

# გოგოლა მარგველაშვილი

საქართველოს სოფლის მეურნეობის მეცნიერებათა  
აკადემიის აკადემიკოსი

## ნიადაგის ქიმიური ანალიზი

წიგნი წარმოადგენს დამხმარე სახელმძღვანელოს  
საქართველოს უნივერსიტეტებში არსებული აგრარული  
ფაკულტეტების სამივე საფეხურის (ბაკალავრიატი,  
მაგისტრატურა, დოქტორანტურა) სტუდენტებისთვის.

თბილისი, 2019.

UDC (უაკ) 631.42  
მ-294

**„ნიადაგის ქიმიური ანალიზი“**

ნაშრომი აღიარებულია დამხმარე სახელმძღვანელოდ: – 1 აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტის აგრარული ფაკულტეტის საბჭოს სხდომის მიერ (ოქმი № 16; 10 ივნისი, 2019 წ.).

2 საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის აგრარული მეცნიერებების და ბიოსისტემების ინჟინერინგის ფაკულტეტის საბჭოს სხდომის მიერ (ოქმი № 56; 11 ივლისი, 2019 წ.).

სახელმძღვანელოში აღწერილია ნიადაგის აგროქიმიური ანალიზის მეთოდები, რომლებიც ფართოდ გამოიყენება სოფლის მეურნეობის აგროქიმიური მომსახურების სისტემაში და ასევე, როგორც საქართველოს, ისე საზღვარგარეთის ქვეყნების სამეცნიერო-კვლევით დაწესებულებებში.

**რედაქტორი:** ვალერიან ცანავა, სოფლის მეურნეობის მეცნიერებათა დოქტორი, პროფესორი, საქართველოს სოფლის მეურნეობის მეცნიერებათა აკადემიის აკადემიკოსი.

**რეცენზენტები:** როლანდ კოპალიანი, სოფლის მეურნეობის მეცნიერებათა დოქტორი, პროფესორი, საქართველოს სოფლის მეურნეობის მეცნიერებათა აკადემიის აკადემიკოსი.

**ზაურ ჩანქსელიანი,** სოფლის მეურნეობის მეცნიერებათა დოქტორი, პროფესორი, საქართველოს სოფლის მეურნეობის მეცნიერებათა აკადემიის აკადემიკოსი.

ISBN 978-9941-8-1511-9

[gogolamargvelashvili@yahoo.com](mailto:gogolamargvelashvili@yahoo.com)



**რ ე ც ე ნ ზ ი ა**  
**გოგოლა მარგველაშვილის დამხმარე სახელმძღვანელოზე**  
**„ნიადაგის ქიმიური ანალიზი“**

სარეცენზიო ნაშრომი ეძღვნება აგრარული მეცნიერებების სხვადასხვა დარგში სრულყოფილი ცოდნის მიღების ერთ-ერთი არსებითი ფაქტორის: მცენარეს, ნიადაგს, მიკროორგანიზმებსა და სასუქებს შორის ურთიერთდამოკიდებულების ახსნის სასიცოცხლოდ მნიშვნელოვანი ელემენტის – ნიადაგის აგროქიმიური ანალიზის მეთოდების განხილვას.

აკადემიკოს გოგოლა მარგველაშვილის დამხმარე სახელმძღვანელოში წარმოდგენილია ნიადაგში ტენის, მჟავიანობის, ორგანული ნახშირბადის, აზოტის შენაერთების, ფოსფორის, კალიუმის, მიკროელემენტების და მძიმე ლითონების – ბორის, მოლიბდენის, სპილენძის, თუთიის, კობალტის, ტყვიის, ნიკელის, კადმიუმის, ქლორის, ფტორის, რკინის, მანგანუმის, ალუმინის, გოგირდის, სილიციუმის განსაზღვრის როგორც კლასიკური მეთოდები, ისე მათი მოდიფიკაციები და ახალი თანამედროვე მეთოდები. ნაშრომი მოიცავს ასევე ნიადაგის ქიმიური ანალიზის მონაცემების სტატისტიკური დამუშავების ხერხებს და ხსნარებისა და ინდიკატორების მომზადების წესებს, ბოლოს ნაშრომს თან ერთვის 13 დანართი და გამოყენებული ლიტერატურის სია 11 წყაროს მითითებით.

თანამედროვე პირობებში სასოფლო-სამეურნეო კულტურების მაღალი, მყარი და ხარისხიანი მოსავლის მიღება, ნიადაგში საკვები ელემენტების არსებობასა და მათზე მცენარის მოთხოვნილების სარწმუნო და ამომწურავი ინფორმაციის გარეშე პრაქტიკულად შეუძლებელია. ამიტომ, ნიადაგის აგროქიმიური ანალიზის თანამედროვე, სრულყოფილი მეთოდების ცოდნას განსაკუთრებული მნიშვნელობა ენიჭება.

კომპიუტერზე ნაბეჭდ 326 გვერდზე წარმოდგენილი დამხმარე სახელმძღვანელო განკუთვნილია საქართველოს უნივერსიტეტების აგრარული მიმართულების სპეციალობების სამივე საფეხურის სტუდენტებისთვის. იგი, ასევე, დიდ დახმარებას

გაუწევს სამეცნიერო-კვლევითი დაწესებულებების მკვლევარებს და სოფლის მეურნეობის აგროქიმიური მომსახურების სისტემის თანამშრომლებს ნიადაგის აგროქიმიური კვლევის სრულყოფილად ჩატარებაში.

სახელმძღვანელოში მასალის გადმოცემა და გაფორმება სრულად შეესაბამება ასეთი ტიპის ნაშრომისადმი წაყენებულ მოთხოვნებს. იგი დაწერილია მკითხველისათვის გასაგები ენით და მაღალი სტილისტური წესით. მასალა გადმოცემულია მეთოდურად გამართული თანმიმდევრობით.

ზემოთ აღნიშნულიდან გამომდინარე, აკადემიკოსი გოგოლა მარგველაშვილის დამხმარე სახელმძღვანელო „ნიადაგის ქიმიური ანალიზი“, წარმოადგენს აგრარული მიმართულების სპეციალობების სამივე საფეხურის სტუდენტებისთვის მეტად საინტერესო და საჭირო ნაშრომს ნიადაგის ნაყოფიერების შესწავლის საქმეში, რის გამოც მისი სტამბური წესით დაბეჭდვა მიზანშეწონილად მიგვაჩნია.

**სოფლის მეურნეობის მეცნიერებათა  
დოქტორი, პროფესორი,  
საქართველოს სოფლის მეურნეობის  
მეცნიერებათა აკადემიის აკადემიკოსი  
როლანდ კოკალიანი.**

## **რეცენზია** **ნაშრომზე „ნიადაგის ქიმიური ანალიზი“**

აკადემიკოს გოგოლა მარგველაშვილის მიერ წარმოდგენილი ნაშრომი „ნიადაგის ქიმიური ანალიზი“ განკუთვნილია უმაღლესი სასწავლებლების სტუდენტებისთვის, რომლებიც სასწავლო პროგრამით გადიან აგრარულ ტექნოლოგიებს, აგროინჟინერიას, აგრონომიას, ნიადაგისა და წყლის რესურსების ინჟინერიას. სახელმძღვანელო დიდ დახმარებას გაუწევს სამივე საფეხურის სტუდენტებს და ასევე ამ სფეროში მოღვაწე სხვა სპეციალისტებსაც.

გავეცანი ნაშრომდგენილ სარეცენზიო ნაშრომს და ვფიქრობ:

- ნაშრომში წარმოდგენილია ნიადაგის აგროქიმიური ანალიზის ფართო სპექტრი, როგორც კლასიკური ასევე თანამედროვე მეთოდები.
- ჩამოყალიბებულია თუ რამდენად მნიშვნელოვანია ნიადაგის ქიმიური ანალიზი ნაყოფიერების გასაუმჯობესებლად.
- ავტორს მოყვანილი აქვს ქიმიური განსაზღვრის სხვადასხვა მეთოდი, რაც სტუდენტს საშუალებას აძლევს შეარჩიოს მისთვის მისაღები.
- ნაშრომში ცალკე თავი აქვს დათმობილი ანალიზის მონაცემების სტატისტიკურ დამუშავებას, რაც მნიშვნელოვან დახმარებას გაუწევს სტუდენტს.
- სახელმძღვანელოში ასევე მოცემულია ხსნარების დამზადების მეთოდები.
- წარმოდგენილია საჭირო ცხრილები და უახლესი მონაცემები.
- სახელმძღვანელო დაწერილია მარტივი, გასაგები ენით. ყოველივე ზემოთ აღნიშნულიდან გამომდინარე სარეცენზიო „ნიადაგის ქიმიური ანალიზი“ წარმოადგენს სახელმძღვანელოს, სადაც განხილული საკითხები სრულყოფილად არის წარმოდგენილი და იმსახურებს, რომ დაიბეჭდოს სტამბური წესით.

**საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის აგრარული  
მეცნიერებების და ბიოსისტემების ინჟინერინგის ფაკულტეტის  
დეკანი, ქიმიის აკადემიური დოქტორი  
ბიორბი ქვარცხავა.**

## ავტორისაბან

აგრარული მეცნიერების სხვადასხვა დარგში იქნება ეს – ნიადაგთმცოდნეობა, აგროქიმია, სელექცია, მელიორაცია, მემცენარეობა, მცენარეთა დაცვა, მევენახეობა, მეხილეობა, მეჩაიეობა, მეციტრუსეობა, აგროეკოლოგია თუ სხვა – სამეცნიერო საქმიანობის ჩასატარებლად გამოიყენება კვლევის სხვადასხვა მეთოდი, როგორცაა – მინდვრის ცდის, სავეგეტაციო და ლიზიმეტრული ცდების, ნიშანდებული ატომების და ა.შ. მეთოდები; მათ შორის განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია მინდვრის ცდის მეთოდი, რადგანაც, როგორც ამის შესახებ დიდი მეცნიერი – კ. ა. ტიმირიაზევი წერდა – იგი საშუალებას იძლევა „თვით მცენარეს ვკითხოთ აზრი“.

მაგრამ, ჩვენი ცოდნა აგრარული მეცნიერების ზემოთ ჩამოთვლილ ვერც ერთ დარგში, ვერ იქნება სრულყოფილი, თუ არ იქნება ახსნილი ურთიერთ დამოკიდებულება მცენარეს, ნიადაგს, მიკროორგანიზმებსა და სასუქებს შორის. მხოლოდ და მხოლოდ, ნიადაგში მცენარისათვის აუცილებელი საკვები ნივთიერებების რაოდენობის, მათი გადაადგილებისა და გარდაქმნის პროცესების შესწავლის საფუძველზე, ასევე, მცენარეში საკვები ნივთიერებების შეღწევისა და რთული ორგანული ნივთიერებების სინთეზში მათი მონაწილეობის შესწავლის საფუძველზე შეიძლება შეგნებული, გააზრებული გავლენა მოვახდინოთ ნიადაგზე – მისი ნაყოფიერების ამაღლების მიზნით, და მცენარეზე – საუკეთესო ხარისხობრივი მაჩვენებლების მქონე მაღალი, მყარი მოსავლის მიღების მიზნით. ჩამოთვლილი პროცესების შესწავლა, მათი ახსნა შესაძლებელია მხოლოდ და მხოლოდ მინდვრის ცდებთან ერთად ლაბორატორიული ანალიზის მეთოდის გამოყენებით.

სწორედ, ნიადაგის, მცენარის, სასუქის და მიკროორგანიზმების ურთიერთ დამოკიდებულების ახსნისათვის ნიადაგის ქიმიური ანალიზის მეთოდი ითვლება სასიცოცხლოდ მნიშვნელოვან ელემენტად ქვეყნის სოფლის მეურნეობის განვითარებაში.

ნიადაგის ნაყოფიერების გაუმჯობესება-ამაღლება, მყავე და დამლაშებული ნიადაგების ქიმიური მელიორაცია, მინერა-

ლური და ორგანული სასუქების რაციონალური გამოყენება, ადგილობრივი სასუქების მოძიება და გამოყენება, მოითხოვს სოფლის მეურნეობაში დასაქმებული პირების აგროქიმიური ცოდნის ამაღლებას. საქართველოს უნივერსიტეტებში არსებულ აგრარულ ფაკულტეტებზე უნდა მომზადდნენ სპეციალისტები, რომლებიც ფლობენ აგროქიმიური კვლევის მეთოდებს.

შემოთავაზებული დამხმარე სასწავლო სახელმძღვანელო – „ნიადაგის ქიმიური ანალიზი“ – მე-2 გამოცემა\* – გამოდის მნიშვნელოვნად გადამუშავებული და შევსებული სახით. მოიცავს ნიადაგის აგროქიმიური ანალიზის როგორც ფართოდ გამოყენებულ კლასიკურ მეთოდებს, ისე მათ მოდიფიკაციებს და ახალ, თანამედროვე მეთოდებს.

**ავტორი გულითად მადლობას უხდის წიგნის რედაქტორს და ოფიციალურ რეცენზენტებს, რომლებმაც აქტიური მონაწილეობა მიიღეს აღნიშნული სახელმძღვანელოს სრულყოფაში.**

---

\* „ნიადაგის ქიმიური ანალიზი“ პირველად გამოიცა 1975 წელს – ო.ონიანი, გ.მარგველაშვილის ავტორობით. გამომცემლობა „განათლება“; თბილისი;

საქართველოს სსრ უმაღლესი და საშუალო სპეციალური განათლების სამინისტროს მიერ დამტკიცებული იყო დამხმარე სახელმძღვანელოდ სასოფლო-სამეურნეო ინსტიტუტის სტუდენტებისთვის.

## ნიადაგის ნიმუშის საანალიზოდ მომზადება

აგროქიმიური ანალიზების უმეტესობას ჰაერმშრალ ნიადაგის ნიმუშებში ატარებენ, ზოგიერთს კი ახლად აღებულ ტენიან ნიადაგში (ნიტრიტები, ნიტრატები და სხვა). ტენიანი ნიადაგის შენახვა დაუშვებელია, რადგან შენახვისას შესაძლებელია, სხვადასხვა მიკრობიოლოგიური პროცესების მოქმედებით მოხდეს ნიადაგის ქიმიური თვისებების ცვლილებები. ამიტომ, ლაბორატორიაში შემოსული ნიადაგის ნიმუშები საჭიროა გაიფინოს მკვრივ ქაღალდზე 2 სმ ფენის სისქით და 3-5 დღის განმავლობაში მიყვანილ იქნეს ჰაერმშრალ მდგომარეობამდე (დახურულ ოთახში). გაშრობის დასაჩქარებლად საჭიროა ხანგამოშვებით ნიადაგის ნიმუშების არევა. გაშრობა შესაძლებელია მოხდეს აგრეთვე სპეციალურ საშრობ ოთახში ან საშრობ კარადებში 30<sup>0</sup> ტემპერატურაზე. მიზანშეუწონელია ნიმუშების გაშრობა მზეზე.

ნიმუშების გასაშრობი შენობა უნდა იყოს მშრალი, კარგად განიავებული და დაცული მჟავების ორთქლის, ამონიაკისა და სხვა აირებისაგან.

**საშუალო სინჯის აღება.** გაშრობის შემდეგ ნიადაგის ნიმუშებიდან იღებენ საშუალო სინჯს. ამისათვის ნიადაგს გულდასმით ურევენ და შლიან ქაღალდზე კვადრატის ფორმით. ნიადაგიდან არჩევენ გარეშე მინარევებს და მცენარეულ ნარჩენებს. მსხვილ კომტებს აქუცმაცებენ ხელით. კვადრატს დიაგონალების მიხედვით ყოფენ ოთხ ნაწილად. ორ მონინაალმდეგო ნაწილს ათავსებენ მინის ქილაში ან მუყაოს კოლოფში, უკეთებენ ეტიკეტს და ინახავენ განმეორებითი ანალიზისთვის. ნიადაგის დარჩენილ ნაწილს ფქვავენ სპეციალურ წისქვილში ან ფაიფურის სანაყში. გარდა ნიადაგის მთლიანი ანალიზის, ჰუმუსის და საერთო აზოტის განსაზღვრისა, ნიადაგი იცრება 1 მმ დიამეტრის მქონე ნასვრეტებიან საცერში. ნიადაგის დაქუცმაცება გრძელდება მანამ, სანამ საცერზე არ დარჩება მხოლოდ ქანის ნამსხვრევები. დაფქვილი ნიადაგი ინახება მილესილსაცობიან მინის ქილაში, მუყაოს ყუთში ან პერგამენტის პარკში და უკეთდება ეტიკეტი.

**ჰუმუსის და საერთო აზოტის განსაზღვრისათვის ნიადაგის სინჯის მომზადება.** ნიადაგის საშუალო სინჯიდან იღებენ 50

გრამს. ათავსებენ მინაზე, რომლის ქვეშაც დაფენილია თეთრი ქალაღდი. ნიადაგს გულმოდგინედ ასუფთავებენ მცენარეული და ცხოველური მინარევებისაგან. მსხვილ კომტებს აქუცმაცებენ რეზინის ბლოიანი სანაყით. შემდეგ ნიადაგს აქუცმაცებენ და ატარებენ 1 მმ-იან საცერში. აქედან იღებენ 5 გ ნიადაგს, რომელსაც ათავსებენ პერგამენტის ან კალკის ქალაღდზე და ებონიტის ჯოხით ახდენენ მისგან მცენარეული ნარჩენების მოცილებას. ებონიტის ჯოხი ენერგიული ხახუნით იწმინდება შალის ნაჭრით და 10 სმ-ის სიმაღლეზე სწრაფად ტარდება ნიადაგის ზედაპირზე. დაელექტროებული ებონიტის ჯოხი ნიადაგიდან იზიდავს მცენარეულ მინარევებს. ეს ოპერაცია გრძელდება მანამ, სანამ ებონიტის ჯოხზე მცენარეული ნარჩენები აღარ აეკვრება. დროგამოშვებით ხდება ნიადაგის არევა. ებონიტის ჯოხის გატარება ნიადაგის ზედაპირთან ახლოს არ შეიძლება, რადგან მცენარეულ ნარჩენებთან ერთად ნიადაგის წვრილი ნაწილაკებიც ეკვრება მასზე. გაწმენდილი ნიადაგი კვლავ მუშავდება აგატის სანაყში და მთლიანად ტარდება 0.25 მმ-იან საცერში.

**ნიადაგის საერთო ანალიზისათვის სინჯის მომზადება.** 1 მმ-იან საცერში გაცრილი ნიადაგიდან იღებენ საშუალო სინჯს - 5 გ-ს; ნიადაგს ნაწილ-ნაწილ 1-2 გრამის რაოდენობით ათავსებენ აგატის სანაყში და ფქვავენ 0,2 მიკრონი ზომის ნაწილაკებამდე. დაფქვა დამთავრებულია თუ მისი ხელით გასრესისას კანს არ ფხაჭნის ნიადაგის ფქვილი. მეორე მაჩვენებელია ფქვილის შეწებება ფირფიტისმაგვარ აგრეგატებად, რადგან 0,2 მიკრონიან ნაწილაკებს მაღალი შეჭიდების უნარი აქვთ.

## **ტენის განსაზღვრა ნიადაგში**

ნიადაგის ტენის განსაზღვრის მრავალი მეთოდი არსებობს: გამოშრობით, პიკნომეტრული, სპირტული და სხვა.

### **ტენის განსაზღვრა გამოშრობით.**

მეთოდის საფუძველს წარმოადგენს ნიადაგის მიერ შთანთქმული წყლის აორთქლება ნიადაგის წონაკის 105<sup>0</sup> ტემპერატურაზე გაცხელების პირობებში. ნიადაგის უფრო მაღალ

ტემპერატურაზე გამოშრობამ შეიძლება გამოიწვიოს ორგანული ნივთიერებების დანახშირება და აორთქლებულ ტენთან ერთად მათი წონის დაკლება, რაც გამოიწვევს ცდომილებას ანალიზის შედეგებში.

**ანალიზის მსვლელობა.** საველე პირობებში ნიადაგში ტენის განსაზღვრის დროს საჭიროა ვიქონიოთ წინასწარ  $105^{\circ}$  ტემპერატურის პირობებში გამომშრალი და გამონონილი, სპეციალურ ყუთში ჩანცობილი მინის ან ალუმინის საშრობი ჭიქები (ბიუქსები). მინდვრად აღებულ ნიადაგის ნიმუშს მოაშორებენ ფესვებს, კენჭებს და სხვა მექანიკურ მინარევებს, რის შემდეგ ნიმუშს თხელ ფენად გაშლიან მუყაოზე, დაყოფენ რამდენიმე პატარა ოთხკუთხედად, თითოეული მათგანიდან კოვზით იღებენ წონაკს, შეურევენ და ათავსებენ ბიუქსებში. მინის ან ალუმინის საშრობ ჭიქაში ნიადაგი უნდა მოთავსდეს ჭიქის მოცულობის ნახევარზე ცოტა მეტი. საშრობ ჭიქაში მოთავსებული ნიადაგი ტენის განსაზღვრისათვის უნდა გაიგზავნოს ლაბორატორიაში. როგორც ავლნიშნეთ ცარიელი საშრობი ჭიქების წონა ცნობილია. ლაბორატორიაში იგებენ საშრობი ჭიქისა და მასში საანალიზოდ მოთავსებული ნიადაგის წონას. თავლია საშრობ ჭიქას ათავსებენ საშრობ კარადაში ზუსტად  $105^{\circ}C$  ტემპერატურაზე, სადაც ოთხი-ხუთი საათის განმავლობაში აწარმოებენ ნიადაგის გამოშრობას. ამის შემდეგ საშრობ ჭიქებს გამოიტანენ საშრობი კარადიდან და თავდახურულს, 20-30 წუთის განმავლობაში, ათავსებენ გასაცივებლად ექსიკატორში, რის შემდეგ მას ამოიღებენ და წონიან. ანალიზის სიზუსტეში დარწმუნებისათვის თავლია საშრობ ჭიქას განმეორებით გამოაშრობენ საშრობ კარადაში  $105^{\circ}$  ტემპერატურაზე 1/2-1 საათის განმავლობაში. შემდეგ თავდახურულს გადაიტანენ ექსიკატორში გასაცივებლად 20-30 - წუთს, რის შემდეგ წონიან. თუ გამოშრობის შემდეგ პირველი და მეორე წონა დაახლოებით თანაბარია, მაშინ გამოშრობას დამთავრებულად თვლიან. თუ პირველ და მეორე წონას შორის სხვაობა გრამის მესამედ ფარგლებშია, მაშინ კვლავ განაგრძობენ ნიადაგის გამოშრობას; ნიადაგში ტენის განსაზღვრის მიმდინარეობას ქვემოთ მოტანილი № 1 ცხრილის მიხედვით ჩაინერენ;



ტენის პროცენტს ანგარიშობენ შემდეგნაირად: პირველად იგებენ საანალიზოდ აღებული ნიადაგის წონას, რისთვისაც ჭიქისა და ნიადაგის წონას აკლებენ ჭიქის წონას. მაგალითად, ცხრილში მოტანილი მონაცემების მიხედვით –

$$23 \text{ გ} - 17,55 \text{ გ} = 5,45 \text{ გ};$$

შემდეგ იგებენ საანალიზოდ აღებულ წონაკში წყლის რაოდენობას, რისთვისაც საშრობი ჭიქისა და სველი ნიადაგის წონას აკლებენ საშრობი ჭიქისა და მშრალი ნიადაგის წონას:

$$23,0 \text{ გ} - 21,21 \text{ გ} = 1,79 \text{ გ}$$

მაშასადამე, 5,45 გ საანალიზოდ აღებულ ტენიან ნიადაგში წყალი ყოფილა 1,79 გ. ამის შემდეგ ანგარიშობენ ნიადაგში ტენის (წყლის) პროცენტულ შემცველობას შემდეგი პროპორციის მიხედვით:

5,45 გ საანალიზოდ აღებული ნიადაგი შეიცავს 1,79 გ ტენს

$$100 \text{ გ} \dots \quad X$$

$$X = (100 \cdot 1,79) : 5,45 = 32,8\% ;$$

ცხრილი 1.

ნიმუშის №	საშრობი ჭიქის №	საშრობი ჭიქის წონა, გ	საშრობი ჭიქის და ნიადაგის წონა, გ	საანალიზო ნიადაგის წონა, გ	საშრობი ჭიქის და ნიადაგის წონა პირველი გამოშრობის შემდეგ, გ	საშრობი ჭიქის და ნიადაგის წონა მეორე გამოშრობის შემდეგ, გ	ტენი აღებულ წონაკში, გ	ტენი, %-ში
10	10	17,55	23,0	5,45	21,22	21,21	1,79	32,8

ამრიგად, საანალიზოდ აღებულ ნიადაგში ტენი ყოფილა 32,8%.

## ჰიგროსკოპული წყლის განსაზღვრა ნიადაგში

აგროქიმიური ანალიზების ჩატარებისას საჭიროა ნიადაგში განისაზღვროს ჰიგროსკოპული წყალი, რათა შესაძლებელი გახდეს ანალიზის შედეგების გადაანგარიშება 100 გ აბსოლუტურად მშრალ ნიადაგზე.

წყლის იმ რაოდენობას, რომელიც შთანთქმულია ნიადაგის მიერ ჰაერიდან მოცემული ტემპერატურის და ტენიანობის პირობებში და განონასწორებულია ჰაერში მყოფ წყლის ორთქლთან, ნიადაგის ჰიგროსკოპული წყალი ეწოდება. ნიადაგს, რომელიც შეიცავს ჰიგროსკოპულ წყალს, ჰაერმშრალი ნიადაგი ეწოდება. ნიადაგის ჰიგროსკოპულობა დამოკიდებულია ნიადაგის თავისებურებაზე და იმ არის ტემპერატურასა და ტენიანობაზე, რომელშიც ნიადაგის ნიმუში იმყოფება. ნიადაგის შედგენილობა დიდ გავლენას ახდენს მის ჰიგროსკოპულობაზე. თიხით მდიდარი ნიადაგები, სილიან ნიადაგებთან შედარებით უფრო მაღალი ჰიგროსკოპულობით ხასიათდებიან; ასევე, ჰუმუსის რაოდენობის ზრდა იწვევს ჰიგროსკოპულობის გადიდებას. ნიადაგები, რომლებიც დიდი რაოდენობით შეიცავენ Na-ს მაღალი ჰიგროსკოპულობით ხასიათდებიან.

ჰიგროსკოპული წყლის განსაზღვრის ყველაზე უფრო მარტივი და მისაღები მეთოდია ჰაერმშრალი ნიადაგის გამოშრობა 100-105° C ტემპერატურის პირობებში.

**ანალიზის მსვლელობა.** მინის მილესილსაცობიან საშრობ ჭიქას (შესაძლებელია ალუმინის საშრობი ჭიქის გამოყენებაც) კარგად გარეცხავენ, გამოაშრობენ საშრობ კარადაში 105° ტემპერატურაზე 1/2-1 საათის განმავლობაში, შემდეგ აცივებენ ექსიკატორში. 20 წუთის შემდეგ საშრობ ჭიქას წონიან ანალიზურ სასწორზე მასში ათავსებენ 4-5 გრამ ჰაერმშრალ ნიადაგს. საშრობ ჭიქას ნიადაგით (თავლია) ათავსებენ საშრობ კარადაში 100-105° C ტემპერატურაზე და აშრობენ მუდმივ წონამდე. სამი საათის შემდეგ გამოიღებენ და თავდახურულს ჩადგამენ ექსიკატორში გასაცივებლად. 30 წუთის შემდეგ წონიან ანალიზურ სასწორზე და დაკარგული წყლის რაოდენობით ანგარიშობენ

ჰიგროსკოპული წყლის რაოდენობას ნიადაგში პროცენტობით. ჩანაწერებს აწარმოებენ შემდეგნაირად:  
ცხრილი 2.

ნიმუშის №	საშრობი ჭიქის №	საშრობი ჭიქის წონა, გ	საშრობი ჭიქის და ნიადაგის წონა, გ	ნიადაგის წონა, გ	საშრობი ჭიქის და ნიადაგის წონა პირველი გამოშრობის შემდეგ, გ	საშრობი ჭიქის და ნიადაგის წონა მეორე გამოშრობის შემდეგ, გ	ჰიგროსკოპ. წყლის რაოდ. ალბუულ წონაკში, გ	ჰიგროსკოპ. წყალი, %-ში
10	10	8,5	13,5	5	13,0	13,0	0,5	10

**ჰიგროსკოპული წყლის გამოანგარიშების მაგალითი:** საშრობი ჭიქისა და ნიადაგის წონას გამოშრობამდე, გამოვაკლებთ საშრობი ჭიქის წონას და გავიგებთ საანალიზოდ აღებული ჰაერმშრალი ნიადაგის წონას მაგალითად,  $13,5 \text{ გ} - 8,5 \text{ გ} = 5 \text{ გ}$ ; შემდეგ, საშრობი ჭიქისა და ნიადაგის წონას გამოშრობამდე გამოვაკლებთ მათ უმცირეს წონას გამოშრობის შემდეგ და მივიღებთ ჰიგროსკოპული წყლის რაოდენობას საანალიზოდ აღებულ ნიადაგში: მაგალითად,  $13,5 \text{ გ} - 13,0 \text{ გ} = 0,5 \text{ გ}$ .; ამრიგად, 5 გ ნიადაგში ჰიგროსკოპული წყლის რაოდენობა არის 0,5 გ.;

ჰიგროსკოპული წყლის პროცენტული რაოდენობის გაანგარიშება წარმოებს შემდეგი პროპორციით:

5 გ საანალიზოდ აღებული ნიადაგი შეიცავს 0,5 გ ჰიგროსკოპულ წყალს

$$100 \text{ გ } ,, ,, ,, ,, X ,, ,, ,,$$

$$X = (0,5 \cdot 100) : 5 = 10 \text{ \%};$$

მაშასადამე, ჩვენს მიერ საანალიზოდ აღებულ ნიადაგის ნიმუშში ჰიგროსკოპული წყლის რაოდენობა არის 10%.

ჰაერმშრალ ნიადაგის ნიმუშში განსაზღვრულ ამა თუ იმ ნივთიერებათა რაოდენობას ამრავლებენ ჰიგროსკოპულობის

კოეფიციენტზე და იგებენ საკვლევ ნივთიერებათა რაოდენობას 100 გ აბსოლუტურად მშრალ ნიადაგში. ჰიგროსკოპულობის კოეფიციენტის გამოანგარიშება ხდება შემდეგნაირად:

$$K = 100 : (100 - X) = 100 : (100 - 10) = 100 : 90 = 1,11;$$

სადაც K არის ჰიგროსკოპულობის კოეფიციენტი.

X - ჰიგროსკოპული წყალი პროცენტობით;

მაგალითად, ჰაერმშრალ ნიადაგში ჰუმუსის შემცველობა 5 %-ია, ჰიგროსკოპული წყალი კი 10%. აბსოლუტურად მშრალ ნიადაგში ჰუმუსის შემცველობა პროცენტობით რომ გავანგარიშოთ, საჭიროა ჰაერმშრალ ნიადაგში არსებული ჰუმუსის პროცენტული შემცველობა გავამრავლოთ ჰიგროსკოპულობის კოეფიციენტზე – ჩვენს შემთხვევაში:  $5 \cdot 1,11 = 5,55$ ; მაშასადამე, საანალიზოდ აღებულ აბსოლუტურად მშრალ ნიადაგში ჰუმუსის შემცველობა უდრის 5,55%.

## ნიადაგის მჟავიანობა

არჩევნ ნიადაგის მჟავიანობის შემდეგ სახეებს: აქტუალურ (აქტიურ) მჟავიანობას და პოტენციალურ (ფარულ) მჟავიანობას, რომელიც თავის მხრივ იყოფა გაცვლით და ჰიდროლიზურ მჟავიანობად. აქტუალური მჟავიანობა ნიადაგის ხსნარის მჟავიანობაა.

ნიადაგის აქტიური მჟავიანობა – pH ითვლება ერთ-ერთ ყველაზე გაზომვად პარამეტრად ლაბორატორიაში. აღნიშნული პარამეტრი მიუთითებს ითვლება თუ არა ნიადაგი მჟავე, ნეიტრალურ თუ ტუტე რეაქციის მატარებლად.

pH-ის მნიშვნელოვანი როლი მდგომარეობს მის ზემოქმედებაში ნიადაგში არსებული საკვები ელემენტების შესათვისებლობაზე, ტოქსიკური ელემენტების ხსნადობაზე, კათიონური გაცვლის უნარზე და ბიოლოგიურ აქტივობაზე.

ნიადაგის ხსნარის რეაქცია ბუნებრივ პირობებში მერყეობს pH 3-3,5-დან 9-10-მდე, მაგრამ უფრო ხშირად იგი არ გამოდის pH 4-8-ის საზღვრებიდან. ტუტე რეაქცია გააჩნია მშრალი სტეპის

ნიადაგებს; სამხრეთ შავმიწებსა და წაბლა ნიადაგებს – pH 7,5; რუხ ნიადაგებს – pH 8,5-მდე და ბიცობებს – pH 9-მდე და მეტი.

ნეიტრალურთან ახლო რეაქცია (pH 6,5-7) გააჩნია ჩვეულებრივ და ძლიერ შავმიწებს; ტყის რუხ ნიადაგებს აქვთ სუსტი მჟავე (pH 5,5 -6,5), ხოლო, კორდიან-ენერ და ზოგიერთ ტორფიან ნიადაგს – მჟავე ან ძლიერ მჟავე (pH 4-5 და დაბალი) რეაქცია.

სასოფლო-სამეურნეო მიწის დაახლოებით 11% (330 ათასი ჰა) საქართველოში მჟავე ნიადაგებს (ნითელმიწა, ყვითელმიწა, სუბტროპიკული ენერი და სხვ.) უკავიათ. ძლიერ მჟავე ნიადაგების ფართობმა დასავლეთ საქართველოში 37 ათას ჰა-ს მიაღწია, სადაც ეკონომიკურად ღირებული მოსავლის მიღება პრაქტიკულად შეუძლებელია. აღნიშნული ნიადაგების მჟავიანობა დაკავშირებულია ნიადაგის ხსნარში და ნიადაგის შთანთქმით კომპლექსში წყალბადისა და ალუმინის იონების არსებობასთან.

ნიადაგის მჟავიანობა უარყოფით გავლენას ახდენს უმეტესობა სასოფლო სამეურნეო კულტურების განვითარებაზე და ნიადაგის მრავალ სასარგებლო მიკროორგანიზმზე. წყალბადის იონი ადაბლებს ფუძეებით ნიადაგის მადღრობას, ამცირებს მცენარისათვის შესათვისებელი საკვები ელემენტების რაოდენობას. აღნიშნული ფაქტორები გავლენას ახდენენ ნიადაგის საერთო ნაყოფიერებაზე, რასაც მიყვავართ მოსავლის შემცირებისაკენ და პროდუქციის ხარისხის გაუარესებისაკენ.

## **pH-ის (აქტიური მჟავიანობის) განსაზღვრა ნიადაგში**

### **ელექტრომეტრული მეთოდების გამოყენება pH-ის განსაზღვრისათვის**

წყალბადის იონების კონცენტრაციის (pH) ელექტრომეტრული მეთოდით განსაზღვრის წინ აუცილებელია დადგინდეს გაზომვის პირობები, როგორცაა: საანალიზოდ ნიადაგის მომზადება, ელექტროდის და გამზომი ხელსაწყო არჩევა.

## ნიადაგის არეს რეაქციის – pH-ის განსაზღვრა წყლით გამონაწურში (წყლის სუსპენზია)

მჟავიანობის ეს ფორმა განპირობებულია წყალბადის თავისუფალი იონების შემცველობით ნიადაგის ხსნარში. ნიადაგის მჟავიანობის აღნიშნული ფორმის განსაზღვრისათვის წყალბადის იონების კონცენტრაციას გამოსახვევნი პირობით ერთეულებში, რომელსაც გამოხატავენ pH სიმბოლოთი. აღნიშნული სიმბოლო წარმოადგენს ხსნარში არსებული წყალბადის იონების კონცენტრაციის უარყოფით ლოგარითმს და მიღებულია შემდეგნაირად. სუფთა წყალი დისოცირდება  $H^+$  და  $OH^-$  იონებად:



მოქმედ მასათა კანონის მიხედვით წყლის დისოციაციის კონსტანტა  $K$  ტოლია:

$$K = \{ [H^+] \cdot [OH^-] \} : [H_2O], \text{ ან } K [H_2O] = [H^+] \cdot [OH^-];$$

მაგრამ სუფთა წყლის დისოციაციის კონსტანტა ძალზე მაღალია და ტოლია:

$$1 \cdot 10^{-14}; \text{ ე.ი } 1 \cdot 10^{-14} = [H^+] \cdot [OH^-];$$

წყლის ნეიტრალური რეაქციის დროს  $[H^+] = [OH^-] = 1 \cdot 10^{-7}$ , ე.ი 0,0000001 ექვ წყალბადს 1 ლ-ში;

უფრო მოსახერხებელი რომ იყოს აღნიშნულ სიდიდეს გამოსახვევნი ლოგარითმით  $lg[H^+] = -7$ , ხოლო წყალბადის იონის უარყოფითი ლოგარითმი  $-lg[H^+] = 7$ , ანუ pH 7 ნეიტრალურ არეში. pH-ის სიდიდისაგან დამოკიდებულების მიხედვით ნიადაგები ეკუთვნიან მჟავეს ( $pH < 7$ ) და ტუტეს ( $pH > 7$ );

ნიადაგის აქტუალური მჟავიანობის განსაზღვრა აუცილებელია, რათა ახსნილი იქნეს სასუქების სხვადასხვა დოზების, ფორმების და შეთანაწყობის შესაძლო გავლენა ნიადაგზე, აგრეთვე, თესლბრუნვებში კულტურების შესარჩევად.

### ანალიზის მსვლელობა.

ტექნიკურ სასწორზე წონიან მშრალ, 1 მმ დიამეტრის მქონე ნასვრეტებიან საცერში გატარებულ 20 გრამ ნიადაგს, ათავსებენ

100-150 მლ მოცულობის კონუსურ კოლბში, ცილინდრით ამატებენ 50 მლ გამობდილ წყალს, რომლის pH 6,7-6,8-ია. კარგად ანჯღრევენ 1 წუთის განმავლობაში და აყოვნებენ დღე-ღამის განმავლობაში; ანალიზის წინ სუსპენზიას შეანჯღრევენ, გადაიტანენ მცირე ზომის ჭიქებში, pH-მეტრის ელექტროდებს ათავსებენ სუსპენზიაში და ხელსაწყოზე აითვლიან pH-ის მაჩვენებელს.

სუსპენზიაში ელექტროდების დაყოვნების დრო ჩაშვების მომენტიდან ანათვალის აღებამდე სხვადასხვა ნიადაგისათვის სხვადასხვაა. მჟავე ნიადაგების გამონაწურში პოტენციალთა სხვაობა მყარდება უფრო ადრე, ვიდრე ნეიტრალური და ტუტე ნიადაგების გამონაწურში.

პრაქტიკულად დადგენილია, რომ მჟავე ნიადაგების გამონაწურში pH-ის საბოლოო მაჩვენებლის მისაღებად საჭიროა დაახლოებით 30 წმ - 1 წთ; ნეიტრალურთან ახლოს მდგომ, ნეიტრალურ და ტუტე გამონაწურებში კი დაახლოებით 1-2 წთ. ამიტომ, pH-ის მასიური განსაზღვრისას რეკომენდებულია დაყოვნების დრო 1,5 წთ – ელექტროდების ხსნარში ჩაშვების მომენტიდან შედეგის ჩანერის მომენტამდე.

სამი ბუფერული ხსნარით – pH-ით 4,01; 6,86 და 9,18, pH-მეტრის ან იონომეტრის ანყობის (გამართვის) შემდეგ, ელექტროდებს ჩატვირთავენ სუსპენზიაში და ზომავენ pH-ის სიდიდეს. გაზომვის შესრულების პროცესში აუცილებელია, ყურადღება მივაქციოთ, რომ ელექტროდები ჩატვირთული იყოს სითხეში ისე, რომ არ ეხებოდეს ჭიქის კედლებს და ჭიქის ფსკერზე დამჯდარ ნიადაგს.

