

ივანე ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის
სახელმწიფო უნივერსიტეტი

ლია სარდალაშვილი

მიკროორაოდენობა ოქროს განსაზღვრა ბუნებრივ ობიექტებში

ფიზიკური და ანალიზური ქიმია

სამაგისტრო ნაშრომი შესრულებულია ქიმიის მაგისტრის აკადემიური
ხარისხის მოსაპოვებლად

ხელმძღვანელები: ქიმიის დოქტორი ნელი თელია
ქიმიის დოქტორი ნუნუ ლაბარტყავა

თბილისი

2017

შინაარსი

ანოტაცია	3
შესავალი	6
თავი 1. ლიტერატურის მიმოხილვა	7
1.1. ოქროს ფიზიკურ-ქიმიური თვისებები და მდგომარეობა წყალხსნარებში	7
1.2. ოქროს განსაზღვრის მეთოდების მოკლე მიმოხილვა	11
1.2.1. გრავიმეტრული მეთოდები	11
1.2.2. მოცულობითი მეთოდები	13
1.2.3. ფოტომეტრული მეთოდები	14
1.2.4. ატომურ-აბსორბციული მეთოდები	16
1.3. როდამინის ჯგუფის საღებრებისა და როდანიის ნაწარმების გამოყენება ანალიზურ ქიმიაში	16
თავი 2. ექსპერიმენტული ნაწილი	21
2.1. გამოყენებული რეაგენტები, ხსნარები და აპარატურა	21
2.2. ოქროს განსაზღვრის მეთოდიკა ექსტრაქციულ-ფოტომეტრული მეთოდით როდამინ C-ს გამოყენებით	23
2.3. ოქროს განსაზღვრის მეთოდიკა ფოტომეტრული მეთოდით 4-სულფოფენილაზო-როდანიის გამოყენებით	23
2.4. ტეტრაქლორაურატ-იონსა და როდამინ C-ს შორის მიმდინარე კომპლექსწარმოქმნის რეაქციის ოპტიმალური პირობები	24
2.4.1. მჟავების ბუნებისა და კონცენტრაციის გავლენა კომპლექსის შეფერილი ხსნარების ოპტიკურ სიმკვრივეზე	25
2.4.2. რეაგენტის კონცენტრაციისა და დროის გავლენა კომპლექსის ოპტიკურ სიმკვრივეზე	26
2.4.3. ოქროს კონცენტრაციის გავლენა კომპლექსის ოპტიკურ სიმკვრივეზე	27
2.4.4. გარეშე იონების გავლენა კომპლექსის ოპტიკურ სიმკვრივეზე	28
2.5. ტეტრაქლორაურატ-იონსა და 4-სულფოფენილაზოროდანიის შორის მიმდინარე კომპლექსწარმოქმნის რეაქციის ოპტიმალური პირობები	28
2.5.1. მჟავების ბუნებისა და კონცენტრაციის გავლენა კომპლექსის შეფერილი ხსნარების ოპტიკურ სიმკვრივეზე	29
2.5.2. რეაგენტის კონცენტრაციის, დროის, ტემპერატურისა და გამხსნელის გავლენა კომპლექსის ოპტიკურ სიმკვრივეზე	29
2.5.3. ოქროს კონცენტრაციის გავლენა კომპლექსის ოპტიკურ სიმკვრივეზე	31

2.5.4. გარეშე იონების გავლენა კომპლექსის ოპტიკურ სიმკვრივეზე.....	32
2.6. ოქროს განსაზღვრის სისწორე და განმეორებადობა	32
თავი 3. კვლევის შედეგები და მათი განხილვა	35
3.1. ოქროს განსაზღვრა ექტრაქციულ-ფოტომეტრული და ფოტომეტრული მეთოდებით ბუნებრივ ობიექტებში.....	35
დასკვნა.....	38
გამოყენებულილიტერატურა	39

ანოტაცია

მიკრორაოდენობა ოქროს განსაზღვრა ბუნებრივ ობიექტებში

ლია სარდალაშვილი

ბუნებრივი და სამრეწველო ობიექტების შედგენილობის სირთულე, მათი ზუსტი და სწრაფი ანალიზის მეთოდების აუცილებლობა ქიმიკოს-ანალიტიკოსის წინაშე აყენებს ახალი, მგრძობიარე, სელექტიური, სწრაფი და საიმედო მეთოდების შექმნის საჭიროებას, რომლებიც უნდა აკმაყოფილებდნენ თანამედროვე მეცნიერებისა და წარმოების კონტროლის მოთხოვნებს.

ჩემი ნაშრომის მიზანია მიკრორაოდენობა ოქროს განსაზღვრა ახალი მეთოდების გამოყენებით, რადგან ოქრო იმ ელემენტთა რიცხვს მიეკუთვნება, რომელთა მიკრორაოდენობის განსაზღვრა სხვადასხვა საანალიზო ობიექტში მოითხოვს განსაზღვრის სპეციფიური მეთოდების ძიებას.

ათვისებულია ოქროს განსაზღვრის ახალი ექსტრაქციულ-ფოტომეტრული და ფოტომეტრული მეთოდები, რომელიც შემუშავებულია ანალიზური და ფიზიკური ქიმიის მიმართულებაზე. რეაგენტებად გამოყენებულ იქნა როდამინ C და 4-სულფო-ფენილზოროდანინი. ჩვენს მიერ ეს მეთოდები გამოყენებულია ოქროს განსაზღვრისათვის საქართველოში არსებულ ოქროს შემცველ მადნებში.

ანალიზის შედეგების სისწორე და განმეორებადობა შემოწმებულია აღებულია-მიღებულიას მეთოდით მოდელურ ხსნარებზე და ოქროს განსაზღვრით სტანდარტულ ნიმუშებში. ბუნებრივ ობიექტებში ოქროს განსაზღვრის შედეგები შედარებულია ატომურ-აბსორბციულ და ნეიტრონულ-აქტივაციურიმეთოდით მიღებულ შედეგებთან. მიღებული შედეგები დამაკმაყოფილებელია.

ANOTATION

Determination of Gold Quantity in Natural Objects

LIA SARDALASHVILI

Complexity of composition of the natural and industrial objects, methods of their exact and rapid analysis faces the chemists and analysts to the necessity of new, sensitive, selective, rapid and reliable methods, which should meet requirements of modern science and manufacturing control.

Gold of my thesis is determination of gold micro quantity using recent methods, because gold is one of the elements, determination of micro quantity of which requires searching of special methods of determination in objects subject to analysis.

New extraction-photometric and photometric methods are mastered, which are developed in analytic and physical chemistry direction. Rhodamine C and 4-sulfophenylazorhodanine were used as reagents. We use these methods in determination of gold-bearing ores.

Correctness and repetitiveness of analysis results are checked by taken-accepted method in modeled solutions and in gold determination in standard samples. Results of gold determination in natural objects are compared by atomic-absorption and neutron-activation method with results received. The results are satisfactory.

შესავალი

ოქრო-საკმაოდ შესწავლილი, უნიკალური ფიზიკური და ქიმიური თვისებების მქონე ელემენტია. მისი მოპოვებისა და დამუშავების ისტორია დაახლოებით 6000 წელს ითვლის. მიუხედავად ამისა, ამჟამადაც ოქროს გამოყოფა და განსაზღვრა გარემოს ობიექტებში ძველებურად აქტუალურია. განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია ოქროს გამოყოფა და განსაზღვრა ღარიბი მადნებიდან, ნიადაგებიდან, ბუნებრივი და ჩამდინარე წყლებიდან, ფსკერული ნალექებიდან და სხვა. ბუნებრივი ობიექტების სირთულიდან გამომდინარე აუცილებელია ოქროს თანმხლები ელემენტების გავლენის თავიდან აცილება და მიკრორაოდენობა ოქროს განსაზღვრის მაღალმგრძობიარე, სელექტიური და საიმედო მეთოდების ძიება. მიუხედავად იმისა, რომ ოქროს განსაზღვრისთვის მრავალი ორგანული რეაგენტია მოწოდებული, დღესაც აქტუალურია ახალი რეაგენტების შესაძლებლობის კვლევა.

ანალიზური და ფიზიკური ქიმიის მიმართულებაზე, წლების განმავლობაში მიმდინარეობს კვლევები ოქროს განსაზღვრის ახალი მეთოდების შემუშავების მიზნით. საკვლევ რეაგენტებად გამოყენებულია: როდამინის ჯგუფის საღებრები და როდანიის ნაწარმები. მრავალრიცხოვან ორგანულ ნივთიერებებს შორის, როდამინის ჯგუფის საღებრები და როდანიის ნაწარმები ცნობილია როგორც მგრძობიარე ანალიზური რეაგენტები ძვირფასი მეტალებისა და მათ შორის ოქროს განსაზღვრისათვის. წინამდებარე ნაშრომი წარმოადგენს ამ კვლევების ნაწილს.

მიკრორაოდენობა ოქროს განსაზღვრის თითქმის ყველა მეთოდი მოითხოვს წინასწარ კონცენტრირებას, რისთვისაც ყველაზე ხშირად იყენებენ თანდალექვის მეთოდს. იგი შრომატევადია, შესასრულებლად მოითხოვს დიდ დროს, შედეგები კი მეტწილად არაგანმეორებადია.

ნაშრომში წარმოდგენილია საქართველოს ბუნებრივ ობიექტებში ოქროს განსაზღვრის შესაძლებლობის დადგენა ექსტრაქციულ-ფოტომეტრული მეთოდით როდამინ C-სა და ფოტომეტრული მეთოდით 4-სულფოფენილაზოროდანიის გამოყენებით.

თავი 1

ლიტერატურის მიმოხილვა

1.1. ოქროს ფიზიკურ-ქიმიური თვისებები და მდგომარეობა წყალხსნარებში

ოქრო უძველესი დროიდანაა ცნობილი ადამიანისთვის. ოქრო დ.მენდელეევის პერიოდული სისტემის პირველი ჯგუფის ელემენტია. მისი რიგობრივი ნომერია-79, ატომური მასა-196.96. ცნობილია მისი იზოტოპები მასური რიცხვით 183-201. აქედან ყველაზე სტაბილურია მხოლოდ იზოტოპი ^{197}Au . გარეგნულად იგი ბზინვარე, ყვითელი ფერის მეტალია. მისი სიმკვრივე 20°C -ზე 19.32 გ/სმ^3 -ია, ლღობის ტემპერატურა 1063.4°C -ია. კომპაქტური ფორმით - რბილი ყვითელი ფერის მეტალია, პლასტიკურია და დამუშავებას ადვილად ექვემდებარება. 1გ ოქროს ნაჭრისგან შეიძლება მივიღოთ მავთული, რომლის სიგრძე იქნება 3 კილომეტრი ან დავამზადოთ კილიტა (ფოლგა), რომელიც 500-ჯერ წვრილია ვიდრე ადამიანის თმის ღერი. ოქროს სილამაზემ განაპირობა მისი გამოყენება საიუველირო ნაკეთობების, მონეტების დასამზადებლად. სუფთა ოქრო რბილია, ამიტომ სიმაგრის გასაზრდელად მას ალღობენ სხვადასხვა მეტალებთან. ოქროს შემცველობა ასეთ შენადნობებში იზომება კარატებში. განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია შენადნობები სპილენძთან. 10%-იანი სპილენძის შემცველი შენადნობები გამოყენებულია მონეტების დასამზადებლად, ხოლო შენადნობები რომლებიც გამოყენებულია სტომატოლოგიასა და საიუველირო საქმიანობაში შეიცავს სხვადასხვა რაოდენობის ვერცხლს და სპილენძს. ოქროს შენადნობის ფერს განსაზღვრავს მასში შემავალი მეტალი. შენადნობი, რომელიც შეიცავს 50% სპილენძს შეფერილია მუქ წითლად, ხოლო შენადნობი, რომელიც შეიცავს 65% ვერცხლს შეფერილია თეთრად და ძალიან ჰგავს სუფთა ვერცხლს. თეთრი ოქრო, რომელსაც საიუველირო საქმიანობაში იყენებენ შეიცავს 75-85% ოქროს, 8-10% ნიკელს და 2-9% თუთიას. ძალიან ძვირფასი შენადნობები, რომლებსაც თეთრი ფერი გააჩნიათ შეიცავენ 10% პალადიუმს და 90% ოქროს ან 40% პლატინას და 60% ოქროს. [1,2]

ოქრო მაღალი სითბო და ელექტროგამტარობით ხასიათდება, ამავე დროს იგი ინერტულია. ამ თვისებების გამო მას იყენებენ ელექტრონულ ხელსაწყოებში. ოქრო

აფერხებს ანთებით პროცესებში მონაწილე ზოგიერთი ფერმენტის აქტივობას. ამის გამო იგი გამოყენებულია ართრიტისა და ტუბერკულოზის სამკურნალოდ. მისი იზოტოპი - ^{198}Au გამოიყენება რადიოთერაპიაში.

