		მდ. არაგვი	
ვარიანტი 1	ვარიანტი 2	ვარიანტი 1	ვარიანტი 2
2,36	3,32	3,76	5,08
2,28	3,36	3,80	5,12
2,16	3,28	3,84	4,96
2,32	3,28	3,76	5,04
2,36	3,24	3,80	5,04

ვარიანტი 1. 100 მლ წყალი, 5,0 მლ 1:4 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, 10,0 მლ 0,01 N KMnO<sub>4</sub>

ვარიანტი 2. 100 მლ წყალი, 10,0 მლ 1:4 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, 15,0 მლ 0,01N KMnO<sub>4</sub>

მიღებული მონაცემების მიხედვით გათვლილი იყო ცალკეული შედეგის გადახრა საშუალოდან, სხვაობები მაქსიმალურ და მინიმალურ შედეგებს შორის, კვადრატული და სტანდარტული გადახრები ( ცხრილი 13 ).

## წყლის პერმანგანატული ინდექსის განსაზღვრის შედეგების სტატისტიკური მახასიათებლები

სტატისტიკური მახასიათებელი	თბ. სასმელი წყალი		მდინარე არაგვი	
	ვარიანტი 1	ვარიანტი 2	ვარიანტი 1	ვარიანტი 2
საშუალო, მგ/ლ	2,30	3,30	3,79	5,05
გადახრა საშუალოდან	0,04	0,04	0,03	0,04
სხვაობა მაქს. - მინ.	0,20	0,12	0,08	0,16
კვადრატული გადახრა	0,07	0,04	0,03	0,02
სტანდარტული გადახრა	0,05	0,05	0,03	0,05

მიღებული შედეგებიდან ჩანს, რომ მიუხედავად იმისა, რომ წყლის პერმანგანატული ინდექსის განსაზღვრის შედეგი ბევრ ფაქტორზეა დამოკიდებული, მეთოდით რეკომენდებული პირობების მკაცრი დაცვის პირობებში, დამაკმაყოფილებელი შედეგები მიიღება. ცალკეული განსაზღვრების გადახრა საშუალო სიდიდიდან 0,03-0,04 მგ/ლ შეადგენს, ხოლო საშუალო კვადრატული და საშუალო სტანდარტული გადახრები 0,1-ზე ნაკლებია. ძირითადი სტატისტიკური პარამეტრების მიხედვით რამდენადმე უკეთესი შედეგები მიიღება ანალიზის მეორე ვარიანტის შემთხვევაში.

## IV. დასკვნები

1. ექსპრიმენტულად არის შესწავლილი და რაოდენობრივად შეფასებული ფიზიკური და ქიმიური ფაქტორების გავლენა წყლის პერმანგანატული ინდექსის (წყლის ჟანგადობა) განსაზღვრის შედეგებზე.

2. პერმანგანატული ინდექსის განსაზღვრის შედეგი მკვეთრად რეაგირებს სინჯის დუდილის ხანგრძლივობაზე. მისი ყოველწუთიერი გახანგრძლივებით შედეგი 1-2%-ით იზრდება. შედარებით განმეორებადი, სტაბილური შედეგები მიიღება (საშუალო გადახრა  $\pm 6\%$ ) სინჯის 5-10 წუთით დუდილის შემთხვევაში. სინჯის თერმული დამუშავების წესის (გაცხელება ქურაზე, ან წყლის აბაზანაზე) გავლენა პერმანგანატული ინდექსის განსაზღვრის შედეგზე უმნიშვნელოა.

3. პერმანგანატული ინდექსის განსაზღვრის შედეგზე გავლენას ახდენს რეაგენტის დამატების რიგი. პერმანგანატის შეტანით ადუღებამდე მიყვანილ სინჯში შედარებით სტაბილური და 5 %-მდე ნაკლები შედეგები მიიღება, ვიდრე რეაგენტის წინასწარი შეტანის შემთხვევაში, რაც გამოწვეულია მორიაგირე კომპონენტების უფრო ხანგრძლივი კონტაქტით.

4. საანალიზო წყალში პერმანგანატის საწყისი კონცენტრაციის გაზრდით პერმანგანატული ინდექსი მნიშვნელოვნად იზრდება. გატიტვრის ცდომილებით ( 0,1 - 0,2 მლ 0.01 N  $\text{KMnO}_4$  ) გამოწვეული სხვაობა 0,01 – 0,02 მგ/ლ ნაკლებია.

5. წყალში გახსნილი ორგანული ნივთიერებების დაჟანგვის ხარისხი, სხვა ფაქტორებთან ერთად, დამოკიდებულია ხსნარში გოგირდმჟავის კონცენტრაციაზე. სისტემაში 10 მლ 1:4 ან 5 მლ 1:3 განზავებული მჟავას შეტანით პერმანგანატული ინდექსის შედარებით მაღალი და სტაბილური შედეგები მიიღება.

6. მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს ორგანული ნივთიერებების გაზრდილი შემცველობა. ბარის მდინარის ტივტივა ნატანის გავლენა პერმანგანატული ინდექსის განსაზღვრის შედეგზე, მთის მდინარეებთან შედარებით, მეტია. დადგენილია, რომ სინჯის გაფილტვრა ქაღალდის ფილტრში გავლენას ახდენს წყლის პერმანგანატული ინდექსის განსაზღვრის შედეგზე, ამიტომ აუცილებელია მისი წინასწარი დამუშავება.