გაზომვის დამთავრების შემდეგ ელექტროდებს იღებენ სითხიდან, გარეცხავენ გამობდილი წყლით და ამშრალებენ ფილტრის ქალაღით.

**შედეგების ჩანერის ფორმა:**

ჭრილი, ჰორიზონტი, სიღრმე, სმ	ჭიქის №	წონა, გ	H <sub>2</sub> O-ს მოცულობა, მლ	აპარატის ჩვენება
<b>A<sub>1</sub>A<sub>2</sub> (5-15)</b>	<b>2</b>	<b>20</b>	<b>50</b>	<b>5,8</b>

**რეაქტივები:** გამოხდილი H<sub>2</sub>O, pH-ით 6,7-6,8;

**pH-ის განსაზღვრა მარილის ხსნარში.**

pH – წყლის სუსპენზიაში – არამდგრადი სიდიდეა, ხშირად ცვალებადია სხვადასხვა ფაქტორების გავლენით ერთი სავე-გეტაციო პერიოდის განმავლობაშიც კი. ამიტომ, პრაქტიკაში, ნიადაგის pH-ის განსაზღვრას აწარმოებენ არა მარტო წყლის, არამედ მარილის გამონაწურშიც. თუ ნიადაგს ახასიათებს გაცვ-ლითი მუავიანობა, მარილის გამონაწურშიც აღმოჩნდება მაღალი მუავიანობა, რის გამოც pH-ის მაჩვენებელი მარილის გამონა-წურში უფრო დაბალია, ვიდრე წყლის სუსპენზიაში. მეთოდის არსი მდგომარეობს ნიადაგის ხსნართან 1 : 2,5 შეფარდების პირობებში KCl-ის 1,0 ნორმალობის ხსნარით ნიადაგის გამონა-წურში pH-ის პოტენციომეტრული განსაზღვრა.

**ანალიზის მსვლელობა.** ტექნიკურ სასწორზე წონიან მშრალ, 1 მმ დიამეტრის მქონე ნასვრეტებიან საცერში გატარებულ 20 გრამ ნიადაგს, ათავსებენ 100-150 მლ მოცულობის კონუსურ კოლბში, ამატებენ 50 მლ KCl-ის 1,0 ნორმალობის ხსნარს. კარგად ანჯღრევენ 1 წუთის განმავლობაში და აყოვნებენ 18-24 საათის განმავლობაში. რის შემდეგ სუსპენზიას შეანჯღრევენ და გადაიტანენ მცირე ზომის ჭიქებში.

სამი ბუფერული ხსნარით – pH-ით 4,01; 6,86 და 9,18 – pH-მეტრის ან იონომეტრის გამართვის შემდეგ, ელექტროდებს ჩა-ტვირთავენ სუსპენზიაში და ზომავენ pH-ის სიდიდეს. აპარატზე ანათვალს იღებენ სუსპენზიაში ელექტროდების ჩატვირთვის მომენტიდან 1-1,5 წუთის შემდეგ.

მუშაობის პროცესში აპარატის გამართულობას პერიო-დულად აკონტროლებენ ბუფერული ხსნარის გამოყენებით რომლის pH 4,01-ია.

**შედეგების ჩანერის ფორმა:**

ჭრილი, ჰორიზონტი, სიღრმე, სმ	ჭიქის №	წონა, გ	1 n KCl-ის მოცულობა, მლ	აპარატის ჩვენება
<b>A<sub>2</sub> (15-25)</b>	<b>5</b>	<b>20</b>	<b>50</b>	<b>4,6</b>



**რეაქტივები:** 1 n KCl-ის ხსნარი. 74,56 გრამ KCl ხსნიან გამოხდილ წყალში, გადააქვთ 1 ლიტრი მოცულობის საზომ კოლბში და მიჰყავთ ნიშანხაზამდე.

### **pH-ის განსაზღვრის კოლორიმეტრული მეთოდი**

**კოლორიმეტრული მეთოდები** (ალიამოვსკის, მიხაელისის და სხვ.) დაფუძნებულია ზოგიერთი ორგანული ნივთიერების თვისებაზე შეიცვალონ შეფერილობა წყალბადის იონების კონცენტრაციის მიხედვით, კომბინირებული ან უნივერსალური ინდიკატორების დახმარებით, რომლებიც თან ახლავს ხელსაწყოს. შეფერადებული საკვლევი ხსნარების შედარება ხდება სტანდარტულ სკალასთან.

**ანალიზის მსვლელობა.** კალკის ან პერგამენტის ქალაღდზე შპატელით ათავსებენ ნიადაგის საშუალო ნიმუშს და ტექნიკურ სასწორზე წონიან 20 გრამს, გადაიტანენ 150–200 მლ მოცულობის კოლბში. წონაკს ამატებენ ცილინდრით 50 მლ გამოხდილ წყალს (წყლის სუსპენზია) ან 50 მლ 1,0 n KCl ხსნარს (მარილის სუსპენზია). ანჯღრევენ როტატორზე 1 საათის განმავლობაში. სინჯარაში გადააქვთ დაყოვნებული სითხის 3 მლ (უმჯობესია არ გაიფილტროს). ამატებენ პიპეტით 0,15 მლ ინდიკატორს, ანჯღრევენ. სინჯარას ათავსებენ შესაბამის მოწყობილობაში და ადარებენ სტანდარტულ სკალას.

**სხვადასხვა ავტორის მიერ ჩატარებული ხანგრძლივი და მრავალრიცხოვანი ექსპერიმენტის საფუძველზე შემოთავაზებული რეკომენდაციების შეჯერების საფუძველზე დადგინილ იქნა:**

**pH-ის ელექტრომეტრული მეთოდით განსაზღვრისათვის შემდეგი სტანდარტული პირობები:** საანალიზოდ იღებენ ჰაერ-მშრალი ნიადაგის ნიმუშს, დაფქვის შემდეგ ატარებენ 1 მმ დიამეტრის მქონე ნასვრეტებიან საცერში. ნიადაგის წონაკს ასხამენ წყალს ან 1,0 n KCl-ის ხსნარს ისეთი მოცულობით, რომ ნიადაგი : ხსნარის შეფარდებამ შეადგინოს 1: 2,5; კოლბს ნარევით ახურავენ საცობს და ანჯღრევენ როტატორზე 5 წუთის განმავლობაში; შემდეგ, თუკი საზღვრავენ pH წყლის გამონაწურში,

სუსპენზია გადააქვთ ცენტრიფუგის სინჯარებში და აცენტრიფუგირებენ 15 წუთის განმავლობაში 6000 ბრუნის სიჩქარით. მარილის ხსნარის შემთხვევაში სუსპენზიას უბრალოდ დააყოვნებენ და pH-ის განსაზღვრისათვის იღებენ დაუღებავი სითხის ნაწილს. გამონაწურის მომზადებისთვის იყენებენ მხოლოდ ორმაგ გამოხდილ წყალს გადაღულებულს CO<sub>2</sub>-ის მოცილებისათვის და შენახულს ატმოსფეროს ჰაერისგან იზოლირებულად.

მჟავე ნიადაგების გამონაწურში pH - ის საბოლოო მაჩვენებლის მისაღებად საჭიროა დაახლოებით 30 წამი – 1 წუთი; ნეიტრალურთან ახლოს მდგომ, ნეიტრალურ და ტუტე გამონაწურებში კი დაახლოებით 1-2 წუთი; ამიტომ, pH-ის მასიური განსაზღვრისას რეკომენდებულია დაყოვნების დრო 1,5 წუთი – ელექტროდების ხსნარში ჩაშვების მომენტიდან შედეგის ჩაწერის მომენტამდე. pH-ის გამზომი ხელსაწყოს არჩევანი დამოკიდებულია გამოყენებული ელექტროდების თავისებურებებზე.

### **pH-ის განსაზღვრა ნიადაგში ჯონ რაიანის, ჯორჯ ესტეფან-ის და სხვ. მიხედვით (ИКАРДА)\***

pH-ის განსაზღვრისათვის ნიადაგის სუსპენზიაში 1:1 (ნიადაგი: წყალი) შეიძლება გამოყენებულ იქნეს ანალიზი, რომელიც გვიჩვენებს ნიადაგი მჟავეა, ნეიტრალური თუ ტუტე რეაქციის.

**ანალიზის მსვლელობა.** წონიან 50 გრამ ჰაერმშრალ, 2 მმ-მდე ნასვრეტებიან საცერში გატარებულ ნიადაგს, ათავსებენ 100 მლ მოცულობის მინის მენზურაში. დანაყოფებიანი ცილინდრით, ან 50 მლ მოცულობის კოლბით ამატებენ 50 მლ წყალს; კარგად შეურევენ მინის წკირით და ტოვებენ 30 წუთით. ამ დროის განმავლობაში სუსპენზიას შეურევენ ყოველ 10 წუთში. დაყოვნებას აგრძელებენ 1 საათამდე და შემდეგ კვლავ კარგად შეურევენ.

---

\* (Руководство,, Анализ растений и почвы”, Джон Райан, Джорж Эстефан и др, (ИКАРДА) рус.ენაზე 2002; „ИКАРДА“ – მშრალ რეგიონებში სოფლის მეურნეობის კვლევების საერთაშორისო ცენტრი.

სუსპენზიაში ათავსებენ კომბინირებულ ელექტროდს (3 სმ-ის სიღრმეზე), 30 წამის შემდეგ ახდენენ გაზომვას.

გაზომვის შემდეგ ელექტროდს იღებენ სუსპენზიიდან, გარეცხავენ დეიონიზირებული წყლით ცალკე მენზურაში და გაამშრალევენ მასზე დარჩენილი წყლისაგან.

**შენიშვნა 1.** კომბინირებული ელექტროდის გამოყენების შემთხვევაში, უნდა დავრწმუნდეთ, რომ იგი შეიცავს KCl-ის ნაჯერ ხსნარს და რალაც რაოდენობით მყარ KCl.

**2.** ჩატარდეს pH-ის გამზომი ხელსაწყო დაყალიბება (შემონუმება) pH-ის სხვადასხვა მნიშვნელობის მქონე სამი ბუფერული ხსნარით: ჩვეულებრივ 4,01; 7,0 და 9,0; პირველ რიგში ზომავენ ხსნარის ტემპერატურას და არეგულირებენ კორექტორით „ტემპერატურა“. ჩატვირთავენ ელექტროდს ბუფერულ ხსნარში რომლის pH – შეადგენს 4,01; ამონუმებენ ფაქტიურ მაჩვენებელს აღნიშნული ტემპერატურის პირობებში და საჭიროების შემთხვევაში არეგულირებენ კორექტორით „ბუფერული ხსნარი“; იმ შემთხვევაში, თუკი ხელსაწყო იძლევა pH-ის ისეთ მაჩვენებელს, რომელიც 0,04 pH-ით მეტია ან ნაკლებია ბუფერის pH-ის მაჩვენებელზე მაშინ დარეგულირება ხდება კორექტორით „ბუფერული ხსნარი“, ხოლო, თუ ეს გადახრა 0,04 pH-ზე ნაკლებია, ხელსაწყო გასწორება საჭირო არ არის. ელექტროდებს გულდასმით ჩარეცხავენ გამოხდილი წყლით. ჭიქაში ასხამენ სხვა pH-ის მქონე ბუფერს და იღებენ ანათვალს ხელსაწყოზე. ასე თანმიმდევრობით ამონუმებენ ყველა ბუფერული ხსნარის pH-ს კორექტორით „ბუფერული ხსნარი“ და კორექტორით „მგრძობელობა“. მოქმედებას იმეორებენ მანამ, სანამ სამივე ბუფერული ხსნარი არ მოგვცემს სწორ მაჩვენებელს.

**3.** ИКАРДА-ში pH-ს ზომავენ 1:1 (ნიადაგი : წყალი) სუსპენზიაში. სპეციალური მიზნებისათვის pH შეიძლება გაიზომოს ნაჯერ ნიადაგურ პასტაში ან უფრო თხევად სუსპენზიებში. ზოგიერთ ლაბორატორიაში pH საზღვრავენ ნიადაგი : წყალი სუსპენზიაში და 1 n KCl ან 0,01 M CaCO<sub>2</sub> სუსპენზიაში; მარილის ხსნარში pH-ის განსაზღვრის მთავარი უპირატესობა ეს

არის – ტენდენცია, აცილებულ იქნეს სუსპენზიის ეფექტით გამონვეული და მარილების შეცვლილი შემცველობის, (მაგალითად სასუქების ნარჩენების) ხელშემშლელი გავლენა.

4. ჰაერმშრალი ნიადაგი შეიძლება შენახულ იქნეს რამდენიმე თვის განმავლობაში დახურულ ყუთში, რაც არ ახდენს გავლენას pH-ის განსაზღვრაზე.

5. ორგანული ნივთიერების მაღალი შემცველობის ნიადაგებისათვის საჭიროა გამოყენებულ იქნეს პროპორცია – ნიადაგი : წყალი 1 : 2 ან 1 : 4;

6. თუკი pH-ის გამზომი ხელსაწყო და ელექტროდები არ გამოიყენება ხანგრძლივი დროის განმავლობაში, აუცილებელია ხელსაწყოს თანმხლები ქარხნული ინსტრუქციის მიხედვით მათი შენახვა.

**რეაქტივები :** 1. KCl-ის 1,0 n ხსნარი. 74,6 გ ქ.ს. KCl ხსნიან 1 ლ გამობდილ წყალში, რეაქტივის pH 5,6-6,0 (შემონმდეს ანალიზის დაყენების წინ; აუცილებლობის შემთხვევაში უნდა დაყენდეს pH-ის საჭირო მნიშვნელობა KOH ან KCl-ის სუსტი ხსნარებით).

2. კომბინირებული ინდიკატორი.

3. ფერადი სკალა, დამზადებული მინერალური მარილებისგან ნ.ი.ალიამოვსკის რეცეპტის მიხედვით.

4. დეიონიზირებული წყალი.

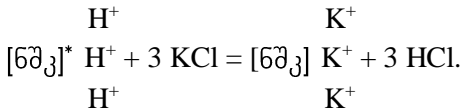
5. ბუფერული ხსნარები pH-ით 4,01; 7,0; 9,0;

## **პოტენციალური (ზარული) მჟავიანობა**

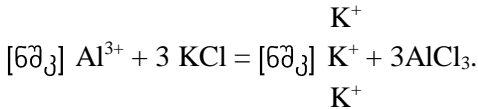
ნიადაგის მჟავიანობის ეს ფორმა დამოკიდებულია ნიადაგის მშთანთქმელ კომპლექსში წყალბადისა და ალუმინის იონების არსებობაზე, რომელთაც გააჩნიათ სხვა იონებზე გაცვლის უნარი. პოტენციალური მჟავიანობის განსაზღვრაში შედის გაცვლითი და ჰიდროლიზური მჟავიანობის განსაზღვრა.

## გაცვლითი მჟავიანობის განსაზღვრა დაიკუხარას მეთოდით

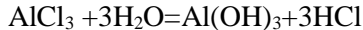
გაცვლით მჟავიანობას გამოსახავენ წყალბადიონების იმ რაოდენობით, რომელიც გამოიდევენება ნიადაგის მშთანთქმელი კომპლექსიდან ნეიტრალური მარილის ხსნარით ნიადაგის დამუშავების შედეგად:



სხვა შემთხვევაში ნიადაგის მშთანთქმელ კომპლექსში შეიძლება ქარბობდეს ალუმინის იონები, მაშინ:



მიღებული მარილი ადვილად ჰიდროლიზდება ნიადაგში HCl-ის წარმოქმნით:



ამრიგად, KCl-ის 1 n ხსნარით ნიადაგის დამუშავებისას მშთანთქმელი კომპლექსის მიერ შთანთქმება კალიუმი, მის ნაცვლად მშთანთქმელი კომპლექსიდან გამოიდევენება წყალბადის და ალუმინის იონები, რის შედეგადაც ნიადაგის გამოწანურში წარმოიშვება მარილის მჟავა HCl, რომლის რაოდენობას გებულობენ 0,1 n NaOH-ის ხსნარით ფილტრატის დატიტვრით და ამრიგად საზღვრავენ ნიადაგის გაცვლით მჟავიანობას.

გაცვლითი მჟავიანობის გადიდება შეიძლება იყოს სასუქების ფიზიოლოგიურად მჟავე ფორმების ნიადაგში სისტემატური შეტანის ან ამაღლებული დოზებით მათი ერთჯერადი შეტანის შედეგი, რაც დამლუპველ გავლენას ახდენს არეს მჟავე რეაქციისადმი მგრძობიარე მცენარეებზე.

---

\* „ნშკ“\* – ნიადაგის მშთანთქმელი (შთანთქმითი) კომპლექსი.

**ანალიზის მსვლელობა.** 1 მმ დიამეტრის მქონე ნასვრეტებიან საცერში გატარებულ 80 გრამ ნიადაგს ათავსებენ 500 მლ მოცულობის კოლბში, ამატებენ 200 მლ KCl-ის 1 n ხსნარს, რომლის pH დაახლოებით 5,6–6,0 უნდა იყოს; ანჯღრევენ როტატორზე 1 საათის განმავლობაში და ფილტრავენ 11-12,5 სმ დიამეტრის უნაცრო ფილტრით (თეთრი ზონარით). ფილტრატის პირველ ულუფას (10-12 მლ) გადაღვრიან. ხსნარს გაფილტრავენ მთლიანად და მხოლოდ ამის შემდეგ იწყებენ დატიტვრას.

მასიური ანალიზების შემთხვევაში ხანგრძლივ ნჯღრევას ცვლიან 3 წუთიანი ნჯღრევით, შემდეგში ერთი ლამის განმავლობაში დაყოვნებით. ამ შემთხვევაში გაფილტვრა შეიძლება არ ჩატარდეს; დასატიტრად პირდაპირ იღებენ დაყოვნებულ გამჭვირვალე ხსნარს.

გამჭვირვალე ფილტრატის 50 მლ-ს ათავსებენ 250 მლ მოცულობის კონუსურ კოლბში. ამატებენ 2-3 წვეთ ფენოლფტალეინს\* და ტიტრავენ ცივ მდგომარეობაში NaOH-ის 0,1 n ხსნარით სუსტი ვარდისფერის მიღებამდე, რომელიც მდგრადია 1 წუთი. მრავალი ავტორის მიერ რეკომენდებულია დატიტვრის წინ ხსნარის გაცხელება. მაგრამ, შემონმებისას, გაცხელებით და ცივ მდგომარეობაში დატიტვრამ ერთნაირი შედეგი აჩვენა.

დატიტვრაზე დახარჯული NaOH-ის 0,1 n ხსნარის რაოდენობის მიხედვით ანგარიშობენ გაცვლით მჟავიანობას მილიგრამ-ექვივალენტებში 100 გრამ ნიადაგზე.

**გამოანგარიშების მაგალითი.** დავუშვათ, 50 მლ მარილის ხსნარის დატიტვრაზე დაიხარჯა 1,2 მლ 0,1015 n NaOH-ის ხსნარი. რადგან 50 მლ ხსნარი შეესაბამება 20 გრამ ნიადაგს, 100 გრამ ჰაერმშრალ ნიადაგზე გადასაანგარიშებლად ტუტის მითითებული რაოდენობა უნდა გამრავლდეს 5-ზე. შემდეგ კი მრავლდება 0,1-ზე (1 მლ 0,1 n ხსნარი შეესაბამება 0,1 მგ-ექვივალენტს). (ან რაც იგივეა, ვყოფთ 10-ზე). ამრიგად, გაცვლითი მჟავიანობის გამოსაანგარიშებლად იყენებენ ფორმულას:

---

\* დატიტვრა შეიძლება ჩატარდეს ინდიკატორ ბრომტიმოლ ლურჯის გამოყენებით ცისფერ შეფერვამდე.

$$X = (a \cdot T \cdot 5) : 10,$$

სადაც,  $X$  - არის გაცვლითი მჟავიანობა;

$a$  - დატიტრებაზე დახარჯული  $0,1$  n NaOH-ის ხსნარის რაოდენობა.

$T$  -  $0,1$  n NaOH-ის ტიტრის შესწორების კოეფიციენტი.

$5$  -  $100$  გრამ ნიადაგზე გადასაყვანი რიცხვი;

$10$  - მგ.ექვივალენტებში გამომსახველი რიცხვი.

ექსპერიმენტული მონაცემებით დამტკიცებულია, რომ მთლიანი გაცვლითი მჟავიანობა  $1,5$ - $2$ -ჯერ მეტია ვიდრე გაცვლითი მჟავიანობა განსაზღვრული ზემოთ აღნიშნული წესით. ნეიტრალური მარილის ხსნარით ნიადაგის ერთჯერადი დამუშავებისას ნიადაგიდან გამოიდევენება გაცვლითი წყალბადის არა მთლიანი რაოდენობა, არამედ მისი ნაწილი, ამიტომ ე.წ. სრულ გაცვლით მჟავიანობაზე გადასაანგარიშებლად იყენებენ პირობით კოეფიციენტს -  $1,75$ ;  $[(1,5 + 2) : 2 = 1,75]$  და მასზე ამრავლებენ გაცვლითი მჟავიანობის მიღებულ სიდიდეს.

### რეაქტივები:

**1.** KCl-ის  $1,0$  n ხსნარი pH  $5,6$ - $6,0$ ; წონიან  $75$  გრამ KCl და ხსნიან დაახლოებით  $300$ - $400$  მლ წყალში. ფილტრავენ საზომ კოლბში და ხსნარის მოცულობა წყლით მიჰყავთ  $1$  ლიტრამდე. ხსნარს გადაიტანენ მინის სუფთა ჭურჭელში, კარგად შეურევენ. იღებენ  $5$ - $10$  მლ ხსნარს და ამოწმებენ მის pH-ს. თუკი pH -  $5,6$ -ზე ნაკლებია ხსნარს ამატებენ რამდენიმე წვეთ ტუტეს. თუკი pH -  $6,0$ -ზე მეტია შეამჟავებენ მარილის მჟავით და ასეთი გზით pH მიჰყავთ სასურველ სიდიდემდე.

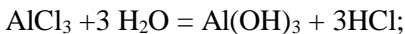
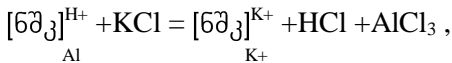
**2.** NaOH-ის  $0,1$  n ხსნარი. ხსნარს ამზადებენ ფიქსონალიდან ან წონიან  $4$  გ ქიმიურად სუფთა NaOH-ს და ხსნიან  $CO_2$  მოცილებულ წყალში, შემდეგ კი ხსნარის მოცულობა გამოხდილი წყლით მიჰყავთ  $1$  ლიტრამდე. ხსნარის ნორმალობას ადგენენ  $H_2SO_4$ -ის ფიქსონალით ან გადაკრისტალებული ქარვის მჟავით.

3. ფენოლფტალეინის 1%-იანი ხსნარი 60 %-იან სპირტში ან ბრომტიმოლ ლურჯის 0,1%-იანი ხსნარი 20%-იან სპირტში.

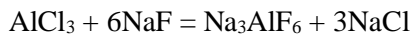
### **pH-ის, გაცვლითი მჟავიანობის და ალუმინის განსაზღვრა სოკოლოვის მეთოდით**

აგროქიმიურ ლაბორატორიებში ფართოდ იყენებენ ა.ბ.სოკოლოვის მეთოდს, რომლის მიხედვით ერთ წონაკში ერთდროულად მარტივად შეიძლება განისაზღვროს **pH**- მარილის ხსნარში, გაცვლითი მჟავიანობა და ალუმინის მოძრავი ფორმების შემცველობა.

მეთოდის საფუძველია წყალბადისა და ალუმინის გამოძევება ნიადაგის მშთანქმელი კომპლექსიდან  $KCl$ -ის 1,0 n ხსნარით.



წარმოქმნილი მჟავას დატიტვის შემდეგ ანგარიშობენ გაცვლითი მჟავიანობის სიდიდეს, რომელიც გამოწვეულია წყალბადისა და ალუმინის იონების ჯამით. ეს უკანასკნელი შეიძლება გამოილექონ ნატრიუმის ფტორიდის 3,5%-იანი ხსნარით ნეიტრალური მარილის – კრიოლიტის წარმოქმნით:



განმეორებითი დატიტვრა საშუალებას იძლევა განისაზღვროს მჟავიანობა, რომელიც გამოწვეულია მხოლოდ წყალბადის იონებით. მიღებული მონაცემების სხვაობით ადვილად იანგარიშება ალუმინის შემცველობა.

**ანალიზის მსვლელობა.** ტექნიკურ სასწორზე აწონილ 80 გ ნიადაგის ნიმუშს ათავსებენ 300-500 მლ მოცულობის კოლბში. ცილინდრით ასხამენ 200 მლ  $KCl$ -ის 1,0 n ხსნარს (pH 5,6-6,0); ანჯღრევენ როტატორზე 1 საათი (ან 15 წუთი და აყოვნებენ



მთელი ღამით). გაფილტრავენ ძაბრის გამოყენებით ქალაღდის ფილტრით (თეთრი ან ვარდისფერი ზოლით), ფილტრატის პირველი ულუფის გადაღვრით. ფილტრატში საზღვრავენ pH-ის მნიშვნელობას ზემოთ აღწერილი რომელიმე მეთოდით. გაცვლითი მჟავიანობის განსაზღვრისათვის პიპეტით იღებენ 50 მლ ფილტრატს და ათავსებენ 100 მლ მოცულობის ერლენმეიერის კოლბში. ელექტროქურაზე (ან სხვა რომელიმე გამაცხელებელზე) ადუღებენ ფილტრატს 5 წუთი ნახშირმჟავა აირის მოცილებისთვის. ცხელ ხსნარს დატიტრავენ ზუსტად დადგენილი 0,1 n ტუტის ხსნარით (KOH ან NaOH) ფენოლფტალეინის გამოყენებით სუსტი ვარდისფერის მიღებამდე, რომელიც მდგრადია 1 წუთის განმავლობაში. ერლენმეიერის სხვა კოლბში პიპეტით იღებენ ასევე 50 მლ ფილტრატს, ადუღებენ 5 წუთი; აცივებენ კოლბის ცივ წყალში მოთავსებით ოთახის ტემპერატურამდე. გაცივებულ ფილტრატში პიპეტით ამატებენ 3 მლ NaF 3,5%-იან ხსნარს. ასეთ მომზადებულ ხსნარს ტიტრავენ 0,1 n ტუტის ხსნარით (KOH ან NaOH) ფენოლფტალეინის მიხედვით სუსტი ვარდისფერის მიღებამდე.

მჟავიანობის სხვადასხვა ფორმის ანგარიშს შემდეგნაირად აწარმოებენ:

1. გაცვლითი მჟავიანობა, განპირობებული  $H^+$  და  $Al^{3+}$  იონებით (მგ.ექვ/100 გ ნიადაგზე):

$$X = (a \cdot T \cdot 5) : 10,$$

სადაც,  $X$  - არის გაცვლითი მჟავიანობა;

$a$  - დატიტრავზე დახარჯული 0,1 n NaOH-ის ხსნარის რაოდენობა.

$T$  - 0,1 n NaOH-ის ტიტრის შესწორების კოეფიციენტი.

5 - 100 გრამ ჰაერმშრალ ნიადაგზე გადასაყვანი რიცხვი;

10 - მგ.ექვივალენტებში გამომსახველი რიცხვი.

2.  $H^+$  იონებით გამოწვეული მჟავიანობის ანგარიში, ალუმინის დალექვის შემდეგ, მეორე დატიტრის შედეგების მიხედვით ანგარიში იგივენაირად.

3.  $Al^{3+}$  იონების შემცველობის ანგარიში:

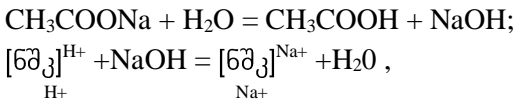
$(H^+ + Al^{3+}) - H^+ = Al$  მგ.ექვ/100 გ ნიადაგზე.  
 მიღებული მნიშვნელობის გამრავლებით 9-ზე (ექვივალენტი Al), გავიგებთ ალუმინის რაოდენობას მგ/100 გ ნიადაგზე.

**რეაქტივები:**

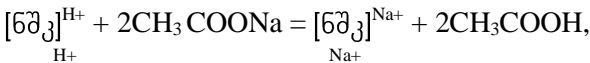
1. KCl 1,0 n ხსნარი;
2. ფენოლგტალეინი;
3. KOH ან NaOH - ის 0,1 n ხსნარი.
4. ნატრიუმის ფტორიდის 3,5%-იანი ხსნარი, მომზადებული გამოხდელ წყალზე CO<sub>2</sub>-ის გარეშე (გამოხდელ წყალს ადუღებენ სანყისი მოცულობის 1/3-მდე).

**ნიადაგის ჰიდროლიზური მჟავიანობის განსაზღვრა  
 კაპენის მეთოდით**

ნიადაგის მჟავიანობის ეს ფორმა განპირობებულია წყალბადის იონებით, რომლებიც უფრო მჭიდროდ არიან შეკავშირებულნი ნიადაგის შთანთქმის კომპლექსში და გამოძევებიან ჰიდროლიზური ტუტე მარილის ხსნარებთან ან ტუტესთან ნიადაგის ურთიერთმოქმედებით. რეაქცია შეიძლება მიმდინარეობდეს ორ სტადიაში:



ან



ამ შემთხვევაში ხსნარში გადადის წყალბადის იონების უფრო მეტი რაოდენობა, ვიდრე ნეიტრალური მარილების (KCl) მოქმედების შემთხვევაში.

ძმარმჟავა ნატრიუმი წარმოადგენს რა ძლიერი ფუძის და სუსტი მჟავას მარილს, წყალხსნარში ჰიდროლიზდება OH<sup>-</sup>-ის

ნარმოქმნით, რის შედეგად ხსნარს აქვს ტუტე რეაქცია. ტუტე არის პირობებში ხსნარში გადმოდიან არა მარტო გაცვლითი მჟავიანობის გამომწვევი წყალბადიონები, არამედ აგრეთვე, ნიადაგის კოლოიდურ კომპლექსთან უფრო მჭიდროდ შეკავშირებული H – იონები. ამიტომ, ჰიდროლიზური მჟავიანობა უფრო მეტია, ვიდრე გაცვლითი მჟავიანობა და წარმოადგენს აქტუალური და პოტენციალური მჟავიანობის ჯამს. აღნიშნული მაჩვენებელი გამოიყენება პრაქტიკაში მჟავე ნიადაგებზე კირის დოზების ანგარიშისათვის

**ანალიზის მსვლელობა.** ტექნიკურ სასნორზე წონიან საანალიზოდ მომზადებული ნიადაგის 40 გრამს. წონაკი გადააქვთ 250–300 მლ მოცულობის კოლბში. ცილინდრით ამატებენ 100 მლ ძმარმჟავა ნატრიუმის 1,0 n ხსნარს (pH 8,5); კოლბს ახურავენ საცობს და ანჯღრევენ როტატორზე 1 საათი (ან 3 წუთი და ლამის განმავლობაში დაყოვნებით, პერიოდულად 4-5 ჯერ შენჯღრევით). ფილტრავენ 8-10 სმ დიამეტრის ჩვეულებრივი ქალაღის ფილტრით (უკეთესია თეთრ სახვევიანი). ფილტრატის პირველ ულუფას გადაღვრიან. 50 მლ ფილტრატს პიპეტით გადაიტანენ 100 მლ მოცულობის ერლენმეიერის კოლბში, ამატებენ 2-3 წვეთ ფენოლფტალეინს და ტიტრავენ (წინასწარი ადულების გარეშე) NaOH-ის 0,1 n ხსნარით განეიტრალებამდე, ე.ი. ხსნარის სუსტი ვარდისფერის მიღებამდე, რომელიც მდგრადია 1 წუთს. თუკი ფილტრატი ყვითელი ფერისაა, დატიტვრას აწარმოებენ საკონტროლო ცდით. დატიტვრაზე დახარჯული ტუტის რაოდენობის მიხედვით ანგარიშობენ ჰიდროლიზური მჟავიანობის სიდიდეს მგ.ექვ/100 გ ნიადაგზე.

ჰიდროლიზურ მჟავიანობას მგ.ექვ/100 გ ჰაერმშრალ ნიადაგზე ანგარიშობენ ფორმულით:

$$X = (a \cdot T \cdot 5 \cdot 1,75) : 10,$$

სადაც, X – არის ჰიდროლიზური მჟავიანობა;

a – დატიტვრაზე დახარჯული 0,1 n NaOH-ის ხსნარის რაოდენობა.

T – 0,1 n NaOH-ის ტიტრის შესწორების კოეფიციენტი.

5 – 100 გრამ ნიადაგზე გადასაყვანი რიცხვი;

10 – მგ.ექვივალენტებში გამომსახველი რიცხვი.

**1,75** - მთლიან ჰიდროლიზურ მჟავიანობაზე გადასანგარ-  
რიშებელი კოეფიციენტი.

### **რეაქტივები:**

**1.  $\text{CH}_3\text{COONa}$ -ის 1 n ხსნარი.** იღებენ 136,09 გ  $\text{CH}_3\text{COONa} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ , ხსნიან 1 ლ გამოხდილ წყალში. აღნიშნული ხსნარის 20 მლ-ზე ერთი წვეთი ფენოლფტალეინის დამატებამ უნდა გამოიწვიოს ხსნარის სუსტი ვარდისფერი შეფერვა. წინააღმდეგ შემთხვევაში საჭიროა დამატოს მას წვეთობით  $\text{NaOH}$ -ის 1 n ხსნარი მანამ, სანამ მივიღებთ  $\text{CH}_3\text{COONa}$ -ის ხსნარის სუსტ ვარდისფერ შეფერვას, ხოლო, თუ 20 მლ  $\text{CH}_3\text{COONa}$ -ის 1 n ხსნარზე ერთი წვეთი ფენოლფტალეინის მიმატებამ გამოიწვია ხსნარის ინტენსიური ვარდისფერი შეფერვა, მაშინ ასეთ ხსნარს უნდა დავუმატოთ წვეთობით ძმარმჟავას 10%-იანი ხსნარი, მანამ, სანამ არ მივიღებთ ხსნარის სუსტ ვარდისფერ შეფერვას მარილის ხსნარი უნდა მომზადდეს ანალიზის დაწყების წინ.

**2.  $\text{NaOH}$ -ის 0,1 n ხსნარი.**

**3. ინდიკატორი ფენოლფტალეინი.**

### **კირის დოზების განსაზღვრა (ტ/ჰა) ჰიდროლიზური მჟავიანობის მიხედვით**

დადგენილია, რომ 1 მგ.ექვ. 100 გ ნიადაგზე წყალბადის ნეიტრალიზაციისათვის საჭიროა 50 მგ  $\text{CaCO}_3$ ; ნიადაგის სახნავი ფენის წონა ერთ ჰექტარზე ტოლია 3 000 ტონის; აქედან გამომდინარეობს:

თუ 50 მგ  $\text{CaCO}_3$  ანეიტრალეზს – 1 მგ.ექვ წყალბადს 100 გ, ნიადაგში

მაშინ X რაოდენობის  $\text{CaCO}_3$ -ია საჭირო – 3 000 ტ ნიადაგის გასანეიტრალეზლად

$$X = (50 \text{ მგ} \cdot 3 \text{ 000 ტ}) : 100$$

მონაცემების ერთ ერთეულამდე მიყვანიტ, არითმეტიკული გაანგარიშების შედეგად მივიღებტ სიდიდეს  $X = 1,5 \text{ ტ.}$ ; ჰიდროლიზური მჟავიანობის შედეგებზე გამრავლებით, მივიღებტ კირის რაოდენობას ტონობით ჰექტარზე, რომელიც საჭიროა აღნიშნულ ნიადაგზე მჟავიანობის განეიტრალებისათვის. მაგალიტად, ჰიდროლიზური მჟავიანობა ტოლია  $5,23 \text{ მგ.ექვ/100 გ}$  ნიადაგზე:

$$5,23 \times 1,5 = 7,8 \text{ ტ/ჰა } \text{CaCO}_3;$$

### ცხრილი 3

#### ჩანერის ფორმა

ცდის ვარიანტი	კოლბის №	ნიადაგის ნონა, გ	100 გ ნიადაგზე გადასა-ყვანი რიცხვი	n. NaOH	NaOH, მლ	H, მგ.ექვ/100 გ ნიადაგზე	CaCO <sub>3</sub> -ის დოზა, ტ/ჰა

### შთანთქმული ფუჰეების ჯამის (S) განსაზღვრა კაჰენ-გილკოვიცის მეთოდით

ნიადაგის შთანთქმის უნარს ძალზე დიდი მნიშვნელობა აქვს მცენარის კვებისათვის და ნიადაგსა და შეტანილ სასუქებს შორის ურთიერთმოქმედებისათვის. შთანთქმული ფუქეები განსაზღვრავენ ნიადაგის ხსნარის რეაქციასაც და ნიადაგის კვების რეჟიმსაც მთლიანობაში.

ნიადაგის ხსნარში სხვადასხვა მარილების არსებობა განაპირობებს გაცვლიტ რეაქციებს მაგარ და თხევად ფაზებს შორის. ასე მაგალიტად, ნიადაგის შთანთქმითი კომპლექსიდან შეიძლება გამოძვედეს და გაცვლიტ რეაქციაში მიიღოს მონაწილეობა  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{Na}^+$  და სხვ.; დადგენილია, რომ ერთვალენტიანი კათიონები ნაკლებად კავდება ნიადაგით და უფრო მისაწვდომია

მცენარისათვის, ვიდრე ორვალენტიანები. ანიონებსაც ასევე შეუძლიათ მონაწილეობა გაცვლით რეაქციებში.

სხვადასხვა ტიპის ნიდაგები განსხვავებული შთანთქმის უნარით, ხასიათდებიან, რასაც მხედველობაში ღებულობენ სასუქების ფორმების შერჩევას. აღნიშნულიდან გამომდინარე, არ შეიძლება სხვადასხვა ტიპის ნიდაგებისათვის იყოს ერთიანი მეთოდი გაცვლითი კათიონების ჯამის განსზღვრისათვის. ასე მაგალითად, კარბონატული და მოკირიანებული ნიდაგებისათვის იყენებენ კ.კ.გედროიცის, პ.ვ.ზახარჩუკის მეთოდებს, რომელთა მიხედვით მშთანთქმელ კომპლექსში არსებული გაცვლითი კათიონების გამოსაძევებლად იყენებენ HCl-ის 0,05 n ხსნარს. კ.კ.გედროიცის გამოკვლევებით ნაჩვენები იყო, რომ მჟავას ასეთი ხსნარი არ შლის ნიდაგის მშთანთქმელ კომპლექსს, მაგრამ აძევებს გაცვლით კათიონებს.

არაკარბონატული ნიდაგებისათვის იყენებენ **ბობკოსა და ასკინაზის მეთოდს ალიოშინის** მოდიფიკაციით, სადაც გამოსაძევებლად იყენებენ ბარიუმის ქლორიდის ხსნარს. მჟავე ნიდაგებისათვის თავაზობენ **კაპენ-გილკოვიცის მეთოდს HCl-ის 0,1 n ხსნარის გამოყენებით**. აღნიშნული მეთოდის პრინციპია ნიდაგის დამუშავება მარილის მჟავას განსაზღვრული რაოდენობით, რომლის კონცენტრაცია ზუსტად არის დადგენილი. მჟავას ნაწილი მიდის შთანთქმული კათიონების გამოძევებაზე, ხოლო, დარჩენილი ნაწილი იტიტრება განსაზღვრული კონცენტრაციის ტუტით.