ადამიანის ორგანიზმში ოქრო ძალიან მცირე რაოდენობითაა და იგი მას ძირითადად საკვები პროდუქტებიდან იღებს. სუფრის ქართული ღვინოების ნეიტრონულ-აქტივაციური ანალიზით დადგინდა რომ მათში ოქროს რაოდენობა 0.03 მკგ/ლ-დან 0.76მკგ/ლ-მდეა. [3]

ოქრო მიეკუთვნება ყველაზე კეთილშობილ მეტალთა რიცხვს. მასზე არ მოქმედებს განზავებული და კონცენტრირებული მჟავები: HCl , HNO_3 , H_2SO_4 იგი იხსნება ნარევი: 1:3 HNO_3 : HCl , იგივე ნარევი ამონიუმის მარილების თანაობისას, 300°C -ზე H_2SeO_4 , $\text{KI}+\text{I}_2$ ნარევი, ტუტე-მეტალთა ჰიდროსულფიდების, ტუტე-მეტალთა ციანიდების, თიოშარდოვანას ხსნარებში. ტუტე-მეტალთა ციანიდური ხსნარები გამოყენებულია საწარმოო მასშტაბით ოქროს გამოსაყოფად ღარიბი მადნებიდან და სხვადასხვა ბუნებრივი ობიექტებიდან.

ოქროსთვის დამახასიათებელია კომპლექსწარმოქმნის უნარი ჟანგბადშემცველ, გოგირდშემცველ ლიგანდებთან, ამიაკთან და ამინებთან. ოქრო ნაერთებში ძირითადად +1, +3 დაჯანგულობის ხარისხითაა.

Au(I) -ს აღადგენენ მეტალურ მდგომარეობამდე ის ლიგანდები, რომელთა პოტენციალი 0.03 ვოლტზე ნაკლებია. Au(III) ძლიერი დამჟანგველია. ოქრო(III) აღდგება მეტალამდე იმ ლიგანდებით, რომელთა ჟანგვა-აღდგენის პოტენციალი 0.6 ვოლტზე ნაკლებია. ანალიზურ ქიმიაში ოქროს არაორგანული ნაერთებიდან ყველაზე ხშირად გამოყენებულია ოქრო(I,III)-ის მარტივი და კომპლექსური ქლორიდები. დეტალურად არის შესწავლილი ოქროს ქლორირების რეაქცია, რომლის შედეგადაც წარმოიქმნება AuCl და AuCl_3 . ანალიზურ ქიმიაში ყველაზე ხშირად გამოყენებულია $[\text{AuCl}_4]^-$.

დადგენილია, რომ ოქრო იმყოფება წყალხსნარებში ანიონური კომპლექსის სახით, როცა Au(III) -ის კონცენტრაციაა 10^{-5} - 10^{-4} გ-იონი/ლ, Cl^- -ის 10^{-2} გ-იონი/ლ, ხოლო $\text{pH}=2.6-4.2$.

ოქროს მჟავა $-\text{H}[\text{AuCl}_4]$ წარმოადგენს საშუალო სიძლიერის მჟავას, ავტოკლაავში 200°C -ზე გაცხელებისას $\text{H}[\text{AuCl}_4]$ და $\text{K}[\text{AuCl}_4]$ ხსნარების ყვითელი შეფერილობა იცვლება მოწითალო-ყვითელში და გაციების შემდეგ ხსნარები ისევ ყვითელ ფერს იღებენ. $\text{K}[\text{AuCl}_4]$ -ის ხსნარებს 1N მარილმჟავაში აქვთ შთანთქმის ორი მაქსიმუმი: $\lambda_1=226$ ნმ ($\epsilon=3.16 \cdot 10^4$), $\lambda_2=315$ ნმ ($\epsilon=4.68 \cdot 10^4$), ხოლო 1N KI -ის ხსნარში: $\lambda_1=288$ ($\epsilon=3.89 \cdot 10^4$), $\lambda_2=355$ ნმ ($\epsilon=3.16 \cdot 10^4$).

ყველაზე ხშირად გამოყენებულ მარილებთან: $\text{Na}[\text{AuCl}_4]$ -თან და $\text{K}[\text{AuCl}_4]$ -თან ერთად ცნობილია აგრეთვე: $\text{Cs}[\text{AuCl}_4]$, $2\text{Cs}[\text{AuCl}_4]\cdot\text{H}_2\text{O}$. ისინი ოქროსფერ-ყვითელი ფერისაა, მცირედ იხსნება ცივ წყალში, შედარებით კარგად იხსნება ეთანოლში.

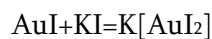
ოქროს ბრომიდული ნაერთებიდან ცნობილია მარტივი (AuBr , AuBr_3) და კომპლექსური ნაერთები ($\text{Me}[\text{AuBr}_2]$, $\text{Me}[\text{AuBr}_4]$). ანალიზური ქიმიისათვის განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია კომპლექსური ბრომიდები და მათ შორის მაღალი მდგრადობით გამოირჩევა $[\text{AuBr}_4]^-$, რომელიც გამოყენებულია ოქროს განსაზღვრისთვის.

ნატრიუმის ტეტრაბრომაურატის ($\text{Na}[\text{AuBr}_4]$) კონცენტრირებული ხსნარები შეფერილია სისხლისფერ წითელ ფრად, ხოლო განზავებული ხსნარები ნარინჯისფრად.

ოქროს იოდიდური ნაერთებიდან მნიშვნელოვანია AuI , რომელსაც იღებენ KI -სა და $[\text{AuCl}_4]^-$ -ის ან $[\text{AuBr}_4]^-$ -ის ურთიერთქმედების შედეგად.

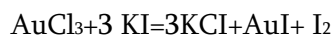


AuI არის მცირედხსნადი ნაერთი, რომელიც იხსნება ჭარბ KI -ში:



$\text{K}[\text{AuI}_2]$ არამდგრადია, იშლება AuI -ად და თავისუფალ იოდად (I_2).

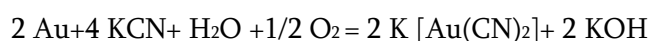
ოქრო(III)-ის განსაზღვრისათვის ტიტრიმეტრული მეთოდით იყენებენ KI -ს, ამ მეთოდს საფუძვლად უდევს შემდეგი რეაქცია:



გამოყოფილი იოდი იტიტრება თიოსულფატით ან არსენიტით.

კალიუმის იოდიდი გამოყენებულია აგრეთვე ოქროს ფოტომეტრული და ამპერიმეტრული მეთოდით განსაზღვრისათვის.[4,5]

ოქროს ციანიდური ნაერთები დიდი ხანია ცნობილია. ამ ნაერთებიდან მნიშვნელოვანია AuCN , იგი არის ყვითელი ფერის ნივთიერება, იხსნება ტუტე-მეტალთა ციანიდების ხსნარებში და წარმოქმნის კომპლექსურ მარილებს-ციანოაურატებს- $\text{Me}^+[\text{Au}(\text{CN})_2]$. AuCN იხსნება აგრეთვე ნატრიუმის თიოსულფატში, ამონიუმის სულფიდში, კალიუმის ტუტეში და ამიაკში. კალიუმისა და ნატრიუმის ციანოაურატებს- $\text{K}[\text{Au}(\text{CN})_2]$ -ს, $\text{Na}[\text{Au}(\text{CN})_2]$ -ს იღებენ ოქროს გახსნით კალიუმისა და ნატრიუმის ციანიდში ჟანგბადის თანაობისას.



კალიუმისა და ნატრიუმის ციანოაურატები კარგად იხსნებიან წყალში, მცირედ სპირტში და უხსნადია ეთერში.

Au(I)-ის ციანიდური კომპლექსი ძალზე მდგრადია, იგი არ იშლება H_2S -ით. კადმიუმის სულფიდი AuS -ს ლექავს გაცხელებით HCl -ის თანაობისას. იგი იშლება აზოტმჟავით, მარილმჟავით და გოგირდმჟავით გაცხელებისას. Au(III)-ის ციანიდური კომპლექსი: $[Au(CN)_4]^-$, მიღებულია $AuCl_3$ -ისა და KCN -ის ურთიერთქმედების შედეგად. ისიც მდგრადი კომპლექსია, იშლება ჰიპობრომიტით.

ოქროს ციანიდური კომპლექსებიდან ქიმიურ ანალიზში გამოიყენება $[Au(CN)_2]^-$, იგი ექსტრაგირდება იზოამილის სპირტითა და კეტონებით. მისი ნაერთები ამინებთან ექსტრაგირდება ბენზოლით და ნავთით. [2]

ცნობილია აგრეთვე შერეული ჰალოგენური და ჰალოგენციანიდური კომპლექსები: ქლორიდულბრომიდული, ქლორიდულციანიდური და სხვ.

ანალიზურ ქიმიაში გამოყენებულია ოქროს კომპლექსური ამიაკატები. მათში ოქროს შემცველობას საზღვრავენ ატომურ-აბსორბციული მეთოდით, გრაფიტული ატომიზატორების გამოყენებით. [6]

1.2. ოქროს განსაზღვრის მეთოდების მოკლე მიმოხილვა

ოქროს განსაზღვრისთვის გამოყენებულია სხვადასხვა მეთოდები: გრავიმეტრული, ტიტრიმეტრული, ელექტროქიმიური, ფოტომეტრული, სპექტროფოტომეტრული, ატომურ-აბსორბციული, ნეიტრონ-აქტივაციური და სხვ.

1.2.1. გრავიმეტრული მეთოდები

ოქროს გრავიმეტრული განსაზღვრის მეთოდები შეიძლება დაიყოს სამ ჯგუფად:
I. ოქროს დალექვა სულფიდების სახით.

II. ოქროს დალექვა კომპლექსური ნაერთების სახით.

III. ოქროს დალექვა მეტალური სახით.

გოგირდწყალბადის მეთოდს იყენებენ იმ შემთხვევაში, როდესაც საანალიზო ხსნარი არ შეიცავს პლატინის ჯგუფის ელემენტებს და აგრეთვე ვერცხლს, სპილენძს, კადმიუმს, ვერცხლისწყალს, ინდიუმს, გერმანიუმს, კალას, ტყვიას, დარიშხანს, სურმას, ბისმუტს, მოლიბდენს, სელენს, ტელურს და რენიუმს.

არაორგანული რეაგენტებიდან წონითი მეთოდით ოქროს განსაზღვრისათვის კომპლექსური ნაერთის სახით გამოყენებულია რეინეიკეს მარილი. მეთოდი არ ხასიათდება მაღალი სიზუსტით. ლიტერატურაში აღწერილი არის რეაქტივები, რომლებსაც გამოიყენებენ ოქროს წონითი მეთოდით განსაზღვრისთვის, მაგ: ტეტრაფენილამონიუმის იოდიდი, 8-მერკაპტონქინოლინი, აკრიდინი და სხვ. მაგრამ აღწერილი რეაგენტები დაბალი სელექტიურობით ხასიათდებიან, გამონაკლისს წარმოადგენს თიოგლიკოლის მჟავა, რომელიც ლექავს Au(I)-ს ძლიერი მჟავა ხსნარებიდან. განსაზღვრას ხელს უშლის: Pt, Pd, Rh.

ოქროს რაოდენობრივი დალექვა შესაძლებელია უხსნადი კომპლექსების სახით. დამლექავებად გამოყენებულია: დიმეთილგლიოქსიმი, 8-ოქსიქინოლინი და სხვ. გამოყოფილ ნალექებს არ გააჩნიათ განსაზღვრული შედგენილობა. ასეთ ნალექებს გაფილტვრის შემდეგ გამოწვავენ მეტალურ ოქრომდე. ზოგიერთი კომპლექსი ილექება

სუფთა სახით და მათ წონიან უშუალოდ. ასეთი ნაერთები წარმოიქმნება თიო-გლიკოლის მჟავასთან, თიოფენოლთან და სხვ. [1,2]

განსაკუთრებით ხშირად გამოიყენება ისეთი მეთოდები, რომლებიც დამყარებულია ოქროს აღდგენაზე მეტალურ მდგომარეობამდე. აღმდგენლებად იყენებენ როგორც არაორგანულ, ისე ორგანულ რეაგენტებს. არაორგანული რეაგენტებიდან ყველაზე ხშირად იყენებენ: ნატრიუმის ნიტრიტს, რკინა(II)-ის სულფატს, გოგირდოვან აირს, მარილმჟავა-ჰიდრაზინს, წყალბადის ზეჟანგს, ქრომ(II)-ის მარილებს, კალომელს. ოქროს აღდგენა შესაძლებელია კუპელირებით და ელექტროლიზურად. ორგანული რეაგენტებიდან იყენებენ: მჟაუნმჟავას, ასკორბინის მჟავას, ჰიდროქინონს, უროტროპინს და სხვ.