7. პერმანგანატული ინდექსის განსაზღვრის შედეგზე ქლორიდების გავლენის აცილების მიზნით სინჯში შეტანილი ვერცხლის იონების კატალიზური გავლენა არ შეიმჩნევა.

8. მიღებულია დამატებითი ინფორმაცია საქართველოს ზოგიერთი ზედაპირული და მიწისქვეშა წყლების პერმანგანატული ინდექსის შესახებ. ნაჩვენებია, რომ ბარათაშვილის აღმართის ნაკადებში კომუნალური მეურნეობების ჩამდინარე წყლები არ ერევა.

9. პარალელურ სინჯებში პერმანგანატული ინდექსის განსაზღვრის შედეგების სტატისტიკურმა ანალიზმა გვიჩვენა, რომ მიუხედავად ფაქტორების სიმრავლისა,

მეთოდიკის ზუსტი დაცვით, საიმედო შედეგები მიიღება. ცალკეული განსაზღვრების გადახრა საშუალო სიდიდიდან 0,03 – 0,04 მგ/ლ შეადგენს, ხოლო საშუალო კვადრატული და ფარდობითი გადახრები 0,1-ზე ნაკლებია.

10. განსაკუთრებულ ყურადღებას მოითხოვს იმ წყლების ანალიზი, რომელთა პერმანგანატული ინდექსი ახლოსაა ზღვრულად დასაშვებ სიდიდესთან. შედეგის ამა თუ იმ ფაქტორის გავლენით გამოწვეულმა გადახრამ რეალური სიდიდიდან შეიძლება გავლენა იქონიოს სინჯის შესაბამისობაზე სათანადო ნორმატივთან.

## V.ლიტერატურა

1. Алекин О. А. Основы гидрохимии. Л., Гидрометиздат, 1970.
2. სუპატაშვილი გ. გარემოს ქიმია (ეკოქიმია). თბ., თსუ, 2009.
3. Супаташвили Г. Д. Гидрохимия Грузии. Тб., ТГУ, 2003.
4. სიდამონიძე შ., სუპატაშვილი გ., ადამია ს. ქიმიის მოკლე ცნობარი. თბ., თსუ, 1976.
5. Пцкиаладзе Т. А. Гидрохимическое исследование некоторых водохранилищ Грузинской ССР. Автореферат диссертации на соискание уч. степени кад. хим. наук. Тб., 1974.
6. დავითაია თ. მდ. ხობისა და მისი შენაკადების ჰიდროქიმიური გამოკვლევა. დისერტაციის ავტორეფერატი ქიმიის მეცნიერებათა კანდიდატისამეცნიერო ხარისხის მოსაპოვებლად. თბ., 2004.
7. Молчанова Я. П. И др. Гидрохимические показатели состояния окружающей среды. М., 2010.
8. Зуев Е. Т., Фомин Г. С. Питьевая и минерализованная вода. М., 2003.
9. საქართველოს საკანონმდებლო მაცნე, 2001. N 90.
10. სასმელი წყლის ტექნიკური რეგლამენტი. საქართველოს იუსტიციის სამინისტრო, ბრძანება N 349/ნ, 2007.
11. დვალიშვილი ნ. ქ. თბილისის ატმოსფერული ნალექებისა და მათი ნიაღვრების ქიმიური კვლევა. დისერტაციის ავტორეფერატი გეოგრაფიის დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად. 2008.
12. მახარაძე გ. ბუნებრივი წყლებიდან გამოყოფილი ფულვომჟავების გამოკვლევა და მათი ნაერთები მძიმე ლითონებთან. დისერტაციის ავტორეფერატი ქიმიის მეცნიერებათა დოქტორის ხარისხის მოსაპოვებლად. თბ., 2002.
13. Лейте В. Определение органических загрязнителей питьевых, природных и сточных вод. М., Химия, 1975.
14. ГОСТР 55684-2013. Вода питьевая. Метод определения перманганатной окисляемости.
15. ГОСТ 6709-72. Вода дистиллированная, технические условия.
16. Семенов А. Д. Методы изучения органических веществ природных вод. Гидрохимические материалы, 1967, т. 45, 173-188.
17. Алекин О. А., Семенов А. Д., Скопинцев Б. А. Руководство по химическому анализу вод суши. Л., Гидрометиздат, 1973.
18. Резиков А. А. Методы анализа природных вод. М., Недра, 1970.
19. Унифицированные методы анализа вод. Ред. Лурье Ю. Ю. М., Химия, 1983.

20. Фомин Г.С. Вода. Контроль качества и радиационной безопасности по международным стандартам. М., 2004.
21. Die Untersuchung von Wasser. Merck, Darmstadt, 1990.
22. სუპატაშვილი გ. რადიონობითი ანალიზი. თბ., თსუ, 2011.
23. Hutter L A. Wasser und Wasseruntersuchung. Salzburg, 1992.
24. Panlani F., Brunetti F. Об определении окисляемости вод. Rass. Chim., 1973, v. 25, N 2, 128-132. Цитир. По РЖХ, 1974, 3 Г 178.
25. საქართველოს შრომის, ჯანმრთელობის და სოციალური დაცვის მინისტრის ბრძანება 306/ნ, 2003. 27.11.
26. ტაბატაძე მ. აღმოსავლეთ საქართველოს მდინარეების თანამედროვე ეკოლოგიური მდგომარეობის შეფასება მათზე ანთროპოგენური დატვირთვის გათვალისწინებით. თბ., 2009.