**ანალიზის მსვლელობა.** ტექნიკურ სასწორზე წონიან 1 მმ დიამეტრის მქონე ნასვრეტებიან საცერში გატარებულ 20 გრამ ნიდაგს და ათავსებენ 200-300 მლ მოცულობის კოლბში, ბიურეტიდან ასხამენ 100 მლ HCl-ის 0,1 n ხსნარს ზუსტად დადგენილი კონცენტრაციით. ანჯღრევენ როტატორზე 1 საათი და ტოვებენ დღე-ღამის განმავლობაში. ფილტრავენ ძაბრის გამოყენებით ქალაღდის ფილტრით მშრალ ჭურჭელში. ფილტრატის პირველ ულუფას გადაღვრიან ან ხელმეორედ გადაფილტრავენ. პიპეტიით იღებენ 50 მლ ფილტრატს, ათავსებენ 100 მლ მოცულობის ერლენმეიერის კოლბში. ელექტროქურაზე ან სხვა რომელიმე

გამაცხელებელზე ფილტრატს ადულებენ 3 წუთს. დარჩენილ მჟავას ტიტრავენ ცხელ მდგომარეობაში ფენოლფტალეინის მიხედვით ზუსტად დადგენილი 0,1 n ტუტის ხსნარით მდგრად სუსტ ვარდისფერ შეფერილობამდე.

შთანთქმული ფუძეების ჯამს – მგ.ექვ/100 გ აბსოლუტურად მშრალ ნიადაგზე ანგარიშობენ ფორმულით:

$$S = [(მლ HCl \cdot n \cdot HCl - მლ KOH \cdot n \cdot KOH) \cdot 100 \cdot K \cdot p] : n$$

სადაც, p არის განზავება 100 : 50;

K – ნიადაგის ტენის კოეფიციენტი;

n - ნიადაგის წონა, გ;

**რეაქტივები:**

HCl 0,1 n ხსნარი (კონცენტრაცია ზუსტად უნდა დაყენდეს). შეიძლება მომზადდეს ფიქსონალისგან ან ალებული იქნეს 8,2 მლ კონცენტრირებული HCl სიმკვრივით (d) 1,19 (გაიზომოს არეომეტრით) 1 ლ მოცულობის საზომ კოლბში, რომელშიც წინასწარ მოთავსებულია 50 მლ გამობდილი წყალი. მიჰყავთ წყლით ნიშანხაზამდე, კარგად შეურევინ და ადგენენ ნორმალობას ტუტით, რომლის ნორმალობა ცნობილია.

**მაგალითი.** პიპეტით იღებენ 10 მლ მომზადებულ მჟავას ხსნარს და ტიტრავენ ფენოლფტალეინის მიხედვით ბიურეტიდან ტუტის 0,1 ნორმალობის ხსნარით სუსტი ვარდისფერის მიღებამდე. მჟავის და ტუტის მოცულობათა შეფარდება (V) მათი კონცენტრაციის (C) უკუ პროპორციულია.

$$V_1 : V_2 = C_2 : C_1$$

#### ცხრილი 4

#### ჩანაწერის ფორმა

ცდის ვარიანტი	კოლბის №	წონა, გ	n.KOH	KOH, მლ	n.HCl	HCl, მლ	K	S, მგ.ექვ/100 გ ნიადაგზე

## **ნიადაგის ფუძეებით მაძღრობის ხარისხის ანბარიში**

ნიადაგის ჰიდროლიზური მჟავიანობის და შთანთქმული ფუძეების ჯამის მონაცემების არსებობის შემთხვევაში, შეიძლება გაანგარიშებული იქნეს ფარდობით სიდიდეებში (პროცენტობით) ფუძეებით ნიადაგის მაძღრობის ხარისხი:

$$V \% = (S \cdot 100) : T,$$

სადაც T – არის ჰიდროლიზური მჟავიანობა + შთანთქმული ფუძეების ჯამი, მგ.ექვ/100 გ ნიადაგზე;

S – შთანთქმული ფუძეების ჟამი.

აღნიშნული ფაქტორით სარგებლობა მიღებულია ისეთი ღონიძიებების დასაბუთებისათვის, როგორცაა მჟავე ნიადაგების მოკირიანება და ნიადაგში სხვადასხვა ფორმის ფოსფორიანი სასუქების შეტანა. კირის შეტანას უფრო მეტად საჭიროებს ის ნიადაგები, რომლებშიც ფუძეებით მაძღრობის ხარისხი დაბალია.

## **გაცვლითი (შთანთქმული) კათიონების განსაზღვრა ნიადაგში**

ნიადაგის მშთანთქმელი კომპლექსიდან გაცვლითი (შთანთქმული) კათიონების გამოსაძევებლად იყენებენ ამონიუმის ქლორიდის, ნატრიუმის ქლორიდის, კალიუმის ქლორიდის და ძმარმჟავა ამონიუმის ხსნარებს.

ყველაზე სუსტ გამოძევებლად ითვლება ამონიუმის აცეტატი. მჟავე, ფუძეებით არამაძღარ ნიადაგებთან მისი ურთიერთმოქმედებისას წარმოიქმნება ძმარმჟავა, რომელიც მიეკუთვნება სუსტ მჟავეებს და არ ახდენს ძლიერ დამშლელ მოქმედებას ნიადაგზე. გაცვლითი კათიონების გამოსაძევებლად ამონიუმის, ნატრიუმის და კალიუმის ქლორიდების გამოყენების შემთხვევაში წარმოიქმნება მარილმჟავა, რომელიც მიეკუთვნება ძლიერ მჟავათა ჯგუფს და აქვს უნარი გადაიყვანოს ხსნარში კათიონების გაუცვლელი ფორმები და ერთნახევარი ჟანგეულების მნიშვნელოვანი რაოდენობა.



ამონიუმის აცეტატის გამონაწერის ნაკლად ითვლება ის, რომ გაცვლითი Ca და Mg-ის კომპლექსონომეტრული განსაზღვრის დროს აუცილებელია აცეტატ-იონის და იმ ორგანული ნივთიერებების წინასწარი დამლა, რომლებიც გადავიდნენ გამონაწერში. მაგრამ, ატომურ-აბსორბციული მეთოდით Ca და Mg-ის განსაზღვრისას, ასევე, ალოვანი ფოტომეტრის მეთოდით კალიუმის და ნატრიუმის განსაზღვრისას, აცეტატ-იონების დამლა საჭირო არ არის.

### **გაცვლითი კათიონების განსაზღვრა $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ -ის გამონაწერში**

**ანალიზის მსვლელობა.** წონიან 2-10 გრამ ჰაერმშრალ ნიადაგს და ათავსებენ 200-250 მლ მოცულობი მინის ჭურჭელში, ამატებენ ძმარმჟავა ამონიუმის 1,0 n ხსნარს (pH 7,0) და ანჯღრევენ როტატორზე 1 საათის განმავლობაში. სუსპენზიას ფილტრავენ უნაცრო მკვირვ ფილტრში.

მიღებულ გამონაწერში შეიძლება ჩატარდეს გაცვლითი კალიუმის და ნატრიუმის განსაზღვრა ალოვან ფოტომეტრზე, ხოლო კალციუმის და მაგნიუმის ტრილონომეტრული მეთოდით.

#### **რეაქტივები:**

1.  $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ -ის 1,0 n ხსნარი pH-ით 7,0: რამდენადაც კრისტალური ამონიუმის აცეტატი ჰიგროსკოპულია და შეიძლება დაბინძურებული იყოს კალციუმის მარილებით, საჭიროა რეაქტივი მომზადდეს ძმარმჟავისა და ამიაკის შერევით. ამისათვის საზომი ცილინდრით ზომავენ 57 მლ ყინულოვან ძმარმჟავას (სიმკვ. 1,05); გამოხდილი წყლით განაზავებენ საზომ ჭიქაში 800 მლ-მდე, ანეიტრალებენ ამიაკის 25%-იანი ხსნარით pH=7,0-მდე (pH- მეტრის მიხედვით), შემდეგ მიჰყავთ წყლით ნიშანზამდე და შეურევენ. რეაქტივი დიდხანს არ ინახება, იგი უნდა მომზადდეს ანალიზის ჩატარების წინ.

2. HCl-ის 10%-იანი ხსნარი: აღნიშნული კონცენტრაციის ხსნარის 1 ლიტრის მოსამზადებლად იხარჯება 236,4 მლ კონცენტრირებული HCl (d 1,19).

## კალციუმის და მაგნიუმის ტრილონომეტრული განსაზღვრა

კალციუმის განსაზღვრის მეთოდის საფუძველია ეთილენ-დიამინტეტრაამარმუავასა „ედტა“ და კათიონ კალციუმს შორის რეაქცია, რომლის შედეგად წარმოიქმნება მდგრადი კომპლექსი 1 : 1 შემადგენლობით; ინდიკატორის სახით გამოიყენება მურექსიდი, რომელიც ტუტე არეში კალციუმთან რეაგირებისას, წარმოქმნის ვარდისფრად შეფერილ კომპლექსს (თავისუფალ ინდიკატორს აქვს იისფერი შეფერილობა). რადგან კალციუმ – „ედტა“ კომპლექსის მდგრადობის კონსტანტა უფრო მაღალია, ვიდრე კალციუმ – ინდიკატორის, ამიტომ დატიტვრის დროს მიმდინარეობს „ედტა“-სთან კომპლექსის წარმოქმნა და ინდიკატორის გამონთავისუფლება. დატიტვრა დამთავრებულად ითვლება როცა ინდიკატორის ვარდისფერი გადავა იისფერში.

მაგნიუმის კომპლექსონომეტრული განსაზღვრის საფუძველია „ედტა“-ს უნარი გამოაძევეს Mg ინდიკატორ ქრომოგენ შავთან მისი შეფერილი კომპლექსიდან. მომენტში, როცა ინდიკატორთან კომპლექსიდან  $Mg^{2+}$ -ის ყველა იონი იქნება გამოძევებული, ხსნარის შეფერვა ალუბლისფერ-წითელიდან გადავა ლურჯ ფერში. რეაქცია მიმდინარეობს ტუტე არეში (pH 10,0).

რადგან კალციუმიც წარმოქმნის კომპლექსურ შენაერთს ქრომოგენ შავთან, ამიტომ, მაგნიუმის განსაზღვრა ტარდება დატიტვრის შედეგებს შორის სხვაობით: კალციუმისა და მაგნიუმის ჯამის დატიტვრის შედეგებს აკლებენ კალციუმის დატიტვრის შედეგებს.

ამონიუმის აცეტატის გამონაწერში კალციუმის და მაგნიუმის კომპლექსონომეტრული განსაზღვრისათვის საჭიროა

წინასწარ დაიშალოს აცეტატ-იონი და ის ორგანული ნივთიერებები, რომლებიც გადავიდნენ გამონაწურში. ამ მიზნით იღებენ ხსნარის ალიქვოტურ ნაწილს (50-100 მლ), ათავსებენ ფაიფურის ჯამში და აორთქლებენ ამოშრობამდე წყლის აბაზანაზე, შემდეგ მიღებულ ნაშთს (ნარჩენს) აწრთობენ მუფელში 400° ტემპერატურაზე. მიღებულ ნალექს ხსნიან 10 მლ 10%-იან HCl-ში, განაზავებენ ცხელი წყლით და გადაფილტრავენ 200 მლ მოცულობის საზომ კოლბში.

### გაცვლითი კალციუმის განსაზღვრა

**ანალიზის მსვლელობა.** 50 მლ საანალიზო ხსნარს ათავსებენ 250 მლ მოცულობის კონუსურ კოლბში და ასხამენ 100 მლ-მდე გამოხდილ წყალს. მანგანუმის იონების მავნე გავლენის ასაცილებლად ამატებენ 2 მლ მარილმჟავა ჰიდროქსილამინის 5 %-იან წყალხსნარს; შემდეგ, ამატებენ ნატრიუმის დიეთილდიტიოკარბამატის რამდენიმე კრისტალს (მძიმე მეტალების შებოჭვისათვის). ხსნარს კარგად შეურევენ. ცილინდრით ამატებენ 10 მლ NaOH-ის 20%-იან ხსნარს, რათა არის pH გახდეს 12,5; ამატებენ 20-30 მგ ინდიკატორ მურექსიდს, შეურევენ ხსნარს წრიული მოძრაობით და ტიტრავენ 0,01–0,025 M ტრილონ B-ს ხსნარით („ედტა“-ს ნატრიუმის მარილი) ენერგიული შერევით ხსნარის ვარდისფერიდან იისფერში გადასვლამდე.

დატიტვრა დამთავრებულად ითვლება, თუკი იისფერი შეფერვა არ იცვლის თავის ინტენსივობას 1-2 ზედმეტი წვეთი ტრილონ B-ს დამატებით. დატიტვრა ტარდება საკონტროლო („მონ-მე“) ანალიზთან ერთად – წინასწარ შეგნებულად გადატიტრული ხსნარის სინჯის გამოყენებით.

გაცვლითი კალციუმის შემცველობას (მგ.ექვ/100 გ ნიადაგზე) ანგარიშობენ შემდეგი ფორმულით:

$$Ca = (a \cdot M \cdot p \cdot 100) : n$$

სადაც, **a** – არის დატიტვრაზე დახარჯული ტრილონ B \_ ს რაოდენობა, მლ;

**M** – ტრილონ B\_ ს მოლარობა;

**P** – განზავება;

**H** – ნიადაგის წონა.

## ცხრილი 5

### ჩანაწერის ფორმა

ნიმუშის ლაბორა- ტორიული ნომერი	ნიადაგის წონა, გ	გამონაწერის დასამზადებ-ლად <b>CH<sub>3</sub>COONH<sub>4</sub></b> მლ	საანალიზოდ აღებული ხსნარის მოცულობა, მლ	დატიტვრაზე დახარჯული ტრილონ B მლ;	ტრილონ B –ს მოლა-რობა	დატიტვრაზე დასა- რჯული ტრილონ B- შესწორებით, მლ	<b>Ca</b> (მგ·კეკ·100 გ ნიადაგზე).

## კალციუმის და მაგნიუმის ჯამის განსაზღვრა

**ანალიზის მსვლელობა.** 50 მლ საანალიზო ხსნარს ათავსებენ 250 მლ მოცულობის კონუსურ კოლბში. ანზავებენ წყლით 100 მლ-მდე. ამატებენ 1-2 მლ მარილმჟავა ჰიდროქსილამინის 5 %-იან ხსნარს და ნატრიუმის დიეთილდიტიოკარბამატის რამდენიმე კრისტალს. ტუტე არის შექმნისათვის ამატებენ 5 მლ ქლორიდულ-ამიაკურ ბუფერს. შეაქვთ 10-15 მგ ინდიკატორი ქრომოგენ შავი. ტიტრავენ 0,01–0,025 **M** – ტრილონ B-ს ხსნარით ენერგიული შერევით ალუბლიფერ-ნითელის შემდეგ გარდამავალი იისფერ-ლურჯის სუფთა-ცისფერში გადასვლამდე (ხსნარი ფერს იცვლის ექვივალენტურ წერტილში).

ტრილონ B-ს ხსნარის 1-2 დამატებითი წვეთის მიმატებით ხსნარის შეფერვა არ უნდა შეიცვალოს. დატიტვრა რეკომენდებულია ჩატარდეს „საკონტროლო სინჯით“ – რომელიც შეგნებულად წინასწარ არის გადატიტრული.

კალციუმისა და მაგნიუმი ჯამის (მგ.ექვ/100 გ ნიადაგზე) ანგარიშს აწარმოებენ შემდეგი ფორმულით:

$$Ca + Mg = (a \cdot M \cdot p \cdot 100) : n$$

სადაც, **a** – არის დატიტვრაზე დახარჯული ტრილონ **B**-ს რაოდენობა, მლ;

**M** – ტრილონ **B**-ს ხსნარის მოლარობა; **P** – განზავება; **n** – ნიადაგის წონა.

მიღებულ სიდიდესა და კალციუმის რაოდენობას შორის სხვაობით ანგარიშობენ მაგნიუმის რაოდენობას ნიადაგში.

### ცხრილი 6

#### ჩანაწერის ფორმა

ნიმუშის ლაბორატორიული ნომერი	ნიადაგის წონა, გ	გამონაწურის დასამზადებლად აღებული <b>CH<sub>3</sub>COONH<sub>4</sub></b> მლ	საანალიზოდ აღებული ხსნარის მოცულობა, მლ	დატიტვრაზე დახარჯული ტრილონ <b>B</b> -ს რაოდენობა, მლ;	ტრილონ <b>B</b> –ს მოლარობა	დატიტვრაზე დახარჯული ტრილონ <b>B</b> – შესწორებით, მლ	<b>Ca + Mg</b> (მგ.ექვ. 100 გ ნიადაგზე).
------------------------------------	------------------	-----------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------	--------------------------------------------------------------	-----------------------------	-------------------------------------------------------------	---------------------------------------------

#### რეაქტივები:

1. ტრილონ **B**-ს 0,1 M ხსნარი: 9,3 გრამ ტრილონ **B**-ს ხსნიან 1 ლ გამოხდილ წყალში. ტიტრს ადგენენ გოგირდმჟავა მაგნიუმის ხსნარით, რომელიც მომზადებულია ფიქსონალისგან. ტრილონის ტიტრის შემოწმებისთვის გოგირდმჟავა მაგნიუმის მომზადებული ხსნარის 20 მლ პიპეტით გადააქვთ 250 მლ მოცულობის კონუსურ კოლბში, ამატებენ 100 მლ გამოხდილ წყალს, 5 მლ ამიაკურ ბუფერს, 10-15 მგ ქრომოგენ შავს და ტიტრავენ ტრილონ **B**-ს ხსნარით ალუბლისფერ წითელის ცისფერში გადასვლამდე.

2. ბუფერული ხსნარი: 70 გ  $\text{NH}_4\text{Cl}$ -ს ხსნიან გამოხდილ წყალში, ამატებენ 570 მლ  $\text{NNH}_4\text{OH}$ -ის 25%-იან ხსნარს და მოცულობა მიჰყავთ 1 ლიტრამდე.

3. ინდიკატორები: ქრომოგენ შავი და მურექსიდი: როდინში გასრესენ 5 გრამ ინდიკატორს 95 გრამ  $\text{NaCl}$  ან  $\text{KCl}$ -თან ერთად ერთგვაროვანი შეფერადების მდგომარეობამდე. ინდიკატორებს ინახავენ მუქი ფერის ქილაში მილესილი საცობით.

4. მარილმჟავა ჰიდროქსილამინის 5 %-იანი ხსნარი: 50 გრამ მარილმჟავა ჰიდროქსილამინს ხსნიან 950 მლ გამოხდილ წყალში.

### **გაცვლითი კათიონების გამოძევა ნიადაგიდან ნატრიუმის ქლორიდით და ამონიუმის ქლორიდით**

გაცვლითი კათიონების ( $\text{Ca}$ ,  $\text{Mg}$ ,  $\text{K}$ ,  $\text{Na}$ ) გამოძევა ამონიუმის ქლორიდის 1,0 n ხსნარით, pH-ით 6,5 ან ნატრიუმის ქლორიდის 1,0 n ხსნარით, pH-ით 7,0 შესაძლებლობას იძლევა განისაზღვროს კალციუმი და მაგნიუმი ტრილონომეტრული მეთოდით ხსნარის სპეციალური მომზადების გარეშე (ნატრიუმის ქლორიდის გამოყენების შემთხვევაში არ შეიძლება ნატრიუმის იონის განსაზღვრა).

**ანალიზის მსვლელობა.** წონიან 1 მმ დიამეტრის მქონე ნასვრეტებიან საცერში გატარებულ 5 გრამ ჰაერმშრალ ნიადაგს და ათავსებენ 200–250 მლ მოცულობის მინის ჭურჭელში, ამატებენ ამონიუმის ან ნატრიუმის ქლორიდის 1,0 n ხსნარს და ანჯღრევენ როტატორზე 1 საათის განმავლობაში. სუსპენზიას ფილტრავენ უნაცრო მკვირვ ფილტრში.

ფილტრაციდან იღებენ ორ ალიქვოტს, თითოეულს 50 მლ რაოდენობით, ათავსებენ 250 მლ მოცულობის კონუსურ კოლბებში, ანზავებენ წყლით 100 მლ-მდე და საზღვრავენ ტრილონომეტრული მეთოდით ერთში –  $\text{Ca}$ -ს, ხოლო მეორეში –  $\text{Ca}$ -ის და  $\text{Mg}$ -ის ჯამს, ისე როგორც ეს აღწერილია ამონიუმის აცეტატი მათი განსაზღვრის დროს.

განსაზღვრის შედეგებს გამოსახავენ გაცვლითი კალციუმის და მაგნიუმის მგ.ექვივალენტობით 100 გრამ ნიადაგზე.

### გაცვლითი ნატრიუმის განსაზღვრა

გაცვლითი ნატრიუმის განსაზღვრა ტარდება ამონიუმის აცეტატის ან ამონიუმის ქლორიდის გამონაწურებში ალოვან ფოტომეტრზე.

გაცვლითი ნატრიუმის რაოდენობას ანგარიშობენ (მგ/100 გ ნიადაგზე) შემდეგი ფორმულით:

$$\text{Na}_2\text{O} = (\mathbf{a} \cdot \mathbf{p} \cdot 100) : (\mathbf{h} \cdot 23),$$

სადაც **a** – არის ნატრიუმის რაოდენობა განსაზღვრული ალოვან ფოტომეტრზე, მგ;

**p** – განზავება;

**h** – ნიადაგის წონა გრამებში;

**23** – ნატრიუმის ექვივალენტი.

### რეაქტივები:

1. ძირითადი ეტალონური ხსნარი **Na 1** მგ/მლ შემცველობით: 2,5222 გრამ ქიმიურად სუფთა NaCl, 105<sup>o</sup> ტემპერატურაზე მუდმივ წონამდე გამომშრალს, ათავსებენ 1 ლ მოცულობის საზომ კოლბში, ხსნიან 400 – 500 მლ გამოხდილ წყალში, მიჰყავთ ნიშანხაზამდე და შეურევენ.

2. სამუშაო ეტალონური ხსნარების სერია: ბიურეტიდან ზომავენ ძირითად ეტალინურ ხსნარს 1 ლიტრი მოცულობის საზომ კოლბებში შემდეგი რაოდენობით:

ძირითადი ეტალონური ხსნარის რაოდენობა, მლ: 5; 10; 25; 50; 75; 100;

შემცველობა Na<sub>2</sub>O, მგ/ლ 5; 10; 25; 50; 75; 100;

ამატებენ გამომხდილ წყალს ნიშანხაზამდე, კარგად შეურევენ, გადააქვთ მინის ჭურჭელში და ინახავენ.

## გაცვლითი წყალბადის განსაზღვრა გედროიცის მეთოდით

ფუძეებით არამაძლარ ნიადაგებში გაცვლითი წყალბადის განსაზღვრის წინ აუცილებელია განისაზღვროს ამ ნიადაგების pH, რათა ვიცოდეთ მათი მჟავიანობის ხარისხი. აღნიშნული ანალიზი შეიძლება ჩატარდეს ისეთ ნიადაგებში, რომელთა pH 5,5-ზე ნაკლებია.

გაცვლითი წყალბადის შემცველობის განსაზღვრას ატარებენ ოთახში, რომელშიც ჰაერი თავისუფალია მჟავებისა და ამიაკის ორთქლისაგან. ყველა ჭურჭელი უნდა იყოს ახლად გარეცხილი და გამშრალი.

გაცვლით წყალბადს ნიადაგიდან გამოყოფენ **BaCl<sub>2</sub> · 2H<sub>2</sub>O - ის 1,0 n** ხსნარით, რომლის pH 6,5-ია. თუკი გასაყიდ რეაქტივს აქვს უფრო მჟავე რეაქცია, მაშინ 1-2 წვეთი ბარიტული წყლის დამატებით pH მიჰყავთ საჭირო სიდიდემდე. ხოლო, თუ რეაქტივი ტუტეა, მაშინ ხსნარს შეამჟავებენ (სასურველ pH მდე) 1-2 წვეთი მარილის მჟავას 10 %-იანი ხსნარით. ბარიუმის ქლორიდის ხსნარის დამზადება რეკომენდებულია ერთბაშად 10-20 ლ რაოდენობით. 1 ლიტრ წყალზე იღებენ 122 გ BaCl<sub>2</sub> · 2H<sub>2</sub>O (ანალიზისთვის სუფთა რეაქტივი).

1-10 გრამ ნიადაგს (დამოკიდებულია მის მჟავიანობაზე) ამუშავებენ 100 მლ მოცულობის ჭიქაში ბარიუმის ქლორიდის ხსნარით დეკანტაციის გზით და ფილტრავენ. ფილტრატს აგროვებენ 500 მლ მოცულობის კონუსურ კოლბში. 300-400 მლ შეგროვების შემდეგ აწარმოებენ ფილტრატის დატიტვრას. ფილტრატის ლამით დაუტიტრავად დატოვება არ შეიძლება. შეგროვილ ფილტრატს მთლიანად ტიტრავენ მწვავე ნატრის 0,02 n ხსნარით 10-15 წვეთი ბრომტიმოლ ლურჯის თანაარსებობისას ლურჯი ფერის მიღებამდე. ეს შეფერვა სწრაფად ქრება. კონტროლისათვის ამატებენ 1-2 წვეთ მწვავე ნატრის ხსნარს და როცა კვლავ გაჩნდება ლურჯი შეფერვა, დატიტვრას დამთავრებულად თვლიან. თუკი, ფილტრატის დატიტვრაზე დაიხარჯა



1 მლ-ზე მეტი მწვავე ნატრის 0,02 n ხსნარი, ფილტრზე ნიადაგის ჩარეცხვას აგრძელებენ იგივე ხსნარით და იგივე კოლბში, რომლიდანაც გადაღვრილია დატიტრული ხსნარი და კოლბს ორჯერ აქვს გამოვლებული ბარიუმის ქლორიდის ხსნარი.

300-400 მლ ფილტრატის შეგროვების შემდეგ მას კვლავ ტიტრავენ იგივე წესით. ასე იქცევიან მანამ, სანამ ბოლო დატიტრებაზე არ დაიხარჯება 1 მლ-მდე 0,02 n მწვავე ნატრის ხსნარი. ფილტრატის ცალკეულ ულუფებზე დახარჯული მწვავე ნატრის 0,02 n ხსნარის მილილიტრების რაოდენობას აჯამებენ.

### **მაგალითი.**

დავუშვათ, 5 გრამ ნიადაგზე ფილტრატის პირველი დატიტრისას დაიხარჯა 10 მლ მწვავე ნატრის ხსნარი, მეორე დატიტრისას 3 და მესამე დატიტრისას 0,8 მლ; სულ საანალიზოდ აღებულ ნიადაგის დატიტრებაზე დაიხარჯა 13,8 მლ მწვავე ნატრის ხსნარი.

დავუშვათ, რომ 0,02 n ხსნარის ტიტრის შესწორების კოეფიციენტი ტოლია 1,008; გაცვლითი წყალბადის რაოდენობა პროცენტებში შეადგენს

$$13,8 \times 1,008 \times 0,00002 \times 20 K, \text{ სადაც}$$

K-არის  $105^{\circ} C$  ტემპერატურაზე გამომშრალ ნიადაგზე გადასაცვანი კოეფიციენტი.

მიღებულ რიცხვს ამრავლებენ 1000-ზე და ლებულობენ გაცვლითი წყალბადის რაოდენობას მილიგრამ – ექვივალენტობით 100 გრამ ნიადაგზე (წყალბადის ექვივალენტური წონა 1-ის ტოლია).

-----

**ბრომტიმოლ ლურჯის მომზადება.** ინდიკატორის 0,1 გრამ ფხვნილს გასრესენ აგატის როდინში 3,2 მლ 0,05 n მწვავე ნატრის ხსნართან ერთად ფხვნილის სრულ გახსნამდე. პიპეტით ამატებენ 10-15 მლ წყალს, შეურევენ, გადაიტანენ 250 მლ მოცულობის საზომ კოლბში და წყლით მიჰყავთ ნიშანხაზამდე. დასატიტრად იღებენ 10-15 წვეთ ინდიკატორს.

## თაბაშირის განსაზღვრა

წონიან 0,25 მმ დიამეტრის მქონე ნასვრეტებიან საცერში გატარებულ 1–5 გრამ ნიადაგს (დამოკიდებულია თაბაშირის შემცველობაზე), ათავსებენ 100 მლ მოცულობის ქიმიურ ჭიქაში და ამატებენ 0,25 n მარილმჟავას ხსნარს, კარგად შეურევენ და ტოვებენ ღამის განმავლობაში. მეორე დღეს, ნიადაგს ამავე მჟავით რამდენჯერმე რეცხავენ დეკანტაციით,  $\text{SO}_4^{2-}$ -ზე რეაქციის შეწყვეტამდე ფილტრატში (სინჯი  $\text{BaCl}_2$ -თან); ფილტრატს აგროვებენ ჭიქაში, რომელშიც გათვალისწინებულია  $\text{SO}_4^{2-}$ -ის დალექვა, ხსნარს აორთქლებენ 150–200 მლ-მდე; ჭარბ მარილმჟავას ანეიტრალებენ  $\text{NH}_4\text{OH}$ -ის 10%-იანი ხსნარით. ფილტრატს შეამჟავებენ  $\text{HCl}$ -ის 10 %-იანი ხსნარით მკვეთრ მჟავე რეაქციამდე, აცხელებენ ადულებამდე და დალექავენ  $\text{SO}_4^{2-}$ -ს 10 მლ  $\text{BaCl}_2$ -ის 10%-იანი ცხელი ხსნარით, ადულებენ რამდენიმე წუთს. ნალექს 4 საათით ტოვებენ თბილ ადგილას. მეორე დღეს, სრულყოფილად დალექვის შემონმების შემდეგ, ნალექს ფილტრავენ 7–9 სმ დიამეტრის მქონე ლურჯ ზოლიანი ფილტრის გამოყენებით, ჩარეცხავენ ცხელი წყლით, რომელიც შემჟავებულია რამდენიმე წვეთი მარილმჟავას 10%-იანი ხსნარით. რეცხვას აგრძელებენ  $\text{Ba}^{2+}$ -ზე რეაქციის შეწყვეტამდე (სინჯი  $\text{H}_2\text{SO}_4$ -ის 10%-იან ხსნარით). ნალექის გარეცხვისას უმჯობესია ძაბრის ქვეშ დაიდგას 100 მლ მოცულობის ჭიქა და გამჭვირვალე ფილტრატი გადატანილი იქნეს მისი დაგროვების მიხედვით.

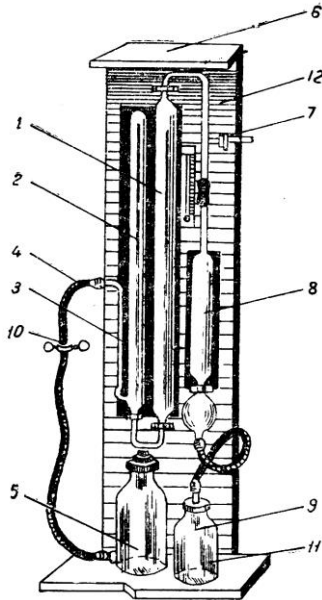
თუკი გარეცხვისას  $\text{BaSO}_4$ -ის ნალექი იწყებს ფილტრში გასვლას, მაშინ საჭიროა ფილტრატი კვლავ გადაიფილტროს. ფილტრი ნალექით გადააქვთ გამონონილ ტიგელში, აწრთობენ  $500^\circ$  ტემპერატურაზე მუდმივ წონამდე და წონიან.  $\text{BaSO}_4$ -ის მიღებულ წონას ამრავლებენ კოეფიციენტზე – 0,4114 და, ამრიგად საზღვრავენ  $\text{SO}_4^{2-}$ -ს წონას გრამობით ნიადაგის მოცემულ წონაში. ბოლოს,  $\text{SO}_4^{2-}$ -ის შემცველობას გადაიანგარიშებენ  $105^\circ$  ტემპერატურაზე გამომშრალ 100 გრამ ნიადაგზე.

$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ -ს სახით თაბაშირის შემცველობის გამოსახატავად,  $\text{BaSO}_4$ -ის მიღებულ რაოდენობას ამრავლებენ 0,737-ზე, შემდეგ კი გადაიანგარიშებენ  $105^\circ$  ტემპერატურაზე გამომშრალ 100 გრამ ნიადაგზე.

იმისათვის, რომ სწორი წარმოდგენა გვქონდეს ნიადაგში თაბაშირის რაოდენობაზე, აუცილებელია  $\text{SO}_4^{2-}$ -ის მიღებულ რაოდენობას გამოვაკლოთ  $\text{SO}_4^{2-}$ -ის ის რაოდენობა, რომელსაც შეიცავს წყლის გამონაწერი.

### კარბონატების განსაზღვრა მოცულობითი მეთოდით

მოცულობითი მეთოდით კარბონატების განსაზღვრას აწარმოებენ კალციმეტრით. გავრცელებულია შეიბლერის, გოლუბევის და გეისლერ-მაქსიმიუკის სისტემის კალციმეტრები. ქვემოთ აღვწერთ შეიბლერის სისტემის კალციმეტრს (სურ.) და ამ კალციმეტრით კარბონატების განსაზღვრის ხერხს.



კალციმეტრი

შეიბლერის სისტემის კალციმეტრი ჩვეულებრივ დამაგრებულია სპეციალურ ხის სადგამზე. ვერტიკალურ (12) დაფაზე დამაგრებულია ხელსაწყოთა შემდეგი ძირითადი ნაწილები: მინის დანაყოფებიანი მილი (1) 30 მმ დიამეტრით და 0,5 მლ დანაყოფით. მისი მოცულობა 300 მლ-ია. იგი თავისი ბოლო ნაწილით „ს“-ს მაგვარი მილის საშუალებით შეერთებულია მის პარალელურად მდებარე იმავე დიამეტრის მქონე თავლია მინის (2) მილთან (მტვერისაგან დასაფარავად მილს აცობენ ბამბით). მისი ქვედა ნაწილიდან გამოდის მინის მოხრილი მილი (3). ეს უკანასკნელი რეზინის მილით (4), რომელსაც აქვს მომჭერი (10), უერთდება ტუბუსიან ქილას (5). რეზინის მილს უნდა ჰქონდეს ისეთი სიგრძე, რომ ეს ქილა თავისუფლად დაიდგას ხის შტატივის ზედა თაროზე (6). დანაყოფებიანი მინის მილის (1) ზემო ნაწილი ონკანისა (7) და რეზინის მილის საშუალებით შეერთებულია მინის რეზერვუართან (8). მინის რეზერვუარის ბოლო ნაწილი რეზინის მილის საშუალებით შეერთებულია 250 - 300 მლ მოცულობის ქილასთან (9). ქილა მჭიდროდ იხურება ნაჩვრეტებიანი საცობით. უკანასკნელში ჩადის მოკლე მინის მილი, რომელსაც ზემოთ აქვს ონკანი. ქილის (9) ფსკერზე დამაგრებულია პატარა ჭიქა (11) – მარილმჟავას ჩასასხმელად.

**ანალიზის მსვლელობა.** საანალიზოდ მომზადებული ნიადაგიდან ანონიან 0,5-1 გრამ ნიმუშს (1 გრამს, როცა კარბონატები ცოტაა) და ათავსებენ სუფთა ქილაში (9).

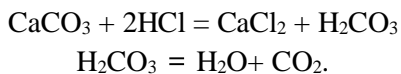
10%-იან HCl-ს 10 მლ-ის რაოდენობით ჩაასხამენ (9) ქილის ფსკერზე დამაგრებულ პატარა ჭიქაში (11). შემდეგ ქილას მჭიდროდ დაუცობენ თავს რეზინის საცობით, რომელიც მინისა და რეზინის მილით შეერთებულია (8) რეზერვუართან.

ამ პროცესის ჩატარების დროს მარილმჟავა არ უნდა შეეხოს ნიადაგს. წინააღმდეგ შემთხვევაში მოხდება CO<sub>2</sub>-ის ნაწილობრივი გამოყოფა, მისი დაკარგვა და ანალიზის არაზუსტად ჩატარება.

მეორე ქილაში (5) ასხამენ 700 მლ ნახშირის მჟავით გაჯერებულ (მაძღარ) შეფერილ წყალს და დგამენ ზედა თაროზე.

ხსნიან (10) მომჭერს და ორივე მინის მილს ავსებენ ხსნარით. კუთხის ონკანი (7) ამ დროს უნდა იყოს ღია. (10) მომჭერის საშუალებით ხსნარის რეგულირებას აწარმოებენ მანამ, სანამ ხსნარის მენისკი დანაყოფებიან მინის მილში არ დადგება ნულზე. შემდეგ დახურავენ (7) ონკანს, რითაც განამხოლოებენ (8) რეზერვუარს და (9) კოლბში არსებულ ატმოსფეროს. ჩამოდგამენ წყლიან ქილას და ხელმეორედ გახსნიან (10) მომჭერს, რომელსაც ღიად ტოვებენ მანამ, სანამ მინის ღია (2) მილიდან ქილაში არ გადმოვა დაახლოებით 200 მლ წყალი. ერთდროულად მიმდინარეობს (1) მინის მილში მენისკის ქვემოთ ჩამოწევა. ვინაიდან დანაყოფებიან (1) მილში ჰაერი წყლის ზედაპირზე იზოლირებულია, ატმოსფეროდან წნევა მარჯვენა მილში მცირდება და ამიტომ წყლის სვეტის სიმაღლე ამ მილში იქნება ცოტა მეტი (მაღლა), ვიდრე მარცხენა ღია მილში. შემდეგ ხელმეორედ კეტავენ (10) მომჭერს. აკვირდებიან ხსნარის სიმაღლეს ორივე მინის მილში და ამით ამოწმებენ აპარატის ჰერმეტიულობას. იმ შემთხვევაში თუ აპარატი კარგად მუშაობს, ხსნარის სიმაღლე ორივე მილში მომჭერის გალების შემდეგ არ უნდა შეიცვალოს. ამრიგად, ორივე მილში ერთ დონეზე დააყენებენ წყალს. შემდეგ კეტავენ ონკანს და მომჭერს და ქილას შტატივის თაროდან ჩამოდგამენ ძირს.

დაგრაღუირებულ მილზე აითვლიან წყლის დონის სიმაღლეს (ჩაინერენ), გახსნიან ონკანს და ქილის (9) გადატრიალებით ნიადაგს გადაასხამენ მარილმყავას. კოლბს ნელ-ნელა შეანჯღრევენ, რათა ნიადაგს მყავა კარგად შეერიოს. მარილმყავასა და კარბონატიან ნიადაგს შორის მოხდება შემდეგი რეაქცია:



ნახშირორჟანგი გადავა მარჯვენა დიდ მილში, დაწვება სითხეს და დასწევს დაბლა, ხოლო მარცხენა ცილინდრში პირიქით სითხე მაღლა აიწევს.

როცა მარჯვენა ცილინდრში სითხის დაბლა დაწევა შეწყდება, მაშინ ონკანს დაკეტავენ და დაგრაღუირებულ მილზე

სითხის დონის სიმაღლეს აითვლიან. პირველ და მეორე ანათვალს შორის სხვაობა გამოსახავს საანალიზო წონაკის კარბონატების დაშლის შედეგად გამოყოფილ  $\text{CO}_2$  რაოდენობას მილილიტრობით.

### **$\text{CaCO}_3$ -ის პროცენტული რაოდენობის გამოანგარიშება გამოყოფილი $\text{CO}_2$ -ის მოცულობის მიხედვით**

გამოყოფილი  $\text{CO}_2$ -ის მოცულობის მიხედვით  $\text{CaCO}_3$ -ის პროცენტული რაოდენობის გამოანგარიშებისათვის საჭიროა მოცემული წნევისა და ტემპერატურის პირობებში 1 მლ  $\text{CO}_2$ -ის წონის ცოდნა.

№ 7 ცხრილში, სხვადასხვა წნევისა და ტემპერატურის პირობებში, მოცემულია 1 მლ  $\text{CO}_2$ -ის წონა მილიგრამობით.