არაორგანული აღმდგენლებიდან საუკეთესოს წარმოადგენს ნატრიუმის ნიტრიტი, რომელიც რაოდენობრივად აღადგენს ოქროს და არ აღადგენს პლატინის მეტალებს. ანალიზურ ქიმიაში ხშირად გამოიყენებულია გოგირდოვანი აირი, რომელიც ოქროსთან ერთად აღადგენს სხვა კომპონენტებსაც. ამ დროს მიმართავენ ოქროს ხელახლა გამოლექვას მჟაუნმჟავას გამოყენებით. მჟაუნმჟავა წარმოადგენს ოქროს სელექტიურ აღმდგენელს. ლიტერატურული მონაცემებითა და ექსპერიმენტული კვლევების საფუძველზე დადგენილია, რომ ოქროს აღსადგენად საუკეთესო რეაგენტებს წარმოადგენს თიოგლიკოლის მჟავა და მჟაუნმჟავა. [7]

1.2.2. მოცულობითი მეთოდები

ოქროს განსაზღვრის მოცულობითი მეთოდები შეიძლება დაიყოს ორ ჯგუფად: I. მეთოდები, რომლებიც დამყარებულია მეტალურ მდგომარეობამდე ოქროს აღდგენაზე, II. მეთოდები, რომლებიც ემყარება ოქროს კომპლექსური ნაერთების წარმოქმნას. არაორგანული აღმდგენლებიდან ოქროს განსაზღვრისთვის გამოყენებულია: მორის მარილი, კალიუმის იოდიდი, მანგანუმ(II)-ის მარილები. გატიტვრის დასრულების პროცესს აღგენენ უმეტეს შემთხვევაში პოტენციუმეტრულად. ოქრო(III)-ის განსაზღვრისათვის მორის მარილით ინდიკატორად შეიძლება გამოყენებულ იქნას ფენილანტრალინის მჟავა, აღწერილი ჯგუფის მეთოდები არ გამოირჩევიან მაღალი სიზუსტით, რადგან ხშირად ოქროსა და არაორგანულ აღმდგენლებს შორის რეაქცია მიმდინარეობს გარკვეული დროის განმავლობაში, რაც მოცულობითი ანალიზისთვის არასასურველია. პირველ ჯგუფს მიეკუთვნება აგრეთვე გატიტვრის მეთოდები სხვადასხვა ორგანული რეაგენტების ხსნარებით: ასკორბინის მჟავა, ჰიდროქინონი, ამინოფენოლი, n-ფენილდიამინი. ასკორბინის მჟავა ოქროს აღადგენს $\text{pH}=1-3$ გარემოში. რეაქცია მიმდინარეობს სწრაფად.

ოქროს გატიტვრას ჰიდროქინონით ახდენენ მჟავა გარემოში ამპერიმეტრულად, პოტენციომეტრულად და ინდიკატორული მეთოდით. ინდიკატორად გამოყენებულია ბენზიდინი, ორთოტოლიდინი ან ორთოდიანიზიდინი. მეთოდი გამოყენებულია ფერადი მეტალურგიის ქარხნებისთვის გამოყენებული ნედლეულის, აგრეთვე სპილენძისა და ვერცხლის შენადნობებში, ფარმაცევტულ პრეპარატებში ოქროს განსაზღვრისთვის. ეს მეთოდი იძლევა დამაკმაყოფილებელ შედეგებს. მეორე ჯგუფში გაერთიანებულ მეთოდებში გამოყენებულია ორგანული რეაგენტები, რომლებიც ოქროსთან გვამლევენ კომპლექსურ ნაერთებს. მათ ეკუთვნის: დითიზონი, ნატრიუმის დიეთილდითიო-კარბამატი, თიოშარდოვანა და მისი ნაწარმები (8-მერკაპტოქინოლინი, ფენანტროლინი, პაპავერინი და სხვ.)

ოქროს საზღვრავენ ტიტრიმეტრული მეთოდით დითიზონის ქლოროფორმიანი ან ოთხქლორიანი ნახშირბადის ხსნარით, 0.3-1N მარილმჟავა გარემოში. მეთოდი საკმაოდ სელექტიურია და გამოყენებულია ოქროს განსაზღვრისთვის კვების პროდუქტებში, ბიოლოგიურ მასალებში, მადნებსა და მინერალებში. აღსანიშნავია, რომ მოცულობითი

ანალიზისათვის ტიტრანტებად შეიძლება გამოყენებულ იქნას დითიზონი, ასკორბინის მჟავა და ჰიდროქინონი. [7]

ცნობილია აგრეთვე ოქროს განსაზღვრის იოდმეტრული მეთოდი, სადაც ოქრო(III) აღდგება AuI-მდე კალიუმის იოდიდის მოქმედებით, რეაქციის შედეგად გამოყოფილ თავისუფალიოდს ტიტრავენ თიოსულფატის ხსნარით. ინდიკატორად გამოყენებულია სახამებელი.

1.2.3. ფოტომეტრული მეთოდები

ფოტომეტრული მეთოდები დაყოფილია ორ ჯგუფად: I. მეთოდები, რომლებიც დამყარებულია შეფერილი ნაერთების წარმოქმნაზე II. მეთოდები, რომლებიც დამყარებულია ჟანგვა-აღდგენით რეაქციებზე, რის შედეგადაც მიიღება შეფერილი ნაერთები ან ოქროს შეფერილი მარილები. მეთოდების პირველ ჯგუფში გამოყენებული არაორგანული რეაგენტებია: ქლორიდები, ბრომიდები, ციანიდები, როდანიდები და ნატრიუმის აზიდი. ეს რეაგენტები არ ხასიათდებიან სელექტიურობით და მაღალმგრძობიარობით. უფრო ხშირად გამოყენებულია ორგანული რეაგენტები: n-დიმეთილამინობენზილიდენროდანინი, ფუქსინი, მეთილისფერი, კრისტალისფერი, ბრილიანტის მწვანე, როდამინ C, დითიზონი, 1-ნაფტილამინი, ანტრალინის მჟავა, დიანტიპირინმეთანის ორგანული ფუძეები, პიკრამინის მჟავა, 8-ოქსიქინოლინი და სხვ. ამ რეაგენტებიდან განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია n-დიმეთილამინობენზილიდენროდანინი. რეაქცია ოქროსა და ამ რეაგენტს შორის მიმდინარეობს 0.1N მარილმჟავა გარემოში, რაც გამორიცხავს ვერცხლის გავლენას. პლატინა ამ რეაგენტთან ნაკლებად მგრძობიარეა, ხოლო პალადიუმის შენიღბვას ახდენენ დიმეთილგლიოქსიმით. ეს რეაქცია შეიძლება ექსტრაქციული ვარიანტითაც განხორციელდეს. ექსტრაგენტად იყენებენ ქლოროფორმს.

პიკრამინის მჟავაც ხასიათდება მაღალი მგრძობიარობით. მისი გამოყენებით ოქრო შეიძლება განისაზღვროს საანალიზო ხსნარის მცირე მოცულობაში.

მეორე ჯგუფის მეთოდებში აღმდგენლებად გამოყენებულია შემდეგი არაორგანული რეაგენტები: კალა(II)-ის ქლორიდი და ბრომიდი, CO, კალომელი.

ორგანული რეაგენტებიდან გამოყენებულია: ბენზიდინი, ორთოტოლიდინი, ასკორბინისმჟავა, ფორმალინი, სხვადასხვა ფენოლები. (ფენოლი, პიროკატეხინი, ჰიდროქინონი, პიროგალოლი და სხვ.)

მეთოდები, რომლებიც დამყარებულია რეაგენტების დაჟანგვასა და ოქროს ალდგენის რეაქციებზე არ ხასიათდებიან მაღალი მგრძობიარობით. [2,7,8]

სინთეზირებულია რეაგენტების ახალი ჯგუფი, როდანიის და თიოპროპიოროდანიის ფუძეზე და შესწავლილია მათი ურთიერთქმედების რეაქცია ოქროსთან. როდანიის ფუძეზე შექმნილ რეაგენტებთან რეაქცია მიმდინარეობს 1.5 M გოგირდმჟავა გარემოში. წარმოქმნილი კომპლექსი არის მოწითალო ნარინჯისფერი, ხოლო თიოპროპიონროდანიი იძლევა მაღალმგრძობიარე შეფერილ ნაერთს ოქროსთან მჟავა და ძლიერ მჟავა გარემოში. შეფერილობა იცვლება ყვითლიდან წითელ-ნარინჯისფრამდე. რეაქციას აჩქარებს გაცხელება. [9]

ოქროს ფოტომეტრული და სპექტროფოტომეტრული განსაზღვრისათვის მოწოდებულია აგრეთვე მთელი რიგი რეაგენტებისა: როდამინC, მალაქიტის მწვანე, ქრომპირაზოლი, 1,2, ფენილდიამინი და სხვ. [2,8]

1.2.4. ატომურ-აბსორბციული მეთოდები

ოქროს განსაზღვრისთვის ატომურ-აბსორბციული მეთოდით გამოიყენება კომპლექსური ამიაკატები. დადგენილია ოქროს ამიაკატური კომპლექსების წარმოქმნისა და მათი გამოყენებით ოქროს ატომურ-აბსორბციული მეთოდით ოქროს განსაზღვრის ოპტიმალური პირობები. [6]

ოქროს განსაზღვრისთვის მოწოდებულია ატომურ-აბსორბციომეტრული მეთოდი, სადაც ოქროს ექსტრაქციას ახდენენ იზოამილის სპირტით ორი წუთის განმავლობაში. სპილენძის, ნიკელის, კობალტის, თუთიის იზოამილის სპირტით გამოწვლილვის პროცენტი არ აღემატება 0.005%-ს, ხოლო რკინის-0.02%-ს. ამ მეთოდით შესაძლებელია 20გ წონაკიდან განისაზღვროს 0.1გ/ტ ოქრო. სტანდარტულ სერიას ამზადებენ 1-დან 20მკგ/მლ-მდე ოქროს შემცველი ხსნარებიდან. ოქრო შეიძლება განსაზღვრული იყოს ექსტრაქციული კონცენტრირებით დიფენილდითიომაჩვენას გამოყენებით. საანალიზო წონაკი 5-10გ-ია, რეაგენტს ხსნიან აცეტონში და ექსტრაქციას ახდენენ ბუთილაცეტატით ორი წუთის განმავლობაში. სტანდარტულ სერიას ამზადებენ 1-დან 100მკგ-მდე ოქროს შემცველი ხსნარებიდან. [10]

ცნობილია ოქროს განსაზღვრის ატომურ-აბსორბციული მეთოდის სხვადასხვა ვარიანტი. ამ მეთოდის შერწყმით ექსტრაქციის და ქრომატოგრაფიულ მეთოდთან შესაძლებელი ხდება ოქროს ძალზე მცირე კონცენტრაციების განსაზღვრა. ოქროს განსაზღვრას ექსტრაქციულ-ატომურ-აბსორბციული მეთოდით ციანიდურ ხსნარებში ახდენენ ანტიპირინის ნაწარმების: დიანტიპირილმეთილმეთანის და დიანტიპირილპროპილმეთანის გამოყენებით. ამ მეთოდით შესაძლებელია ოქროს განსაზღვრა 0.05-10მკგ/მლ. [11]

ავტორთა ჯგუფის მიერ მინერალურ ობიექტებში მიკრორაოდენობა ოქროს განსაზღვრისათვის მოწოდებულია სორბციულ-ატომურ-აბსორბციული მეთოდი. [12,13]

1.3. როდამინის ჯგუფის საღებრებისა და როდანინის ნაწარმების გამოყენება ანალიზურ ქიმიაში

როდამინის საღებრებიდან ძირითადად გამოყენებულია როდამინ C. ოქრო(III)-ის ასოციატი როდამინ C-თან ექსტრაგირდება არაპოლარული გამხსნელებით: ბენზოლით, იზოპროპილის ეთერით, ბენზოლისა და ეთერის ნარევით 0.75-3M HCl-ის შემცველი ხსნარებიდან. ამ პირობებში წარმოქმნილი იონური ასოციატის შთანთქმის მაქსიმუმი არის 560ნმ, ხოლო ფლუორესცენტული გამოსხივების მაქსიმუმი 540ნმ-ია. ოპტიმალური მჟავიანობა 0.15-0.9M მარილმჟავა ან 3-4M გოგირდმჟავა გარეშა. ქლორის იონთა კონცენტრაცია მეტი უნდა იყოს 0.4 გ იონი/ლიტრზე, ხოლო რეაგენტის კონცენტრაცია - 0.009%. როდამინატი, რომელიც მიღებულია HBr-იან მჟავა ხსნარში, გამოყენებულია ოქროს ფლუორიმეტრული განსაზღვრისთვის. ეთერ-ბენზოლის ექსტრაქტები მდგრადია 1სთ-ის განმავლობაში და აქვთ წითელ-ნარინჯისფერი ფლუორესცენციის უნარი.