**გაანგარიშება შემდეგნაირად წარმოებს:** ცხრილის მიხედვით,  $20^\circ$  ტემპერატურისა და 760 მმ ვერცხლისწყლის სვეტის წნევის დროს 1 მლ  $\text{CO}_2$ -ის წონის 1,878 მგ-ს. კალციმეტრით განსაზღვრის შედეგად მიღებული  $\text{CO}_2$ -ის მლ-ების რაოდენობის წონით ერთეულებში გადაყვანისათვის საჭიროა ანალიზის ჩატარების მომენტში წნევისა და ტემპერატურის ცოდნა. ამის მიხედვით გაანგარიშებას შემდეგნაირად აწარმოებენ:

დავუშვათ, ანალიზი ჩატარდა  $20^\circ$  ტემპერატურის და 747 მმ ვერცხლის წყლის სვეტის წნევის პირობებში და გამოყოფილი  $\text{CO}_2$ -ის რაოდენობა უდრის 30 მლ-ს, ცხრილში იპოვნოთ 747 მმ ვერცხლისწყლის სვეტის წნევას და  $20^\circ$  ტემპერატურას. მათი გადაკვეთის წერტილში დაწერილი ციფრი 1,841 გვიჩვენებს ამ ტემპერატურის და წნევის პირობებში 1 მლ  $\text{CO}_2$ -ის წონას – 1,841 მილიგრამს.

გამოანგარიშება:

თუ 1 მლ  $\text{CO}_2$ -ის წონა არის 1,841 მგ

მაშინ 30 მლ  $\text{CO}_2$ -ის წონა იქნება –  $30 \cdot 1,841 = 55,230$  მგ = **0,055230 გ.**

ცნობილია, რომ : 44 გრამ  $\text{CO}_2$ -ს შეესაბამება 100 გ  $\text{CaCO}_3$   
მაშინ 0,055230 ,, ,, ,, X ,,

$$X = (0,055230 \cdot 100) : 44 = 0,1255$$

მიღებული რიცხვი გვიჩვენებს (ჩვენს შემთხვევაში) 1 გ ნიადაგიდან გამოყოფილი  $\text{CO}_2$ -ის (30 მლ) შესაბამის  $\text{CaCO}_3$ -ის რაოდენობას გრამობით შემდეგ კი ვანგარიშობთ %-ობით.

$$1 - 0,1255$$

$$100 - X$$

$$X = (100 \cdot 0,1255) : 1 = 12,55\%;$$

ანალიზის დროს ნიადაგიდან გამოყოფილი  $\text{CO}_2$ -ის წონა იანგარიშება ფორმულით:

$$B = X \cdot V, \text{ სადაც,}$$

B - საანალიზო წონაკიდან გამოყოფილი  $\text{CO}_2$ -ის წონა მილიგრამობით.

X - მოცემული ტემპერატურის და წნევის პირობებში 1 მლ  $\text{CO}_2$ -ის წონა;

V - გამოყოფილი ...  $\text{CO}_2$ -ის რაოდენობა მილილიტრობით.

$\text{CaCO}_3$ -ის რაოდენობა ნიადაგში იანგარიშება ფორმულით:

$$A = (B \cdot 2,272 \cdot 100 \cdot K \cdot 0,001) : r$$

სადაც A - არის ნიადაგში  $\text{CaCO}_3$ -ის შემცველობა %-ობით;

2,272 -  $\text{CO}_2$ -ის  $\text{CaCO}_3$ -ში გადამყვანი კოეფიციენტი.

B - საანალიზო წონაკიდან გამოყოფილი მთელი  $\text{CO}_2$ -ის წონა მილიგრამობით.

100 - %-ობით გამოსახატავი რიცხვი;

K - აბსოლუტურად მშრალ წონაკზე გადასანგარიშებელი კოეფიციენტი;

0,001 - გრამებში გადამყვანი კოეფიციენტი;

r - ჰერმშრალი ნიადაგის წონა, გ;

გამოყოფილი  $\text{CO}_2$ -ის მიხედვით  $\text{CaCO}_3$ -ის მილიგრამებში გამოსახვისათვის სარგებლობენ № 8 ცხრილით. აღნიშნულ

ცხრილში წნევისა და ტემპერატურის გადაკვეთის წერტილებში დაწერილი ციფრები გვიჩვენებენ ერთი მილილიტრი მოცულობის  $\text{CO}_2$ -ის შესაბამისი  $\text{CaCO}_3$ -ის წონას მილიგრამებში. ამიტომ, თუ ჩვენ ანალიზის შედეგად მიღებულ  $\text{CO}_2$ -ის მილილიტრების რაოდენობას გავამრავლებთ ანალიზის ჩატარების ტემპერატურისა და ბარომეტრული წნევის გადაკვეთის წერტილში დაწერილ ციფრზე, მივიღებთ საანალიზო წონაკიდან გამოყოფილ  $\text{CO}_2$ -ის შესაბამის  $\text{CaCO}_3$ -ის წონით რაოდენობას (მილიგრამობით), რომლის მიხედვითაც შემდეგ გავიანგარიშებთ ამ ნივთიერების შემცველობას ნიადაგში %-ობით;



ცხრილი 7

1 მლ CO<sub>2</sub>-ის წონა მილიგრამობით სხვადასხვა ტემპერატურისა და წნევის დროს  
(ფინკლერის მიხედვით)

ტემპერატურა C-ს გრადუსებით	ბარომეტრის ვერცხლისწყლის სვეტის ჩვენება მმ-ობით														
	742	744,5	747	749	751	753,5	756	758	760	762,5	765	767	769	771	774
28	1,778	1,784	1,791	1,797	1,804	1,810	1,817	1,823	1,828	1,833	1,837	1,842	1,847	1,852	1,856
27	1,784	1,790	1,797	1,803	1,810	1,816	1,823	1,829	1,834	1,839	1,843	1,848	1,853	1,858	1,863
26	1,791	1,797	1,803	1,809	1,816	1,822	1,829	1,835	1,840	1,845	1,849	1,854	1,859	1,864	1,869
25	1,797	1,803	1,810	1,816	1,823	1,829	1,836	1,842	1,847	1,852	1,856	1,861	1,866	1,871	1,876
24	1,803	1,809	1,816	1,822	1,829	1,835	1,842	1,848	1,853	1,858	1,862	1,867	1,872	1,877	1,882
23	1,809	1,815	1,822	1,828	1,835	1,841	1,848	1,854	1,859	1,864	1,868	1,873	1,878	1,883	1,888
22	1,815	1,821	1,828	1,834	1,841	1,847	1,854	1,860	1,865	1,870	1,875	1,880	1,885	1,890	1,895
21	1,822	1,828	1,835	1,841	1,848	1,854	1,861	1,867	1,872	1,877	1,882	1,887	1,892	1,897	1,902
20	1,828	1,834	1,841	1,847	1,854	1,860	1,867	1,873	1,878	1,883	1,888	1,893	1,898	1,903	1,908
19	1,834	1,840	1,847	1,853	1,860	1,866	1,873	1,879	1,884	1,889	1,894	1,899	1,904	1,909	1,914
18	1,840	1,846	1,853	1,859	1,866	1,872	1,879	1,885	1,890	1,895	1,900	1,905	1,910	1,915	1,920
17	1,846	1,853	1,860	1,866	1,873	1,879	1,886	1,892	1,897	1,902	1,907	1,912	1,917	1,922	1,927
16	1,853	1,860	1,866	1,973	1,879	1,886	1,892	1,898	1,903	1,908	1,913	1,918	1,923	1,928	1,933
15	1,859	1,866	1,872	1,879	1,886	1,892	1,899	1,905	1,910	1,925	1,920	1,925	1,930	1,935	1,940
14	1,865	1,872	1,878	1,885	1,892	1,899	1,906	1,912	1,917	1,922	1,927	1,932	1,937	1,942	1,947
13	1,872	1,878	1,885	1,892	1,899	1,906	1,913	1,919	1,924	1,929	1,934	1,939	1,944	1,949	1,954
12	1,879	1,885	1,892	1,899	1,906	1,912	1,919	1,925	1,930	1,935	1,940	1,945	1,950	1,955	1,960
11	1,885	1,892	1,899	1,906	1,913	1,919	1,926	1,932	1,937	1,942	1,947	1,952	1,957	1,962	1,967
10	1,892	1,899	1,906	1,913	1,920	1,926	1,933	1,939	1,944	1,949	1,954	1,959	1,964	1,969	1,974

ცხრილი №8

CaCO<sub>3</sub>-ის რაოდენობა (მილიგრამობით), რომელიც შეესაბამება 1 მლ CO<sub>2</sub> სხვადასხვა ტემპერატურისა და წნევის პირობებში (ფინკლერის მოხედვით)

ტემპერატურა C-ს გრადუს- სებით	ბარომეტრის ვერცხლისწყლის სვეტის ჩვენება მმ-ობით														
	742	744,5	747	749	751	753,5	756	758	760	762,5	765	767	769	771	774
28	4,041	4,056	4,070	4,085	4,099	4,114	4,128	4,143	4,155	4,166	4,177	4,187	4,197	4,208	4,218
27	4,055	4,070	4,085	4,099	4,114	4,129	4,143	4,158	4,169	4,179	4,190	4,200	4,211	4,222	4,232
26	4,069	4,084	4,099	4,114	4,129	4,144	4,158	4,172	4,183	4,193	4,204	4,214	4,225	4,236	4,252
25	4,083	4,098	4,113	4,128	4,143	4,158	4,172	4,186	4,197	4,208	4,219	4,230	4,241	4,255	4,262
24	4,097	4,112	4,127	4,142	4,157	4,172	4,186	4,200	4,211	4,222	4,233	4,244	4,259	4,266	4,277
23	4,111	4,126	4,141	4,156	4,171	4,186	4,200	4,214	4,226	4,237	4,248	4,263	4,270	4,281	4,292
22	4,125	4,140	4,155	4,170	4,185	4,200	4,214	4,228	4,240	4,252	4,267	4,274	4,285	4,296	4,307
21	4,139	4,154	4,169	4,184	4,199	4,214	4,229	4,243	4,255	4,269	4,279	4,290	4,301	4,312	4,314
20	4,153	4,169	4,184	4,199	4,214	4,229	4,243	4,257	4,272	4,284	4,292	4,303	4,314	4,325	4,336
19	4,168	4,183	4,198	4,213	4,228	4,243	4,258	4,272	4,284	4,296	4,307	4,318	4,329	4,340	4,351
18	4,182	4,198	4,213	4,228	4,243	4,258	4,272	4,286	4,298	4,310	4,321	4,332	4,343	4,354	4,365
17	4,197	4,212	4,227	4,242	4,257	4,272	4,286	4,300	4,312	4,324	4,333	4,346	4,357	4,368	4,379
16	4,211	4,226	4,241	4,256	4,271	4,286	4,300	4,314	4,326	4,334	4,349	4,360	4,371	4,382	4,393
15	4,225	4,241	4,256	4,271	4,286	4,301	4,315	4,329	4,341	4,353	4,364	4,375	4,386	4,397	4,408
14	4,240	4,256	4,271	4,286	4,301	4,316	4,331	4,345	4,355	4,368	4,379	4,390	4,401	4,412	4,423
13	4,255	4,271	4,286	4,301	4,316	4,331	4,346	4,361	4,373	4,384	4,395	4,406	4,417	4,428	4,439
12	4,270	4,286	4,301	4,316	4,331	4,346	4,361	4,376	4,388	4,399	4,410	4,421	4,432	4,443	4,454
11	4,285	4,301	4,316	4,331	4,346	4,361	4,376	4,391	4,403	4,415	4,426	4,437	4,448	4,459	4,470
10	4,300	4,316	4,332	4,348	4,364	4,378	4,394	4,407	4,419	4,430	4,441	4,453	4,464	4,475	4,485

## ორგანული ნახშირბადის განსაზღვრა ნიადაგში

ორგანული ნახშირბადის დაგროვება ნიადაგში ნეშომპალას (ჰუმუსის) სახით განპირობებულია უმდაბლესი და უმაღლესი მცენარეების მოქმედებით და ასევე ორგანული სასუქების შეტანით.

სწორი მიწათმოქმედების ამოცანაა მეურნეობის ისე წარმართვა, რომ ნიადაგში ძლიერდებოდეს როგორც ორგანული ნივთიერების დაგროვების, ისე მისი მინერალიზაციის პროცესი, პირველის უპირატესობით.

ნიადაგის ჰუმუსის კვლევა ტარდება ნიადაგის ნაყოფიერების შესაფასებლად შემდეგი ძირითადი მაჩვენებლების მიხედვით: მისი პროცენტული შემცველობით, საერთო მარაგით, პროფილის მიხედვით განაწილებით.

ნიადაგის ნაყოფიერების უფრო სრულყოფილად შესწავლისათვის, ნიადაგის თვისებებზე მინერალური სასუქებისა და ქიმიური მელიორანტების გავლენის დადგენისათვის, ასევე ისწავლება ჰუმუსის ფრაქციული შედგენილობა.

ჰუმუსის შემცველობასთან და შედგენილობასთან მჭიდროდ არის დაკავშირებული ნიადაგის მორფოლოგიური ნიშნები, ფიზიკური და ქიმიური თვისებები: შეფერილობა, სტრუქტურული მდგომარეობა, წყალშეკავების უნარი, სითბოტევადობა და სითბოგამტარობა ჰუმუსიან ჰორიზონტში. აზოტის დაახლოებით 90% ორგანული შენაერთების ფორმაშია; ასეთივე ფორმებით არის ხშირად წარმოდგენილი ფოსფორის, გოგირდის, მიკროელემენტების დიდი ნაწილი;

მნიშვნელოვანია ჰუმუსის როლი ნიადაგზე სხვადასხვა ფაქტორებისა და განსაკუთრებით ნიადაგის მჟავიანობის გავლენის მიმართ ბუფერობის ჩამოყალიბებაში. ჰუმუსის მაღალი შემცველობის ნიადაგები ხასიათდებიან შთანთქმის მაღალი ტევადობით. შთანთქმის მაღალი ტევადობა და ჰუმუსოვანი მჟავების სუსტი მჟავა თვისება განაპირობებს ნიადაგზე მოქმედი მჟავურ-ფუძოვან ფაქტორების მიმართ ბუფერობის ამაღლებას. განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია ეს სოფლის მეურნეობის ინტენსიური ქიმიზაციის დროს, ფიზიოლოგიურად მჟავე

მინერალური სასუქების მაღალი დოზების გამოყენების შემთხვევაში. ჰუმუსოვანი ნივთიერებები ბოჭავენ და არააქტიურ მდგომარეობაში გადაჰყავთ მრავალი ელემენტი, რომლებიც ტოქსიკურ ზემოქმედებას ახდენენ მცენარის ზრდაზე და აუარესებენ მათ ხარისხს. ასეთ ელემენტებს მიეკუთვნებიან მძიმე მეტალები, რომლებიც ნიადაგში ხვდებიან ტექნოგენური დაბინძურების გზით.

ნიადაგის ორგანული ნივთიერება წარმოდგენილია სპეციფიკური (ჰუმუსოვანი) და არასპეციფიკური შენაერთების რთული სისტემით, რომლებიც იმყოფებიან თავისუფალ მდგომარეობაში ან ნიადაგის მინერალურ კომპონენტებთან კავშირში.

ამჟამად არსებობს ნიადაგში ორგანული ნახშირბადის განსაზღვრის რამდენიმე მეთოდი:

1. -- ორგანული ნახშირბადის მშრალი დანაცვრის მეთოდი, დამუშავებული გ.გ.გუსტავსონის მიერ. თანამედროვე პერიოდში აღნიშნული მეთოდის გამოყენება ხდება უსრულყოფილესი ხელსაწყოების გამოყენებით.

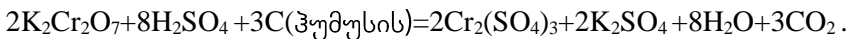
2. -- ნიადაგის ორგანული ნივთიერების სველი დანვის მეთოდები – ტიურინის მეთოდი და კნოპი-საბინინის მეთოდი. აღნიშნულ მეთოდებს საფუძვლად უდევს ორგანული ნივთიერებების დაჟანგვა ქრომის მჟავით. ტიურინის მეთოდით სრული დაჟანგვა შეადგენს მშრალი დაჟანგვის სიდიდის 85-90%-ს. ტიურინის მეთოდის ნაკლად ითვლება ტემპერატურის არასტაბილურობა ორგანული ნივთიერების დაჟანგვისას, რომელიც ტარდება ელექტროქურაზე გაცხელებით.

-- ბ.ა. ნიკიტინმა შემოგვთავაზა ჰუმუსის საშრობ კარადაში დანვა 150° ტემპერატურაზე 20 წუთის განმავლობაში (ტემპერატურის აღნიშნულ დონემდე მიღწევის მომენტიდან), რამაც აამალა მეთოდის სიზუსტე, მაგრამ, ნიკიტინის მოდიფიკაცია ცვერ უზრუნველყოფს არსებული ორიგინალის ზუსტად ამსახველი შედეგების მიღებას, რადგან 150°-მდე გაცხელების ხანგრძლივობა კოლებს განსხვავებული აქვთ და დამოკიდებულია გაცხელების ინტენსივობაზე.

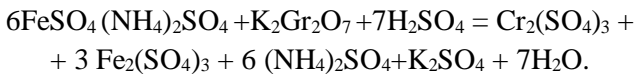
-- პ. ანტონოვამ, ვ.დ. სკალბიანმა და ლ.გ. სუჩილკინამ (1984) შემოგვთავაზეს ორგანული ნივთიერების დაჟანგვა ჩავატაროთ 20<sup>0</sup> ტემპერატურაზე 24 საათის განმავლობაში. ორგანული ნივთიერების დაჟანგვის ეს მოდიფიკაცია მაღალი სიზუსტის შედეგებს იძლევა.

### **ჰუმუსის განსაზღვრა ი.ვ.ტიურინის მეთოდით**

ტიურინის მეთოდის საფუძველს წარმოადგენს ნიადაგის ორგანული ნივთიერების დაჟანგვა ქრომის მჟავით ნახშირმჟავების წარმოქმნამდე. ორგანული ნახშირბადის დაჟანგვაზე დახარჯული ჟანგბადის რაოდენობას საზღვრავენ სხვაობით, რომელიც მიღებულია დაჟანგვისათვის აღებული ქრომის მჟავას რაოდენობასა და მის იმ რაოდენობას შორის, რომელიც დაჟანგვის შემდეგ დარჩა დაუხარჯავი. დამჟანგველის სახით იყენებენ  $K_2Cr_2O_7$ -ის 0,4 ნორმალობის ხსნარს გოგირდის მჟავაში, რომელიც წინასწარ არის განზავებული წყლით 1 : 1-თან შეფარდებით. დაჟანგვის რეაქცია მიმდინარეობს შემდეგი ტოლობით:



დაჟანგვაზე დაუხარჯავი ქრომის მჟავას ნაშთს ტიტრავენ 0,1 ნორმალობის მორის მარილის ხსნარით ინდიკატორ დიფენილამინის გამოყენებით. მორის მარილით (მორის მარილი წარმოადგენს გოგირდმჟავა ამონიუმის და გოგირდმჟავა რკინის ქვეყანგის ორმაგ მარილს) – რეაქცია მიმდინარეობს შემდეგი ტოლობით:



აღნიშნული მეთოდით არ შეიძლება ჰუმუსის განსაზღვრა ქლორიდებით ძლიერ დამლაშებულ, ასევე რკინის ქვეყანგის და მანგანუმის დიდი რაოდენობით შემცველობის ნიადაგებში (მიიღება ამაღლებული შედეგები). კარბონატების არსებობა ნიადაგებში არ უშლის ჰუმუსის განსაზღვრას.

საიმედო შედეგების მიღებისათვის აუცილებელია განსაკუთრებული ყურადღება მივაქციოთ: 1) საანალიზოდ ნიადაგის კარგად მომზადებას და 2) ორგანული ნივთიერების დაჟანგვისას დუღილის ხანგრძლივობის ზუსტად დაცვას. თვით დუღილი კი უნდა მიმდინარეობდეს წყნარად.

მეთოდი იძლევა კარგ დამთხვევას პარალელებს შორის, სწრაფია, არ საჭიროებს სპეციალურ მონყობილობას (რის გამოც შეიძლება გამოყენებულ იქნეს ექსპედიციის პირობებშიც) და თანამედროვე პირობებში ითვლება საერთოდ მიღებულ მეთოდად, განსაკუთრებით მასიური ანალიზების ჩატარებისას.

**ნიადაგის მომზადება ანალიზისთვის.** ჰუმუსის განსაზღვრისათვის ნიადაგის მომზადებისას განსაკუთრებული ყურადღება უნდა მიექცეს ნიადაგიდან ფესვების, მცენარეული და ცხოველური წარმოშობის სხვადასხვა ორგანული ნარჩენების მოშორებას.

მინდორში აღებული და ჰაერმშრალ მდგომარეობამდე მიყვანილი ნიადაგის ნიმუშიდან იღებენ საშუალო სინჯს 50 გრამის რაოდენობით, პინცეტით ამოკრეფენ ფესვებს და თვალთ დასანახ ორგანულ ნარჩენებს, ნიადაგის გოროხებს მსუბუქად დაამტვრევენ და კვლავ ამოკრეფენ ფესვებს; ამ შემთხვევაში იყენებენ ლუპას.

ნიადაგს გასრესენ აგატის ან ფაიფურის როდინში და ატარებენ 1 მმ დიამეტრის მქონე ნასვრეტებიან საცერში, რის შემდეგ მისგან კვლავ იღებენ საშუალო სინჯს 5 გრამის რაოდენობით და იმეორებენ ფესვების ამოკრეფას. ამ შემთხვევაში იყენებენ შემდეგ ხერხს. მშრალ ებონიტის ჯოხს დააელექტროებენ მაუდის ან შალის ქსოვილზე ხახუნით და სწრაფად გადაატარებენ თხელ ფენად გამლილ ნიადაგის ზედაპირზე 5-10 სმ სიმაღლეზე.

წვრილი, ნამცეცა ფესვები და ნახევრადდაშლილი მცენარეული ნარჩენები, რომელთა ამოკრეფა არ მოხერხდა ლუპით და პინცეტით (მათი ძალიან მცირე ზომის გამო), მიეკვრიან დაელექტროებული ებონიტის ჯოხის ზედაპირზე და ამრიგად

გამოიტანება ნიადაგიდან. მათ აცლიან ჯოხიდან მისი განმეორებით განმენდით. არ შეიძლება, ნიადაგის ზედაპირთან ჯოხის უფრო ახლო გატარება, რადგან ამ შემთხვევაში ორგანულ ნარჩენებთან ერთად გაიტანება თვით ნიადაგის წვრილი ნაწილაკებიც.

ფესვების ამოკრეფის შემდეგ ნიადაგს კვლავ გასრესენ ფაიფურის ან აგატის როდინში და ატარებენ 0,25 მმ დიამეტრის მქონე ნასვრეტებიან საცერში. ზემოთ აღწერილი წესით უნდა მომზადდეს მთელი ნიმუში – 5 გრამი.

ნიადაგის ნიმუში ინახება პერგამენტის ქაღალდისგან მომზადებულ პაკეტში ან საცობიან სინჯარაში.

**ანალიზის მსვლელობა.** ნიადაგის წონაკს იღებენ ანალიზურ სასწორზე. წონაკის რაოდენობა დამოკიდებულია ჰუმუსის მოსალოდნელ შემცველობაზე; ამავე დროს მხედველობაში მიიღება ნიადაგის ტიპი (შავმიწა, ეწერი და ა.შ.) და ნიმუშის ალების სიღრმე. ავტორის მიერ რეკომენდებულია ნიადაგის შემდეგი წონაკები:

ჰუმუსის შემცველობა, %	წონა, გ
>10	0,1
10–5	0,2
5–1	0,3
1,0 – 0,5	0,4
< 0,5	0,5

ქვიშნარი ნიადაგების შემთხვევაში ჰუმუსის მცირე რაოდენობით შემცველობისას წონაკი შეიძლება გადიდდეს 1 გრამამდე. ჰუმუსის ძლიერ მაღალი შემცველობისას (15–20%-ზე მეტი) მისი განსაზღვრა ტიურინის მეთოდით არასაიმედოა, რადგან არ ხდება სრული დაჟანგვა.

ნიადაგის ზუსტი წონაკის ასაღებად შეიძლება ვისარგებლოთ 2,5–3 სმ დიამეტრის მქონე საათის მინით, რომლის წონა წინასწარ ცნობილია. მისგან წონაკს მთლიანად გადაიტანენ კოლბში პატარა შპატელის და ფუნჯის დახმარებით. ტიურინის მეთოდით ჰუმუსის განსაზღვრა შეიძლება ერთდროულად ჩატარდეს 20-30 წონაკში.

წონაკს ათავსებენ 100 მლ მოცულობის მშრალი კონუსური კოლბის ფსკერზე და ბიურეტიდან ამატებენ 10 მლ კალიუმის ბიქრომატის 0,4 n ხსნარს, გახსნილს გოგირდის მჟავაში. კოლბს ახურვენ 4 სმ დიამეტრის ძაბრს, რომელიც შებრუნებული მაცივრის როლს ასრულებს. კოლბის შიგთავსს ფრთხილად შეურევენ წრიული მოძრაობით (ნიადაგი არ უნდა დარჩეს კოლბის კედლებზე) რის შემდეგ კოლბებს დგამენ ცხელ ეტერნიტის, სილის ელექტროქურაზე, ან აზბესტის ბადით დაფარულ ღია ელექტროქურაზე, შეიძლება ვისარგებლოთ აგრეთვე გაზქურით;

კოლბის შიგთავსი მიჰყავთ ადულებამდე და ადულებენ ზუსტად 5 წუთს. აუცილებელია ზუსტად აღინიშნოს ხსნარის დუღილის დასაწყისი, ის არ უნდა აგვერიოს გაცხელების დასაწყისში ჰაერის მცირე ბუშტუკების წარმოქმნაში. დუღილი უნდა იყოს თანაბარი და ზომიერი. ორთქლის გამოყოფა ძაბრიდან დაუშვებელია. ძლიერ დუღილს უნდა ვერიდოთ, რათა არ შეიცვალოს გოგირდის მჟავას კონცენტრაცია, რომლის გადინებამ შეიძლება გამოიწვიოს ქრომის მჟავას დაშლა და აღნიშნულიდან გამომდინარე ანალიზის არასწორი შედეგების მიღება.

5 წუთი დუღილის შემდეგ კოლბს გადმოიღებენ ქურიდან, აყოვნებენ გასაცივებლად, გამოხდილი წყლით ჩარეცხავენ ძაბრს კოლბში როგორც გარეთა, ისე შიდა მხრიდან და კოლბის შიგთავსი მთლიანად გადააქვთ 250 მლ მოცულობის კონუსურ კოლბში, რამდენჯერმე კარგად გამოავლებენ კოლბს, რომელშიც ჩატარდა დაჟანგვა. 250 მლ-იან კოლბში გადატანის შემდეგ ხსნარის მოცულობა უნდა შეადგენდეს 100-150 მლ-ს. ხსნარის ფერი – ნარინჯისფერ-ყვითელი ან ოდნავ მომწვანო-ყვითელია. სითხის გამწვანება მიუთითებს დამჟანგველის უკმარისობაზე. ამ შემთხვევაში ანალიზი აუცილებლად უნდა განმეორდეს, შემცირდეს წონაკი. ხსნარში ამატებენ 8 წვეთ დიფენილამინის ხსნარს (ინდიკატორი) და ტიტრავენ ორგანული ნივთიერების დაჟანგვის შემდეგ დაუხარჯავ ქრომის მჟავას, მორის მარილის 0,1 ნორმალობის ხსნარით. ინდიკატორი შეტანილი უნდა იქნეს



უშუალოდ დატიტვრის წინ. დატიტვრას აწარმოებენ ცივ მდგომარეობაში. მორის მარილის ხსნარს ამატებენ თითო წვეთობით და წრიული მოძრაობით კარგად შეურევენ კოლბის შიგთავსს. დატიტვრა დამთავრებულია მაშინ, როცა ხსნარის ჭუჭყიანი-იისფერი შეფერვა ბოლო ერთი წვეთის დამატებით გადავა ჭუჭყიან მწვანე ფერში. დატიტვრისას ნათელი მწვანე ფერის წარმოქმნა მიუთითებს მორის მარილის სიჭარბეზე ე.ი. იმაზე, რომ ხსნარი გადატიტრულია. ამ შემთხვევაში საჭიროა ანალიზის განმეორება.

სამვალენტოვანი რკინის იონების გავლენის ასაცლებლად (ის უანგავს ინდიკატორს და ინვევს ხსნარის ფერის ნაადრევად შეცვლას) იყენებენ 85%-იან ორთოფოსფორის მჟავას. იგი შეაქვთ კოლბში დატიტვრის წინ 2,5 მლ-ის რაოდენობით; ფოსფორის მჟავას პირობებში, დატიტვრის ბოლოს, ხსნარის ფერის შეცვლა ძალზე მკვეთრია და გამონწვეულია მორის მარილის ხსნარის 1-2 წვეთით.

### **ფენილანტრალინის მჟავას, როგორც ინდიკატორის გამოყენება ტიურინის მეთოდით ჰუმუსის განსაზღვრის დროს**

პროფესორმა ვ.ნ. სიმაკოვმა შემოგვთავაზა წინადადება მორის მარილის ხსნარით ქრომის ნარევის დატიტვრის დროს ინდიკატორის სახით დიფენილამინის ნაცვლად გამოყენებული ყოფილიყო ფენილანტრალინის მჟავა.

მრავალრიცხოვანმა განსაზღვრებმა უჩვენეს, რომ ფენილანტრალინის მჟავით დატიტვრის შედეგები სავსებით ემთხვევა დიფენილამინის გამოყენებით დატიტვრის შედეგებს. ამავ დროს ფენილანტრალინის მჟავას გამოყენებას დიდი უპირატესობა აქვს დიფენილამინთან შედარებით.

ასე მაგალითად, ფენილანტრალინის მჟავას თანაარსებობისას მორის მარილის ხსნარით კალიუმის ბიქრომატის დატიტვრის დამთავრების დროს ხსნარის ფერის შეცვლა უფრო

მკვეთრად არის გამოსახული, ვიდრე დიფენილამინის გამოყენების შემთხვევაში და როგორც ავტორი მიუთითებს, ხსნარის ფერის შეცვლას ადგილი აქვს ერთი ჭარბი წვეთი მორის მარილის ისეთი ძლიერი განზავებული ხსნარით, როგორც არის 0,02 n, რაც მიუთითებს ინდიკატორის მაღალ მგრძობელობაზე და საშუალებას იძლევა დიდი სიზუსტით ჩატარდეს ჰუმუსის მცირე რაოდენობის განსაზღვრა (მაგალითად, წყლით გამონაწურების და ბუნებრივი წყლის ანალიზის დროს).

გოგირდის მჟავას კონცენტრაცია დასატიტრ ხსნარში 15-20 n უნდა იყოს, ამიტომ, ხსნარს წყლით მცირედ ანზავებენ და იგივე კოლბში ტიტრავენ, რომელშიც ჩატარდა დაჟანგვა.

**ანალიზის მსვლელობა:** ნიადაგის ნონაკში ორგანული ნივთიერების დაჟანგვას აწარმოებენ ტიურინის მეთოდით 100 მლ მოცულობის კონუსურ კოლბებში იგივე რეაქტივებით, ისე, როგორც ეს ზემოთ არის აღწერილი. კოლბის შიგთავსი მიჰყავთ ადულებამდე და ადულებენ 5 წუთს, გადმოდგამენ ცეცხლიდან, აცივებენ. ძაბრებს ჩარეცხავენ გამოხდილი წყლის მინიმალური რაოდენობით. ხსნარს ამატებენ 3-5 წვეთ ფენილანტრალინის მჟავას 0,2 %-იან ხსნარს. ტიტრავენ მორის მარილის 0,1 n ხსნარით მწვანე ფერის მიღებამდე. რადგან ხსნარის ფერის შეცვლა ძალიან მკვეთრია, დატიტვრის დამთავრებისას საჭიროა მორის მარილის ხსნარის დამატება წვეთობით.

ძირითად ანალიზებთან ერთად, იგივე თანმიმდევრობით ატარებენ საკონტროლო (სამჯერადი განმეორებით) ცდას; საკონტროლო ცდაში, კოლბში ხსნარის თანაბარი დუღილისათვის, ქრომის მჟავას დამატების წინ, აუცილებლად შეაქვთ დაახლოებით 0,1-0,2 გ ფხვნილისებრი გამომწვარი პემზა ან ნიადაგი. წინააღმდეგ შემთხვევაში, სუფთა ხსნარის დუღილისას ადგილი ექნება ამონვას, რომელმაც შეიძლება გამოიწვიოს ქრომის მჟავას დაშლა. დანარჩენი პროცესები კი ისეთივეა, როგორც ეს აღწერილია ანალიზის მსვლელობისას.

**ანალიზის შედეგების გამოანგარიშება.** დატიტვრაზე დახარჯული მორის მარილის ხსნარის მილილიტრების რაოდენობა

შეესაბამება ქრომის მჟავას იმ რაოდენობას, რომელიც დაჟანგვის პროცესში დარჩა დაუხარჯავი.

მორის მარილის იმ რაოდენობას, რომელიც შეესაბამება ნიმუშში ჰუმუსის დაჟანგვაზე დახარჯული ქრომის მჟავას რაოდენობას, ანგარიშობენ საკონტროლო და საანალიზო დატიტვრის შედეგებს შორის სხვაობით.

ორგანული ნახშირბადისა და ჰუმუსის შემცველობის ანგარიშისას მიღებულია შემდეგი სიდიდეები: 0,1 ნორმალობის მარილის ხსნარის 1 მლ შეესაბამება 0,0003 გ ორგანულ ნახშირბადს ან 0,000517 გ ჰუმუსს, (1 გ ნახშირბადი შეესაბამება 1,724 გ ჰუმუსს).

თუკი მორის მარილის ხსნარი არ არის ზუსტად 0,1 ნორმალობის, მაშინ შეაქეთ შესაბამისი შესწორებები.

მაგალითად: მორის მარილის ხსნარის ტიტრია – 0,1050 n, მაშასადამე, ამ ხსნარის 1 მლ შეესაბამება:

$$(0,0003 \cdot 0,1050) : 0,1 = 0,000315 \text{ გ ნახშირბადი.}$$

$$\text{ან } (0,000517 \cdot 0,1050) : 0,1 = 0,000543 \text{ გ ჰუმუსი.}$$

**ნიადაგში ჰუმუსის შემცველობას (%-ობით) ანგარიშობენ შემდეგი ფორმულით:**

$$\text{ჰუმუსი, \% (ჰაერმშრალ ნიადაგში)} = [(a - b) \cdot K \cdot 0,000517 \cdot 100] : n$$

სადაც – a არის მორის მარილის ხსნარის რაოდენობა მლ-ობით, რომელიც დაიხარჯა 10 მლ 0,4 n  $K_2Cr_2O_7$ -ის ხსნარის დატიტვრაზე საკონტროლო ანალიზის დროს.

b – მორის მარილის რაოდენობა მლ-ობით, რომელიც დაიხარჯა ჰუმუსის დაჟანგვის შემდეგ ხსნარის დატიტვრაზე;

(a – b) - 0,1 n მორის მარილის ხსნარის რაოდენობა, რომელიც შეესაბამება ჰუმუსის დაჟანგვაზე დახარჯული ქრომის მჟავას რაოდენობას, მლ;

K – მორის მარილის ხსნარის ტიტრის შესწორების კოეფიციენტი. 0,000517 – ჰუმუსის რაოდენობა გრამებში, რომელიც შეესაბამება 0,1 n მორის მარილის ხსნარის 1 მლ-ს; (თუკი შედეგები

გამოიანგარიშება ნახშირბადზე, მაშინ 0,000517-ის ნაცვლად ფორმულაში ჩაისმება 0,0003 გ C);

100 - % - ში გამოსახვისთვის.

H – ჰაერმშრალი ნიადაგის წონა, გრამობით.

თუკი საჭიროა ჰუმუსის პროცენტული შემცველობა გამოანგარიშებული იქნეს  $105^{\circ}$  - t-ზე გამომშრალ ნიადაგში (აბსოლუტურად მშრალი ნიადაგი), მაშინ, საჭიროა, ცალკე წონაკში განსაზღვრული იქნეს ნიადაგის ჰიგროსკოპული ტენი და გამოანგარიშებაში შეტანილ იქნეს შესაბამისი კოეფიციენტი.

**საჭირო რეაქტივები: 1. 0,4 ნორმალობის კალიუმის ბიქრომატის ხსნარი** (დამუხანგველი). 40 გ  $K_2Cr_2O_7$  (წვრილად დაფქვილს როდინში) ხსნიან გამოხდილ წყალში, ფილტრავენ ქალაღდის ფილტრით 1 ლ მოცულობის საზომ კოლბში, მიჰყავთ წყლით ნიშანხაზამდე, რის შემდეგ გადაქვთ 3-5 ლ მოცულობის ცეცხლგამძლე კოლბში ან დიდ ფაიფურის ჯამში, სადაც ურევენ 1 ლ  $H_2SO_4$ -თან (კუთ.წ. 1,84). გოგირდის მუავასთან შერევისას ადგილი აქვს ხსნარის ძლიერ გაცხელებას, ამიტომ საჭიროა  $K_2Cr_2O_7$ -ის წყალხსნარს გოგირდმუავა დაემატოს მცირე ულუფებით, 15-20 წუთის ინტერვალებით და ფრთხილი შერევით. ნარევს აყოვნებენ გასაცივებლად, კვლავ შეურევენ კარგად და გადააქვთ შესაბამისად მილესილსაცობიან მინის ჭურჭელში.

**2. 0,1 ნორმალობის მორის მარილის ხსნარი.** 40 გრამ მორის მარილს –  $(NH_4)_2SO_4 \cdot FeSO_4 \cdot 6 H_2O$  იღებენ 1 ლიტრ წყალზე, რომელიც შეიცავს 20 მლ გოგირდის მუავას (კუთ.წ. 1,84).

მორის მარილის აღებულ წონაკს გახსნიან გამოხდილი წყლის გარკვეულ რაოდენობაში და ფილტრავენ დაკეცილ ფილტრში. ფილტრატს ამატებენ შესაბამისი რაოდენობით საჭირო გოგირდის მუავას, გამოხდილი წყლით ხსნარი მიჰყავთ გათვალისწინებულ მოცულობამდე, რის შემდეგ კარგად შეურევენ.

ჰაერის ჟანგბადი იწვევს მორის მარილის დაჟანგვას, ამიტომ ხსნარს ინახავენ კარგად თავდაცულ მინის ჭურჭელში, რომელსაც აქვს სიფონი მინის ონკანით, საიდანაც წარმოებებს ხსნარის

გადატანა ბიურეტში. კარგია აგრეთვე ხსნარის შენახვა ტიშჩენკოს ჭურჭელში, რომელშიც დამცველად გამოყენებულია პიროგალოლის ტუტე ხსნარი.

მორის მარილის ხსნარის ტიტრს ადგენენ 0,1 ნორმალობის  $\text{KMnO}_4$ -ის ხსნარით. ამისათვის, 100 მლ მოცულობის კონუსურ კოლბში ათავსებენ 1 მლ  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (კუთ.ნ.1,84), შემდეგ ბიურეტიდან ამატებენ 10 მლ მორის მარილის ხსნარს, კოლბის შიგთავსს გამოხდელი წყლით აზავებენ 30-40 მლ-მდე და მაშინვე ტიტრავენ  $\text{KMnO}_4$ -ის 0,1 n ხსნარით სუსტი ვარდისფერის მიღებამდე, რომელიც არ ქრება 1 წუთის განმავლობაში. დახარჯული პერმანგანატის რაოდენობის მიხედვით ანგარიშობენ მორის მარილის ხსნარის ტიტრს (შესწორებას).

**გამოანგარიშების მაგალითი:** დაუშვათ 10 მლ მორის მარილის ხსნარის დატიტვრაზე დაიხარჯა 10,5 მლ  $\text{KMnO}_4$ -ის 0,1 n ხსნარი, რომლის შესწორების კოეფიციენტი  $K = 0,9830$ , მაშასადამე, 10 მლ მორის მარილის ხსნარის დატიტვრაზე დახარჯულია ზუსტად 10,3 მლ 0,1 n  $\text{KMnO}_4$ -ის ხსნარი ( $10,5 \cdot 0,9830 = 10,3$ ). აქედან გამომდინარე 0,1 n მორის მარილის ხსნარის ტიტრის შესწორება ტოლია  $10,3:10 = 1,03$ ;

მორის მარილის ხსნარის ტიტრი არამდგრადია, რადგანაც მარილის შემადგენლობაში შედის რკინის ქვეყანგი, ამიტომ, ტიტრი აუცილებლად უნდა შემოწმდეს ხსნარის გამოყენების წინ.

**3. პიროგალოლის ხსნარი** (მორის მარილის ხსნარის დამცველი ჰაერის ჟანგბადით დაჟანგვისაგან). 12 გრამ პიროგალოლს ხსნიან 50 მლ წყალში; 180 გრამ  $\text{KOH}$  ხსნიან 300 მლ წყალში. ორთავე ხსნარს შეურევენ, ათავსებენ ტიშჩენკოს ჭურჭელში და რეზინის და მინის მილით აერთებენ მორის მარილის ხსნარიან ჭურჭელთან.

**4. დიფენილამინის ხსნარი (ინდიკატორი).** 0,5 გ დიფენილამინს ხსნიან 100 მლ  $\text{H}_2\text{SO}_4$ -ში (კუთ.ნ. 1,84). ხსნარს თანდათანობით დიდი სიფრთხილით შეურევენ 20 მლ გამოხდელ წყალთან.

**5. ფენილანტრალინის მჟავა (ინდიკატორი):** ფენილანტრალინის მჟავას ხსნარს ამზადებენ შემდეგნაირად: აღნიშნულ

მჟავას წონიან 0,2 გ რაოდენობით და ხსნიან 100 მლ  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ -ის 0,2%-იან წყალხსნარში; ფენილანტრალინის მჟავას ფხვნილის უკეთ დასველების მიზნით, ალებულ წონაკს წინასწარ ათავსებენ ფაიფურის ჯამში, ამატებენ წვეთობით 0,2%-იან სოდის ხსნარს და კარგად გასრესენ მინის წკირით არაყნის მაგვარ მდგომარეობამდე და მხოლოდ ამის შემდეგ ამატებენ სოდის ხსნარის დარჩენილ რაოდენობას კარგად შერევით.

**6. გოგირდმჟავა ვერცხლი (კატალიზატორი).** იყენებენ ფხვნილისებრ მდგომარეობაში.  $\text{Ag}_2\text{SO}_4$ -ის თანაარსებობისას დამჟანგველი ნარევის დუღილის ტემპერატურა იმატებს და ამით აღწევენ ჰუმუსის უფრო სრულ დაჟანგვას. მასიურ ანალიზებში, ტიურინის მეთოდით ჰუმუსის განსაზღვრა შეიძლება ჩატარდეს გოგირდმჟავა ვერცხლის გარეშე.

**7.  $\text{KMnO}_4$ -ის 0,1 ნორმალობის ხსნარი (მორის მარილის ხსნარის ტიტრის დასადგენად).** ხსნარს ამზადებენ ჩვეულებრივი წესით; მის ტიტრს ადგენენ გადაკრისტალებული მჟაუნმჟავა ნატრიუმის ( $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ ) 0,1 n ხსნარით.

**8. გამომწვარი პემზა, ქვიშა ან ნიადაგი (საკონტროლო ანალიზებში დამჟანგველი ნარევის თანაბარი დუღილისათვის).** მცირე ჰუმუსიან ნიადაგს, წვრილ ქვიშას ან პემზას გასრესენ ფაიფურის როდინში, ატარებენ 1 მმ დიამეტრის მქონე ნასვრეტებიან საცერში, ათავსებენ ფაიფურის ჯამში და გამომწვან მუფელში წითლად გავარვარებამდე, 1-1,5 საათის განმავლობაში, პერიოდული შერევით;

**9. 85%-იანი ორთოფოსფორის მჟავა** (ქიმიურად სუფთა). იყენებენ რკინის ჟანგის იონის გავლენის თავიდან ასაცილებლად, ინდიკატორ დიფენილამინის გამოყენებისას.

### **ჰუმუსის განსაზღვრა ნიადაგში ნიკიტინის მეთოდით**

მეთოდი დაფუძნებულია ძლიერ მჟავე არეში ქრომის ნარევიტ ( $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ) ნიადაგის ორგანული ნივთიერების დაჟანგვაზე,  $150^\circ$  ტემპერატურაზე გაცხელებით საშრობ კარადაში.

ნახშირბადი განისაზღვრება ოპტიკური სიმკვრივის მიხედვით 590 მმკ სიგრძის ტალღაზე.

**ანალიზის მსვლელობა** ანალიზურ სასწორზე წონიან 0,1–0,5 გრამ ნიადაგს (მეოთხე ნიშნამდე სიზუსტით) 100 მლ მოცულობის კოლბში ბიურეტიდან ამატებენ 20 მლ  $K_2Cr_2O_7$ -ის 0,4 n ხსნარს, კოლბს ახურავენ ძაბრს და ფრთხილად შეურევენ შემდეგ, ათავსებენ 20 წუთით საშრობ კარადაში, რომელიც წინასწარ არის გაცხელებული  $150^{\circ}$ -მდე (გაცხელების დროის ათვლას იწყებენ ტემპერატურის  $150^{\circ}$ -მდე მიღწევის მომენტიდან). კოლბებს საშრობ კარადაში ათავსებენ კედლიდან 3-4 სმ-ის დაშორებით – თანაბარზომიერი გაცხელების უზრუნველსაყოფად. დროის გასვლის შემდეგ კოლბებს გამოიტანენ კარადიდან და აცივებენ. ნალექის ზემოთ ხსნარს ფრთხილად გადაიტანენ სინჯარაში და ტოვებენ დღე-ღამის განმავლობაში, რის შემდეგ ახდენენ ფოტომეტრირებას 5 მლ-იან კიუვეტში 590 მმკ სიგრძის ტალღაზე. შედარებისთვის იყენებენ ნულოვან ხსნარს, რისთვისაც საშრობ კარადაში ერთდროულად საკვლევ კოლბებთან ერთად დგამენ ორ კოლბას 20 მლ ქრომის ნარევით.

ნახშირბადის შემცველობას გებულობენ დაყალიბებული გრაფიკის მიხედვით.

**დაყალიბებული გრაფიკის აგება.** ანალიზურ სასწორზე წონიან 2,5022 გ გლუკოზას ან 2,3771 საქაროზას და ხსნიან გამოხდილ წყალში 1 ლიტრი მოცულობის საზომ კოლბში. ასეთი ხსნარის 1 მლ შეიცავს 1 მგ ნახშირბადს. 5 კოლბში თანმიმდევრობით ათავსებენ 2,5; 5,0; 10,0; 15,0; 20,0 მლ გლუკოზის ან საქაროზის ხსნარს. კოლბებს დგამენ წყლის აბაზანაზე და აორთქლებენ ამოშრობამდე (1 წვეთამდე), ამატებენ 20 მლ ქრომის ნარევს. ერთდროულად ამზადებენ ნულოვან ხსნარს. ყველა კოლბას ათავსებენ საშრობ კარადაში. დაწვის შემდეგ ანზავებენ 50 მლ-მდე წყლით და ერთი დღე-ღამის შემდეგ აკოლორიმეტრირებენ. ოპტიკური სიმკვრივის მაჩვენებლებისა და ნახშირბადის ცნობილი შემცველობის მიხედვით აგებენ დაყალიბებულ გრაფიკს.

ნახშირბადის შემცველობას (%-ში) ანგარიშობენ ფორმულით:

$$C = (a : n) \cdot 100,$$

სადაც  $a$  - არის ნახშირბადის რაოდენობა გრაფიკის მიხედვით, მგ;  
 $n$  - ნიადაგის წონა, გ;

ჰუმუსში გადასაყვანად ნახშირბადის პროცენტს ამრავლებენ კოეფიციენტზე 1,724; (1 გ ნახშირბადი შეესაბამება 1,724 გ ჰუმუსს).

#### რეაქტივები:

**კალიუმის ბიქრომატის 0,4 n ხსნარი:** 40 გრამ კარგად დაქუცმაცებულ ორქრომიან კალიუმს ( $K_2Cr_2O_7$ ) ხსნიან 600 მლ გამოხდილ წყალში, გადააქვთ 1 ლ მოცულობის საზომ კოლბში და გამოხდილი წყლით მიჰყავთ ნიშანხაზამდე. ხსნარი საზომი კოლბიდან გადააქვთ 2 ლიტრიან კოლბში ან 2 ლ მოცულობის ფაიფურის ჭიქაში, ამატებენ 1 ლ კონცენტრირებულ გოგირდის მჟავას (კუთ.ნ. 1,84); გოგირდის მჟავა აუცილებელია დაემატოს ძალზე ფრთხილად, მცირე ულუფებით – 50-100 მლ-ებით, 10-15 წუთის ინტერვალებით. როდესაც გოგირდმჟავას მთლიანად დამატება დასრულდება, ხსნარს აცივებენ ოთახის ტემპერატურამდე და გადააქვთ მილესილსაცობიან მინის ჭურჭელში (მინის საცობით).

### ჰუმუსის განსაზღვრა ანტონოვას, სკალბიანის და სუჩილკინას მოდიფიკაციით

**ანალიზის მსვლელობა.** ანალიზურ სასწორზე წონიან 0,5 გრამ ნიადაგს. გადაიტანენ 100 მლ-იან კოლბში და ასხამენ 20 მლ 0,4 ნორმალობის ორქრომიან კალიუმს ( $K_2Cr_2O_7$ ), აყოვნებენ 18 - 20<sup>0</sup> ტემპერატურაზე 24 საათის განმავლობაში. შემდეგ ჰუმუსს საზღვრავენ ან ტიურინის მიხედვით მორის მარილის ხსნარით დატიტრით (იხ. 55 გვ.), ან კოლორიმეტრულად ნიკიტინის მიხედვით და ანგარიშობენ ფორმულით (%-ში):

$$C = [(V_1 - V_2) : n] \cdot n \cdot 0,003 \cdot 100,$$

სადაც,  $V_1$  - არის მორის მარილის ხსნარის მოცულობა, რომელიც დაიხარჯა კალიუმის ბიქრომატის (გოგირდის მჟავაში) ხსნარის



დატიტვრაზე, ნიადაგის წონაკთან მისი ურთიერთმოქმედების გარეშე, მლ;

$V_2$  – არის იგივე, მაგრამ, ნიადაგის წონაკთან 24 საათის განმავლობაში 18 – 20<sup>0</sup> ტემპერატურაზე ურთიერთმოქმედების შემდეგ, მლ;

n – მორის მარილის ხსნარის ნორმალობა;

0,003 – ჰუმუსი გრამებში, მგ-ექვ;

H – ნიადაგის წონა, გ;

### **ჰუმუსის ფრაქციული შედგენილობის განსაზღვრა ტიურინის სქემის მიხედვით ჰონომარევის და პლოტნიკოვას მოდიფიკაციით**

ჰუმუსოვანი ნივთიერებები – რთული შედგენილობის და აგებულების ორგანული ნივთიერებების ჰეტეროგენული სისტემაა. ამიტომ, ჰუმუსის ფრაქციებად დაყოფის ყოველგვარი მეთოდითაა პირობითია.

ჰუმუსის ხარისხობრივი შედგენილობის შესწავლას საფუძვლად უდევს ი.ვ. ტიურინის მეთოდი. მოდიფიკაციის მთავარი განსხვავება იმაში მდგომარეობს, რომ გამორიცხულია ნიადაგის ხანგრძლივი მონაცვლეობითი დამუშავება მჟავით და ტუტით, რომელიც იწვევს ჰუმინის მჟავების ნაწილობრივ ჰიდროლიზს და საკმაოდ დიდ დროს საჭიროებს განსაზღვრისათვის.

მტკიცედ შებოჭილი ჰუმუსოვანი ნივთიერებების გამოყოფისათვის ტიურინის სქემაში გამოყენებული – მჟავით და ტუტით ნიადაგის მონაცვლეობითი დამუშავება – პონომარევამ და პლოტნიკოვამ შეცვალეს NaOH-ის 0,02 n ხსნარით ერთჯერადი დამუშავებით წყლის აბაზანაზე გაცხელებით.

მოდიფიცირებული სქემა მოიცავს შემდეგ ოპერაციებს: 1) უშუალოდ 0,1 n NaOH-გამონაწერი; 2) იგივე ნიადაგის მეორე წონაკის დეკალცირება: 0,1 n H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>; 0,1 n NaOH – გამონაწერი; 3)

0,02 n NaOH- გამონაწერი 6 საათიანი გაცხელებით წყლის აბაზანაზე, ჰუმუსის უხსნადი ნაშთის განსაზღვრა.

**ნიადაგის ნიმუშების მომზადება.** ჰაერმშრალ ნიმუშებს გასრესენ და გაცრიან 1 მმ დიამეტრის მქონე ნასვრეტებიან საცერში. მუშაობის პროცესში გამოყოფენ მცენარის დაუშლელ ფესვებსა და სანაწვერელო ნარჩენებს.

**შ ე ნ ი შ ვ ნ ა.** საერთო ჰუმუსის (ორგანული ნახშირბადის) განსაზღვრა წინ უნდა უსწრებდეს მისი ხარისხობრივი შედგენილობის განსაზღვრას, რადგან საანალიზო წონაკის სიდიდის დადგენა ხდება ნიადაგში მისი პროცენტული შემცველობიდან (იხ. გვ. 57) გამომდინარე.

**ცვილისა და ბიტუმის განსაზღვრა.\***

უმეტესობა მინერალური ნიადაგებისათვის აღნიშნულ განსაზღვრას ავტორები აუცილებლად არ თვლიან და რეკომენდაციას აძლევენ ტორფიან ნიადაგებში და ტყის ქვეშ საფარში ორგანული ნივთიერებების განსაზღვრისას. ამ მიზნით ნიადაგის წონაკი (10-20 გ) ექსტრაგირდება სოქსლეტის აპარატში სპირტისა და ბენზოლის (1:1) ნარევით ცვილისა და ბიტუმის ფრაქციის სრულ გამოყოფამდე. ფრაქციას საზღვრავენ წონის მიხედვით, წყლის აბაზანაზე ორგანული გამხსნელის მოცილების შემდეგ და ნაშთის 70-80<sup>0</sup> ტემპერატურაზე გამოშრობით მუდმივ წონამდე. ნახშირბადის შემცველობა აღნიშნულ ფრაქციაში მიღებულია 72%-ის ტოლად.

**უშუალოდ 0,1 n NaOH-გამონაწერი № 1**

აღნიშნულ გამონაწერში გადადიან ჰუმინის მჟავების ფრაქციები – თავისუფალი და სავარაუდოდ ერთნახევარი ჟანგეულების მოძრავი ფორმებით შებოჭილები.

**ანალიზის მსვლელობა.** 300-400 მლ მოცულობის კონუსურ კოლბში ათავსებენ ნიადაგის წონაკს 2,5-დან 20 გრამამდე, დამოკიდებულია ჰუმუსის საერთო შემცველობაზე ნიადაგში.

---

\* შენარჩუნებულია მეთოდის ავტორის ტერმინოლოგია.

ნიადაგის წონა, გ	ჭუმუსი, %
2,5	>10
5-10	10-3
10-15	3-0,5
20	<0,5

ამატებენ ცილინდრით 200 მლ NaOH-ის 0,1 n ხსნარს, შეურევენ და ტოვებენ ღამის განმავლობაში, კოლბს ახურავენ კორპის საცობს. პიპეტით ამატებენ 50 მლ Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>-ის ნაჯერ ხსნარს. კარგად შეურევენ, აყოვნებენ 15-20 წუთით. შეურევენ და ფილტრავენ 15-17 სმ დიამეტრის ქაღალდის ფილტრით, ფილტრზე ხსნართან ერთად ნიადაგის გადატანით. ფილტრატის პირველ ულუფას კვლავ დააბრუნებენ ფილტრზე, რათა მიღწეულ იქნეს ფილტრატის აბსოლუტური გამჭვირვალობა.

№ 1 გამონაწურის ცალკეულ ულუფებში ატარებენ შემდეგ განსაზღვრებს.

### **ორგანული ნახშირბადის განსაზღვრა ტიურინის მიხედვით**

**ანალიზის მსვლელობა.** პიპეტით იღებენ 10-50 მლ ფილტრატს და ათავსებენ 100 მლ-იან კონუსურ კოლბში (დამოკიდებულია ფილტრატის შეფერილობაზე), ამატებენ 0,1-0,2 გ გამომწვარი პემზის ფხვნილს. კოლბის შიგთავსს აორთქლებენ ადუღებული წყლის აბაზანაზე.

ნალექის საბოლოო დაშრობას აგრძელებენ საშრობ კარადაში 80-90° ტემპერატურაზე. მშრალ ნაშთში საზღვრავენ ორგანული ნახშირბადის შემცველობას ტიურინის მეთოდით.

**შ ე ნ შ ვ ნ ა. ძლიერ დუღილს ერიდებიან; აორთქლებენ არა მთლიან ამოშრობამდე (არსებობს მაღალ ტემპერატურაზე ორგანული ნივთიერების დაშლის და კოლბის დაბზარვის საფრთხე).**

## **ჰუმინის მჟავების ორგანული ნახშირბადის განსაზღვრა**

**ანალიზის მსვლელობა.** 200 მლ მოცულობის კონუსურ კოლბში ათავსებენ 50-100 მლ (იღებენ პიპეტით) ტუტე გამონაწურს. პიპეტით ამატებენ ორმაგი ექვივალენტური რაოდენობით  $H_2SO_4$ -ის 1,0 n ხსნარს (თავისუფალი გოგირდის მჟავას კონცენტრაცია შემჟავებულ ხსნარში უნდა იყოს 0,05 n და pH 1,3 - 2,5; კონცენტრირებული გოგირდის მჟავით ჰუმინის მჟავების დალექვა დაუშვებელია). ხსნარს აცხელებენ 70-80<sup>0</sup>-მდე (არ მიჰყავთ ადუღებამდე). ფილტრავენ უნაცრო ფილტრით.

ჰუმინის მჟავას ნალექს კოლბში და ფილტრზე 2-3-ჯერ ჩარეცხავენ გოგირდის მჟავას სუსტი ხსნარით (0,05-0,1 n  $H_2SO_4$ ). ძაბრს მასზე მოთავსებული ჰუმინის მჟავების ნალექიანი ფილტრით დგამენ იგივე კოლბზე, რომელშიც ჩატარდა დალექვა, რადგან მის კედლებზე ყოველთვის რჩება ჰუმინის მჟავას ნაწილაკები. ფილტრზე მცირე ულუფებით ასხამენ (ჩამრეცხიდან) 0,1 n NaOH-ის ხსნარს. ჩაფილტრული ხსნარი გადააქვთ 100 მლ მოცულობის საზომ კოლბში და იგივე 0,1 n NaOH-ის ხსნარით მიჰყავთ ნიშანხაზამდე, შეურევენ. მისგან იღებენ ალიქვოტს ჰუმინის მჟავების ორგანული ნახშირბადის განსაზღვრისათვის ტიურინის მეთოდით.

ფულვომჟავების ნახშირბადს ანგარიშობენ ტუტე გამონაწურის საერთო ნახშირბადსა და ჰუმინის მჟავების ნახშირბადს შორის სხვაობით.

## **ჰუმუსის სხვადასხვა ფრაქციების თანმიმდევრული გამოყოფა**

### **ნიადაგის დეკალცირება.**

**ანალიზის მსვლელობა.** ნიადაგის წონაკს იღებენ ისე, როგორც ტუტე გამონაწურის შემთხვევაში, გადააქვთ 250 მლ-იან კოლბში; ცილინდრით ამატებენ 200 მლ  $H_2SO_4$ -ის 0,1 n ხსნარს და პერიოდულად ანჯღრევენ.

**შ ე ნ ი შ ვ ნ ა.** ერთნახევარი ჟანგეულების დიდი რაოდენობით შემცველობის ნიადაგებში (ენერი, ტყის და სხვ.) ჰუმუსის

შედგენილობის შესწავლისას, დეკალცირებისათვის აღებული უნდა იქნეს  $H_2SO_4$ -ის 0,5 n ხსნარი.

ერთი დღის შემდეგ ხსნარს გადაფილტრავენ 500-1000 მლ მოცულობის კოლბში ჩვეულებრივი ფილტრის გამოყენებით. მას შემდეგ რაც ხსნარი გაიფილტრება ნიადაგიან კოლბში მცირე ულუფებით ამატებენ  $H_2SO_4$ -ის 0,1 n ხსნარს, შეურევენ და განაგრძობენ გაფილტვრას დეკანტაციით. მთელი წონაკი გადააქვთ ფილტრზე და განაგრძობენ ფილტრზე ნიადაგის წონაკის რეცხვას კალციუმის სრულ გამოძევებამდე. ჩარეცხავენ 2-3-ჯერ წყლით, რომელიც სუსტად შემჟავებულია გოგირდის მჟავით;

**სინჯიკალციუმზე.** 250 მლ-იან ჭიქაში იღებენ ჩამრეცხი წყლის ბოლო ულუფას, ხსნარს ანეიტრალევენ ამიაკით (ერთნახევარი ჟანგეულების ნალექის გამოყოფის შემთხვევაში, ხსნარს გადაფილტრავენ), ამატებენ 2 მლ მჟაუნმჟავა ამონიუმის ნაჯერ ხსნარს, აყოვნებენ 15 წუთით თბილ ადგილას. მჟაუნმჟავა კალციუმის თეთრი ნალექის სრული არარსებობა მიუთითებს ნიადაგიდან კალციუმის სრულ გამოლექვაზე. გოგირდმჟავა გამონაწურს ჩარეცხილ წყლებთან ერთად გადაიტანენ 500-1000 მლ მოცულობის საზომ კოლბში, მიიყვანენ ნიშანხაზამდე და კარგად შეურევენ.

**შ ე ნ ი შ ვ ნ ა 1.** ამრიგად მომზადებული ხსნარის ანალიზი არ უნდა გაგრძელდეს 2-3 დღეზე მეტად, რადგან მჟავე ხსნარის ორგანული ნივთიერება განიცდის მიკრობიოლოგიურ დაშლას.

ხსნარში საზღვრავენ ორგანული ნახშირბადის საერთო შემცველობას ტიურინის მიხედვით: პიპეტით იღებენ 50-100 მლ საკვლევ ხსნარს და ათავსებენ 250 მლ-იან კონუსურ კოლბში (დამოკიდებულია ხსნარის შეფერილობაზე). ანეიტრალევენ მშრალი სოდით ერთნახევარი ჟანგეულების გამოყოფის დაწყებამდე. ხსნარს კოლბში აორთქლებენ ამოშრობამდე.

**შ ე ნ ი შ ვ ნ ა 2.** დეკალცირებისათვის კარბონატული ნიადაგის წონაკს ასხამენ დაახლოებით კარბონატების შემცველობის ექვივალენტური რაოდენობით 1 n HCl-ის ხსნარს, ან, თუკი კარბონატების შემცველობა უცნობია, მაშინ მარილმჟავას ხსნარს

## ასხამენ მცირე ულუფებით მუდმივი შერევით შიშინის (შხუილის) შეწყვეტამდე.

ამატებენ 200-250 მლ 0,1 n HCl და ამონმებენ კარბონატების სრულ გამოლექვას. თავისუფალი HCl-ის კონცენტრაცია ხსნარში ახლოს უნდა იყოს 0,1 n-თან. მეორე დღეს გაფილტრავენ, კვლავ ჩარეცხავენ 0,1 n HCl-ით  $\text{Ca}^{2+}$ -ის მოცილებამდე, შემდეგ კი  $\text{H}_2\text{SO}_4$ -ის 0,1 n ხსნარით ქლორის მოცილებამდე.

მარილმჟავას ხსნარში ქლორ-იონების დიდი რაოდენობით არსებობა, რომელიც იჟანგება ქრომის ნარევით, ხელს უშლიან ნახშირბადის განსაზღვრას. ამიტომ, კარბონატების შემცველ ნიადაგებში ორგანული ნივთიერების მჟავახსნადი ფრაქციის დაახლოებითი აღრიცხვისათვის, ნიადაგის ცალკეულ წონაკს ასხამენ 0,1 n  $\text{H}_2\text{SO}_4$ -ის ხსნარს (200 მლ), როგორც ეს არის აღწერილი არაკარბონატული ნიადაგებისათვის, და განსაზღვრავენ ხსნარში ორგანულ ნახშირბადს. ამ შემთხვევაში ძაბრზე ნიადაგის წონაკს არ რეცხავენ და ფილტრატის მიყვანა განსაზღვრულ მოცულობამდე საჭირო არ არის.

## ნიადაგის დეკალცირების შემდეგ ტუტე გამონაწური (0,1 n NaOH-გამონაწური №2)

აღნიშნულ ხსნარში გადადიან ჰუმინის და ფულვომჟავები, რომლებიც გამოძევდებიან ტუტით, სავარაუდოდ დაკავშირებული არიან კალციუმთან და ტუტეში იხსნებიან მხოლოდ ნიადაგის დეკალცირების შემდეგ.

**ანალიზის მსვლელობა.** ნიადაგის დეკალცირების შემდეგ მაშინვე ტენიან წონაკს ზედმიწევნით კარგად და ფრთხილად ჩარეცხავენ (ჩამრეცხის გამოყენებით) ქალაღის ფილტრიდან იგივე 200 მლ-იან კოლბში 0,1 n NaOH ხსნარით. აღნიშნული ოპერაცია მოითხოვს დიდ სიზუსტეს და სიფრთხილეს. კოლბს ახურავენ 10-15 სმ დიამეტრის ძაბრს მოკლე და განიერი დაბოლოებით. დარჩენილი ტუტით რეცხავენ კოლბში ჩადგმულ ფართოყელიან ძაბრს. თუკი ტუტის აღებული რაოდენობა არ აღმოჩნდა საკმარისი ფილტრიდან ნიადაგის ჩასარეცხად,

საჭიროა დაემატოს ჩამრეცხ ჭურჭელში კიდევ 50 ან 100 მლ 0,1 n NaOH-ის ხსნარი და გაგრძელდეს ჩარეცხვა. კოლბს ახურავენ საცობს ან მინას და ტოვებენ 20-24 საათის განმავლობაში პერიოდული შენჯღრევით. შემდეგ, პიპეტით ამატებენ 50 მლ  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ -ის ნაჯერ ხსნარს გელის (ჰუმინის მჟავების ნალექი) კოაგულაციისათვის და ფილტრაციის დაჩქარებისთვის, შეურევენ, აყოვნებენ 10-15 წუთით. კვლავ შეურევენ და მაშინვე ფილტრავენ ქალაღდის ფილტრით, რომელზეც გადააქვთ ხსნარი ნიადაგთან ერთად. კოლბში და ძაბრზე დარჩენილ ნიადაგს ჩარეცხავენ  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ -ის 1-2%-იანი ხსნარით ჩანარეცხი წყლის მთლიანად ან თითქმის სრულ გაუფერულებამდე. ხსნარს ჩარეცხილ წყალთან ერთად მიიყვანენ განსაზღვრულ მოცულობამდე და შეურევენ.

ცალკეულ ულუფებში განსაზღვრავენ ორგანული ნახშირბადის შემცველობას და ჰუმინის მჟავას ნახშირბადს ტიურინის მიხედვით, ხილო, ფულვომჟავას ნახშირბადის შემცველობას ანგარიშობენ - ხსნარში საერთო ნახშირბადის შემცველობასა და ჰუმინის მჟავას ნახშირბადს შორის სხვაობით. იმავე ხსნარში პოულობენ ჰუმინის მჟავას ოპტიკური სიმკვრივის ინდექსს, რომელიც განსაზღვრულია ლურჯი შუქფილტრით. ოპტიკური სიმკვრივის ინდექსის განსაზღვრისათვის იყენებენ ჰუმინის მჟავას ხსნარს 0,1 n NaOH-ში pH-ით 12-13. გაზომვა ტარდება ფოტოელექტროკოლორიმეტრზე ან სპექტროფოტომეტრზე 430 მმკ ტალღის სიგრძეზე და ხსნარის შრის სისქე – 1 სმ პირობებში. შედეგები გამოისახება ინდექსით  $E_{c}^{430}$ , რომელსაც ღებულობენ ექსტინქციის მაჩვენებლის - E გაყოფით ხსნარში ორგანული ნახშირბადის შემცველობაზე (მგ/მლ).

## ტუტე გამონაწერი წყლის აბაზანაზე გაცხელებით (0,02 n NaOH-გამონაწერი № 3)

აღნიშნულ გამონაწერში გადადიან თიხა მინერალებთან და ერთნახევარი ჟანგეულების მდგრად ფორმებთან მჭიდროდ შეკავშირებული ჰუმინის მჟავები და ფულვომჟავები.

**ანალიზის მსვლელობა.** წინა ხსნარის (ტუტე) შემდეგ ნარჩენ ნიადაგს ტენიან მდგომარეობაში ჩარეცხავენ იგივე 200 მლ-იან კოლბში 70-80<sup>0</sup>-მდე გაცხელებული 0,02 n NaOH ხსნარით. სითხის აორთქლებისაგან დასაცავად კოლბს ახურავენ საათის მინას და აცხელებენ ადულებულ წყლის აბაზანაზე 6 საათის განმავლობაში.

აცივებენ ხსნარს ოთახის ტემპერატურამდე. ამატებენ ცილინდრით 50 მლ Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>-ის ნაჯერ ხსნარს. გაფილტრავენ და ფილტრზე ნარჩენ ნიადაგს ჩარეცხავენ, ისე როგორც ეს არის აღწერილი წინა გამონაწერის შემთხვევაში. ხსნარი ჩარეცხილ წყლებთან ერთად მიჰყავთ განსაზღვრულ მოცულობამდე, შეურევენ და მასში აწარმოებენ იგივე განსაზღვრებს, როგორც წინა ტუტე გამონაწერებში.

### ჰუმუსის ნარჩენის (ნაშთის) განსაზღვრა

მეთოდის ავტორები რეკომენდაციას იძლევიან ჰუმუსის ნარჩენის (ნაშთის) ნახშირბადი განისაზღვროს – ნიადაგში ორგანული ნახშირბადის საერთო შემცველობასა და ჰუმუსოვანი ნივთიერებების ყველა გამოძვებულ ფრაქციაში ნახშირბადის ჯამს შორის სხვაობით, გარდა უშუალოდ 0,1 n NaOH - გამონაწერი №1-ის ნახშირბადისა.

აღწერილი მეთოდიკა საშუალებას იძლევა ნიადაგის ჰუმუსის შედგენილობაში განისაზღვროს ჰუმინის მჟავების სამი ფრაქცია და ფულვომჟავების ოთხი ფრაქცია.

**ჰუმინის მჟავები.** ფრაქცია 1 – უშუალოდ 0,1 n NaOH-ში ხსნადი, თავისუფალი და ერთნახევარი ჟანგეულების მოძრავი ფორმებით შებოჭილი;



ფრაქცია 2 – 0,1 n NaOH-ში ხსნადი მხოლოდ ნიადაგის დეკალცირების შემდეგ და ძირითადად კალციუმით შებოჭილი.

ფრაქცია 3 – 0,02 n NaOH-ში ხსნადი წყლის აბაზანაზე 6 საათი გაცხელებით, თიხა მინერალებით და ერთნახევარი ჟანგეულების მდგრადი ფორმებით მჭიდროდ შებოჭილნი.

**ფულვომჟავები.** ფრაქცია 1 ა – 0,1 n H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>-ში ხსნადი ნიადაგის დეკალცირებისას, თავისუფალი და ერთნახევარი ჟანგეულების მოძრავი ფორმებით შებოჭილი (ეგრეთწოდებული „აგრესიული“ ფრაქცია).

ფრაქცია 1 – უშუალო 0,1 n NaOH-ში ხსნადი და შებოჭილი ნიადაგში ჰუმინის მჟავების ფრაქცია 1-თან.

ფრაქცია 2 – 0,1 n NaOH-ში ხსნადი მხოლოდ ნიადაგის დეკალცირების შემდეგ და შებოჭილი ჰუმინის მჟავების ფრაქცია 2-თან.

ფრაქცია 3 – 0,02 n NaOH-ში ხსნადი 6 საათი გაცხელებით წყლის აბაზანაზე, მჭიდროდ შებოჭილნი ჰუმინის მჟავების ფრაქცია 3-თან.

ფრაქციების 1 და 3 ჰუმინის მჟავების რაოდენობას პოულობენ დამატებითი გადაანგარიშებების გარეშე, „უშუალოდ ტუტე გამონაწურის“ და „ტუტე გამონაწური გაცხელებით“ ანალიზების შესაბამისი შედეგების მიხედვით. ფრაქცია 2-ის ჰუმინის მჟავების რაოდენობას პოულობენ „უშუალო ტუტე გამონაწურის“ ანალიზის შედეგების გამოკლებით „ტუტე გამონაწურის დეკალცირების შემდეგ“ ანალიზის შედეგებიდან.

ფულვომჟავების ფრაქცია 1 ა შეესაბამება დეკალცირების ანალიზის შედეგებს, ფრაქცია 3 – ტუტე გამონაწურში ფულვომჟავების შემცველობის განსაზღვრას გაცხელების პირობებში. ფულვომჟავების ფრაქცია 1 გამოიანგარიშება როგორც სხვაობა „უშუალოდ ტუტე გამონაწურში“ ფულვომჟავების შემცველობასა და დეკალციტში შემცველობას შორის. იმისათვის რიმ ვიპოვოთ ფულვომჟავების ფრაქცია 2, აჯამებენ დეკალციტში და ტუტე ხსნარში დეკალცირების შემდეგ რაოდენობას, ნაპოვნს უშუალო ტუტე გამონაწურში.

ჰუმუსის ჯგუფობრივი და ფრაქციული შედგენილობის განსაზღვრის შედეგები გამოისახება „%-ობით ნიადაგის წონაკიდან“ და „%-ობით სანყის ნიადაგში ნახშირბადის საერთო რაოდენობიდან“. ყველა გაანგარიშება ტარდება ნახშირბადის მიხედვით.

ჰუმინის მჟავების და ფულვომჟავების სხვადასხვა ჯგუფების ნახშირბადის რაოდენობას პოულობენ ისევე, როგორც ტიურინის მეთოდით საერთო ნახშირბადის რაოდენობას. თუკი ანგარიშობენ შემცველობას %-ობით ნიადაგის წონაკიდან, მაშინ

$$C_{\text{ჰმ(ფმ)}} = [(a - b) \cdot n \cdot 0,003 \cdot 100] : H, \text{ სადაც}$$

**a** – არის მორის მარილის რაოდენობა, რომელიც დაიხარჯა ბიქრომატის სანყისი ხსნარის დატიტვრაზე, მლ; **b** – მორის მარილის რაოდენობა, რომელიც დაიხარჯა ჭარბი ბიქრომატის დატიტვრაზე ჰუმუსოვანი ნივთიერებების დაჟანგვის შემდეგ, მლ; **n** – მორის მარილის ნორმალობა; **H** – ნიადაგის წონაკი, რომელიც შეესაბამება ჰუმუსოვანი ნივთიერებების ხსნარის მოცულობას, აღებული ნახშირბადის განსაზღვრისათვის ე.ი. ყველა თანმიმდევრული განზავებების გათვალისწინებით.

ცალკეული ჯგუფებისა და ფრაქციების ნახშირბადის შემცველობას %-ობით ნახშირბადის საერთო რაოდენობიდან, პოულობენ ფორმულით:

$$C_{\text{ჰმ(ფმ)}} = [(a - b) \cdot n \cdot 0,003 \cdot 100] : (H \% C_{\text{საერთო}}) ;$$

ჰუმინის რაოდენობას (%-ობით ნიადაგიდან) ანგარიშობენ ისევე, როგორც ჰუმუსის საერთო შემცველობას, მხოლოდ ჯგუფობრივი შემადგენლობის ანალიზის მსვლელობისას წონაკის შემცირებაზე შესწორების შეტანით:

$$C = [(a - b) \cdot n \cdot 0,003 \cdot 100 \cdot \delta_1] : (H \delta_2) ;$$

სადაც, **H** – არის ნარჩენი (ნაშთი) ნიადაგის წონა, აღებული ჰუმინის განსაზღვრისათვის, გ; **δ<sub>1</sub>** – ნიადაგის მასა აღებული ჰუმუსის ჯგუფობრივი შემადგენლობის განსაზღვრისათვის; **δ<sub>2</sub>** –

ნარჩენი (ნაშთი) ნიადაგის მასა ხსნადი ჰუმუსოვანი ნივთიერებების გამოყოფის შემდეგ, გ;

ჰუმინის ნახშირბადის შემცველობას (%-იბით  $C_{საერთო}$ -დან) პოულობენ ფორმულით:

$$C_3 = [(a - b) \cdot n \cdot 0,003 \cdot 100 \cdot 62 \cdot 100] : (n \cdot n_1 \cdot \% C_{საერთო}) ;$$

ჰუმუსის ჯგუფობრივი და ფრაქციული შედგენლობის განსაზღვრას აქვს არსებითი ნაკლი, რომელიც ნიადაგის ორი სხვადასხვა წონაკის გამოყენებას უკავშირდება. აღნიშნულს იქამდე მივყავართ, რომ მრავალი ნიადაგიდან უშუალო NaOH-ხსნარში გადადიან მეტი ჰუმინის მჟავები, ხოლო, კალციუმთან სავარაუდო შებოჭილები აღმოჩნდებიან ნულზე დაბლა. ეს ჩვეულებრივ გვხვდება ფუძეებით არამაძღარ ნიადაგებში (კორდიან-ენერი, წითელმინა, მუქი წითელი ფერალიტური). დ.ს. ორლოვი აღნიშნულს შემდეგი მიზეზებით ხსნის: თუკი ნიადაგში პრაქტიკულად არ არის კალციუმის ჰუმატები, მაშინ მეთოდის მიხედვით ჰუმინის მჟავების გამოსავალი ერთნაირი უნდა იყოს როგორც უშუალო NaOH-ხსნარში, ასევე დეკალცირების შემდეგ ხსნარში. ოღონდ, დეკალცირების მსვლელობისას ნიადაგის დამუშავება მჟავით, რამდენადმე ცვლის ნიადაგის ორგანულ ნაწილს. ერთი მხრივ, მიმდინარეობს ჰუმინის მჟავების ნაწილობრივი ჰიდროლიზი, რომლის შედეგად ჩამოცილდება გვერდითი, პერიფერიული ჯგუფები, რაც ადაბლებს ჰუმინის მჟავას შემდგომ გამოყოფას ტუტე ხსნარში, მეორე მხრივ, იხსნება და ჰიდროლიზდება ნიადაგიდან ისეთი ნივთიერებები, როგორიცაა ჰემიცელულოზა, პოლიპეპტიდები, რომლებიც გადადიან რა „უშუალო NaOH-ხსნარში“, შეძლებენ შემდეგ გამოილექონ ჰუმინის მჟავებთან ერთად, განსაკუთრებით მინერალური კოლოიდების თანაარსებობისას. აღნიშნულმა შეიძლება გამოიწვიოს ჰუმინის მჟავა ფრაქცია 1-ის რაოდენობის გაზრდა. ასეთ ეფექტს ჩვეულებრივ ადგილი აქვს ნიადაგებში, რომელთა ფუძეებით მაძღრობის ხარისხი 50%-ზე დაბალია.