როდამინ C გამოყენებული არის ოქრო(III)-ის ფოტომეტრული და ფლუორიმეტრული განსაზღვრისთვის, აგრეთვე ოქროს გამოსაყოფად. ოქრო(III)-ის იონურ ასოციატს როდამინ Ж-თან, ეთილროდამინ C-თან და ბუთილროდამინ C-თან გააჩნია ფლუორესცენციების უნარი. განსაკუთრებით ყურადღებას იმსახურებს ბუთილ-როდამინთან წარმოქმნილი ასოციატი, რომელსაც წითელ-ნარინჯისფერი ფლუორესცენციის უნარი აქვს. ეს რეაგენტი გამოყენებული არის ოქროს ფლუორიმეტრული განსაზღვრისთვის. [2]

აზოტუმცველი ორგანული რეაგენტები-როდანინი და მისი აზონაწარმები წარმოადგენენ მგრძობიარე ანალიზურ რეაგენტებს კეთილშობილი, იშვიათი და მძიმე მეტალთა განსაზღვრისათვის. ამ კლასის რეაგენტებიდან ქიმიურ ანალიზში ყველაზე ხშირად გამოყენებულია 5-(n-დიმეთილამინობენზილიდენ)როდანინი ანუ როდანინი. მისი ემპირიული ფორმულაა: $C_{12}H_{12}ONS_2$, $M_r=254.36$

იგი წითელი ფერის კრისტალური ფხვნილია, არ იხსნება წყალში, მცირედ იხსნება აცეტონში, სპირტში, ეთერში, ქლოროფორმში, ბენზოლში და კარგად იხსნება ძლიერ მჟავათა ხსნარებში და ჭიანჭველის მჟავაში. გამოყენებულია მისი 0,01%-იანი ხსნარი ეთანოლში.

როდანინი შეტანილია ოქროს განსაზღვრისთვის მოწოდებულ ორგანულ რეაგენტთა ასორტიმენტში. ოქროს საზღვრავენ სპექტროფოტომეტრული მეთოდით.

მეთოდის მგრძობიარობა 0.01მკგ/მლ-ია. მერეჟკოვსკის მიერ იგი გამოყენებული იყო ოქროს განსაზღვრისათვის ორგანულ ქსოვილებში.

პოლუექტოვი ოქროს შემცველ, აზოტმჟავათი შემჟავებულ ხსნარზე მოქმედებდა: ეთანოლის, ქლოროფორმის და ბენზოლის ნარევი გახსნილი რეაგენტის ხსნარით. წარმოიქმნებოდა წითელ-იისფერი შეფერილობის ორგანული ფენა. ამ მეთოდით ვიზუალურად ისაზღვრება 0.1-0.2მკგ ოქრო 5მლ ხსნარში.

სენდელის მიერ როდანინი გამოყენებულ იქნა, ოქროს კოლორიმეტრული მეთოდით განსაზღვრისათვის. იგი ოქროს გამოყოფდა საანალიზო ხსნარიდან თანდალექვის მეთოდით. კოლექტორად იყენებდა ტელურს. 0.2-0.3მკგ ოქროს გამოსაყოფად 0.5გ რკინის, სპილენძის და ტყვიის შემცველ 50-100მლ საანალიზო ხსნარიდან საკმარისია 0.2მგ ტელური. დადგენილია, რომ ხსნარებისთვის, რომლებიც შეიცავენ რკინასა და სხვა აღმდგენლებს Sn(II)-ის ქლორიდი უკეთესი აღმდგენელია ვიდრე გოგორდის დიოქსიდი.

სუსტ მჟავა გარემოში როდანინი წარმოქმნის უხსნად წითელ-იისფერ ნაერთს. თვლიან, რომ ეს ნაერთი არის Au(I)-ის კომპლექსნაერთი რეაგენტთან. ძლიერი დამჟანგველები როდანინთან წარმოქმნიან იისფერ-წითლი ფერის დაჟანგვის პროდუქტებს, რომელიც განსხვავებით Au(I)-ის კომპლექსისა როდანინთან იხსნება ოთხქლორიან ნახშირბადაში.

Au(I)-ის კომპლექსური ნაერთის წითელ-იისფერი კოლოიდური ხსნარი წარმოიქმნება 0.12M და 0.075M HCl-ში. 0.12M მარილმჟავა გარემოში შეიძლება განისაზღვროს 0.5მკგ-მდე ოქრო 4-5მლ საანალიზო ხსნარში.

კომპლექსის ხსნართა შეფერვის მაქსიმუმი მიიღწევა ძლიერ მჟავა ხსნარებში მყისიერად, ხოლო დაბალი მჟავიანობისას 1-2 წუთში. ოქროს განსაზღვრას ხელს უშლის პალადიუმი, რომლის გავლენასაც თავიდან იცილებენ დიმეთილგლიოქსიმის დამატებით.

0.4 კგ-ზე მეტი რაოდენობით ოქროს საზღვრავენ ვიზუალურად, ხოლო უფრო მცირე რაოდენობებს ფოტომეტრულად. იყენებენ მწვანე შუქფილტრს. ოქროს ტელურთან თანდალექვით მინიმუმამდეა დაყვანილი ხელისშემშლელი იონების გავლენა. სტანდარტული სერიების მომზადებისას არ არის საჭირო ტელურის დამატება. ოქროს დაბალი კონცენტრაციის დროს მიღებული კოლოიდური ხსნარები მდგრადია და არ საჭიროებს დამცავი კოლოიდის დამატებას.

ხარამ გამოიყენა 5-(n-დიმეთილამინობენზილიდენ)როდანინი 0.03-0.3მკგ/მლ ოქროს განსაზღვრისთვის. მაქსიმალური შეფერილობა მიიღწევა მორეაგირე კომპონენტების შერევიდან 5 წუთის შემდეგ და მდგრადია 30 წუთის განმავლობაში. რკინის გავლენას თავიდან იცილებენ ნატრიუმის მეტაფოსფატის დამატებით.

კოტონისა და ვულფის მიერ მოწოდებულია ოქროს განსაზღვრის ექსტრაქციული ვარიანტი. ექსტრაგენტად გამოყენებულია იზოამილაცეტატი. ეს მეთოდი უფრო ზუსტია და ერთ-ერთი საუკეთესოა ოქროს განსაზღვრის მეთოდებს შორის. [8]

როდანინის ნაწარმების ანალიზური შესაძლებლობების კვლევაში დიდი წვლილი მიუძღვის რ.გურიევასა და ს.სავინს. მათ მიერ შესწავლილია როდანინის ნაწარმების ურთიერთქმედების რეაქციები პლატინის ჯგუფის ელემენტებთან, ოქროსა და ვერცხლთან. შემუშავებულია თიროდინით ვერცხლის განსაზღვრის ფოტომეტრული მეთოდი. წარმოქმნილი კომპლექსნაერთის შთანთქმის მოლური კოეფიციენტი $\epsilon=5.3 \cdot 10^4$ -ის ტოლია. [14,15]

შესწავლილია აგრეთვე ძვირფას მეტალთა (Pt, Pd, Rh, Ir) ფოსფატების ურთიერთქმედება როდანინის ნაწარმებთან სულფოქლორფენოლზოროდანინთან და სულფონიტროფენოლთან. მოწოდებულია პლატინის, პალადიუმის, როდიუმის ფოტომეტრული განსაზღვრის მეთოდები. [16]

იგივე ავტორების მიერ სინთეზირებულია როდანინის შემცველი უფრო რთული სტრუქტურის ორგანული რეაგენტები, რომლებიც Cu, Hg, Ag, Pd, Au იძლევიან ორი ტიპის ფერად რეაქციებს. პირველი ტიპის რეაქციები მიმდინარეობს ნეიტრალურ და სუსტ ტუტე გარემოში. ხასიათდება მაღალი კონტრასტულობით ($\Delta\lambda=250$ ნმ, $\epsilon_k=2 \cdot 10^4$). მეორე ტიპის რეაქციები მიმდინარეობს მჟავა გარემოში pH=1.3, ხასიათდება შთანთქმის მოლური კოეფიციენტის მაღალი მნიშვნელობითა და დაბალი კონტრასტულობით ($\Delta\lambda=70$ ნმ, $\epsilon_k=1.6 \cdot 10^5$). [15,17]

ნ.ბასარგინისა და ი.როზოვსკის მიერ სინთეზირებული და შესწავლილია როდანინის ჰიდროქსილშემცველი აზონაერთები, რომლებიც იძლევიან შეფერილ კომპლექსურ ნაერთებს პლატინასთან, პალადიუმთან, ოქროსთან, ვერცხლთან და სპილენძთან. დეტალურად არის შესწავლილი ამ ელემენტებთან როდანინის ერთ-ერთი ნაწარმის როდაზოლ-ქს(2-ოქსი,3-ქლორ,5-სულფობენზოლზოროდანინი) ურთიერთ-ქმედების რეაქციები. დადგენილია რეაქციის მიმდინარეობის ოპტიმალური პირობები, კომპლექსების შედგენილობა, შემუშავებულია განსაზღვრის მეთოდიკები.

Au(III) როდაზოლ-ქს-თან 3M HCl არეში წარმოქმნის წითლად შეფერილ კომპლექსურ ნაერთს, რომლის შთანთქმის მაქსიმუმი 540ნმ ტალღის სიგრძეზე მდებარეობს. კომპლექსის მაქსიმალური ოპტიკური სიმკვრივე მიიღწევა რეაგენტის 20-50 ჯერადი სიჭარბისას მორეაგირე კომპონენტების შერევიდან 30წთ-ის შემდეგ და მდგრადია 3სთ-ის განმავლობაში. დადგენილია კომპლექსნაერთში შემავალი კომპონენტების მოლური თანაფარდობა, რომელიც ტოლია: [Au]:[HR]=1:2, $\epsilon_k=5 \cdot 10^4$.

ვერცხლი როდაზოლ-ქს-თან წარმოქმნის კომპლექსებს pH=1.5-6 და pH=7-10.5-ზე. მდგრადობით გამოირჩევა ტუტე გარემოში წარმოქმნილი კომპლექსნაერთი. ამ კომპლექსნაერთის შთანთქმის მაქსიმუმი მდებარეობს 550ნმ ტალღის სიგრძეზე, ხოლო $\epsilon_k=1.3 \cdot 10^4$. [18]

ქართველი ავტორების მიერ შესწავლილი კომპლექსწარმოქმნის რეაქციები Ag(I), Au(III), Hg(II), Ni(III) როდანიულ აზონაწარმებთან დადგენილია რეაქციის მიმდინარეობის ოპტიმალური პირობები, გამოთვლილია სპექტროფოტომეტრული მახასიათებლები, შემუშავებულია ამ ელემენტთა განსაზღვრის მეთოდები, რომელთა ნაწილი აპრობირებულია რეალურ ობიექტებზე. [19,20]

სამაგისტრო ნაშრომის მიზანს წარმოადგენდა ანალიზური და ფიზიკური ქიმიის მიმართულეზაზე შემუშავებული მიკრორაოდენობა ოქროს განსაზღვრის ექსტრაქციულ-ფოტომეტრული და ფოტომეტრული მეთოდების გამოყენებით ოქროს განსაზღვრა საქართველოს ოქროს შემცველ მადნებში. ეს მეთოდები მიეკუთვნება საძიებელ მეთოდთა რიცხვს, რადგან ისინი დანერგილი არ არის ქიმიური ანალიზის პრაქტიკაში. რეაგენტებად გამოყენებულია როდამინ C და 4-სულფოფენილაზოროდანიინი.

თავი 2

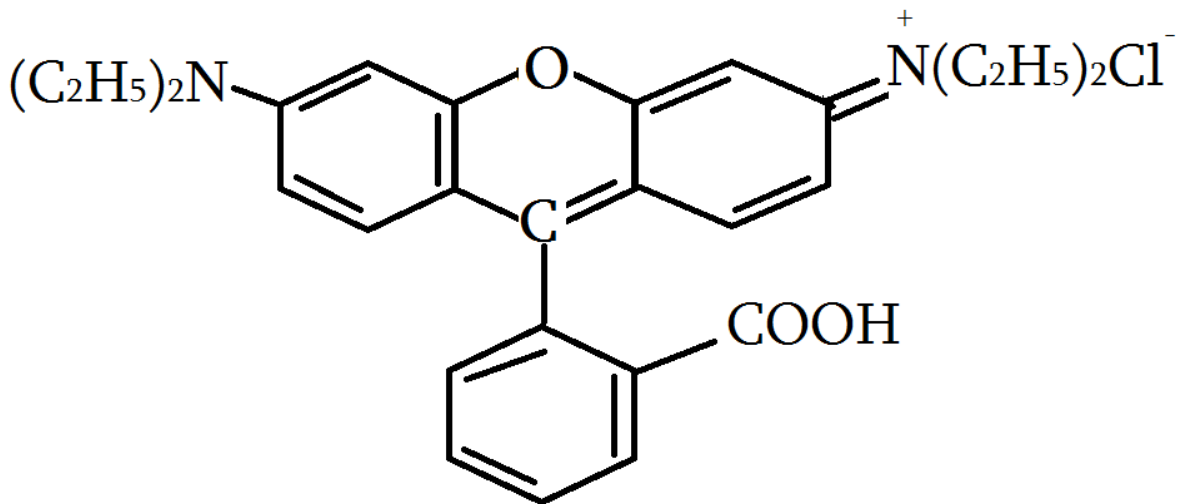
ექსპერიმენტული ნაწილი

2.1. გამოყენებული რეაგენტები, ხსნარები და აპარატურა

ოქროს სტანდარტული ხსნარის მომზადება: ოქროს სტანდარტული ხსნარის მოსამზადებლად ვწონიდი 0.10000 გ მეტალურ ოქროს(99.99%), ვუმატებდი 4მლ სამეფო არაყს ($1\text{HNO}_3:3\text{HCl}$), ვაცხელებდი ოქროს სრულ გახსნამდე და ვაშრობდი სველ მარილებამდე. სამჯერ ვამუშავებდი 2-2მლ კონც. HCl-ით.კონც. HCl-ის მესამედ დამატების შემდეგ, ხსნარს ვაშრობდი ნახევრამდე, გადამქონდა 100მლ-იან საზომ კოლბაში და ვავსებდი ჭედემდე გამობდილი წყლით, კარგად ვურევდი. მიღებული სტანდარტული ხსნარის $T=1\text{მგ/მლ}$. სამუშაო ხსნარებს ვამზადებდი ექსპერიმენტის წინ ძირითადი სტანდარტული ხსნარიდან. [21]

რეაგენტის ხსნარების მომზადება:

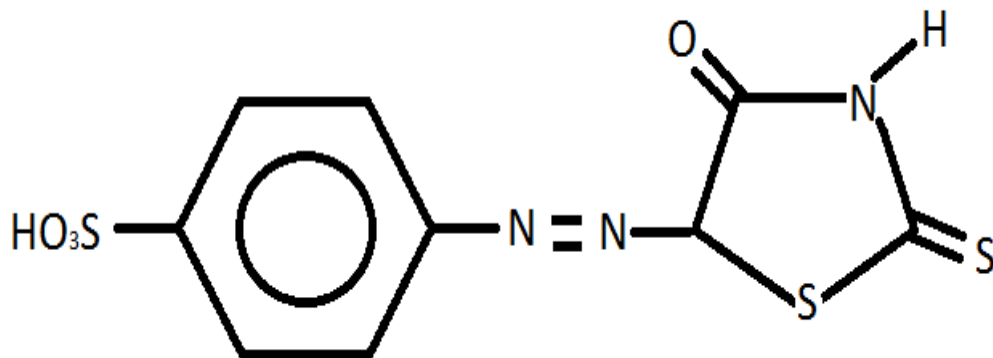
ა) როდამინ C (B)-ს 0.04%-იანი ხსნარი.