## ჰუმუსის შედგენილობის დაჩქარებული განსაზღვრა პიროფოსფატის მეთოდით – კონონოვასა და ბალჩიკოვას მიხედვით

პიროფოსფატის მეთოდის გამოყენება საშუალებას იძლევა დაჩქარდეს ჰუმუსოვანი ნივთიერებების გამოყოფა ნიადაგიდან. წყლისა და ტუტე ხსნარებში კალციუმის, რკინის და ალუმინის პიროფოსფატები ძნელად ხსნადია. ნატრიუმის პიროფოსფატის –  $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$  კალციუმისა და ერთნახევარი ჟანგეულების ჰუმატებთან ურთიერთმოქმედებით წარმოიქმნება  $\text{Ca}_2\text{P}_2\text{O}_7 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  და  $\text{Fe}_4(\text{P}_2\text{O}_7)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$  ტიპის შენაერთები, წყალში უხსნადი, მაგრამ ნაწილობრივ ხსნადი პიროფოსფატის სიჭარბის პირობებში კომპლექსური მარილების წარმოქმნით. ამიტომ, ნატრიუმის ჰუმატის წარმოქმნის რეაქცია მიმდინარეობს მთელი სისრულით და ჰუმატების გამოსავალი ერთჯერადი ექსტრაქციის დროს მაღალია. მჟავების მოქმედებისაგან განსხვავებით პიროფოსფატი დეკალცირების დროს არ იწვევს ერთნახევარი ჟანგეულების არასილიკატური ფორმების დაშლას და არ გამოდევნის (გამოყოფს) ალუმინს და რკინას დედაქანისაგან. კონონოვას მიხედვით ყველაზე დიდი რაოდენობით ჰუმუსოვანი ნივთიერებები გამოძევდება ნატრიუმის პიროფოსფატის ტუტე ხსნარით, რომლის pH 13-მდეა. აღნიშნულის გამო პიროფოსფატის გამოყენება გარკვეულწილად ნიადაგის დეკალცირების შემცველია.

ჰუმუსოვანი ნივთიერებების გამოძევება ნიადაგიდან წარმოებს ნატრიუმის პიროფოსფატის და NaOH-ის ნარევით, რომლის 1 ლ ხსნარი შეიცავს 44,6 გ  $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$  და 4 გ NaOH; ნატრიუმის პიროფოსფატის კონცენტრაცია ასეთ ხსნარში შეესაბამება 0,1 M და NaOH – 0,1 n; ნარევის pH 13-მდეა ჰუმუსის შედგენილობის განსაზღვრის დაჩქარებული პიროფოსფატური მეთოდით გამორიცხულია (განსაკუთრებით კარბონატული ნიადაგების შემთხვევაში) ნიადაგის დეკალცირების ხანგრძლივი პროცესი. ხანგრძლივი ჩარეცხვების ნაცვლად გამოიყენება ნიადაგის ერთჯერადი დაყოვნება ნატრიუმის პიროფოსფატის და

NaOH-ის ნარევით, წყლით შემდგომი ჩარეცხვის გარეშე, რაც ასევე მნიშვნელოვნად ამცირებს ანალიზის დროს.

ნიადაგის ამგვარად დამუშავების დროს ჰუმუსოვანი ნივთიერებების რაოდენობა, ავტორის მონაცემებით, ახლოა ტიურინის შემოკლებული სქემით მიღებულ შედეგებთან (ჰუმუსოვანი ნივთიერებები, გამოძევებული NaOH – 0,1 n ხსნარით დეკალცირებული ნიადაგიდან, და დეკალციტის ნივთიერებები). პიროფოსფატურ ხსნარში გადადიან ჰუმუსოვანი ნივთიერებები – თავისუფალი და რკინისა და ალუმინის არასილიკატური ფორმებით შებოჭილნი, და, აგრეთვე, კალციუმთან შებოჭილნი. აღნიშნული ორი ფრაქციის განცალკავება წარმოებს ჰუმუსოვანი ნივთიერებების რაოდენობის დამატებითი განსაზღვრის გზით, როცა მათი გამოძევა არადეკალცირებული ნიადაგიდან ხდება NaOH – 0,1 n ხსნარით.

**ანალიზის მსვლელობა.** ტექნიკურ სასწორზე წონიან 10 გრამ ნიადაგს, გადაიტანენ 250-300 მლ მოცულობის კონუსურ კოლბში. ამატებენ ცილინდრით 200 მლ ახლადმომზადებულ ნატრიუმის პიროფოსფატის ხსნარს და ნახშირმყავა აირისაგან იზოლაციისთვის ახურავენ რეზინის საცობს. კოლბას ხსნარით აყოვნებენ 16-18 საათის განმავლობაში, რამდენჯერმე შეურევენ. ამატებენ პიპეტით 50 მლ  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ -ის ნაჯერ ხსნარს (ე.ი. სითხის მოცულობის 1/4 რაოდენობით) კოაგულაციისთვის და ფილტრაციის დაჩქარებისთვის; ტოვებენ 15-20 წუთით, შეურევენ და ფილტრავენ 15-17 სმ დიამეტრის ქალაღის ფილტრით; ფილტრატის პირველ ულუფებს კვლავ დააბრუნებენ ფილტრზე მანამ, სანამ ფილტრატი არ გახდება გამჭვირვალე. პიპეტით იღებენ 2-დან 50 მლ-მდე ფილტრატს (დამოკიდებულია შეფერილობის ინტენსივობაზე) საერთო ნახშირბადის განსაზღვრისათვის. აორთქლებენ ეტერნიტულ ქურაზე, ამოშრობის დასასრულამდე გადაიტანენ წყლის აბაზანაზე; საზღვრავენ ნახშირბადის რაოდენობას ტიურინის მიხედვით, გამომწვარი პემზის დამატებით. განსაზღვრას ატარებენ ორი პარალელით.

**ჰუმინის მყავების შემცველობის განსაზღვრა.** პიპეტით იღებენ 20-50 მლ პიროფოსფატულ ხსნარს 100 მლ მოცულობის

კონუსურ კოლბში. პიპეტით ამატებენ შესაბამისად 10 ან 25 მლ გოგირდის მჟავას 1,0 n ხსნარს, რითაც ხსნარის pH მიჰყავთ 1,3-1,5-მდე. კოლბს დგამენ წყლის აბაზანაზე და 70-80° ტემპერატურაზე აცხელებენ ჰუმინის მჟავების ფანტელების ნარმოქმნამდე და შენარჩუნებამდე. თბილ ხსნარს გაფილტრავენ საშუალო ზომის ქაღალდის ფილტრით (თეთრი ზოლით).

კოლბში და ფილტრზე ჰუმინის მჟავების ნალექს ფულვომჟავების მინარევების მოცილებისათვის 2-3-ჯერ ჩარეცხავენ გოგირდის მჟავას სუსტი ხსნარით (0,05-0,1 n); ძაბრს ჰუმინის მჟავების ნალექით დგამენ იმავე კოლბში, რომელშიც ჩატარდა დალექვა. ნალექს ფილტრზე და კოლბში ჩამრეცხის გამოყენებით ხსნიან 0,1 n NaOH-ის ცხელი ხსნარის მცირე ულუფებით. ხსნარს აცივებენ, გადააქვთ 100 მლ მოცულობის საზომ კოლბში, რამდენჯერმე გამოავლებენ წყალს მცირე ულუფებით, მიიყვანენ წყლით ნიშანხაზამდე, შეურევენ. ჰუმინის მჟავების ნახშირბადის განსაზღვრისათვის პიპეტით იღებენ 5-25 მლ ფილტრატს კონუსურ კოლბში და ჰუმინის მჟავების ნახშირბადს საზღვრავენ ტიურინის მიხედვით. ფულვომჟავების ნახშირბადს ანგარიშობენ ტუტე გამონაწურის საერთო ნახშირბადსა და ჰუმინის მჟავების ნახშირბადს შორის სხვაობით.

თავისუფალი და  $R_2O_3$  მოძრავი ფორმებით შებოჭილი ჰუმინის მჟავები ისაზღვრება უშუალო ტუტე ხსნარის დახმარებით არადეკალცირებული ნიადაგიდან. ანალიზის მსვლელობა ისეთივეა, როგორც პონომარევა და პლოტნიკოვას მეთოდით.

### **რეაქტივები:**

1. ნატრიუმის პიროფოსფატი NaOH-ით: 44,6 გ  $Na_4P_2O_7 \cdot 10 H_2O$  და 4 გ NaOH ხსნიან მცირე რაოდენობით გამოხდილ წყალში და მიჰყავთ მოცულობა 1 ლიტრამდე.

2. 1,0 n  $H_2SO_4$ : 28 მლ კონცენტრირებული  $H_2SO_4$  (d 1,84) 1 ლ წყალხსნარზე.

3. 0,05 n NaOH: 2 გ NaOH ხსნიან 1 ლ გამოხდილ წყალში.

ფორმა 1  
(სამუშაო)

ორგანული ნახშირბადის C შემცველობა ნიადაგის  
გამონაწერებში

მაჩვენებელი	C საერთო ნიადაგი, %	უშუალო 0,1 n NaOH – ხსნარი, № 1			0,1 n H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> - ხსნარი	0,1 n NaOH- ხსნარი დეკალცირების შემდეგ, №2			0.02 n NaOH- ხსნარი, №3		
		C საერთო	C ჰუმინ. მჟავა	C ფულვ.მჟ.		C საერთო	C ჰუმინ. მჟავა	C ფულვ.მჟ	C საერთო	C ჰუმინ. მჟავა	C ფულვ.მჟ.
% ნიადაგიდან	3,44	0,35	0,07	0,28	0,12	1,45	1,11	0,34	0,60	0,29	0,31
% C საერთოდან ნიადაგში	100	10,2	2,0	8,2	3,4	42,1	32,2	9,9	17,5	8,5	9,0

ფორმა 2

(შედგენა ხდება ფორმა 1-ის მონაცემების მიხედვით)  
C ჰუმუსის ფრაქციის, % C საერთოდან ნიადაგში.

C საერთო ნიადაგში, %	C ჰუმინ მჟავა				C ფულვ.მჟ.					C ჰუმ.მჟ+C ფულ.მ	C ჰუმ.მ :C ფულ.მ.	მგ/მლ E/C ჰუმ.მ
	1	2	3	ჯამი	1ა	1	2	3	ჯამი			
3,44	2,0	30,2	8,5	40,7	3,4	4,8	5,1	9,0	22,3	63,0	1,8	20,2

## ნიადაგის წყლით გამონაწერი

წყლით გამონაწერი წარმოდგენას გვაძლევს ნიადაგში წყალ-ხსნადი ნივთიერების შემცველობაზე. იგი თავისი შედგენილობით ნიადაგის ბუნებრივ ხსნარს უახლოვდება.

ნიადაგიდან წყლით გამონაწერში გადადის ადვილადხსნადი ნივთიერებები – როგორც მინერალური ისე ორგანული, ასევე მიკროელემენტების წყალხსნადი შენაერთების იონები. წყალში ხსნად ნივთიერებათა საერთო რაოდენობა ნიადაგში დიდი არ არის. ამ მხრივ გამონაკლისია მლაშე და ბიცობი ნიადაგები.

წყლით გამონაწერი – ნიადაგის კვლევის ერთ-ერთი ძველი მეთოდია. მე-19 საუკუნის ბოლოდან წყლით გამონაწერი გახდა დამლაშებული ნიადაგების კვლევის ძირითადი მეთოდი, რომლითაც შეიძლება დავადგინოთ ნიადაგის დამლაშების ხარისხი და ხასიათი. წყლით გამონაწერის მეთოდით სარგებლობენ ნიადაგში მიმდინარე პროცესების დინამიკის კვლევისას, ნიადაგში საკვები ნივთიერებების რეჟიმის შესწავლისას, მათში მცენარისათვის მავნე შენაერთების არსებობის დასადგენად და მრავალი სხვა პრაქტიკული ამოცანების გადასაწყვეტად.

არადამლაშებული ნიადაგების პერიოდული გამოკვლევა წყლით გამონაწერის მეთოდით შესაძლებლობას იძლევა დავაკვირდეთ არეს რეაქციის (pH), ამიაკის, ნიტრატების, ნიტრიტების, კალციუმის, კალიუმის, ფოსფორის მჟავას, ხსნადი ორგანული ნივთიერებებისა და სხვათა დინამიკას.

pH-ის, ხსნადი მარილების, ტუტეანობის და წყლით გამონაწერის სხვა კომპონენტების დინამიკის დადგენა საშუალებას იძლევა დავასკვნათ: შეუძლია თუ არა აღნიშნულ ნიადაგს უზრუნველყოს მცენარის მოთხოვნილების დაკმაყოფილება და რა ღონისძიებები უნდა გავატაროთ იმისათვის, რომ ნიადაგის ნაყოფიერება გაუმჯობესდეს.



## ნიადაგის წყლით გამონაწურის მომზადება

ტექნიკურ სასწორზე ანონილ 100 გრამ ჰაერმშრალ ნიადაგს\* ათავსებენ 750 მლ მოცულობის კონუსურ კოლბში და ამატებენ 500 მლ გამობდილ წყალს (შეფარდება 1 : 5).

კოლბს ახურავენ საცობს და მასში მოთავსებულ ხსნარს ანჯღრევენ 3 წუთის განმავლობაში. ამის შემდეგ ხსნარს ფილტრავენ დაკეცილი ფილტრით.

გაფილტვრისათვის იყენებენ 12–15 სმ დიამეტრის ძაბრს ძაბრში ჩაფენილი ფილტრი არ უნდა აღწევდეს ძაბრის კიდემდე.

გამონაწურში ყველა სახის ტუტინაობის განსაზღვრისას, აუცილებელია გამობდილი წყლის წინასწარ განთავისუფლება ნახშირმჟავასაგან, მისი ხანგრძლივი დუღილით საწყისი მოცულობის 2/3-მდე. დუღილის დამთავრების შემდეგ კოლბს ჰერმეტიულად ახურავენ ნატრიუმის კირით სავსე მინის მილიან რეზინის საცობს.

გარდა ამისა, თუ წყლით გამონაწურში საზღვრავენ ამონიაკს და წყალხსნად ორგანულ ნივთიერებას, მაშინ საჭიროა, რომ გამობდილი წყალი სრულებით არ შეიცავდეს აღნიშნულ ნივთიერებებს.

უამონიაკო გამობდილ წყალს შემდეგნაირად ღებულობენ: იღებენ სუფთა სინჯარას, მასში ათავსებენ 5 მლ გამობდილ წყალს და ამატებენ რამდენიმე წვეთ ნესლერის რეაქტივს. თუ ამ დროს გამობდილმა წყალმა მიიღო მოყვითალო შეფერილობა მასში ყოფილა ამონიაკი და საჭიროა მისი მოცილება, რასაც შემდეგნაირად აწარმოებენ: 2 ლ გამობდილ წყალს ათავსებენ კოლბში. მასში ჩაუშვებენ წითელი ლაკმუსის ქალაღდის 2-3 ნაგლეჯს, შემდეგ სისტემატური ნჯღრევით ამატებენ სოდას და აკვირდებიან ლაკმუსის ქალაღდის ფერის შეცვლას. როცა წითელი ლაკმუსის

---

\* მცენარის საკვები ელემენტების დინამიკის შესწავლისას და აგრეთვე ზოგიერთ სხვა შემთხვევაში, გამონაწურს ამზადებენ ნიადაგის ახლად აღებულ ტენიან ნიმუშში, რისთვისაც საჭიროა მასში ჰიგროსკოპული წყლის განსაზღვრა.

ქალღმერთი ფერს იცვლის და ღებულობს მოლურჯო-იასამნის ფერს, მაშინვე წყვეტენ სოდის დამატებას. ამ დროს წყლის რეაქცია სუსტი ტუტეა. ამის შემდეგ წყალს ადულებენ ოთახში (სადაც ამონიაკი არ არის) მანძაღე, სანამ მთლიანი მოცულობის 1/4 არ აორთქლდება. შემდეგ წყალს აცივებენ და ჰერმეტიკულად ახურავენ რეზინის საცობს. ამონიაკის განსაზღვრის წინ საჭიროა იგი შემოწმდეს ნესლეის რეაქტივით და თუ არანესიერად შენახვის შედეგად წყალში აღმოჩნდება ამონიაკი, საჭიროა მისი კვლავ ადულება.

გამჭვირვალე, სუფთა ფილტრატის დაჩქარებით მიღებისათვის, აუცილებელია გამონაწერი კარგად შეამღვრიონ და რაც შეიძლება მეტი ნიადაგით გადაიტანონ ფილტრზე. ნიადაგის ნაწილაკები ავსებენ რა ფილტრის ფორებს, მიიღება სუფთა ფილტრატი. ფილტრატის პირველ ულუფას, თუკი ის მღვრიეა, ხელმეორედ დააბრუნებენ ძაბრში (ფილტრზე). ამ ოპერაციას იმეორებენ სრულიად გამჭვირვალე ფილტრატის მიღებამდე. ფილტრაციის დროს ჩაინიშნება ფილტრატის ფერი და გამჭვირვალობა. წყლით გამონაწერის ანალიზს იწყებენ გაფილტვრის დამთავრებისთანავე. თუკი გაფილტვრა ნელა მიმდინარეობს, მაშინ ტუტიანობის და ქლორიდების განსაზღვრას იწყებენ გაფილტვრის დამთავრებისთანავე.

შემღვრეული ფილტრატის დასაწმენდად იყენებენ გააქტივებულ ნახშირს, რისთვისაც 3 გ ნახშირს ჩაამატებენ 500 მლ გამონაწერში, კარგად შეანჯღრევენ და შემდეგ ფილტრავენ.

გამონაწერის ანალიზის გადადება არ შეიძლება, რადგან იგი წარმოადგენს მიკროორგანიზმების გამრავლება-განვითარების საუკეთესო არეს. ეს ორგანიზმები შთანთქავენ ხსნად ნივთიერებებს, ამით ამცირებენ ამ ნივთიერებების ფარდობით რაოდენობას გამონაწერში და ცვლიან მის რეაქციას (pH). თუ წყლით გამონაწერის ანალიზის სწრაფად ჩატარება არ ხერხდება, მაშინ მიკრობიოლოგიური პროცესების შესანელებლად საჭიროა კოლბში არსებულ ფილტრატს დაემატოს 2-3 წვეთი ტოლუოლი, კოლბს დაახურონ რეზინის საცობი და მასში არსებული ხსნარი კარგად შეანჯღრიონ.

წყლით გამონაწურის ანალიზის დაწყებამდე რეკომენდებულია წინასწარ ჩატარდეს თვისებითი რეაქციები მასში ქლორის, სულფატიონის და კალციუმის შემცველობაზე (თუკი გათვალისწინებულია ამ კომპონენტების განსაზღვრა წყლით გამონაწურში).

**თვისებითი რეაქცია ქლორზე.** სინჯარაში ათავსებენ 5 მლ-მდე წყლით გამონაწურს, შეამჯავებენ აზოტის მჟავით და უმატებენ 2-3 წვეთ 5%-იან აზოტმჟავა ვერცხლის ხსნარს. ხსნარში ქლორის შემცველობისას მიიღება თეთრი ნალექი ან წარმოიქმნება სუსტი სიმღვრივე (დამოკიდებულია ქლორის შემცველობაზე).

**თვისებითი რეაქცია  $\text{SO}_4^{2-}$ -ის იონზე.** ხსნარს (5-7 მლ) ათავსებენ სინჯარაში, შეამჯავებენ მარილმჟავას რამდენიმე წვეთით. ამატებენ 4-5 წვეთ ბარიუმის ქლორიდის 10%-იან ხსნარს.  $\text{SO}_4^{2-}$ -ის იონის შემცველობისას ხსნარში გამოიყოფა თეთრი ნალექი

**თვისებითი რეაქცია კალციუმზე.** სინჯარაში ათავსებენ 5-7 მლ წყლის გამონაწურს, ამატებენ 3 წვეთ 10 %-იან ძმარმჟავას და 7-8 წვეთ მჟაუნმჟავა ამონიუმის ნაჯერ ხსნარს (4%). სინჯარაში მოთავსებულ ხსნარს აცხელებენ წყლის აბაზანაზე ან გაზქურაზე. ხსნარში კალციუმის არსებობისას გამოიყოფა თეთრი ნალექი.

### **წყლით გამონაწურის pH-ის მაჩვენებლის განსაზღვრა**

წყლის სუსპენზიის pH – ნიადაგის თვისებების ერთ-ერთი დამახასიათებელი მაჩვენებელია.

არსებული საერთაშორისო მეთოდით ნიადაგის სუსპენზიას ამზადებენ ნიადაგის წყალთან შეფარდებით – 1 : 2,5; მაგრამ, ბევრ შემთხვევაში, წყლით გამონაწურის pH-ის სიდიდეს საზღვრავენ იმ შეფარდების პირობებში, რომლითაც მომზადებულია ეს გამონაწური. განსაზღვრას ატარებენ ფილტრატში, ან ხსნარის გაფილტვრამდე სუსპენზიაში – რომელიც უფრო სწორია. ამისათვის ქიმიურ ჭიქაში მოათავსებენ 10-20 მლ სუსპენზიას და საზღვრავენ pH-ს pH – მეტრის დახმარებით. აღნიშნული განსაზღვრა საჭიროა ჩატარდეს პირველ რიგში,

რადგან დაყოვნებით pH-ის სიდიდე იცვლება. pH-ის მაჩვენებლის მიხედვით საზღვრავენ წყლით გამონაწურის ტუტეანობას ან მჟავიანობას.

### **წყლით გამონაწურის მშრალი ნაშთის განსაზღვრა**

მშრალი ნაშთი წარმოადგენს ნიადაგის ყველა წყალხსნადი მინერალური და ორგანული შენაერთების ჯამს, რომელთაც შეუძლიათ გადავიდნენ წყლით გამონაწურში. ჩვეულებრივ, მშრალი ნაშთის მაჩვენებლის მიხედვით მსჯელობენ ნიადაგის დამლაშების შესახებ. არადამლაშებულ ნიადაგებში მშრალი ნაშთის სიდიდე მერყეობს 0,01–0,3 %-ის ფარგლებში, ხოლო დამლაშებულ ნიადაგებში აღემატება 0,3%-ს.

**ანალიზის მსვლელობა.** წყლით გამონაწურის 25–50 მლ-ს (დამოკიდებულია  $Cl^-$  და  $SO_4^{2-}$ -ზე თვისებითი რეაქციის შედეგებზე) ათავსებენ წინასწარ მუდმივ წონამდე მიყვანილ (წონიან ანალიზურ სასწორზე) ფაიფურის ტიგელში ან ჯამზე (თუკი შემდეგში გათვალისწინებულია მშრალი ნაშთის გაყოფა მინერალურ და ორგანულ ნაწილად). ტიგელს ხსნარით ათავსებენ ქვიშის აბაზანაზე და ხსნარს აორთქლებენ ამოშრობამდე. თუკი ასაორთქლებლად საჭირო წყლით გამონაწურის მთლიანი რაოდენობა ერთბაშად ვერ მოთავსდება ტიგელში, მაშინ დარჩენილ რაოდენობას თანდათან, ცალკეული ულუფების სახით ამატებენ ხსნარის აორთქლების მიხედვით. ფაიფურის ჯამის გამოყენებისას უმჯობესია ხსნარი ავაორთქლოთ წყლის აბაზანაზე. აუცილებელია ყურადღებით დავაკვირდეთ ხსნარის აორთქლების დამთავრებას, რათა არ მოხდეს მშრალი ნაშთის დანაცვრა.

ხსნარის აორთქლების შემდეგ ტიგელს მშრალი ნაშთით ათავსებენ საშრობ კარადაში და აყოვნებენ  $105^{\circ}$  ტემპერატურაზე 4-5 საათის განმავლობაში, შემდეგ ტიგელს ნაშთით წონიან ანალიზურ სასწორზე და ანგარიშობენ მშრალი ნაშთის პროცენტს ჰაერმშრალ ნიადაგში შემდეგი ფორმულით:

$$X = [(a - b) \cdot 100] : m,$$

სადაც, X – არის მშრალი ნაშთის პროცენტი;

- a – ტიგელის წონა მშრალი ნაშთით;
- b – ცარიელი ტიგელის წონა;
- H – ნიადაგის წონა (გ) რომელიც შეესაბამება ასაორთქლებლად აღებული ხსნარის რაოდენობას;
- 100 – პროცენტებში გადასაყვანი რიცხვი.

### ცხრილი 9

#### ჩანაწერის ფორმა და ანგარიშის მაგალითი

ნიმუშის №	ნიადაგის წონა გრამობით	გამონაწერის მოსამზადებლად აღებული წყლის მოცულობა, მლ	განსაზღვრავად აღებული ხსნარის რ-ბა, მლ	ტიგელის ან ჯამის წონა	ტიგელის წონა, გ-ობით;		მშრალი ნაშთის წონა (გ-ობით);	მშრალი ნაშთი %-ობით.
					გამომშრობის შემდეგ წონა ნაშთით	ცარიელი		
50	100	500	50	100	24,9030	24,8125	0.0905	0,905

თუ მშრალ ნაშთს ყოფენ ორგანულ და მინერალურ ნაწილად, მაშინ საერთო მშრალი ნაშთის განსაზღვრის შემდეგ ფაიფურის ჯამში მოთავსებულ ნაშთს გამოწვავენ მუფელში 600<sup>0</sup> ტემპერატურაზე ორგანული ნივთიერების სრულ დაწვამდე.

გამონერთობის დასაწყისში, ჯამზე დარჩენილი ნაშთი მუქდება, ხოლო შემდეგ გათეთრდება. სასურველი ტემპერატურის მიღწევის შემდეგ გამოწვას აგრძელებენ 10-15 წუთის განმავლობაში. თუ ამ დროში ნაშთი არ გათეთრდა, ჯამს აცივებენ და მასზე მოთავსებულ ნაშთს ასველებენ რამდენიმე წვეთი გამობდილი წყლით. ნაშთს აშრობენ წყლის აბაზანაზე და ხელახლა დგამენ მუფელში. ორგანული ნივთიერების გამოწვის დამთავრების შემდეგ ფაიფურის ჯამს აცივებენ ექსიკატორში, წონიან ანალიზურ სასწორზე და შემდეგ ანგარიშობენ წყალხსნადი მინერალური ნივთიერებების პროცენტს შემდეგი ფორმულით:

$$m = [(a - b) \cdot 100] : H$$

სადაც, **m** არის მშრალი ნაშთის მინერალური ნაწილის პროცენტი;

**a** – ჯამის წონა გამოწრთობილი ნალექით;

**b** – ცარიელი ჯამის წონა;

**H** – ნიადაგის წონა (გ) რომელიც შეესაბამება ასაორთქლებლად აღებული ხსნარის რაოდენობას;

100 – პროცენტებში გადასაყვანი რიცხვი.

ვიცით რა საერთო მშრალი ნაშთის პროცენტი (X) და მშრალი ნაშთის მინერალური ნაწილის პროცენტი (**m**), ადვილად ვიპოვით მშრალი ნაშთის ორგანული ნაწილის პროცენტს მათი სხვაობით.

აუცილებელია მხედველობაში მივიღოთ ის ფაქტი, რომ ნიადაგში დიდი რაოდენობით ქლორიდების და კარბონატების არსებობისას, (რომელნიც გამოწვის პროცესში ნაწილობრივ ქროლდებიან) მშრალი ნაშთის ორგანული ნაწილის პროცენტი იქნება რამდენადმე გადიდებული, ხოლო მინერალური ნაწილის – შესაბამისად შემცირებული.

## ცხრილი 10

### ჩანაწერის ფორმა და ანგარიში

ნიმუშის №	ჯამის წონა, გ-ობით;		ჯამის ნომერი	ჯამის წონა, გ-ობით;		გამომწვარი ნაშთის წონა (გ-ობით)	მშრალი ნაშთის შედგენილობა, %-ობით		
	ნიადაგის წონა გრამობით	გამონაწურის მოსაშვად აღებული ნალექის მოცულობა, მლ		გამომწვარი ნაშთით	ცარიელი		მინერალური ნაწილი	ორგანული ნაწილი	
50	100	500	50	100	33,0833	33,0008	0,0825	0,825	0,080

## წყლით გამონანურის მინერალიზაციის განსაზღვრა მასში შემავალი იონების ჯამის მიხედვით

წყლით გამონანურის მშრალი ნაშთის აორთქლების, გამოშრობის და განსაკუთრებით გამონვის დროს მიმდინარეობს ხსნარიდან გამოყოფილი მარილების მნიშვნელოვანი ცვალებადობა. ამიტომ, მშრალი ნაშთი და გამონვის ნაშთი გვაძლევს მხოლოდ შეფარდებით წარმოდგენას წყლის გამონანურის მინერალიზაციის შესახებ. ხსნარში მინერალური ნივთიერების შემცველობის შესახებ უფრო სწორი წარმოდგენისათვის სარგებლობენ ძირითადი იონების პროცენტული შემცველობის ჯამის გაანგარიშებით.

ხსნარის საერთო მინერალიზაცია შეიძლება წარმოვიდგინოთ როგორც იონების ჯამი.

იონების ჯამი =  $\text{CO}_3^{2-} + \text{HCO}_3^- + \text{Cl}^- + \text{SO}_4^{2-} + \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + \text{Na}^+ + \text{K}^+$ ;

თუკი დანარჩენი იონების რაოდენობა აჭარბებს 0,1 მგ-ს 100გ ნიადაგზე, მაშინ, ანგარიშობენ მათ ჯამსაც.

$\text{Fe}^{3+}$  და  $\text{SiO}_3^{2-}$  შემცველობა გამონანურების უმრავლესობაში უმნიშვნელოა და იონების ჯამის ანგარიშისას მხედველობაში არ მიიღებიან.

## ტუტიანობის განსაზღვრა

დადგენილია, რომ ნიადაგის წყლის გამონანურში pH-ის განსაზღვრა სრულ წარმოდგენას არ გვაძლევს ხსნარის საერთო ტუტიანობასა და მის ბუნებაზე. ნიადაგის წყლით გამონანურის ტუტიანობა დამოკიდებულია მასში ტუტე მეტალთა (K, Na, Ca, Mg და სხვ.) კარბონატების და ბიკარბონატების არსებობაზე, აგრეთვე სილიციუმისა და ორგანულ მუავათა ტუტე მარილების შემცველობაზე.

წყლით გამონანურის ანალიზისას ჩვეულებრივად საზღვრავენ საერთო ტუტიანობას, რომელიც გამოწვეულია ყველა ზემოთ ჩამოთვლილი შენაერთების არსებობით; ტუტიანობას, რომელიც გამოწვეულია ნორმალური კარბონატებით და ტუტიანობას,

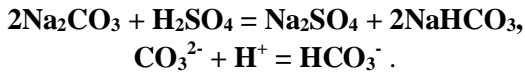
რომელიც გამონვეულია ტუტე მეტალთა ბიკარბონატების არსებობით.

### **ნორმალური კარბონატებით გამონვეული ტუტიანობის განსაზღვრა**

ნორმალური კარბონატებით გამონვეულ ტუტიანობას ხშირად ხსნადი კარბონატებით გამონვეულ ტუტიანობას უწოდებენ. ის განპირობებულია ნიადაგში  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  და აგრეთვე სილიციუმისა და ორგანულ მჟავათა ტუტე მარილების არსებობით.

ნორმალური ანუ ხსნადი კარბონატები გამონაწერში ქმნიან ტუტე რეაქციას, რის შედეგად ფენოლფტალეინის დამატებისას ხსნარი ვარდისფრად იღებება. ფენოლფტალეინით შეღებულ ხსნარს ტიტრავენ მჟავით ინდიკატორის გაუფერულებამდე და გებულობენ მასში ხსნადი კარბონატების შემცველობას.

ტიტრაციის დროს ადგილი აქვს შემდეგ რეაქციას:



დატიტვრა მთავრდება მაშინ, როცა კარბონატები გადავლენ ბიკარბონატებში და ხსნარი გაუფერულდება; როგორც ზემოთ მოყვანილი ფორმულიდან ჩანს, ამ დროს იტიტრება მხოლოდ კარბონატ იონების ნახევარი, ამიტომ ანალიზის შედეგების გაანგარიშებისას საჭიროა დასატიტრად დახარჯული  $\text{H}_2\text{SO}_4$ -ის 0,02 n ხსნარის რაოდენობა მლ-ობით გავამრავლოთ ორზე.

**ანალიზის მსვლელობა.** იღებენ ორ ცალ 150 მლ მოცულობის კონუსურ კოლბს და თითოეულში ათავსებენ 25 მლ ფილტრატს. ერთ კოლბს ტოვებენ საკონტროლოდ, რათა ადვილად გაიგონ ტიტრაციის დამთავრება, ხოლო, მეორე კოლბში მოთავსებულ ხსნარს ამატებენ 1-2 წვეთ ფენოლფტალეინს. თუ წყლის გამონაწერი ტუტე რეაქციისაა, მაშინ ის ფენოლფტალეინის დამატების შემდეგ მიიღებს ვარდისფერ შეფერილობას. ხსნარის შეფერვის ინტენსივობა დამოკიდებულია კარბონატების რაოდენობაზე. ფენოლფტალეინის დამატების შემდეგ ვარდისფრად შეფერადებულ ხსნარს ტიტრავენ 0,02 n  $\text{H}_2\text{SO}_4$ -ის ხსნარით



გაუფერულებამდე. ტიტრაციის ზუსტად ჩატარების მიზნით იყენებენ საკონტროლო კოლბს, რომელშიც მოთავსებულია ფილტრატი ინდიკატორის გარეშე და ორთავე კოლბას ათავსებენ თეთრ ქაღალდზე.

ნორმალური კარბონატებით გამოწვეულ ტუტეიანობას გამოსახულს  $\text{CO}_3^{2-}$ -იონში, მილიექვივალენტობით 100 გრამ წონაკზე გაიანგარიშებენ ფორმულით:

$$\text{CO}_3^{2-} \text{ მ. ექვ} = (a \cdot n \cdot 2 \cdot v) : b,$$

სადაც – **a** არის დასატიტრად დახარჯული  $\text{H}_2\text{SO}_4$ -ის ხსნარის რაოდენობა მლ-ობით;

**n** – ამ ხსნარის ნორმალობა;

**2** – ნორმალურ კარბონატებზე გადამყვანი კოეფიციენტი;

**V** – წყლით გამონაწურის მთელი რაოდენობა მლ-ობით (500 მლ);

**b** – დასატიტრად აღებული გამონაწური მლ-ობით;

$\text{CO}_3^{2-}$ -ის პროცენტობით გამოსახვისათვის სარგებლობენ ფორმულით:

$$\text{CO}_3^{2-} \% = m \cdot 0,03 \text{ გ},$$

სადაც **m** არის  $\text{CO}_3^{2-}$  მილი-ექვივალენტობით.

0,03 –  $\text{CO}_3^{2-}$ -ის მილი-ექვივალენტის გრამობით გამოსახვისთვის.

## ცხრილი 11

### ჩანაწერის ფორმა

ნიმუშის №	ნიადაგის წონა, გ.	გამონაწურის მთლიანი რაოდენობა მლ-ობით	განსაზღვრისათვის აღებული გამონაწურის რაოდენობა, მლ-ობით	დატიტრებაზე დახარჯული $\text{H}_2\text{SO}_4$ -ის რაოდენობა და ნორმალობა		$\text{CO}_3^{2-}$ ის შემცველობა	
				განსასაზღვრავად აღებულ გამონაწურში	მთლიან გამონაწურში	მილიექვივალენტი 100 გ ნიადაგში	%

0,03 მიიღება შემდეგნაირად:  $\text{CO}_3^{2-}$ -ის მოლეკულური წონა უდრის 60; ექვივალენტური წონა –  $60 : 2 = 30$ ; აქედან მილი-ექვივალენტი –  $30 : 1000 = 0,03$ .

**რეაქტივები:**

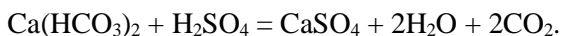
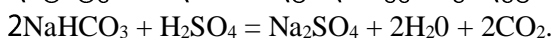
1.  $\text{H}_2\text{SO}_4$  - ის 0,02 n ხსნარი.
2. ფენოლფტალეინი.
- 3.

### საერთო ტუტიანობის განსაზღვრა

გამონაწურის საერთო ტუტიანობას გამოსახავენ  $\text{HCO}_3^-$ -ით.

საერთო ტუტიანობას საზღვრავენ იმ ფილტრაციან კოლბში, რომელშიც განისაზღვრება ნატრიუმის კარბონატით გამოწვეული ტუტიანობა. ორთავე კოლბში მოთავსებულ 25–25 მლ ფილტრატს ამატებენ 1-2 წვეთ მეთილორანჟს. იმ კოლბში რომელშიაც დამატებული იყო ფენოლფტალეინი, ხსნარის შეფერადებისა და მისი გოგირდის მჟავით დატიტვრის მიუხედავად, მას მაინც ტიტრავენ  $\text{H}_2\text{SO}_4$ -ის 0,02 n ხსნარით მანამ, სანამ კოლბში მოთავსებული ყვითელი ფერის ფილტრატი სუსტ ვარდისფერ შეფერილობას არ მიიღებს. მეორე კოლბში მოთავსებული ხსნარი საკონტროლოა და როგორც ეს ზემოთ აღვნიშნეთ, ის ხელს გვინწყობს დატიტვრის ზუსტად ჩატარების საქმეში. დატიტვრის დროს ორივე კოლბა უნდა დაიდგას თეთრ ქალაღზე, რათა ადვილად შევამჩნიოთ დატიტვრის დამთავრება.

დატიტვრის დროს ადგილი აქვს შემდეგ რეაქციას:



თუ ფილტრატი მეთილორანჟის მიმატებისას სუსტ ვარდისფრად შეიფერება, ეს იმას ნიშნავს, რომ ის მჟავე რეაქციისაა და მასში საჭიროა არა ტუტიანობის, არამედ მჟავიანობის განსაზღვრა.

დატიტვრის დამთავრების შემდეგ, ე.ი. როდესაც ყვითელი ფერის ფილტრატი გარკვეული რაოდენობის მჟავას დამატების

შემდეგ მიიღებს სუსტ ვარდისფერ შეფერილობას, ანარმოებენ საერთო ტუტიანობის გაანგარიშებას.

გამოითვლიან ფენოლფტალეინ და მეთილორანჟუ მიმატებული გამონაწურის დასატიტრად დახარჯულ გოგირდმაჟავას რაოდენობას, რომელიც შეესაბამება გამონაწურიდან აღებული სინჯის საერთო ტუტიანობას.

დატიტვრაზე დახარჯული  $H_2SO_4$ -ის რაოდენობისა (მილილიტრობით) და ტუტის ნორმალობის მიხედვით გაიანგარიშებენ საერთო ტუტიანობას  $HCO_3^-$ -ის იონში მილი-ექვივალენტობით 100 გ ნიადაგზე შემდეგი ფორმულით:

$$HCO_3^- \text{ - მ.ექვ} = [(a + m) \cdot n \cdot v] : b,$$

სადაც **a** – არის ნორმალური კარბონატებით გამონვეული ტუტიანობის განსაზღვრისას დატიტვრაზე დახარჯული 0,02 n  $H_2SO_4$ -ის რაოდენობა (მილილიტრობით);

**m** – საერთო ტუტიანობის განსაზღვრისას (მეთილორანჟუს გამოყენების შემთხვევაში) დატიტვრაზე დახარჯული 0,02 n  $H_2SO_4$ -ის რაოდენობა (მილილიტრობით);

**n** -  $H_2SO_4$ -ის სატიტრო ხსნარის ნორმალობა.

**V** – წყლით გამონაწურის მთლიანი რაოდენობა (500 მლ);

**b** - დასატიტრად აღებული წყლით გამონაწურის რაოდენობა (მლ-ობით);

$HCO_3^-$ -ის პროცენტობით გამოსახვისათვის სარგებლობენ ფორმულით:

$$HCO_3^- \% = m \text{ 0,061 გ}$$

სადაც **m** - არის  $HCO_3^-$  - მილი-ექვივალენტობით;

0,061 –  $HCO_3^-$ -ის მილი-ექვივალენტის გრამობით გამოსახვისათვის;

0,061 მიიღება შემდეგნაირად:  $HCO_3^-$ -ის მოლეკულური წონა = 61; ექვივალენტური წონა 61 : 1 = 61; აქედან  $HCO_3^-$ -ის მილი-ექვივალენტი ტოლია 61 : 1000 = 0,061;

## ცხრილი 12

### ჩანაწერის ფორმა

ნიმუშის №	ნიადაგის წონა, გ.	გამონაწერის მთლიანი რაოდენობა	განსაზღვრისთვის აღებული გამონაწერის რაოდენობა, მლ-ობით	დატიტვრაზე დახარჯული $H_2SO_4$ -რ-ბა და ნორმალობა			ტუტციანობა $HCO_3^-$ იონებით	
				ფენოლ-ფტალეინით	მეთილ-ორა-წყით	მთლი-ანად	მილი-ექვივალენტი 100 გ ნიადაგში	%

### წყლით გამონაწერის მუავიანობის განსაზღვრა

თუკი წყლით გამონაწერი მჟავაა, მასში საზღვრავენ მჟავიანობის სხვადასხვა სახეებს. წყლით გამონაწერის მუავიანობას იწვევს მასში ნახშირმჟავას და ხსნადი, არააქროლადი ორგანული მჟავების არსებობა. აღნიშნული მუავიანობა, რომელსაც ხშირად ტიტრირებულ მუავიანობას უწოდებენ, ჩვეულებრივ ძალიან მცირეა, მაგრამ ასე თუ ისე დამახასიათებელია მჟავე ნიადაგისათვის და შეადგენს მის აქტიურ მუავიანობას, რომელსაც დიდი მნიშვნელობა აქვს მცენარის სიცოცხლისათვის.\*

### საერთო მუავიანობის განსაზღვრა

გამონაწერის საერთო მუავიანობა გამოწვეულია მასში თავისუფალი ნახშირმჟავას, თავისუფალი ორგანული მჟავებისა და არანაჯერი შენაერთების ერთობლივი არსებობით.