$M_r = 479.03$

იგი მურა-წითელი ფერის ფხვნილია, რომელიც იხსნება 1N HCl-ში.

ბ) 4-სულფოფენილთიოზინის 0.03%-იანი ხსნარი.



Mr =317

იგი ყვითელი ფერის ფხვნილია, რომელიც იხსნება დიმეთილფორმამიდში.

დამზარე ხსნარები:

1N HCl. ვამზადებდი კონც. HCl-დან ($\rho=1.18$, 36.25%)

H₃PO₄ (1:1)

NH₄Cl 30%-იანი

ტრილონ- ბ 10%-იანი

ექსტრაქციისთვის ვიყენებდი ბენზოლს ან ტოლუოლს.

მუშაობის დროს ვიყენებდი შემდეგ აპარატურას:

1. ფოტოკოლორიმეტრი-KΦK-2
2. სპექტროფოტომეტრი-ZUUI spectrophotometer model 4201/20
3. pH-მეტრი_pH-673M

2.2. ოქროს განსაზღვრის მეთოდიკა ექსტრაქციულ-ფოტომეტრული მეთოდით როდამინ C-ს გამოყენებით

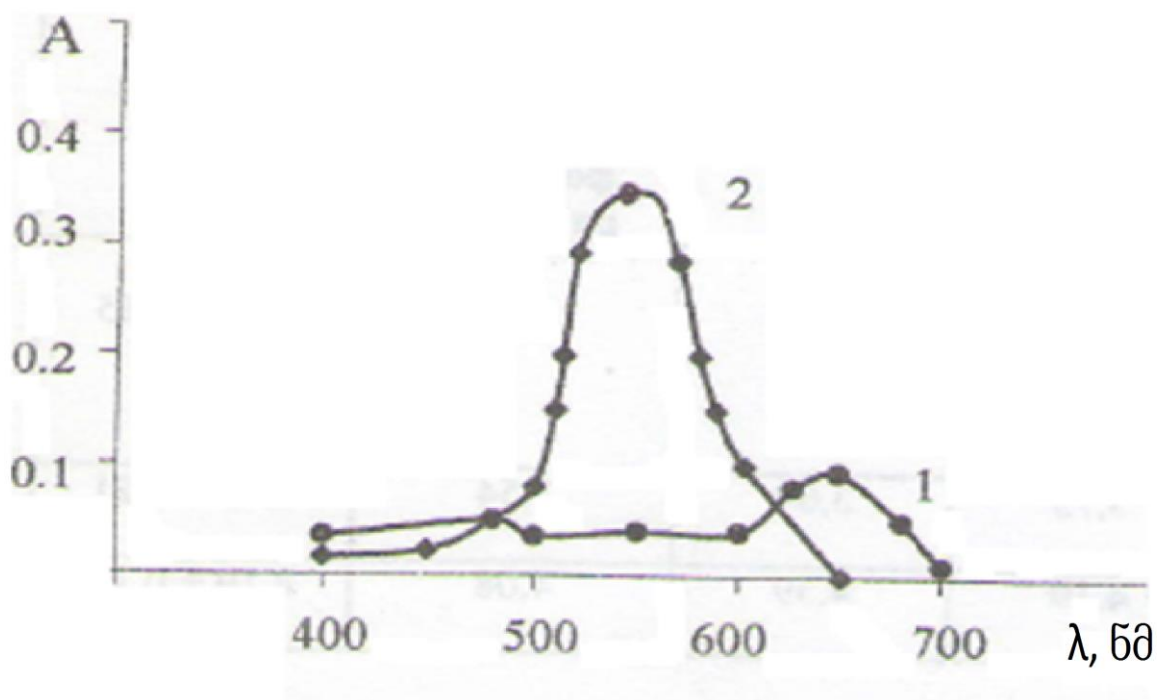
ხსნარი, რომელიც შეიცავდა 2-10მკგ-მდე ოქროს, გადამქონდა გამყოფ ძაბრში, ვუმატებდი 5მლ H_3PO_4 (1:1)-ს, 2მლ 10%-იან კომპლექსონ-III-ს და 5მლ 30%-იან NH_4Cl -ს. მოცულობა მიმყავდა 20მლ-მდე გამოხდილი წყლით. შემდეგ ვუმატებდი 1მლ 0.04%-იან როდამინ C-ს, 10მლ ბენზოლს და ვახდენდი ექსტრაქციას 1წთ-ის განმავლობაში. ფაზების გაყოფის შემდეგ ორგანული ფენა გადამქონდა მშრალ, თავდახურულ სინჯარებში, ვაყოვნებდი რამდენიმე წუთს და შეფერილი ექსტრაქტის ოპტიკურ სიმკვრივეს ვზომავდი ფოტოკოლორიმეტრ-KΦK-2-ზე, $\lambda=540\text{ნმ}$, $l=1\text{სმ}$. შესადარებლად ვიყენებდი ნულოვან ხსნარს. [22]

2.3. ოქროს განსაზღვრის მეთოდიკა ფოტომეტრული მეთოდით 4-სულფოფენილაზოროდანინის გამოყენებით

50მლ ტევადობის ქიმიურ ჭიქებში ვათავსებდი 5-50მკგ-მდე ოქროს შემცველ სტანდარტულ ხსნარს, მოცულობა მიმყავდა 5მლ-მდე გამოხდილი წყლით, შემდეგ ვამატებდი 1მლ 1N მარილმჟავას, 0.03%-იან 4-სულფოფენილაზოროდანინს და მოცულობა მიმყავდა 10მლ-მდე. ვაყოვნებდი 15 წთ-ს და შეფერილი ექსტრაქტის ოპტიკურ სიმკვრივეს ვზომავდი ფოტოკოლორიმეტრ-KΦK-2-ზე, $\lambda=490\text{ნმ}$, $l=2\text{სმ}$. შესადარებლად ვიყენებდი ნულოვან ხსნარს. [19,20]

2.4. ტეტრაქლორაურატ-იონსა და როდამინ C-ს შორის მიმდინარე კომპლექსწარმოქმნის რეაქციის ოპტიმალური პირობები

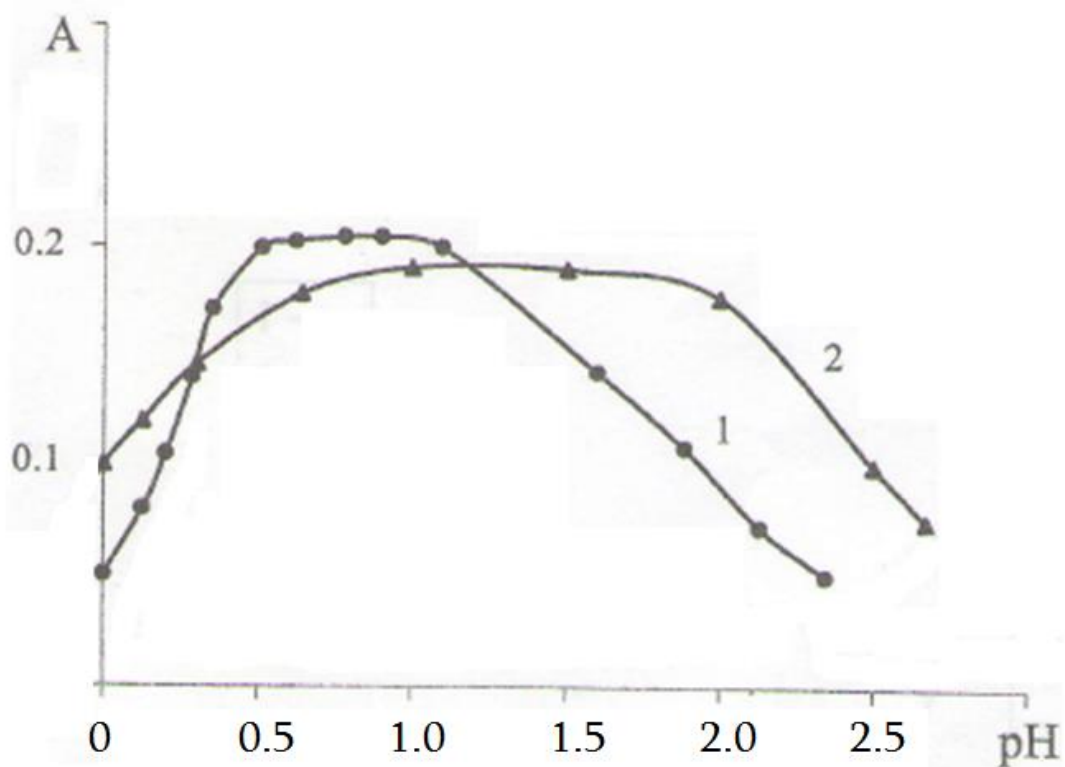
როდამინ C ტეტრაქლორაურატ-იონთან მჟავა გარემოში იძლევა იონურ ასოციატს, რომელიც შეფერილია ყოლოსფრად. ეს უკანასკნელი ექსტრაგირდება: ბენზოლით, ტოლუოლით და დიეთილეთერით. ოპტიმალური თანაფარდობა წყალსა და ორგანულ ფაზას შორის არის 2:1 ან 3:1. კომპლექსის შთანთქმის მაქსიმუმი მდებარეობს 540ნმ ტალღის სიგრძეზე, ხოლო რეაგენტის შთანთქმის მაქსიმუმი 640ნმ ტალღის სიგრძეზე. **ნახ.1**



ნახ.1. ოქრო(III)-ის ქლორიდული კომპლექსური ანიონის როდამინ C-თან წარმოქმნილი კომპლექსის შთანთქმის სპექტრი. 1)[Re]= $8,35 \cdot 10^{-4}$ M; 2)[Au]= $2,5 \cdot 10^{-5}$ M.

2.4.1. მჟავების ბუნებისა და კონცენტრაციის გავლენა კომპლექსის შეფერილი ხსნარების ოპტიკურ სიმკვრივეზე

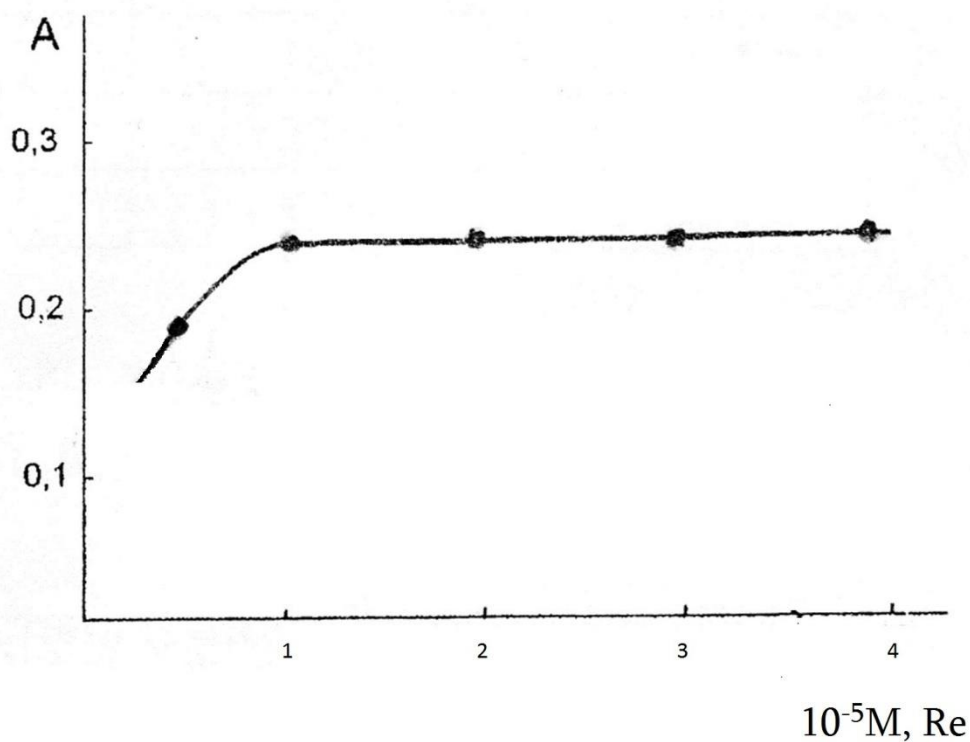
როდამინ C-სა და ტეტრაქლორაურატ-იონს შორის კომპლექსწარმოქმნის რეაქციაზე წყალბად-იონთა კონცენტრაციის შესწავლამ გვიჩვენა, რომ მაქსიმალური ოპტიკური სიმკვრივე მიიღწევა pH-0.5-1.0-ის ზღვრებში. ნახ.2



ნახ.2. pH-ის გავლენა ოქრო(III)-ის როდამინ C-თან (1) $[Au]=2.5 \cdot 10^{-6}M$, $[Re]=8.3 \cdot 10^{-5}M$ და 4-სულფოფენილაზოროდანიტან (2) $[Au]=1 \cdot 10^{-5}M$, $[Re]=9.4 \cdot 10^{-4}M$ წარმოქმნილი კომპლექსის ოპტიკურ სიმკვრივეზე.

2.4.2. რეაგენტის კონცენტრაციისა და დროის გავლენა კომპლექსის ოპტიკურ სიმკვრივეზე

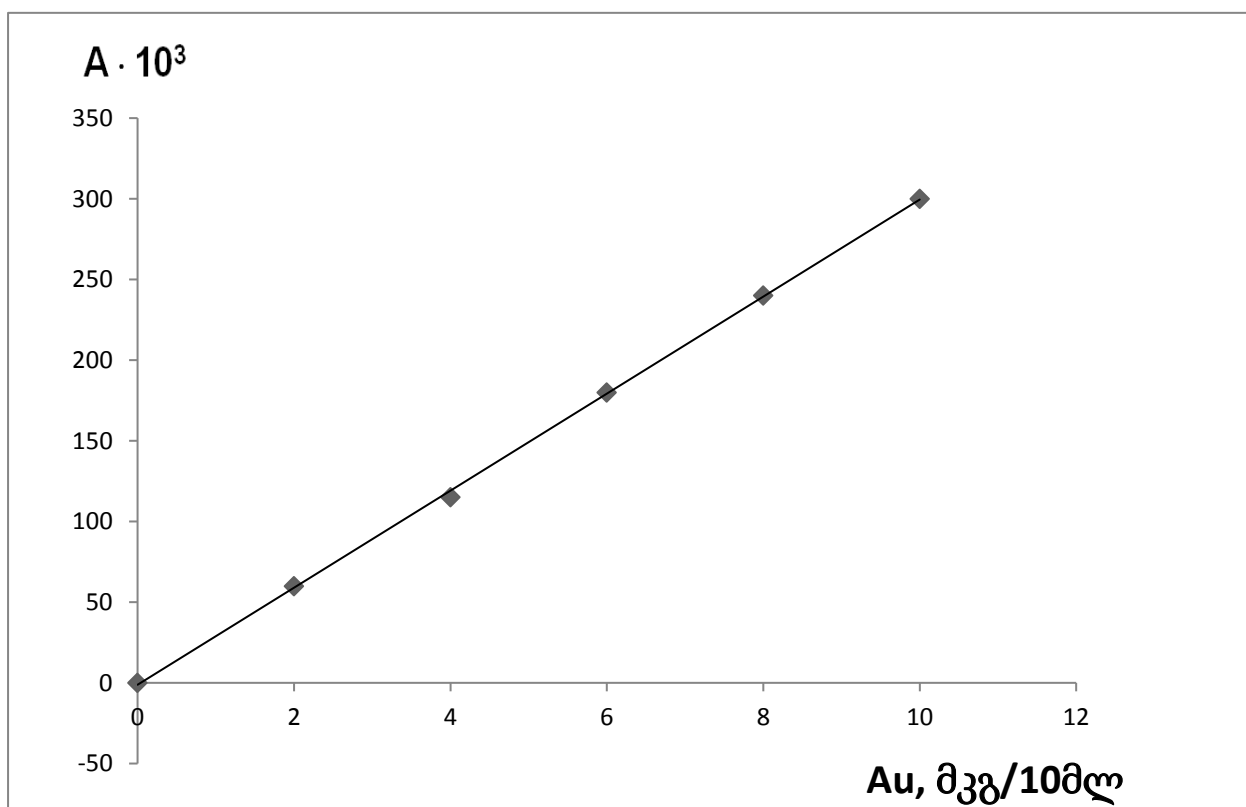
კომპლექსწარმოქმნელებზე რეაგენტის კონცენტრაციის გავლენის შესწავლამ გვიჩვენა, რომ მაქსიმალური ოპტიკური სიმკვრივე მიიღწევა რეაგენტის 15-ჯერადი სიჭარბისას. შეფერილი კომპლექსური ნარევი წარმოიქმნება მორეაგირე კომპონენტების შერევიდან მყისიერად და მდგრადია 2სთ-ის განმავლობაში. **ნახ.3**



ნახ.3. როდამინ C-ს კონცენტრაციის გავლენა ოქრო (III)-თან წარმოქმნილ კომპლექსის ოპტიკურ სიმკვრივეზე. $[\text{Au}] = 3 \cdot 10^{-6} \text{M}$, $[\text{Re}] = 3 \cdot 10^{-5} \text{M}$, $\text{pH} = 0.5$, $\lambda = 540 \text{nm}$, $l = 1 \text{cm}$.

2.4.3. ოქროს კონცენტრაციის გავლენა კომპლექსის ოპტიკურ სიმკვრივეზე

კომპლექსწარმოქმნის რეაქციის ოპტიმალური პირობების დადგენის მიზნით შევისწავლე ოქროს კონცენტრაციის გავლენა კომპლექსწარმოქმნის რეაქციაზე როდამინ C-ს გამოყენებით. ამ მიზნით ხსნარში ვცვლიდი მხოლოდ ოქროს კონცენტრაციას. ანალიზს ვაწარმოებდი შემდეგი თანმიმდევრობით: ხსნარი რომელიც შეიცავდა 2-10მკგ-მდე ოქროს, გადამქონდა გამყოფ ძაბრში, ვუმატებდი 5მლ $H_3PO_4(1:1)$ -ს, 2მლ 10%-იან კომპლექსონ-III-ს და 5მლ 30%-იან NH_4Cl -ს. მოცულობა მიმყავდა 20 მლ-მდე გამოხდილი წყლით. შემდეგ ვუმატებდი 1მლ 0.04%-იან როდამინ C-ს, 10მლ ბენზოლს და ვახდენდი ექსტრაქციას 1წთ-ის განმავლობაში. ფაზების გაყოფის შემდეგ ორგანული ფენა გადამქონდა მშრალ, თავდახურულ სინჯარებში. შეფერილი ექსტრაქტის ოპტიკურ სიმკვრივეს ვზომავდი ფოტოკოლორიმეტრ-KΦK-2-ზე, $\lambda=540$ ნმ, $l=1$ სმ. შესადარებლად ვიყენებდი ნულოვან ხსნარს. ნახ.4



ნახ.4. ოქროს კონცენტრაციის გავლენა კომპლექსის ოპტიკურ სიმკვრივეზე.

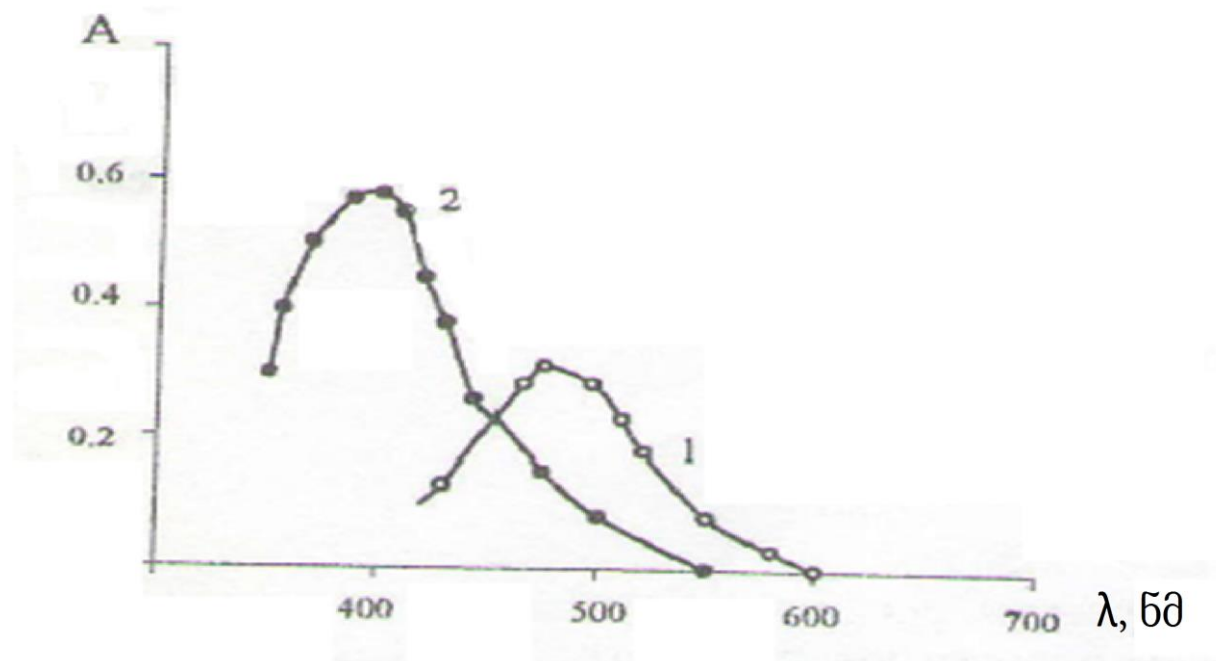
2.4.4. გარეშე იონების გავლენა კომპლექსის ოპტიკურ სიმკვრივეზე

კათიონებისა და ანიონების გავლენის შესწავლამ კომპლექსწარმოქმნის რეაქციაზე აჩვენა, რომ ტეტრაქლორაურატ-იონსა და როდამინ C-ს შორის მიმდინარე რეაქციას ხელს არ უშლის: ვერცხლი(I), პლატინა(II), პალადიუმი(II), ნიკელი(II), კობალტი(II), ტყვია(II). ხელს უშლის: რკინა(III), სპილენძი(II), სტიბიუმი(V), კალა(II), კადმიუმი(II), ბისმუტი(III).

ხელისშემშლელი იონების თავიდან აცილების მიზნით გამოვიყენე შენიღბვის მეთოდი. შემნიღბავ რეაგენტებად ვიყენებდი: H_3PO_4 (1:1)-სა და კომპლექსონ-III-ს.