**ანალიზის მსვლელობა.** იღებენ წყლით გამონაწერის 50 მლ, ამატებენ ერთ-ორ წვეთ ფენოლფტალეინს და ტიტრავენ  $NaOH-$

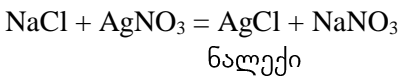
\* 100 გ ნიადაგში 0,001–0,0001 გ თავისუფალი მჟავას შემცველობა მავნედ მოქმედებს უმეტესი მცენარეების განვითარებაზე.

ის 0,01 n ხსნარით სუსტი ვარდისფერის მიღებამდე. შედეგებს ანგარიშობენ მგ.ექვ 100 გ ნიადაგზე.

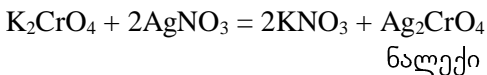
**გამონგარიშების მაგალითი:** 50 მლ ხსნარის დატიტვრაზე დაიხარჯა 0,80 მლ 0,01252 n NaOH-ის ხსნარი, რომელიც შეადგენს  $0,01252 \cdot 0,80 \cdot 10 = 0,10$  მგ.ექვ. 100 გ ნიადაგზე, სადაც 10 - 100 გ ნიადაგზე გადასაანგარიშებელი რიცხვია.

### **ქლორ-იონის განსაზღვრის მორის არგენტომეტრული მეთოდი**

წყლის გამონაწურში ქლორ-იონის განსაზღვრა წარმოებს  $\text{AgNO}_3$  0,01 n ხსნარის გამოყენებით (ინდიკატორად აღებულია ქრომმჟავა კალიუმის მარილის 10 %-იანი ხსნარი). ამ დროს მიმდინარეობს შემდეგი რეაქცია:



$\text{AgCl}$  თეთრი ნალექია. ხსნარს ამ დროს აქვს ყვითელი შეფერვა, რომელიც გამოწვეულია  $\text{CrO}_4^{2-}$  იონით. როგორც კი ქლორის უკანასკნელი ნაწილი გამოიყოფა, წარმოიშობა  $\text{Ag}_2\text{CrO}_4$ -ის დამახასიათებელი მოწითალო-რუხი ფერის ნალექი, რაც ქლორზე რეაქციის დამთავრების მაჩვენებელია. ეს რეაქცია შემდეგნაირად მიმდინარეობს:



ხსნარში კარბონატ-იონების არსებობისას  $\text{Ag}^+$ -ის ნაწილი იხარჯება  $\text{Ag}_2\text{CO}_3$ -ის წარმოქმნაზე, ამიტომ, ქლორ-იონის დატიტვრის წინ საჭიროა კარბონატები დაიშალოს მჟავით (მეთილორანჟის გამოყენებით), რაც საშუალებას იძლევა გამონაწურის ერთიდაიგივე სინჯში განისაზღვროს  $\text{Cl}^-$  და ტუტთანობა.

ქლორ-იონის განსაზღვრას დამლაშებულ ნიადაგებში დიდი მნიშვნელობა აქვს, რადგან მისი საშუალებით შესაძლებელია დამლაშების როგორც რაოდენობრივი, ასევე თვისობრივი დახასიათება.

**ანალიზის მსვლელობა.** პიპეტით იღებენ წყლით გამონაწურის განსაზღვრულ რაოდენობას – 15-25 მლ (დამოკიდებულია მასში ქლორ-იონების რაოდენობაზე) და გადააქვთ ქიმიურ ჭიქაში ან 100 მლ მოცულობის კონუსურ კოლბში. თუ ფილტრატი ტუტე რეაქციისა მისი განეიტრალება წარმოებს  $H_2SO_4$ -ის 0,02 n ხსნარით, ლაკმუსის ქალაღდის მეშვეობით, ხოლო თუ ფილტრატი მჟავაა, მას ანეიტრალებენ  $KOH$ -ის 0,02 n ხსნარით ლაკმუსის ქალაღდის გამოყენებით.

ქლორის განსაზღვრა შეიძლება იმ ხსნარში, რომელშიც განისაზღვრა ტუტიანობა, ამ შემთხვევაში განეიტრალება საჭირო არ არის, რადგან ის ჩატარებულია ტუტიანობის განსაზღვრის პროცესში.

განეიტრალებულ ფილტრატს ამატებენ 1 მლ ქრომმჟავა კალიუმის 10%-იან ხსნარს ( $K_2CrO_4$ ) და ტიტრავენ  $AgNO_3$ -ის 0,01 n ხსნარით. დატიტვრა დამთავრებულად ითვლება, როდესაც ხსნარი მიიღებს მონითალო ფერს.

თუ ხსნარი შეიცავს დიდი რაოდენობით ქლორს, მაშინ დატიტვრა უმჯობესია ჩატარდეს აზოტმჟავა ვერცხლის უფრო ძლიერი ხსნარით, ან საჭიროა ხსნარს დაემატოს წყალი განსაზღვრულ მოცულობამდე და განზავებული ხსნარიდან იქნეს აღებული დასატიტრად საჭირო მოცულობა. შედეგების გადაანგარიშების დროს აუცილებელია განზავების მხედველობაში მიღება.

$Cl^-$ -ის მცირე რაოდენობით შემცველობის შემთხვევაში, დატიტვრისას ფერის შეცვლა ძნელად შესამჩნევია, ამიტომ ხსნარს ხშირად აორთქლებენ.

თუ წყლით გამონაწური ძლიერ მუქადაა შეფერილი ორგანული ნივთიერებებით, მაშინ შეფერვის ინტენსივობის შესასუსტებლად დატიტვრის წინ ხსნარს ანზავებენ გამობდილი წყლით.

ქლორ-იონის რაოდენობის მილი-ექვივალენტობით გამოსახვისათვის სარგებლობენ ფორმულით:

$$Cl^- \text{ მ.ექვ.} = (a \cdot n \cdot v \cdot 100) : (b \cdot p) ,$$

სადაც **a** არის დატიტვრაზე დახარჯული  $\text{AgNO}_3$ -ის სატიტრო ხსნარის რაოდენობა მლ-ობით.

**n** -  $\text{AgNO}_3$ -ის სატიტრო ხსნარის ნორმალობა.

**v** – გამონაწურის მთლიანი რაოდენობა მლ-ობით.

**100** – ას გრამ ნიადაგზე გადასაყვანი კოეფიციენტი;

**b** - განსასაზღვრად აღებული გამონაწურის რაოდენობა მლ-ობით;

**p** - გამონაწურის დასამზადებლად აღებული ნიადაგის ნიმუშის წონა.

ქლორ-იონის რაოდენობის პროცენტობით გამოსახვისათვის სარგებლობენ ფორმულით:

$$\text{Cl \%} = m \cdot 0,0355$$

სადაც **m** არის ქლორ-იონის რაოდენობა მილი-ექვივალენტობით. 0,0355 - Cl-ის იონის მილი-ექვივალენტის გამოსახულება გრამ-ობით.

0,0355 მიიღება შემდეგნაირად: ქლორის ატომური და ექვივალენტური წონა უდრის 35,5. აქედან მილი-ექვივალენტი  $35,5 : 1000 = 0,0355$ .

### ცხრილი 13

#### ჩანაწერის ფორმა

ნიმუშის №	ნიადაგის წონა, გ.	გამონაწურის მთლიანი მოცულობა მლ-ობით	განსასაზღვრად აღებული გამონაწურის მოცულობა, მლ-ობით	დატიტვრაზე დახარჯული $\text{AgNO}_3$ რ-ბა და ნორმალობა		Cl-იონის შემცველობა	
				განსასაზღვრად აღებული გამონაწურში	მთელ გამონაწურში	მილიგრამ-ექვივალენტი 100 გრამ წონაში	%

**რეაქტივები:** 1. AgNO<sub>3</sub>-ის 0,01 n-ის ხსნარი.

2. K<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub>-ის 10 % ხსნარი.

3. H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> - ის 0,02 n ხსნარი.

4. KOH-ის 0,02 n ხსნარი.

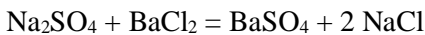
5. მეთილორანჟი.

### **სულფატ-იონის განსაზღვრის ტრილონომეტრული მეთოდი**

გოგირდის მნიშვნელოვანი რაოდენობა მოიპოვება დამლაშებულ და თაბაშირიან ნიადაგებში. თაბაშირიანი ნიადაგების ათვისებისათვის საჭირო ღონისძიებების შემუშავების საქმეში გოგირდის განსაზღვრას მეტად დიდი მნიშვნელობა აქვს.

ქვემოთ აღწერილია სულფატ-იონის განსაზღვრის ნაკლებად გავრცელებული მაგრამ უფრო იოლი და საიმედო შედეგების მომცემი ტრილონომეტრული მეთოდი.

წყალში ხსნადი სულფატების განსაზღვრა ბარიუმქლორის საშუალებით, შემდეგ პრინციპზეა დაფუძნებული: წყლით გამონაწურში გოგირდმჟავას მარილის არსებობის შემთხვევაში BaCl<sub>2</sub>-ის ხსნარის მიმატებით წარმოიქმნება BaSO<sub>4</sub>- ის ნალექი.



ნალექი

BaSO<sub>4</sub>-ის რაოდენობის მიხედვით ისაზღვრება გამონაწურის სულფატ-იონის რაოდენობა. ინდიკატორის ფერის შეცვლის სიზუსტის გაუმჯობესებისათვის სატიტრ ხსნარში შეჰყავთ მაგნიუმის ქლორიდის განსაზღვრული რაოდენობა.

საანალიზოდ აღებულ ხსნარში სულფატ-იონის შემცველობა 5–25 მგ-ის ფარგლებში უნდა იყოს. ხსნარში სულფატ-იონის დაახლოებით შემცველობას ადგენენ SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>-ის იონზე ხარისხობრივი რეაქციით ბარიუმის ქლორიდის გამოყენებით.

**ანალიზის მსვლელობა.** იღებენ წყლით გამონაწურის 50 მლ ფილტრატს, ათავსებენ 250 მლ მოცულობის კონუსურ კოლბში, ანზავებენ 100 მლ-მდე გამოხდილი წყლით და სუსტად ამუავებენ



10%-იანი მარილის მუჟავას დამატებით, კონგო წითელის ქალაღდის ფერის მოღურჯო იისფრად შეცვლამდე (დაახლოებით საჭიროა 50 მღ ფილტრატს დაუმატოთ 0,3–0,5 მღ 10%-იანი HCl). შემდეგ ხსნარს აღღლებენ (ცეცხლზე, ელექტროქურაზე) 2-3 წუთის განმავლობაში. ცხელ ხსნარს ამატებენ 5 ან 10 მღ 0,05 n BaCl<sub>2</sub>-ის ხსნარს (სულფატის მოსალოდნელი რაოდენობის მიხედვით) და კარგად შეანჯღრევენ.

ოთახის ტემპერატურამდე გაცივების შემდეგ ამატებენ 5 მღ MgCl<sub>2</sub>-ის 0,05 n ხსნარს, 1–2 წვეთ კონცენტრირებულ ამიაკს, 5 მღ ამონიაკურ ბუფერს, 8–10 წვეთ ქრომოგენ შავის ხსნარს და ტიტრავენ ტრიღონ B 0,05 n ხსნარით ლურჯი ფერის მიღებამდე.

საბოლოო გაანგარიშებისათვის აუცილებელია შემდეგი მონაცემები:

- ტრიღონ B-ს 0,05 n ხსნარის მოცულობა (მღ), რომელიც დაიხარჯება BaCl<sub>2</sub> და MgCl<sub>2</sub>-ის ხსნარების ნარევის დატიტვრაზე. ეს ხსნარები აღებულია იგივე მოცულობით, რა მოცულობითაც ისინი აღებული იყო სულფატის განსაზღვრის დროს.

ნარევის (BaCl<sub>2</sub> + MgCl<sub>2</sub>) გამოხდილი წყლით ანზავებენ 100 მღ-მდე, ამატებენ ამიაკურ ბუფერს, ქრომოგენ შავის ხსნარს ისეთივე რაოდენობით, როგორც საანალიზო ხსნარის დროს და ტიტრავენ ტრიღონ B-ს 0,05 n ხსნარით.

- 0,05 n ტრიღონ B-ს ხსნარის მოცულობა (მღ), რომელიც დაიხარჯა განსასაზღვრად აღებულ გამონაწურში Ca + Mg-ის ჯამის დატიტვრაზე. აქ იყენებენ ხსნარში (Ca + Mg) ჯამის განსაზღვრისას მიღებულ მონაცემებს. თუკი (Ca + Mg) ჯამის დატიტვრას აწარმოებენ ხსნარის სხვა მოცულობაში, მაშინ მიღებულ მონაცემებს გადაიანგარიშებენ ხსნარის იმ მოცულობაზე, რომელიც აღებულია სულფატ-იონის განსაზღვრისათვის.

სულფატის შემცველობას ანგარიშობენ ფორმულით:

**SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> მგ-ექვ 100 გ ნიადაგზე = [A – (B – B) · 0,05 · K · 100 ] : C,**  
 სადაც **A** - არის 0,05 n ტრიღონ B-ს ხსნარის მოცულობა (მღ), რომელიც დაიხარჯა BaCl<sub>2</sub> + MgCl<sub>2</sub>-ის დატიტვრაზე;

**Б** – ტრილონის მოცულობა (მლ-ობით), რომელიც დაიხარჯა განსასაზღვრად აღებული ხსნარის დატიტრებაზე.

**В** - ტრილონის მოცულობა (მლ-ობით), რომელიც დაიხარჯა განსასაზღვრად აღებულ ხსნარში Ca + Mg-ის ჯამის დატიტრებაზე

**С** – განსასაზღვრად აღებული ხსნარის შესაბამისი ნიადაგის წონა (გ-ობით).

**0,05** – ტრილონ В-ს ნორმალობა;

**К** - ტრილონ В-ს ტიტრის შესწორების კოეფიციენტი.

**SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>**-ის პროცენტებში გადასაყვანად, მის რაოდენობას მგ.ექვივალენტობით 100 გ ნიადაგზე ამრავლებენ **SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>**-ის ექვივალენტურ წონაზე (48,03) მილიგრამებში და ყოფენ 1000-ზე

**ცხრილი 14**

**ჩანაწერის ფორმა და ანგარიშის მაგალითი.**

ნიმუშის №	ნიადაგის წონა, გ.	გამონაწერის მთლიანი მოცულობა მლ-ობით	განსასაზღვრად აღებული გამონაწერის მოცულობა, მლ-ობით	0,05 n ტრილონი მლ და-ზარჯული ხსნარის დატიტრებაზე	ტრილონის რ-ბა, მლ დაზარჯული BaCl <sub>2</sub> + MgCl <sub>2</sub> დატიტრებაზე	ტრილონის რ-ბ, მლ დაზარჯული Ca+Mg ჯამის დატიტრებაზე	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> -ის-ექვივალენტური ტრილონის რ-ბა	ტრ В-ს ტიტ. შესწორება	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> მგ. ექვ. 100 გ ნიადაგზე	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> %
50	100	500	50	19,25	14,85	14,38	9,98	1,017	5,07	0,243

**ნატრიუმის და კალიუმის განსაზღვრა წყლით გამონაწერში ალოვანი ფოტომეტრის საშუალებით**

წყლით გამონაწერში კალიუმის და ნატრიუმის ალოვანი ფოტომეტრული განსაზღვრა შესაძლებელია მხოლოდ 100 გრამ ნიადაგზე მისი არა ნაკლებ 1 მგ შემცველობისას. მაღალი შემცველობის შემთხვევაში უმჯობესია ხსნარი განზავდეს ამ

იონების 10-15 მგ/ლ-ზე კონცენტრაციამდე, ვიდრე უშუალოდ განისაზღვროს ნატრიუმის და კალიუმის დიდი რაოდენობა.

კალციუმის მნიშვნელოვანი რაოდენობა, რომელზეც შეიძლება ვიმსჯელოთ მყარი ნაშთის სიდიდის მიხედვით, ადიდება ხსნარში კალიუმის და ნატრიუმის შემცველობის მაჩვენებელს. ამ შემთხვევაში აუცილებელია კალციუმის მოშორება ხსნარიდან. თუკი წყლით გამონაწერი შეფერილია, ე.ი. შეიცავს ორგანულ ნივთიერებებს, საჭიროა მათი განზავება იმდენჯერ, რამდენჯერაც ამის საშუალებას იძლევა განსასაზღვრავი ელემენტების კონცენტრაცია.

**ანალიზის მსვლელობა.** აპარატს მოიყვანენ სამუშაო მდგომარეობაში და ახდენენ სტანდარტული ხსნარების სერიის ფოტომეტრულ განსაზღვრას, რის საფუძველზე აგებენ შესაბამის გრაფიკს.

წყლით გამონაწურში  $K^+$  და  $Na^+$  ალოვანფოტომეტრული განსაზღვრისას მათ პროცენტულ შემცველობას ანგარიშობენ ფორმულით:

$$a : (1000 \cdot 2) \%,$$

სადაც  $a$  არის  $K^+$  და  $Na^+$  კონცენტრაცია ხსნარში, გამოსახული მგ/ლ (ნაპოვნი დაყალიბებული გრაფიკის მიხედვით);

1000 – მილიგრამების გრამებში გადასაანგარიშებელი რიცხვი.

2 – 100 გრამ ნიადაგზე გადასაანგარიშებელი კოეფიციენტი;

**განგარიშების მაგალითი.** საკვლევ ხსნარში  $K^+$ -ის კონცენტრაცია დაყალიბებული გრაფიკის მიხედვით არის 76 მგ/ლ; მაშასადამე, წყლით გამონაწურში  $K^+$ -ის შემცველობა ტოლია  $76 : 2 = 38$  მგ 100 გ ნიადაგზე, ან  $38 : 1000 = 0,038\%$ . პროცენტების გადაანგარიშებას მგ.ექვ.-ში აწარმოებენ შემდეგი ფორმულით:

$$(K \% \cdot 1000) : \text{ექვ.წონაზე} = \text{მგ.ექვ. } K,$$

სადაც, „ექვ.წონა“ – არის კალიუმის იონის ექვივალენტური წონა ამ შემთხვევაში:

$$(0,038 \cdot 1000) : 39,1 = 0,97 \text{ მგ ექვ } K^+.$$

**რეაქტივები:**  $K^+$  და  $Na^+$  ძირითადი ეტალონური ხსნარი.

## Na<sup>+</sup> განსაზღვრა სხვაობის მიხედვით

ტუტე მეტალთა იონების პირდაპირი განსაზღვრა ქიმიური მეთოდებით საჭიროებს დიდ დროს, მეტად დეფიციტურ რეაქტივებს და პლატინის ჭურჭელს. ალოვანი ფოტომეტრის არსებობისას კი განსაზღვრას ატარებენ ალოვანფოტომეტრული მეთოდით, რომელიც თანამედროვე პირობებში ფართოდ არის გავრცელებული. ასე თუ ისე, სხვაობის მიხედვით ნატრიუმის განსაზღვრას ნაკლებად მონყობილ ლაბორატორიებში დღემდე იყენებენ.

Na<sup>+</sup> ის შემცველობას სხვაობის მიხედვით ანგარიშობენ შემდეგნაირად. საკვლევ ხსნარში ანგარიშობენ ანიონების შემცველობას HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, Cl<sup>-</sup> და SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>-ის მგ.ექვ. შეჯამებით. ანიონების ჯამიდან აკლებენ კათიონების Ca<sup>2+</sup> და Mg<sup>2+</sup> გ.ექვ. ჯამს. მითითებულ ორ სიდიდეს შორის სხვაობა კალიუმისა და ნატრიუმის შემცველობაა ხსნარში. დამლაშებულ ნიადაგებში კალიუმის ადვილად ხსნადი მარილების რაოდენობა უმნიშვნელოა, ამიტომ მიღებულია ასეთ ნიადაგებში ეს სიდიდე გამოვსახოთ ნატრიუმის იონის შემცველობის სახით.

**განგარიშების მაგალითი.** ხსნარში HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>-ის შემცველობა არის 0,77 მგ.ექვ., Cl<sup>-</sup> - 12,40 მგ.ექვ და SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> - 3,60 მგ.ექვ.; აღნიშნული ანიონების ჯამი ტოლია 16,77 მგ.ექვ.; Ca<sup>2+</sup> რაოდენობა ტოლია 5,40 მგ.ექვ.; Mg<sup>2+</sup> - 2,55 მგ.ექვ., ე.ი. კათიონების ჯამი შეადგენს - 7,95 მგ.ექვ.;

ტუტე მეტალთა ჯამი, გამოსახული Na<sup>+</sup> იონში ტოლია 16,77 - 7,95 = 8,82 მგ.ექვ.; Na<sup>+</sup> ე.ი.  $8,82 \times 0,023 = 0,20$  % Na, სადაც 0,023 არის ნატრიუმის იონის მგ.ექვ.

სხვაობის მიხედვით ნატრიუმის იონის შემცველობის გაანგარიშებისას მიღებული სიდიდე შეიცავს ყველა იმ ცდომილებას, რომელსაც ადგილი აქვს ანიონების და კათიონების ანალიზური განსაზღვრისას. აქედან გამომდინარე, აღნიშნული სიდიდე არ შეიძლება ჩაითვალოს ზუსტად.

## წყალხსნადი ორგანული ნივთიერებების განსაზღვრა

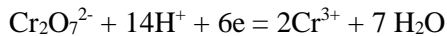
წყალში ხსნადი ჰუმუსის რაოდენობა წარმოდგენას გვაძლევს ამ ნივთიერების „ძვრადობის“ ხარისხზე. მაღალი ძვრადობის თვისებით ხასიათდება ბიცობიანი ნიადაგის ორგანული ნაწილი.

წყალში ხსნად ორგანულ ნივთიერებებზე გამოწვის ნაშთი ზუსტ წარმოდგენას არ იძლევა. წყლის გამონაწურში წყალხსნადი ორგანული ნივთიერებების რაოდენობაზე მსჯელობენ მათი დაჟანგვის მიხედვით. არჩევენ პერმანგანატით და ბიქრომატულ დაჟანგვას;

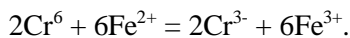
რადგან ბუნებრივი ორგანული შენაერთების დაჟანგვის ხარისხი განსხვავებულია და დაჟანგვა ზემოთ მითითებული დამჟანგველებით სრულყოფილად არ მიმდინარეობს, მიღებული მაჩვენებელი არ შეესაბამება ნიადაგის წყალხსნადი ორგანული ნივთიერებების ნახშირბადის მთლიან რაოდენობას. პერმანგანატით დაჟანგვა შეადგენს ბუნებრივი დაჟანგვის მხოლოდ 50%, ე.ი. ორგანული ნახშირბადის CO<sub>2</sub>-მდე მთლიანად დაჟანგვის მხოლოდ ნახევარს. ბიქრომატით დაჟანგული შეესაბამება, წყლით გამონაწურის ორგანული ნივთიერების ნახშირბადის მთლიანი შემცველობის მხოლოდ 75%.

## ბიქრომატით დაჟანგვით განსაზღვრა

მეთოდის საფუძველია ორგანული ნივთიერების დაჟანგვა ქრომის მჟავით, რის შედეგად ექვსვალენტიანი ქრომი აღდგება სამვალენტიანამდე:



დაჟანგვის შემდეგ ხსნარში დარჩენილ ქრომის მჟავას ქარბ რაოდენობას საზღვრავენ მორის მარილის ხსნარით დატიტვრით.



**ანალიზის მსვლელობა.** იღებენ წყლით გამონაწურის 10 მლ და ათავსებენ 150 მლ მოცულობის კონუსურ კოლბში. ამატებენ

დაახლოებით 1 გრამ გამომწვარი პემზის ფხვნილს (ან გამომწვარ ნიადაგს) რათა დუღილის დროს ხსნარი არ ამოიწვას.

ამატებენ ბიურეტიდან 10 მლ კალიუმის ბიქრომატის 0,2 n ხსნარს, რომელიც დამზადებულია კონცენტრირებულ გოგირდის მჟავაზე. შემდეგ, კოლბის ყელში დგამენ პატარა ძაბრს, რომელიც მაცივრის როლს ასრულებს და კოლბს გასაცხელებლად დგამენ ელექტროქურაზე. კოლბში მოთავსებული ხსნარიდან ჩქარა დაიწყება  $\text{CO}_2$ -ის ბუშტულების გამოყოფა და 2-3 წუთის შემდეგ ხსნარი დუღილს იწყებს. დუღილს აწარმოებენ 5 წუთის განმავლობაში ფრთხილად, რათა ძაბრში ორთქლი არ გამოიყოს.

დუღილის შემდეგ კოლბში მოთავსებულ ხსნარს აცივებენ ოთახის ტემპერატურამდე და გამოხდილი წყლით ჩარეცხავენ მჟავის წვეთებს ძაბრის და კოლბის კედლისგან. ამატებენ ფენილანტრალინის მჟავას წვეთს და ტიტრავენ 0,1 n-ის მორის მარილის ხსნარით ფერის შეცვლამდე – შედეგებს პირობით ანგარიშობენ ნახშირბადაზე. მიღებულია, რომ 1 მლ 0,1 n-ის მორის მარილის ხსნარი შეესაბამება 0,0003 გ ნახშირბადს.

**რ ე ა ქ ტ ი ვ ე ბ ი: 1.  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  0,2 n ხსნარი.** კონცენტრირებულ გოგირდის მჟავაში 10 გრამ  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ -ს ათავსებენ ცეცხლგამძლე მინის კოლბში და ხსნიან 1 ლიტრ  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (კუთ.ნ. 1,84). გაცივების შემდეგ ხსნარს ინახავენ მილესილსაცობიან მინის მუქ ჭურჭელში.

**2. მორის მარილის 0,1 n-ის ხსნარი.** იღებენ 40 გრამ მორის მარილს (იყენებენ მხოლოდ ცისფერ კრისტალებს), ათავსებენ ლიტრიან კოლბში და ამატებენ 1 n  $\text{H}_2\text{SO}_4$  ხსნარს კოლბის მოცულობის 2/3-მდე. ხსნარს შეანჯღრევენ ხელით მარილის სრულ გახსნამდე, ფილტრავენ. შემდეგ გამოხდილი წყლით მიიყვანენ 1 ლიტრამდე და კარგად შეურევენ. ხსნარს ინახავენ ჰაერისაგან დაცულ სპეციალურ მუქ ჭურჭელში.

**3. ფენილანტრალინის მჟავას ხსნარი.** წონიან 0,2 გ ფენილანტრალინის მჟავას და ხსნიან 100 მლ 0,2%-იან  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ -ის ხსნარში. ხსნარი დიდხანს ინახება.

## წყლით გამონაწურის ანალიზის შედეგების გაფორმება

წყლით გამონაწურის ანალიზის შედეგად მიღებული მონაცემები შეაქვთ ცხრილში. ისინი საშუალებას გვაძლევს მიახლოებით მაინც შევამოწმოთ წყლით გამონაწურის ანალიზის სიზუსტე.

წყლით გამონაწურის ანალიზის შედეგების შემოწმება პირველ რიგში მდგომარეობს – ანიონების და კათიონების პროცენტული შემცველობის ჯამის შედარებაში მშრალი ანუ მკვრივი ნაშთის სიდიდესთან.

ანიონების და კათიონების პროცენტული მაჩვენებლების შეჯამებისას იღებენ  $\text{HCO}_3^-$  - ის რაოდენობის ნახევარს, რადგან მშრალი ნაშთის მიღებისას აორთქლების პროცესში ნახშირმჟავას ნახევარი ქროლდება და იკარგება.

ამ დროს მიმდინარეობს ასეთი რეაქცია:



დავუშვათ, რომ ანიონების და კათიონების პროცენტული შემცველობა ასეთია:

$\text{CO}_3^{2-}$  - 0,012;  $\text{HCO}_3^-$  - 0,22;  $\text{Cl}^-$  - 0,23;  $\text{SO}_4^{2-}$  - 0,243;  $\text{Ca}^{2+}$  - 0,083;  $\text{Mg}^{2+}$  - 0,039;  $\text{Na}^+$  - 0,18; რამდენადაც შეჯამების დროს  $\text{HCO}_3^-$ -ის სიდიდეს ვიღებთ ნახევარი რაოდენობით, მივიღებთ:

$\text{CO}_3^{2-}$  - 0,012

$\text{HCO}_3^-$  - 0,11

$\text{Cl}^-$  - 0,23

$\text{SO}_4^{2-}$  - 0,243

$\text{Ca}^{2+}$  - 0,083

$\text{Mg}^{2+}$  - 0,039

$\text{Na}^+$  - 0,18

-----  
სულ -- 0,897

მიღებული გამონაწურის მშრალი ნაშთი უდრის 0,905 %-ს, ე.ი. მეტია იონების ჯამზე 0,008 %-ით. საერთოდ, მშრალი ნაშთის

მატება ანიონების და კათიონების ჯამთან შედარებით დასაშვებია 3–5 %-ის ფარგლებში, ამიტომ მითითებული შედარება ლაპარაკობს ჩატარებული ანალიზის სიზუსტეზე.

მშრალი ნაშთის რაოდენობა ჩვეულებრივად რამდენჯერმე მაღალი უნდა იყოს ანიონების და კათიონების ჯამზე. ეს სხვაობა აიხსნება იმით, რომ ზოგიერთი კომპონენტი, მაგალითად, Fe, Mn, SiO<sub>2</sub> და სხვა წყლით გამონაწურის შემოკლებული ანალიზის დროს არ ისაზღვრება, ხსნარში კი რაღაც რაოდენობით არიან ისინი და მაშასადამე, შედიან აგრეთვე მშრალი ნაშთის შედგენილობაშიც, გარდა ამისა, მშრალი ნაშთის გადიდება დაკავშირებულია მასში წყალხსნადი ორგანული ნივთიერების არსებობასთან.

წყლით გამონაწურის ანალიზის სიზუსტის შემოწმების სხვა ხერხად ითვლება ანიონების და კათიონების შემცველობის შედარება. თუკი, K<sup>+</sup> და Na<sup>+</sup> შემცველობა ნაპოვნია სხვაობის მეთოდით, მაშინ კათიონების მგ.ექვივალენტის ჯამი ნაკლები უნდა იყოს ანიონების მგ. ექვივალენტის ჯამზე. თუკი ანალიზი ჩატარებულია სწორად და ზუსტად, მაშინ კალიუმის და ნატრიუმის პირდაპირი განსაზღვრის დროს, კათიონების მგ.ექვივალენტის რაოდენობა ანიონების მგ.ექვივალენტის რაოდენობის ტოლი უნდა იყოს.

### **წყლით გამონაწურის ანალიზის შედეგების გადაანგარიშება მარილზე**

იმისათვის, რომ წარმოდგენა გვექონდეს მარილების ხარისხობრივ შედგენილობაზე, ჩვეულებრივ, წყლით გამონაწურის ანალიზის შედეგებს გადაიანგარიშებენ მარილზე. ეს გადაანგარიშება დაფუძნებულია კათიონების ანიონებთან დაკავშირებაზე. წარმოქმნილი მარილების ხსნადობის მატების რიგის მიხედვით ასეთი გადაანგარიშება საერთო წარმოდგენას გვაძლევს მარილების ძირითადი სახეების არსებობაზე, მაგრამ გადაანგარიშების მეთოდი პირობითია.



მეთოდის ძირითადი ნაკლია – კათიონების ანიონებთან დაკავშირების რიგის განსაზღვრის სირთულე.

### გაანგარიშების წესი

ქიმიური ნივთიერებები და ცალკეული იონები ურთიერთ-მოქმედებაში შედიან ექვივალენტური რაოდენობით. ამიტომ, გადაანგარიშების მოხერხებულობისათვის ისინი გამოისახებიან მგ.ექვ.-ბით, რაც მნიშვნელოვნად აადვილებს შემდგომ გაანგარიშებას.

ჩატარებული ანალიზების შედეგების მიხედვით ყველა განსაზღვრული ნივთიერების შემცველობას მილიგრამ ექვივალენტობით 100 გრამ ნიადაგზე ანგარიშობენ არინუშკინას ფორმულის მიხედვით:

$$(n \cdot a \cdot 100 \cdot V) : X \cdot H = \text{მგ.ექვივალენტი.}$$

სადაც: **n** – არის სატიტრო ხსნარის ნორმალობა.

**a** – დატიტრებაზე დახარჯული ხსნარის რაოდენობა (მლ-ობით).

**V** – გამონაწერის მთლიანი რაოდენობა მლ-ობით.

**X** - დასატიტრად აღებული გამონაწერის რაოდენობა (მლ-ობით).

**H** – გამონაწერის დასამზადებლად აღებული ნიადაგის ნიმუშის წონა, გ;

100 – ას გრამ ნიადაგზე გადამყვანი კოეფიციენტი.

განსაზღვრული ნივთიერებების გამოსახვა %-ობით:

$$\% \text{CO}_3^{2-} = \text{მგ.ექვ.} \times 0,060$$

$$\% \text{HCO}_3^- = \text{მგ.ექვ.} \times 0,061$$

$$\% \text{Cl}^- = \text{მგ.ექვ.} \times 0,035$$

$$\% \text{SO}_4^{2-} = \text{მგ.ექვ.} \times 0,048$$

$$\% \text{Ca} = \text{მგ.ექვ.} \times 0,02$$

$$\% \text{Mg} = \text{მგ.ექვ.} \times 0,012$$

$$\% \text{Na} = \text{მგ.ექვ.} \times 0,023$$

**ცხრილი 15**

**წყლით გამონაწურის შედეგები შეაქვთ ცხრილში, რომელშიც ანიონებისა და კათიონების შემცველობას გამოსახავენ პროცენტობით და მგ.ეკვ 100 გ ნიადაგზე.**

ნიმუ- შის №	მაჩვენე- ბელი	მშრალი ნაშთი	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>
	%	0,905	0,012	0,22	0,23	0,243	0,083	0,039	0,18
	მგ.ეკვ 100 გ ნიადაგზე	–	0,40	3,61	6,48	5,07	4,12	3,19	7,85

**გამოიანგარიშებენ ბიკარბონატის სახით შეკავშირებულ კალციუმის რაოდენობას**, რისთვისაც საერთო ტუტეობის სიდიდეს აკლებენ ნორმალური კარბონატებით გამოწვეული ტუტეობის სიდიდეს (მაგალითად: 3,61 – 0,40 = 3,21). ამრიგად, საერთო ტუტეობის დასაკავშირებლად აუცილებელია 3,21 მგ.ეკვ კალციუმი, ამ დროს წარმოიქმნება 3,21 მგ.ეკვ. Ca(HCO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> მიღებული სიდიდის გამრავლებით ამ მარილის ექვივალენტურ წონაზე და 1000-ზე გაყოფით მივიღებთ Ca(HCO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> რაოდენობას გამოსახულს პროცენტებში.

$$(3,21 \cdot 81,05) : 1000 = 0,260 \% \text{ Ca(HCO}_3)_2.$$

საერთო ტუტეობის დასაკავშირებლად კალციუმის უკმა-რობის შემთხვევაში გადაანგარიშებას აწარმოებენ იგივე წესით **Mg(HCO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>-ზე**, ხოლო მაგნიუმის უკმარობის შემთხვევაში **NaHCO<sub>3</sub>-ზე**; HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>-თან შეკავშირებულ კალციუმის რაოდენობას (მგ.ეკვ.) ანგარიშობენ მისი საერთო შემცველობიდან, რომელიც გამოსახულია იგივე სიდიდეებში:

$$4,12 - 3,21 = 0,91.$$

**ანგარიშობენ გოგირდის მჟავასთან დაკავშირებულ კალციუმის რაოდენობას.**

ცხრილში მოტანილ მაგალითში გოგირდის მჟავა მეტია, ვიდრე კალციუმი (5,07 მგ.ექვ. 0,91-ის წინააღმდეგ). ამრიგად, კალციუმის მთელი ნაშთი შეკავშირებულია თაბაშირის სახით  $\text{CaSO}_4$ .

$$(0,91 \cdot 68,07) : 1000 = 0,062 \% \text{ CaSO}_4$$

თუკი გოგირდმჟავასთან კალციუმის შეკავშირებისას აღმოჩნდება კალციუმის ჭარბი რაოდენობა, მაშინ მას აკავშირებენ ქლორთან  $\text{CaCl}_2$ -ის სახით კალციუმთან შეკავშირების შემდეგ გოგირდის მჟავას ნაშთი შეადგენს

$$5,07 - 0,91 = 4,16 \text{ მგ.ექვ.}$$

**დარჩენილ გოგირდმჟავას აკავშირებენ მაგნიუმთან.** ჩვენს მაგალითში  $-3,19$  მგ.ექვ მაგნიუმი ამრიგად, გოგირდმჟავასთან შეკავშირდება მთელი მაგნიუმი  $\text{MgSO}_4$ -ის სახით:

$$(3,19 \times 60,2) : 1000 = 0,191 \% \text{ MgSO}_4;$$

გოგირდის მჟავასთან შეკავშირების შემდეგ მაგნიუმის სიჭარბის შემთხვევაში მას აკავშირებენ ქლორთან  $\text{MgCl}_2$ -ის სახით.

**გოგირდის მჟავას ჭარბ რაოდენობას აკავშირებენ ნატრიუმთან**  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ -ის სახით. დარჩენილი გოგირდმჟავას რაოდენობა შეადგენს

$$4,16 - 3,19 = 0,97 \text{ მგ.ექვ.}$$

$$(0,97 \times 71,04) : 1000 = 0,068 \% \text{ Na}_2\text{SO}_4.$$

**მოცემული წყლის გამონაწურში არსებული ქლორი უკავშირდება ნატრიუმს:**

$$(6,48 \times 58,46) : 1000 = 0,379\% \text{ NaCl};$$

ნატრიუმის დარჩენილი რაოდენობა უკავშირდება ნორმალური კარბონატებით გამოწვეულ ტუტიანობას, რის შედეგად მიიღება ტუტეთა ნორმალური კარბონატები:

$$(0,40 \times 53,0) : 1000 = 0,021 \% \text{ Na}_2\text{CO}_3.$$

განსაზღვრავენ გამოანგარიშებული მარილების ჯამს ნიადაგის ნონაკიდან პროცენტობით:

**Ca(HCO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> – 0,260**

**CaSO<sub>4</sub> – 0,062**

**MgSO<sub>4</sub> – 0,191**

**Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> – 0,068**

**NaCl – 0,379**

**Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> – 0,021**

---

**ჯამი : – 0,981**

მარილების ჯამი არ უნდა განსხვავდებოდეს მშრალი ნაშთისაგან 10-15 %-ზე მეტით. წინააღმდეგ შემთხვევაში გადაანგარიშებები აუცილებლად უნდა შემოწმდეს. მარილების ჯამის გადახრა მშრალი ნაშთის წონისაგან შეიძლება გამოწვეული იყოს კრისტალური წყლის არსებობით, რომელიც გამოანგარიშებისას მხედველობაში არ არის მიღებული, ის შეიძლება გამოწვეული იყოს აგრეთვე იმითაც რომ ტუტის გადაყვანა ნატრიუმზე და ნორმალური კარბონატების მთლიანად დაკავშირება ნატრიუმთან პირობითია.