2.5. ტეტრაქლორაურატ-იონსა და 4-სულფოფენილაზოროდანიის შორის მიმდინარე კომპლექსწარმოქმნის რეაქციის ოპტიმალური პირობები

4-სულფოფენილაზოროდანიის ტეტრაქლორაურატ-იონთან წარმოქმნის ნარინჯისფერ-წითელი ფერის კომპლექსს, რომლის შთანთქმის მაქსიმუმი მდებარეობს 490ნმ ტალღის სიგრძეზე, ხოლო რეაგენტისთვის $\lambda_{\text{მეკ}}=400\text{ნმ}$, $\Delta\lambda=90\text{ნმ}$. შთანთქმის მოლური კოეფიციენტის მნიშვნელობა $\epsilon=9,1\cdot 10^3$ -ია. ნახ.5



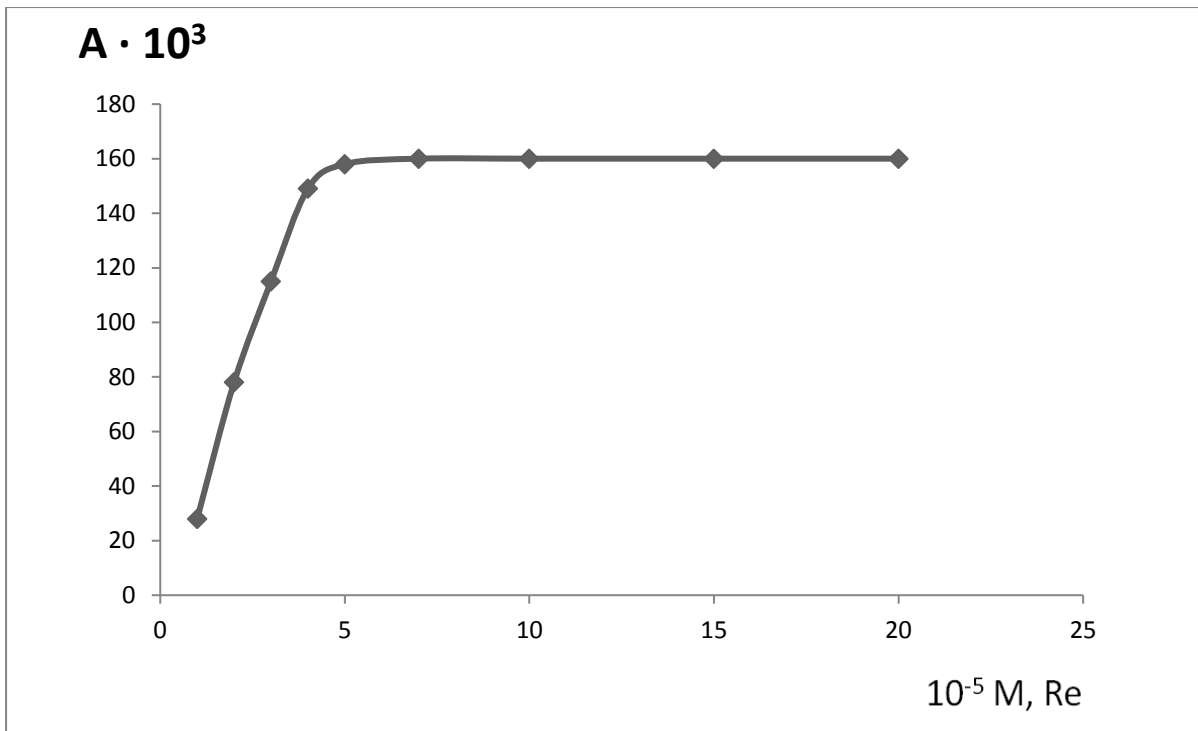
ნახ.5. 4-სულფოფენილაზოროდანიისა(2) და მისი ტეტრაქლორაურატ-იონთან წარმოქმნილი კომპლექსის (1) შთანთქმის სპექტრები. $[Au]=2\cdot 10^{-5}M$, $[Re]=9.4\cdot 10^{-4}M$

2.5.1. მჟავების ბუნებისა და კონცენტრაციის გავლენა კომპლექსის შეფერილი ხსნარების ოპტიკურ სიმკვრივეზე

შევისწავლე მარილმჟავას, აზოტმჟავას, გოგირდმჟავას და ფოსფორმჟავას გავლენა კომპლექსწარმოქმნის რეაქციაზე. წყალბადიონთა კონცენტრაციის გავლენის შესწავლამ გვიჩვენა, რომ კომპლექსის მაქსიმალური ოპტიკური სიმკვრივე მიიღება $\text{pH}=1-2$ ზღვრებში. უფრო მაღალ და დაბალ pH -ის მნიშვნელობაზე შეფერვის ინტენსივობა მცირდება. pH -ის შესაქმნელად გარდა HCl -ისა შეიძლება გამოყენებულ იქნას H_2SO_4 და H_3PO_4 , ხოლო HNO_3 შეფერვის ინტენსივობას ამცირებს. მუშაობის პერიოდში pH -ის შესაქმნელად ვიყენებდი HCl -ს. **იხ.ნახ.2**

2.5.2. რეაგენტის კონცენტრაციის, დროის, ტემპერატურისა და გამხსნელის გავლენა კომპლექსის ოპტიკურ სიმკვრივეზე

რეაგენტის კონცენტრაციის შესწავლის მიზნით რეაგენტის კონცენტრაციას ვცვლიდი ოქროს მუდმივი კონცენტრაციის პირობებში. რეაგენტის კონცენტრაციის გაზრდით კომპლექსის ხსნარების ოპტიკური სიმკვრივე თავდაპირველად იზრდება, შემდეგ კი რჩება მუდმივი. ექსპერიმენტს ვატარებდი შემდეგი თანმიმდევრობით: 50მლ ტევადობის ქიმიურ ჭიქებში ვათავსებდი 2მკგ-მდე ოქროს შემცველ სტანდარტულ ხსნარს, მოცულობა მიმყავდა 5მლ-მდე გამოხდილი წყლით, ვამატებდი 1მლ 1N HCl -ს და რეაგენტის ხსნარს მზარდი რაოდენობით, მოცულობა მიმყავდა 10მლ-მდე. ვაყოვნებდი 15 წთ-ს, მიღებული შეფერილი ხსნარების ოპტიკურ სიმკვრივეს ვზომავდი ფოტო-კოლორიმეტრ- $\text{K}\Phi\text{K}-2$ -ზე, $\lambda=490\text{ნმ}$, $l=2\text{სმ}$. შესადარებლად ვიყენებდი ნულოვან ხსნარს. მიღებული შედეგების საფუძველზე ვაგებდი მრუდს. მაქსიმალური ინტენსივობა მიიღება რეაგენტის 5-ჯერადი სიჭარბისას. **ნახ.6**

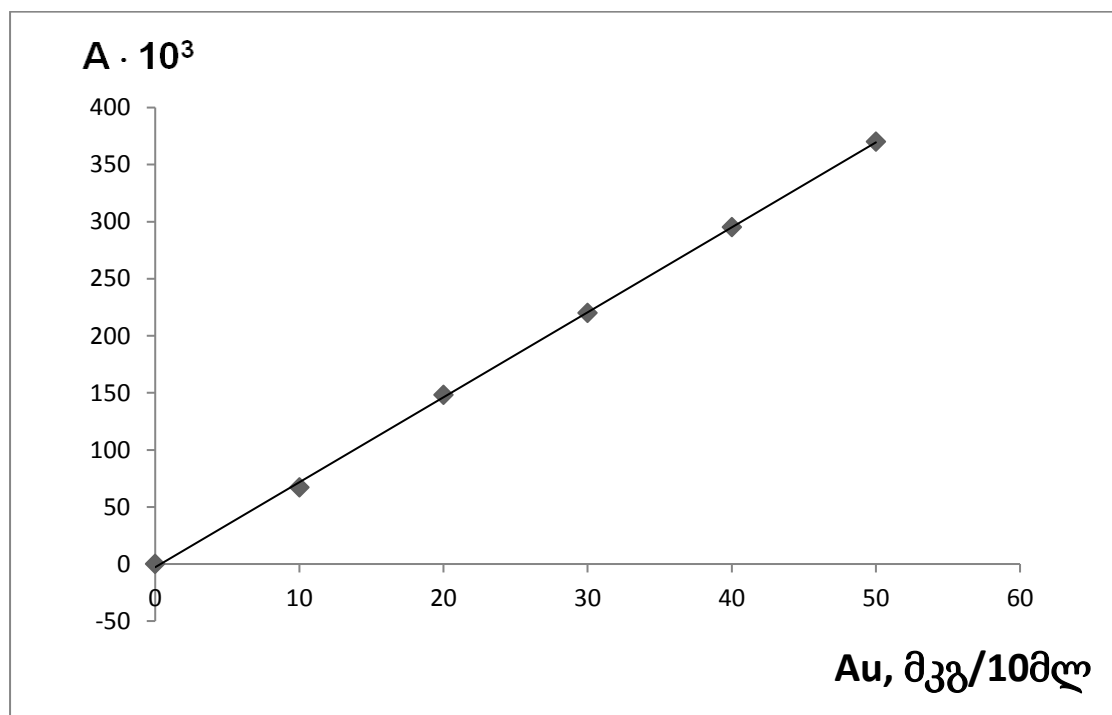


ნახ.6. კომპლექსის ოპტიკური სიმკვრივის დამოკიდებულება რეაგენტის კონცენტრაციაზე. $[Au]=1 \cdot 10^{-5}M$, $[Re]=1 \cdot 10^{-4}M$, $pH=1$, $\lambda=490nm$, $l=2cm$.

დროის გავლენის შესწავლამ კომპლექსწარმოქმნის რეაქციაზე აჩვენა, რომ ძლიერ მჭავა გარემოში მორეაგირე კომპონენტების შერევიდან 15წთ-ის შემდეგ მიიღწევა მაქსიმალური ოპტიკური სიმკვრივე, რომელიც მდგრადია 2 საათის განმავლობაში. 40 °C მაღალ ტემპერატურაზე გაცხელებისას კომპლექსის შეფერილობა მცირდება, რასაც შეიძლება თან სდევდეს კომპლექსნაერთის დაშლა. დიმეთილფორმამიდის გამოყენება შეფერილობას აძლიერებს.

2.5.3. ოქროს კონცენტრაციის გავლენა კომპლექსის ოპტიკურ სიმკვრივეზე

კომპლექსწარმოქმნის რეაქციის ოპტიმალური პირობების დადგენის მიზნით შევისწავლე ოქროს კონცენტრაციის გავლენა კომპლექსწარმოქმნის რეაქციაზე 4-სულფოფენილაზოროდანინის გამოყენებით. ამ მიზნით ხსნარში ვცვლიდი მხოლოდ ოქროს კონცენტრაციას. ანალიზს ვაწარმოებდი შემდეგი თანმიმდევრობით: 50მლ ტევადობის ქიმიურ ჭიქებში ვათავსებდი ოქროს სტანდარტულ ხსნარს, რომელიც შეიცავდა 5-50მკგ-მდე ოქროს, მოცულობა მიმყავდა 5მლ-მდე გამოხდილი წყლით, pH=1-ის შესაქმნელად ვამატებდი 1მლ1N მარილმჟავას, 0.03%-იან 4-სულფოფენილაზოროდანინს, მოცულობა მიმყავდა 10მლ-მდე გამოხდილი წყლით და კარგად ვურევდი. ვაყოვნებდი 15 წთ-ს და შეფერილი ხსნარების ოპტიკურ სიმკვრივეს ვზომავდი ფოტოკოლორიმეტრ-KΦK-2-ზე, $\lambda=490\text{ნმ}$, $l=2\text{სმ}$. შესადარებლად ვიყენებდი ნულოვან ხსნარს. მიღებული შედეგების მიხედვით ვაგებდი საკალიბრო გრაფიკს. სწორხაზოვანი დამოკიდებულება ოქროს კონცენტრაციასა და კომპლექსის ხსნარების ოპტიკურ სიმკვრივეს შორის დაცულია შემდეგ ზღვრებში: 0.5-5 მკგ/მლ-ში. ლამბერტ-ბუგერ-ბეერის კანონი დაცულია ოქროს კონცენტრაციის შემდეგ ზღვრებში: 5-50მკგ/მლ-ში და 20-90მკგ/მლ-ში. ნახ.7



ნახ.7. ოქროს კონცენტრაციის გავლენა კომპლექსის ოპტიკურ სიმკვრივეზე.

2.5.4. გარეშე იონების გავლენა კომპლექსის ოპტიკურ სიმკვრივეზე

ტეტრაქლორაურატ-იონის 4-სულფოფენილაზოროდანინთან წარმოქმნილი კომპლექსის შეფერვის ინტენსივობაზე სხვადასხვა იონების გავლენის შესწავლამ გვიჩვენა, რომ ოქროს განსაზღვრას ხელს არ უშლის ტუტე და ტუტე მიწათა მეტალები, 1:1 Hg(II), Cd(II), Mn(II), Co(II), 1:50 Fe(III), 1:100 თანაფარდობით Cu(II). ხელს უშლის 1:1 თანაფარდობით Ni(II) და Ag(I).

ხელისშემშლელი იონების გავლენის თავიდან აცილების მიზნით შეიძლება გამოყენებულ იქნეს შენილბვის მეთოდი, შემნილბავ რეაგენტებად კი - ფოსფორმჟავა და კომპლექსონ (III).

2.6. ოქროს განსაზღვრის სისწორე და განმეორებადობა

ოქროს განსაზღვრის შედეგების სისწორე და განმეორებადობა შემოწმებულ იქნა აღებულია-მიღებულიას მეთოდით მოდელურ ხსნარებზე (ცხრილი 1,2); ოქროს განსაზღვრით სტანდარტულ ნიმუშებში (ცხრილი 3,4); ბუნებრივ ობიექტებში ოქროს განსაზღვრის შედეგები შედარებულ იქნა ნეიტრონულ-აქტივაციური და ატომურ-აბსორბციული მეთოდით მიღებულ შედეგებთან (ცხრილი 5,6).

ექსტრაქციულ-ფოტომეტრული მეთოდით ოქროს განსაზღვრის შედეგები მოდელურ ხსნარებში

ცხრილი №1

<i>N^o</i>	<i>აღებულია Au, მკგ</i>	<i>მიღებულია Au, მკგ</i>	<i>ფარდობითი ცდომილება, %-ში</i>
<i>1</i>	<i>2.0</i>	<i>1.96</i>	<i>2.0</i>
<i>2</i>	<i>4.0</i>	<i>4.03</i>	<i>0.75</i>
<i>3</i>	<i>6.0</i>	<i>6.06</i>	<i>1.0</i>
<i>4</i>	<i>8.0</i>	<i>8.10</i>	<i>1.25</i>
<i>5</i>	<i>10.0</i>	<i>10.06</i>	<i>0.60</i>

ფოტომეტრული მეთოდით ოქროს განსაზღვრის შედეგები მოდელურ ხსნარებში

ცხრილი №2

<i>N^o</i>	<i>აღებულია Au, მკგ</i>	<i>მიღებულია Au, მკგ</i>	<i>ფარდობითი ცდომილება, %-ში</i>
<i>1</i>	<i>10</i>	<i>9.80</i>	<i>2.0</i>
<i>2</i>	<i>20</i>	<i>20.06</i>	<i>0.30</i>
<i>3</i>	<i>30</i>	<i>29.83</i>	<i>0.56</i>
<i>4</i>	<i>40</i>	<i>40.10</i>	<i>0.25</i>
<i>5</i>	<i>50</i>	<i>49.83</i>	<i>0.28</i>

ექსტრაქციულ-ფოტომეტრული მეთოდით ოქროს განსაზღვრის შედეგები სტანდარტულ ნიმუშებში

ცხრილი № 3

№	სტანდარტი	Au, გ/ტ		ფარდობითი ცდომილება %-ში
		პასპორტით	მიღებულია	
1	P3K-3	8.70	8.87	1.95
2	P3K-4	4.60	4.45	3.26
3	სპილენძის კონცენტრატი	13.20	13.03	1.28

ფოტომეტრული მეთოდით ოქროს განსაზღვრის შედეგები სტანდარტულ ნიმუშებში

ცხრილი №4

№	სტანდარტი	Au, გ/ტ		ფარდობითი ცდომილება %-ში
		პასპორტით	მიღებულია	
1	P3K-1	50.0	50.78	1.56
2	P3K-2	52.10	52.94	1.61
3	სპილენძის კონცენტრატი	13.20	13.23	0.22

თავი 3

კვლევის შედეგები და მათი განხილვა

3.1. ოქროს განსაზღვრა ექტრაქციულ-ფოტომეტრული და ფოტომეტრული მეთოდებით ბუნებრივ ობიექტებში

ორივე მეთოდისთვის ბუნებრივ ობიექტებს ვამუშავებდი შემდეგნაირად: ვიღებდი ოქროს შემცველობის შესაბამისად 0.5-დან 10გ-მდე რაოდენობით ოქროს, ვათავსებდი 100-200მლ-იან ტევადობის ჭიქებში, ვასველებდი გამოხდილი წყლით, ვუმატებდი 10-20მლ სამეფო არაყს ($3\text{HCl}:1\text{HNO}_3$), ვახურავდი საათის მინას და ვაცხელებდი 15 წუთის განმავლობაში, შემდეგ ვხდიდი საათის მინას და ვაშრობდი სველ მარილებამდე. ვაციებდი, მიღებულ ნაშთს ვამუშავებდი 5-5მლ კონც. HCl-ით 2-3-ჯერ, კვლავ ვაშრობდი სველ მარილებამდე და ვუმატებდი 5მლ HCl-სა და 10მლ გამოხდილ წყალს, ვაცხელებდი ადულებამდე და ცხლადვე ვფილტრავდი. ფილტრის ქაღალდს რამდენჯერმე ვრეცხავდი ცხელი გამოხდილი წყლით. ფილტრატი ოქროს შემცველობის შესაბამისად იგი ისაზღვრებოდა ან მთელ მოცულობაში (ფილტრატის მოცულობა მიმყავდა 5მლ-მდე) ან ფილტრატი გადამქონდა შესაბამისი მოცულობის საზომ კოლბაში, ვავსებდი გამოხდილი წყლით, ვიღებდი შესაბამის ალიქვოტს და ოქროს ვსაზღვრავდი ზემოთ აღწერილი მეთოდის მიხედვით. გამოყენებული მეთოდების შესაბამისად ვაგებდი საკალიბრო გრაფიკს და ვანგარიშობდი ოქროს შემცველობას. ანალიზების სისწორე შემოწმებულ იქნა ოქროს განსაზღვრით სტანდარტულ ნიმუშებში და შედარებულ იქნა ატომურ-აბსორბციულ და ნეიტრონულ-აქტივაციური მეთოდებით მიღებულ შედეგებთან. [23,24]

ექსტრაქციულ-ფოტომეტრული მეთოდით ოქროს განსაზღვრის შედეგები ბუნებრივ ობიექტებში

ცხრილი №5

№	ნიმუშის დასახელება	მიღებულია ოქრო				მატრიცული ელემენტები	ფარდობითი ცდომილება, %-ში
		ექსტრაქციულ-ფოტომეტრული მეთოდით, გ/ტ		ატომურ-აბსორბციული მეთოდით, გ/ტ	ნეიტრონულ-აქტივაციური მეთოდით, გ/ტ		
		პირდაპირი მეთოდით	დანამატის მეთოდით				
1	G 900-1	0.50 0.50 0.47	0.50	0.52	0.496		0.81 0.81 5.24
2	G 901-1	2.62 2.60 2.64	2.74	2.58	2.47	Ag Iz Co Mo Cr Zr Zn	6.07 5.26 6.88
3	G 905-6	6.06 6.02 5.89	5.99	5.96	6.281	Ag Iz Co Ni Cr Zn	3.52 4.15 6.22
4	G 909-3	13.77 13.72 14.0		13.16	14.10	Ag Iz Ni Mo Cr Zr Zn	2.34 2.69 0.70
5	კვარციტი	4.38 4.32 4.26		4.40			0.45 1.81 3.18
6	კვარციტი	9.80 9.82 9.96		10.10			2.97 2.77 1.38

ფოტომეტრული მეთოდით ოქროს განსაზღვრის შედეგები ბუნებრივ ობიექტებში

ცხრილი №6

№	ნიმუშის დასახელება	მიღებულია ოქრო			მატრიცული ელემენტები	ფარდობითი ცდომილება, %-ში
		ფოტომეტრული მეთოდით, გ/ტ	ატომურ-აბსორბციული მეთოდით, გ/ტ	ნეიტრონულ-აქტივაციური მეთოდით, გ/ტ		
1	G 901-1	2.49 2.53 2.49	2.58	2.47	Ag Iz Co Mo Cr Zr Zn	0.81 2.42 0.81
2	G 905-6	6.11 6.95 6.09	5.96	6.281	Ag Iz Co Ni Cr Zn	2.72 5.26 3.04
3	G 909-3	13.77 13.74 13.79	13.16	14.10	Ag Iz Ni Mo Cr Zr Zn	2.34 2.55 2.19
4	კვარციტი	4.36 4.35 4.33	4.40			0.90 1.13 1.59
5	კვარციტი	9.70 9.75 9.92	10.10			3.96 3.46 1.78

დასკვნა

1. განზოგადებულია ლიტერატურის მონაცემები ოქროს ქიმიურ თვისებებზე, მის მდგომარეობაზე წყალხსნარებში, განსაზღვრის მეთოდებზე, როდამინის ჯგუფის საღებრებისა და როდანიის ნაწარმების გამოყენებაზე ქიმიურ ანალიზში.
2. ათვისებულია მიკრორაოდენობა ოქროს განსაზღვრის ახალი ექსტრაქციულ-ფოტომეტრული და ფოტომეტრული მეთოდები როდამინ C-სა და 4-სულფოფენილაზოროდანიის გამოყენებით.
3. გადამოწმებულია რეაქციის მიმდინარეობის ოპტიმალური პირობები და სპექტროფოტომეტრული მახასიათებლები.
4. დადგენილია, ახალი ექსტრაქციულ-ფოტომეტრული და ფოტომეტრული მეთოდების გამოყენების შესაძლებლობა ოქროს განსაზღვრისათვის ბუნებრივ ობიექტებში. ოქრო განსაზღვრულია საქართველოში არსებულ ოქროს შემცველ მადნებში.
5. ანალიზის სისწორე და განმეორებადობა შემოწმებულ იქნა ადებულია-მიღებულიას მეთოდით მოდელოზ ხსნარებზე, ოქროს განსაზღვრით სტანდარტულ ნიმუშებში და ბუნებრივ ობიექტებში ოქროს განსაზღვრის შედეგები შედარებულ იქნა ატომურ-აბსორბციულ და ნეიტრონულ-აქტივაციური მეთოდებით მიღებულ შედეგებთან. მიღებული შედეგები დამაკმაყოფილებელია. ოქროს განსაზღვრის ფარდობითი ცდომილება არ აღემატება 6%-ს.

გამოყენებული ლიტერატურა

1. П. Р. Паддефет, Химия золота М. Мир 1982, -253с.
2. А.И. Бусев, В.М. Иванов, Аналитическая химия золота, М. наука 1973, -263с.
3. თამაზ კობერიძე, ყურძნის პროდუქტთა მინერალური ნივთიერებები, გამომცემლობა „საბჭოთა საქართველო“, თბილისი 1982, -127გვ.
4. Ю.Я. Харитонов, В.Ю. Григорьева, Аналитическая химия практикум качественный химический анализ. Москва, издательская группа „Гэотор-Медиа“ 2009, -293с.
5. Т.И. Хаханина, Н.Г. Никитина, Аналитическая химия, Москва „Юрайт“ 2016, -277 с.
6. Д.Г. Филатова, Л.Н. Рязанова, О.А. Щиряева и др. Атомо-абсорбционное определение золото в форме комплексных амиакатов. Журн. аналит. химий. Том 59, №3, 2004, С. 277-279.
7. А.Т. Пилипенко, И.П. Середа, Н.Н. Маслей, Серия „Органические реактивы на неорганические ионы“. Ассортимент реактивов на золото. Ниитэхим. Москва 1971, - 41с.
8. Ф.Бимиш, Аналитическая химия благородных металлов. Часть 2. М. Мир 1969, -399с.
9. Р.Ф. Гурьева, Л.М. Трутнева. С.Б. Саввин, новые реагенты на основе 3-Замещенных роданина и тиопропиороданина. Журн. аналит. химий, Том 33 , №4, 1978, С. 632-641.
10. А. Сталярова, М. Филатова, Л. Негра,,„Атомо-абсорбционная спектрометрия при анализе минерального сырья“. 1981, -165с.
11. Н. М. Телия, В.К. Акимов, В.К. Иванов, Л.Ш. Долидзе, Экстракционное-атомно абсорбционное-определение золото в цианидных растворах-Изв. АН ГССР. сер. хим., Том 9, №1, 1983, С. 69-75.
12. Н.Н. Басаргин, М.Б. Зуева, Концентрирование золота полимерными хелатными сорбентами и определение его в цианидных и рудах. Журн. аналит. химий, Том 60, №3, 2005, С. 264-270.
13. Н.Н. Басаргин, М.Б. Зуева, Ю.Р. Розовский, Г.Е. Каленчук, Л.Ф. Карташова, Сорбционно-атомно абсорбционный метод определения золота в минеральных образках с применением полимерных хелатных сорбентов «Проблемны теоретической и экспериментальной аналитической химии» Материалы Российской научной конференции посвященной 70- летию создания катедра аналитической химии Пермского государственного университета Пермь, 2002, -89с.

14. Р.Ф. Гурьева, Л.М. Трутнева, Цветная реакция серебра с тиродином в среде уксусной кислоты и некоторых органических растворителей, Журн.аналит. химии, Том 34, №2, 1979, С. 1493-1498.
15. Р.Ф. Гурьева, С.Б. Савин, Высокочувствительные цветные реакции благородных металлов с модифицированными реагентами на основе азобензолазороданина. Журн. аналит. химий, Том 46, №7, 1991, С. 1307-1315.
16. Р.Ф. Гурьева, С.Б. Савин, Концентрирование благородных металлов в виде комплексов с органическими реагентами на полимерном носителе и последующее определение их в твердой фазе, Журн. аналит. химии, Том 55, №3, 2000, С. 280-285.
17. Р.Ф. Гурьева, С.Б. Савин, Производные азобензолазороданина реагенты на благородные и тяжёлые металлы в присутствии поверхностно активных веществ. Журн. аналит. химии, Том 43, №12, 1989, С. 2165-2170.
18. Ю. Разовский, Азороданины и азотиороданины, как аналитические реагенты для фотометрического определение и концентрирования платиновых элементов. Диссертация на соискании учёной степени кандидата химических наук, М. 1974.
19. ბ. თელია, მ. სიხარულიძე, გ. ცინცაძე, ს. მამულია, ოქროს ფოტომეტრული განსაზღვრა 4-მეთილბენზილაზოროდანინით ბუნებრივ და ტექნიკურ ობიექტებში, საქართველოს ქიმიური ჟურნალი, ტ. 7, №2, 2007, 155-156გვ.
20. О.В. Манджгаладзе, И.И. Басаргин, Н. М. Телия, Изучение комплексообразования золота с 4-метилбензолазороданином, координационная химия, Том 18, 1992, С. 992-996.
21. Марченко, фотометрические методы определения следов металлов, „Мир“, 1971, - 364с.
22. З.К. Буркадзе, Т.Г. Мацаберидзе, Определение микроколичеств золота(III) в природных объектах экстракционно-фотометрически методом с применением родамина, Georgian Engineering News, №2, С. 149-150.
23. М.Э Брицке Атомо-абсорбционный спектрохимический анализ, М. Наука 1982, -223с.
24. И.Г . Юделевич, З.А. Старцева, Атомо-абсорбционный определение благородных металлов, Новосибирск. М. Наука 1981, -159с.