## **ნიადაგში აზოტის შენაერთების განსაზღვრის მეთოდი**

აზოტის საერთო რაოდენობა ნიადაგში მერყეობს ფართო ფარგლებში და დამოკიდებულია ნიადაგის ჰუმუსით სიმდიდრის ხარისხზე. ძლიერ შავმიწებში საერთო აზოტის შემცველობა

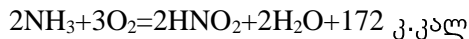
0,5%-მდე აღწევს, ხოლო ღარიბ ქვიშნარ ნიადაგებში ის ეცემა 0,03%-მდე.

ძირითადად, აზოტი ნიადაგში წარმოდგენილია ორგანული შენაერთების სახით, რომელიც შედის ჰუმუსის შედგენილობაში და მხოლოდ, მისი უმნიშვნელო ნაწილი (კვალიდან – 5%-მდე) გვხვდება არაორგანული შენაერთების სახით – ნიტრატული და ამონიაკური მარილების სახით. ჰუმუსის ორგანული აზოტი უშუალოდ არ შეითვისება მცენარის მიერ, მაგრამ ნიადაგის მიკროორგანიზმების გავლენით ის თანდათან განიცდის მინერალიზაციას და გადადის მცენარისათვის მისაწვდომ ფორმაში.

ორგანული აზოტის მინერალიზაციის ინტენსივობა დამოკიდებულია როგორც თვით ორგანული ნივთიერების ბუნებაზე, ბიოლოგიური ფაქტორების ზემოქმედების მიმართ მისი მდგრადობის ხარისხზე, ისე არეს პირობებზე, როგორცაა: ტენი, ტემპერატურა, აერაცია, ნიადაგის მჟავიანობა და ა.შ.;

ნიადაგის ორგანული აზოტის მინერალიზაცია ხორციელდება ბაქტერიების, აქტინომიცეტების, ობის სოკოების მიერ, რომელნიც ორგანულ ნივთიერებას იყენებენ როგორც ენერჯის წყაროს. ამ ორგანიზმების ზემოქმედების შედეგად, ორგანული აზოტი გარდაიქმნება ამიაკში. ნიტრატების წარმოქმნა ნიადაგში განპირობებულია ნიტრიფიკაციის ბაქტერიებით, რომელნიც ამიაკს უხანგავენ აზოტოვან და აზოტის მჟავამდე, ხოლო ამ დროს გამოყოფილ ენერჯიას იყენებენ ორგანული ნივთიერების სინთეზისათვის ნახშირმჟავა მარილების ნახშირბადის ხარჯზე.

ამიაკის დაუხანგვა აზოტოვან მჟავამდე შეიძლება წარმოდგენილი იქნეს შემდეგი ტოლობით:



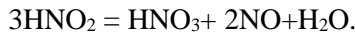
ეს დაუხანგვა მიმდინარეობს ბაქტერია – Nitrosomonas ზემოქმედებით აზოტოვანი მჟავას დაუხანგვა აზოტის მჟავამდე კი მიმდინარეობს ბაქტერია Nitrobacter-ის მონაწილეობით შემდეგი სქემით:



ნიტრიფიკაციის ბაქტერიების ნორმალური მოქმედება შესაძლებელია მხოლოდ კარგი აერაციის, ნიადაგის საკმაო ტენიანობისა და ნიადაგში წარმოქმნილი აზოტის მჟავას განეიტრატებისათვის საჭირო ფუძეების არსებობის პირობებში.

ნიტრიტები, რომელნიც წარმოადგენენ ამიაკის დაჟანგვის პირველ სტადიას, ნიადაგში გვხვდება ძალზე იშვიათად და ისიც უმნიშვნელო რაოდენობით; ჩვეულებრივ, არ აღემატება მილიგრამი აზოტის მეათედს 1 კგ ნიადაგზე (ნეიტრალურ და კარბონატულ ნიადაგებში). მჟავე ნიადაგებში ნიტრიტები არამდგრადია, რამდენიმე წუთის განმავლობაში ისინი იშლებიან სუფთა ქიმიური გზით:

$H$ -ნიადაგის შთანთქმის კომპლექსი +  $KNO_2 = K$ - შთანთქმის კომპლექსი +  $HNO_2$ . ეს რეაქცია შეუქცევადია, რადგანაც წარმოქმნილი აზოტოვანი მჟავა იშლება:



ფუძეებით არამაძლარ ნიადაგში ნიტრიტების სწრაფი დაშლის მიუხედავად, ნიტრიფიკაციის პროცესი ამ ნიადაგებში აზოტის შესამჩნევი დანაკარგით არ მიმდინარეობს. ეს, როგორც ჩანს, განპირობებულია, ამიაკის აზოტოვან მჟავამდე დამჟანგველ ბაქტერიებსა და აზოტოვანი მჟავას აზოტის მჟავამდე დამჟანგველ ბაქტერიებს შორის მჭიდრო კავშირით.

აზოტის მინერალური შენაერთებიდან ნიადაგში ჩვეულებრივ გვხვდება მხოლოდ ამონიაკური და ნიტრატული მარილები. ნიტრატები ხასიათდება საკმაოდ მაღალი მობილობით ნიადაგში. ისინი ადვილად გადაინაცვლებენ ნიადაგის პროფილის მიხედვით; წვიმის წყლის გავლენით ჩადიან ნიადაგის ქვედა ფენებში და მშრალ, თბილ ამინდში კი ამოდიან ნიადაგის ზედაპირულ ფენაში. შედარებით ნაკლებად მოძრავია ნიადაგში ამონიაკური აზოტი, რადგან ამონიუმის იონები შედიან გაცვლით რეაქციაში ნიადაგის შთანთქმის კომპლექსის კათიონებთან. წყალხსნადი და გაცვლითი ამონიუმის აზოტი, ზუსტი ექსპერიმენტული მონაცემების თანახმად, რომელნიც ჩატარებულია იზოტოპ  $N 15$ -ის გამოყენებით, დაახლოებით ისევე მისაწვდომია მცენარისათვის, რო-

გორც ნიტრატული აზოტი. მცენარისათვის უშუალოდ შესათვისებელი აზოტის ამ ფორმების დაგროვება ნიადაგში, ბუნებრივ პირობებში დამოკიდებულია მრავალ ფაქტორზე – ნიადაგის ქიმიურ შედგენილობაზე, ნიადაგის ტემპერატურასა და ტენიანობაზე, ნიადაგის ფიზიკურ მდგომარეობაზე, დამუშავების პირობებზე და ა.შ.; ბუნებრივია, რომ აზოტის მოძრავი ფორმების მიხედვით ნიადაგის შედგენილობის ასეთი ცვალებადობის პირობებში, ყველა ჩვენი მსჯელობა, შესათვისებელი აზოტით ნიადაგის უზრუნველყოფის ხარისხზე ატარებს პირობით ხასიათს, რადგან ნიადაგში არსებული აზოტი მეტად დინამიურია და ერთხელ აღებულ ნიადაგის ნიმუშში მეტად ძნელია სწორედ იმ აზოტის განსაზღვრა, რომელსაც ითვისებს მცენარე მთელ სავეგეტაციო პერიოდში.

იმისათვის, რომ ნათელი წარმოდგენა გვქონდეს, თუ რამდენად შეუძლია უზრუნველყოს ნიადაგმა მცენარის მოთხოვნილების დაკმაყოფილება აზოტით მთელ სავეგეტაციო პერიოდში, საჭიროა ვიცოდეთ ნიადაგში როგორც წყალხსნადი  $\text{NH}_3$  და  $\text{NO}_3$ , ისე შთანთქმული და ადვილად ჰიდროლიზებული აზოტის რაოდენობაც, რომლის განსაზღვრის მეთოდებზე ქვემოთ შევჩერდებით.

გარდა გაცვლითი ამონიუმისა ნიადაგში არსებობს გაუცვლელი ანუ ფიქსირებული ამონიუმი. ამონიუმის გაუცვლელი ფიქსაცია განპირობებულია იმით, რომ  $\text{NH}_4$ -ის იონები დაკავშირებულნი არიან ნიადაგის თიხა მინერალების კრისტალური მესერის შიგნით. ამონიუმის გაუცვლელი ფიქსაცია ყველაზე უფრო მკაფიოდ არის გამოხატული ჰუმუსით ღარიბ ნიადაგებში.

## **საერთო აზოტის განსაზღვრა კელდალის მეთოდით**

მეთოდის პრინციპი შემდეგში მდგომარეობს: კონცენტრირებულ გოგირდმჟავაში ნიადაგის დუღილის დროს ადგილი აქვს ჰუმუსის ნახშირბადის დაჟანგვას ნახშირორჟანგამდე და ამინური აზოტის გადასვლას ამონიაკურ ფორმაში. ამ უკანასკნელსა და

გოგირდმჟავას შორის რეაქციის შედეგად წარმოიქმნება გოგირდმჟავა ამონიუმი:



ალანინი

ამონიუმის სულფატი გოგირდმჟავას დუღილის პირობებში (მჟავე რეაქცია) მყარი ნაერთია – არ ქროლავს; ამონიაკის გამოსაყოფად არეს 50% NaOH-ის ხსნარის დამატებით ატუტინებენ, რის შედეგადაც წარმოქმნილ  $\text{NH}_3$ -ს გაატარებენ 0,1 n-ის გოგირდმჟავაში. ამ დროს  $\text{NH}_3$  უერთდება გოგირდმჟავას და  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ -ს წარმოქმნის, რის გამოც მცირდება 0,1 n  $\text{H}_2\text{SO}_4$ -ის კონცენტრაცია. დარჩენილი თავისუფალი 0,1 n  $\text{H}_2\text{SO}_4$ -ის რაოდენობის გასაგებად ხსნარს ტიტრავენ 0,1 n NaOH-ის ან KOH-ის ხსნარით ინდიკატორ კონგო წითელის დამატებით. ამონიაკის შესაბოჭად დახარჯული 0,1 n  $\text{H}_2\text{SO}_4$ -ის რაოდენობით გებულობენ ნიადაგში აზოტის რაოდენობას %-ობით.

**ანალიზის მსვლელობა:** წინასწარ, სპეციალურად მომზადებულ ნიადაგის ნიმუშიდან ანალიზურ სასწორზე, მშრალ სუფთა სინჯარაში წონიან ნიადაგს 0,8-2,5 გ რაოდენობით (რაც მეტია ნიადაგში ჰუმუსი, მით უფრო მცირე წონაკია საჭირო და პირიქით).

აიღებენ 250 მლ მოცულობის კელდალის სუფთა მშრალ კოლბს, დაიჭერენ დახრილ მდგომარეობაში და სინჯარას შეიტანენ შიგნით რაც შეიძლება ღრმად, შემდეგ ორივეს გადმობრუნებით ფრთხილად ჩაყრიან ნიადაგს სინჯარიდან კოლბში.

ანონიან ცარიელ სინჯარას. პირველი წონისა (ნიადაგითურთ) და მეორე წონის (ცარიელის) სხვაობა იძლევა კოლბში მოთავსებული საანალიზო ნიადაგის ნიმუშის წონაკს.

### ნიადაგის წონაკის დაწვა გოგირდის მჟავით

კელდალის კოლბში მოთავსებულ ნიადაგის წონაკს კატალიზატორის სახით ამატებენ მეტალური სელენის 1-2 მარცვალს (0,05 გრამამდე), ან თუ ეს არ არის 1 გრამ შაბიამანს და 15 გ



კრისტალურ კალიუმის სულფატს, რის შემდეგ საზომი ცილინდრით ამატებენ 10 მლ  $H_2SO_4$  (კუთ.ნ. 1,84) იმგვარად, რომ მჟავამ ჩარეცხოს კოლბის კედლებზე დარჩენილი ნიადაგის ნაწილაკები.

კოლბს მცირე ხნით გააჩერებენ უძრავად (რათა მჟავა გაუფდეს ნიადაგს), რის შემდეგ კოლბის ფრთხილი და ნელი ბრუნვით შიგთავსს ერთი მეორეში კარგად აურევენ. ამის შემდეგ კოლბს ახურავენ მინის სპეციალურ საცობს ( $SO_2$ -ის გამოყოფის ასაცილებლად) და ამწოვ კარადაში მოათავსებენ ცეცხლზე დასანვავად.

კონცენტრირებული გოგირდის მჟავა დუღს  $338^\circ$  ტემპერატურაზე, ამიტომ კელდალის კოლბებს ამზადებენ ცეცხლგამძლე მინისაგან. გაცხელებას აწარმოებენ შიშველ ალზე, მაგრამ ყურადღება უნდა მივაქციოთ, რომ ალი არ მოხვდეს კოლბის იმ ნაწილს, რომელიც მჟავით არ არის დაფარული.

გაცხელებას იწყებენ სუსტ ალზე, როცა დაიწყება თეთრი ბოლის უხვი გამოყოფა ალს აძლიერებენ და კოლბის შიგთავსი მიჰყავთ სუსტ დუღილამდე. კოლბის გრძელი ყელის ზედა ნაწილი ცივი უნდა იყოს, რათა უზრუნველყოს მჟავას ორთქლის კონდენსირება.

გოგირდის მჟავას დუღილი ყოველთვის უნდა იყოს სუსტი. ძლიერი დუღილი იწვევს აზოტის დანაკარგს, რადგან ადგილი აქვს სულფატამონიუმის ნაწილობრივ დაშლას.

დანვის ხანგრძლივობა დამოკიდებულია ნიადაგის ორგანული ნივთიერების შედგენილობაზე. დანვა დამთავრებულად ითვლება, როცა ხსნარი გაუფერულდება, ხოლო კოლბის ფსკერზე მინერალური ნარჩენები გათეთრდება. ამის შემდეგ ადუღებას აგრძელებენ კიდევ 20-30 წუთს. პარალელურად იყენებენ საკონტროლო ცდას, გამოყენებული რეაქტივების სისუფთავეზე.

წვის დასრულების შემდეგ კოლბს იღებენ ცეცხლიდან და აცივებენ ოთახის ტემპერატურამდე. გაცივების შემდეგ მოხსნიან საცობს, რომელსაც ჩარეცხავვენ უამიაკო გამოხდილი წყლით, კარგად ჩარეცხავენ აგრეთვე კოლბის ყელს. შიგთავსს აზავებენ წყლით კოლბის მოცულობის ნახევრამდე. თუ იმავე დღეს არ

ხერხდება ამონიაკის გადადენა, მაშინ კოლბს თავს დაახურავენ კაუჩუკის საცობით და ინახავენ მეორე დღისათვის.

**ამიაკის გადადენა.** განზავებული ხსნარი კელდალის კოლბიდან გადააქვთ 750 მლ მოცულობის ბრტყელძირიან გადასადენ კოლბში, რომელიც დამზადებულია ცეცხლგამძლე მინისაგან. კელდალის კოლბს რამდენჯერმე გამოავლებენ გამოხდილ წყალს, რომელიც თანდათან გადააქვთ გადასადენ კოლბში. ასე აგრძელებენ მანამ, სანამ გადასადენ კოლბში არ დაგროვდება 300-400 მლ ხსნარი, ე.ი. კოლბის მოცულობის ნახევარი.

საზომი ცილინდრით იღებენ 40%-იანი ტუტის (NaOH ან KOH) ხსნარს 4-ჯერ მეტი რაოდენობით, ვიდრე დასაწვავად აღებული იყო გოგირდის მჟავა, დახრიან გადასადენ კოლბს და ფრთხილად მის კედელზე ჩაყოლებით ჩაასხამენ ტუტის ხსნარს. ტუტე, როგორც მძიმე ხსნარი ჩაეშვება კოლბის ფსკერზე მჟავის შრის ქვეშ.

შემდეგ ამატებენ 2-3 წვეთ ფენოლფტალეინს და გრანულირებული თუთიის პატარა ნაჭერს გადადენის პროცესში ხსნარის წყნარი დუღილისათვის. კოლბს უკეთებენ რეზინის საცობს, შეუერთებენ მაცივარს და დგამენ გადასადენი აპარატის შტატივზე.

მიმღებს ამზადებენ შედეგნაირად: იღებენ 250-500 მლ მოცულობის სუფთა ქიმიურ ქიქას ან კონუსურ კოლბს და ბიურეტიდან მასში ათავსებენ 20-25 მლ 0,1-0,05-0,02 ნორმალობის (დამოკიდებულია აზოტის შემცველობაზე) გოგირდის ან მარილის მჟავას.

მიმღებში ამატებენ 1-2 წვეთ გროაკის ნარევს (კონგო ნითელს, მეთილროტს, ან მეთილორანჟს), რომელიც ხსნარს შეღებავს მონითალო-იისფრად. კელდალის გადასადენ აპარატს მიმღებ კოლბს ისე უდგამენ, რომ მაცივრის ბოლომობრილი მილი მიმღები კოლბის ხსნარში ჩაიძიროს. მიმღებ კოლბს ათავსებენ პატარა სადგამზე; მას შემდეგ, რაც მიმღებში მოხვდება გადასადენი ხსნარის რამდენიმე წვეთი, მიმღებ კოლბს ჩამოდგამენ სადგამიდან და მაცივრის მილს ათავისუფლებენ მჟავასაგან.

მაცივარში უშვებენ წყალს, გადასადენი კოლბის შიგთავსს ენერგიულად ურევენ წრიული ბრუნვით, რათა მჟავა განეიტრალებდეს და შეიქმნას ტუტე არე, რომელიც აუცილებელია ამონიუმის სულფატისაგან ამიაკის გამოსაყოფად. ფენოლფტალეინისაგან მიღებული ჟოლოსფერი მიუთითებს, რომ გადასადენ კოლბში ხსნარს აქვს ტუტე რეაქცია.

შერევის შემდეგ კოლბს მაშინვე დგამენ ცეცხლზე და ხსნარი მიჰყავთ ადუღებამდე. გაცხელებას ანარმოებენ ისე, რომ დუღილი იყოს წყნარი.

უკვე, შერევის პროცესშივე ტუტით მჟავის განეიტრალებისას ხსნარი ცხელდება და ადგილი აქვს ამიაკის გამოყოფას აიროვან მდგომარეობაში. გადასადენი კოლბის გაცხელების შემდეგ ამიაკის გამოყოფა ძლიერდება. რადგან ამიაკი შთანთქმება მჟავით, გადასადენი კოლბის შიგნით წნევა იკლებს და ადგილი აქვს მიმღებიდან ხსნარის შეწოვას მაცივრის მილში.

როგორი ძლიერიც არ უნდა იყოს შეწოვა, სატიტრო მჟავიდან მილის ამოღება მანამ არ შეიძლება, სანამ გადასადენ კოლბში ხსნარი არ ადუღდება. წინააღმდეგ შემთხვევაში ამიაკის ნაწილი დაიკარგება. ხსნარის დუღილისას ამიაკთან ერთად გამოიყოფა წყლის ორთქლი, რომელიც კონდენსირდება მაცივარში და შთანთქავს აიროვან ამიაკს, ამის შედეგად ამიაკი მიმღებში ხვდება NaOH-ის წყალხსნარის სახით.

ხსნარის დუღილის დაწყებიდან 6-8 წუთის შემდეგ, მიმღების ქვეშ სადგამს იღებენ და მიმღებ კოლბს დასწევენ ქვევით. ამის შემდეგ მილი აღმოჩნდება ხსნარს ზემოთ და თავიდან არის აცილებული ხსნარის უკან დაბრუნება გადასადენ კოლბში, რომელსაც თან სდევს ხოლმე საშიში აფეთქება.

გადასადენ კოლბში ხსნარს ადუღებენ მანამ, სანამ არ გადაიდენება მისი ნახევარი (დაახლოებით 150-200 მლ). გადადენის დამთავრებას ამოწმებენ ნესლერის რეაქტივით. ამისათვის მიმღებში ჩაშვებულ მილს კარგად ჩარეცხავენ წყლით, რათა მოცილდეს სატიტრო მჟავას ხსნარი შთანთქმული ამიაკით. ჩარეცხვის შემდეგ, აგროვებენ გადადენილი ხსნარის რამოდენიმე წვეთს ფაიფურის ჯამზე და ამატებენ ნესლერის რეაქტივის 1

ნვეთს. ხსნარი უნდა დარჩეს უფერო ან სუსტი ყვითელი ფერის, როგორც თვითონ ნესლერის რეაქტივის აქვს.

**მიმღებ ხსნარში ამიაკის შემცველობის განსაზღვრა.**

გადადენის დამთავრების შემდეგ წყვეტენ ხსნარის გაცხელებას და გამორთავენ მაცივარს. გამობდილი წყლით ჩარეცხავენ მიმღების კედლებს, რის შემდეგ კოლბის ხსნარს დატიტრავენ იგივე ნორმალობის ტუტით, როგორი ნორმალობისაც იყო ამიაკის შესაბოჭად გამოყენებული გოგირდის მჟავა. ამის მიხედვით გაიანგარიშება ამონიაკის შეერთებაზე დახარჯული გოგირდმჟავას რაოდენობა. ამ უკანასკნელის მიხედვით კი განისაზღვრება აზოტის რაოდენობა ნიადაგში.

აზოტის პროცენტულ შემცველობას ანგარიშობენ ფორმულით:

$$\{ (a \cdot H_1 - b \cdot H_2) \cdot 0,014 \cdot 100 \} : r = N\%,$$

სადაც a არის მიმღებში მოთავსებული  $H_2SO_4$ -ის რაოდენობა, მლ;

$H_1$  – მიმღებში მოთავსებული  $H_2SO_4$ -ის ნორმალობა.

b – NaOH-ის ხსნარის რაოდენობა მლ, რომელიც დაიხარჯა მიმღებში ჭარბი მჟავას დატიტრვაზე;

$H_2$  -დატიტრვისათვის გამოყენებული NaOH-ის ნორმალობა.

0,014 — აზოტის მგ.ექვ სიდიდე გ-ში.

r - 100-105<sup>0</sup> გამშრალი ნიადაგის წონაკი.

**განგარიშების მაგალითი.** ჰაერმშრალი ნიადაგის წონა 100-105<sup>0</sup> ტემპერატურაზე გამომშრალზე გადაანგარიშებით ტოლია 2,4265 გ; მიმღებში შეტანილია 20,0 მლ 0,05048 n  $H_2SO_4$ -ის ხსნარი მიმღებში  $H_2SO_4$ -ის ჭარბი რაოდენობის დატიტრვაზე დახარჯულია 14,2 მლ 0.05175 n NaOH-ის ხსნარი:

$$\{ (0,05048 \cdot 20,0) - (0,05175 \cdot 14,2) \cdot 0,014 \cdot 100 \} : 2,4265 = N \ 6,1\%;$$

მიღებულ სიდიდეს აკლებენ აზოტის იმ რაოდენობას, რომელიც მიღებულია რეაქტივების სისუფთავეზე საკონტროლო ცდის შემთხვევაში.

## საჭირო რეაქტივები:

1.  $H_2SO_4$  (კუთ.ნ. 1,84). მჟავა არ უნდა შეიცავდეს ამონიუმის მარილებს. შემოწმებას ახდენენ შემეგნაირად: იღებენ 2 მლ  $H_2SO_4$  და ასხამენ 30 მლ გამოხდილ წყალში, ამატებენ 10% NaOH ან KOH ტუტე რეაქტივამდე, შემდეგ შეაქვთ 10-15 წვეთი ნესლერის რეაქტივი. დასაშვებია მხოლოდ სუსტი ყვითელი, არავითარ შემთხვევაში წითელი ფერის მიღება. არ უნდა გამოიყოს აგრეთვე ნალექი, რომელსაც ადგილი აქვს ხოლმე  $NH_4^+$ -ის დიდი რაოდენობით შემცველობის შემთხვევაში.

2. მეტალური სელენი, დაფქვილი წვრილმარცვლოვან ფხვნილამდე. შეიძლება გამოყენებულ იქნეს აგრეთვე სელენის ანჰიდრიდი ან სელენის მჟავა.

3. NaOH ან KOH 40%-იანი ხსნარი.

წონიან 400 გ ტუტეს, ათავსებენ ფაიფურის ჭიქაში და ამატებენ 600 მლ გამოხდილ წყალს, მინის წკირით კარგად ურევენ. ტუტის გახსნა მიმდინარეობს ძლიერი გაცხელებით. მორევას აწარმოებენ ტუტის სრულ გახსნამდე წყალში. ხსნარს აფარებენ ქალაღს და ტოვებენ გაცივებამდე. ცივი ხსნარი გადააქვთ ლიტრიან საზომ კოლბში და წყლით მიყავთ ნიშანხაზამდე.

4.  $H_2SO_4$  ან HCl-ის სატიტრო ხსნარი. რადგან საანალიზოდ აღებული ნიადაგის წონაკი მცირეა და მასში აზოტის შემცველობაც დიდი არ არის, იყენებენ აღნიშნული მჟავების 0,02–0,05–0,1 n ხსნარებს.

5. NaOH ან KOH სატიტრო ხსნარები.

6. გროაკის შერეული ინდიკატორი. იგი წარმოადგენს ინდიკატორ მეთილროტის და მეთილენის ლურჯის საღებავის ნარევს. ამ ინდიკატორის მომზადების ყველაზე მარტივი წესი შემდეგია: მეთილროტის მაძლარი სპირტული ხსნარის 100 მლ ურევენ 4 მლ 1%-იან მეთილენის ლურჯის წყალხსნარს.

სხვა წესის შემთხვევაში 1 მოცულობა 0,4% მეთილროტის სპირტულ ხსნარს ურევენ 1 მოცულობა 0,2% მეთილენის ლურჯის სპირტულ ხსნართან. ორთავე შემთხვევაში შერეული ინდიკატორის ხსნარს ინახავენ ფერად ბოთლში.

გროაკის ინდიკატორის შეფერვა იცვლება pH 5,2–5,6 ინტერვალში. მჟავე არეში ინდიკატორი ღებულობს მონითალო-იისფერს, ტუტე არეში მწვანეს. დატიტვრის მაჩვენებელი pH 5,4. ფერის შეცვლა ძალიან მკვეთრია, ამიტომ ამ ინდიკატორით აზოტის განსაზღვრის სიზუსტე მაღალია.

**ნიადაგში აზოტის, ფოსფორის და კალიუმის საერთო შემცველობის განსაზღვრის დაჩქარებული მეთოდი (გოგირდისა და ქლორის მჟავას ნარევიტ ნიადაგის ნიმუშის დაწვის დაჩქარებული მეთოდი კ.ე.გინზბურგი და სხვ;).**

(იხილეთ გვ.163)

**ნიადაგში მოძრავი აზოტის განსაზღვრის მეთოდი**

**ადვილად ჰიდროლიზებადი აზოტის განსაზღვრა ნიადაგში ტიურინისა და კონონოვას მეთოდით**

აღნიშნული მეთოდის გამოყენებით შეიძლება ამა თუ იმ ზომით დავახასიათოთ ნიადაგის პოტენციური უზრუნველყოფა მცენარისათვის მისაწვდომი აზოტით.

როგორც ზემოთ მივუთითებდით, ნიადაგში აზოტი უმეტესად წარმოდგენილია ორგანული ფორმით. ბუნებრივ პირობებში, ნიადაგში ორგანული ნივთიერების დაშლა პირველ სტადიებში მიმდინარეობს ჰიდროლიზის გზით. ამიტომ, ამ მეთოდის ავტორები აზოტის მოძრავი ფორმების განსაზღვრისათვის გვთავაზობენ ნიადაგის ორგანული ნივთიერების ჰიდროლიზს  $H_2SO_4$ -ის 0,5 ნორმალუბის ხსნარით. რეაქციას ატარებენ ცივ

მდგომარეობაში. ამ შემთხვევაში, ხსნარში გადადის ამონიუმის, ნიტრატის და აზოტმემცველი ორგანული ნივთიერების (ამინო-მჟავები, ამიდები) აზოტი.

**ანალიზის მსვლელობა.** ტექნიკურ სასწორზე წონიან 1 მმ ნასვრეტებიან საცერში გატარებულ 20 გრამ ჰაერმშრალ ნიადაგს, რომელიც წინასწარ, კარგად იყო გასუფთავებული მექანიკური მინარეგებისაგან. ნიადაგის წონაკს ათავსებენ 250 მლ მოცულობის კონუსურ კოლბში, რომელშიც ამატებენ 100 მლ  $H_2SO_4$ -ის 0,5 ნორმალობის ხსნარს, ანჯღრევენ 3 წუთის განმავლობაში და აყოვნებენ 16-18 საათს, რის შემდეგ ხსნარს ფილტრავენ მშრალი ქალაღდის ფილტრში.

ფილტრაციდან იღებენ 25-50 მლ-ს და გადააქვთ 100 მლ მოცულობის კონუსურ კოლბში. ამატებენ 0,5 გრამ თუთიის მტვრის ნარევის აღდგენილ რკინასთან (9 წონითი ნაწილი თუთიის მტვერი და 1 წილი რკინა), ახურავენ ძაბრს და ადუღებენ დამატებული ნარევის სრულ გაუფერულებამდე. შემდეგ კოლბს შიგთავსით აცივებენ, ამატებენ 5 მლ  $H_2SO_4$  (კუთ.წ. 1,84) და აორთქლებენ ხსნარს სუსტი გაცხელებით  $SO_2$ -ის ორთქლის გამოყოფამდე და ნაშთის გამუქებამდე. ხსნარის აორთქლების შემდეგ, აუცილებელია, იმავე დღეს მოვახდინოთ ნიადაგის ორგანული ნივთიერების დაწვა ქრომის ნარევით. ამისათვის, კოლბში ამატებენ 2 მლ ქრომის ანჰიდრიდის ( $CrO_3$ ) 20%-იან ხსნარს ან 2,5 მლ კალიუმის ბიქრომატის 12%-იან ხსნარს (მაძლარი). ეს უკანასკნელი რეაქტივი ნაკლებად სასურველია, რადგან ხსნარის გაცხელებისას ადგილი აქვს ძლიერ ბიძგებს (გაშხეფვას). კოლბს ახურავენ ძაბრს და თანაბრად ადუღებენ 10 წუთს, სითხის სრულ გამწვანებამდე. გაცივების შემდეგ ხსნარი გადააქვთ გადასადენ კოლბში და გადადენიან ამიაკს ტიურინის ან სხვა მეთოდით. ტიურინის მეთოდით ამიაკის გადადენისას კოლბში მოთავსებული ხსნარი გადააქვთ 250 მლ მოცულობის კონუსურ კოლბში, წყლით მიჰყავთ 100 მლ მოცულობამდე და კარგად შეურევენ. თანაბარი დუღილისთვის ამატებენ ცოტაოდენ გამომწვარ პემზას (ან მინის კაპილარებს) და იჭერენ რა კოლბს დახრილ მდგომარეობაში, კედელზე ჩაყოლებით ამატებენ

20 მლ NaOH-ის 50%-იან ხსნარს. კოლბს მიუერთებენ გადასადენ აპარატთან და მხოლოდ ამის შემდეგ კარგად შეურევენ კოლბის შიგთავსს.

**გადასადენი** მოწყობილობა შედგება მცირე ზომის წვეთ-დამჭერისაგან ( $d=5-6$  სმ) და მინის მილისაგან, რომელსაც აქვს წაგრძელებული ბოლო და ბურთისებრი დამცველი. მილს ჩაძირავენ სითხეში (0,02 ნორმალობის გოგირდმჟავას სატიტრო ხსნარით, რომელიც მოთავსებულია 100 მლ მოცულობის კონუსურ კოლბში). გოგირდის მჟავა აღებულ უნდა იქნეს ზუსტად 10-15 მლ; მჟავას ამატებენ 3 წვეთ მეთილროტის 0,2%-იან სპირტულ ხსნარს ან გროაკას ინდიკატორს. მიმღებ კონუსურ კოლბს ამიაკის გადადენის პროცესში ჩადგამენ ცივი წყლით ავსებულ ჭიქაში ან კრისტალიზატორში. მასიური ანალიზების დროს, ამ მიზნისათვის კარგია გამოყენებული იქნეს მრავალბუდიანი წყლის აბაზანა. მიმღებში მიღებულ ცხელ ხსნარს ტიტრავენ NaOH-ის 0,02 ნორმალობის ხსნარით. თუკი გამოყენებულია მეთილროტი, მაშინ დატიტვრას აწარმოებენ ხსნარის ვარდისფერის გადასვლამდე ღია ყვითელ ფერში. ხოლო, გროაკას ინდიკატორის გამოყენებისას მონიტალო-ისფერი გადადის მწვანეში. ამიაკის გადადენა გრძელდება დაახლოებით 30 წუთს.

მოძრავი აზოტის მცირე რაოდენობით შემცველობისას, ამიაკი გადადენილ ხსნარში შეიძლება განისაზღვროს არა მოცულობითი (დატიტვრით), არამედ კოლორიმეტრული მეთოდით.

აზოტის განსაზღვრის პარალელურად აუცილებელია ჩატარდეს საკონტროლო ანალიზი რეაქტივების სისუფთავეზე. ადვილადჰიდროლიზებადი აზოტის განსაზღვრის შედეგებს გამოსახავენ მილიგრამებში 1 კგ ჰაერმშრალ ნიადაგზე.

**ანალიზის შედეგების გამოანგარიშების მაგალითი.** ადვილადჰიდროლიზებადი აზოტის განსაზღვრისათვის აღებულია 25 მლ ხსნარი, რაც შეესაბამება 5 გრამ ნიადაგს. ამიაკის შთანთქმისათვის მიმღებში მოთავსებულია 10 მლ 0,0210 ნორმალობის  $H_2SO_4$ -ის ხსნარი ე.ი.  $0,0210 \times 10 = 0,21$  მგ ექვ., თავისუფალი გოგირდის მჟავას (გოგირდის მჟავას ის რაოდენობა, რომელიც არ დახარჯულა ამიაკის შებოჭვაზე) დატიტვრაზე (საკონტროლო



ცდის მაჩვენებლის გამოკლებით) წავიდა 7,2 მლ 0,0230 ნორმალობის NaOH-ის ხსნარი, რაც შეადგენს 0,17 მგ.ექვ.; ამიაკით შებოჭილი მჟავას რაოდენობა ტოლია 0,21 – 0,17 = 0,04 მგ.ექვ., რაც შეესაბამება 0,04 x 14 = 0,56 მგ აზოტს 5 გრამ ნიადაგზე. 1 კგ ნიადაგზე გადაანგარიშებით კი აზოტის ადვილადჰიდროლიზებადი შენაერთების რაოდენობა შეადგენს

$$0,56 \times 200 = 112 \text{ მგ/კგ-ს.}$$

### ს აჭ ი რ ო რ ე ა ქ ტ ვ ე ბ ი:

1. გოგირდის მჟავა (კუთ.ნ. 1,84), რომელიც შემონმებულია ნიტრატების შემცველობაზე.
2. 0,5 ნორმალობის გოგირდის მჟავას ხსნარი.
3. CrO<sub>3</sub>-ის 20%-იანი ხსნარი ან K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>-ის მადლარი ხსნარი.
4. H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>-ის 0,02 ნორმალობის ხსნარი.
5. NaOH- ის 0,02 ნორმალობის ხსნარი.
6. 50%-იანი NaOH;
7. მეთილროტის 0,2 %-იანი სპირტული ხსნარი, ან ინდიკატორი გროაკა (მეთილროტი + მეთილენის ლურჯი). 1 მოცულობა მეთილროტის 0,4 %-იან ხსნარს შეურევენ 1 მოცულობა მეთილენის ლურჯის 0,2 %-იან სპირტულ ხსნართან. ინახავენ ბნელ ადგილას.
8. გამომწვარი პემზა ან მინის კაპილარები.

### ჰიდროლიზური აზოტის განსაზღვრა კარბონატულ ნიადაგებში

ნიადაგში CO<sub>2</sub>-ის 2%-ზე მეტი შემცველობისას საჭიროა ნიადაგის კარბონატების განეიტრალება.

კარბონატულ ნიადაგებში ადვილადჰიდროლიზებადი აზოტის განსაზღვრისათვის ზ.ი. შლავიციკაიამ (ж. „Агрохимия“, 1967, №9) წამოაყენა დამზადებული იქნეს ორნაირი კონცენტრაციის გოგირდის მჟავა – 2 და 0,5 ნორმალობის; კარბონატებს შლიან 2 n H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>-ით და 100 მლ-მდე მიჰყავთ 0,5 n H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>-ით.

კარბონატების განეიტრალებისათვის აუცილებელი 2 n  $H_2SO_4$ -ის მოცულობის (მლ-ში) განსაზღვრისათვის და ამავე მოცულობაში  $H_2SO_4$ -ის 0,5 n-ის შექმნისათვის შემოთავაზებულია შემდეგი ფორმულა:  $w = 6,1 \cdot a$ , სადაც w – არის 2 n  $H_2SO_4$ -ის მოცულობა მლ-ში; a – ნიადაგის  $CO_2$  %-ში; 6,1 – მუდმივი კოეფიციენტი.

**ანალიზის მსვლელობა.** 20 გრამ ჰაერმშრალ ნიადაგს ათავსებენ სოქსლეტის ჭურჭელში (წინასწარ დაყალიბებული 200 მლ + 20 გრამი ნიადაგი მოცულობაზე), ამატებენ 2 n  $H_2SO_4$ -ს  $w = 6,1 \cdot a$  ანგარიშით, სადაც a – არის ნიადაგში  $CO_2$ -ის შემცველობა %-ში;  $CO_2$ -ის ძლიერი გამოყოფის შეწყვეტის შემდეგ ნიშანხაზამდე ამატებენ  $H_2SO_4$ -ის 0,5 n-ის ხსნარს და ანჯღრევენ 4-5 წუთს. განმეორებით ანჯღრევენ 2-3-ჯერ 1-2 წუთით 6 საათის განმავლობაში.

6 საათის შემდეგ კიდევ ერთხელ ანჯღრევენ და ტოვებენ 18-20 საათით (ჭურჭელს წინასწარ ახურავენ საცობს); დაყოვნების შემდეგ იღებენ 30-40 მლ ფილტრატს, ათავსებენ 200-250 მლ მოცულობის კელდალის კოლბში ან ერლენმეიერის ცეცხლგამძლე კოლბში, ამატებენ აღდგენილი რკინის და თუთიის მტვერს (1 : 9) 0,5 გრამ ნარევს.

ნარევის სრული გახსნისათვის, ხსნარს აცხელებენ ადუღებამდე და აორთქლებენ 8-10 მლ-მდე. გაცივების შემდეგ ამატებენ 5 მლ ქიმიურად სუფთა  $H_2SO_4$ -ს (კუთ.ნ. 1,84) და სამ წვეთ 42%-იან ქლორის მჟავას. კოლბს ახურავენ ძაბრს და შიგთავსს წვავენ ალექტროაბაზანაზე სინჯის სრულ გაუფერულებამდე. ქლორის მჟავას ნაცვლად, დაწვა შეიძლება ჩატარდეს სელენით ან მისი მარილებით.

ამიაკს გადადენიან იმავე კოლბიდან, რომელშიც ჩატარდა დაწვა. მიმღებ კოლბში ათავსებენ 10-15 მლ 4%-იან ბორის მჟავას, რის შემდეგ ამიაკს ტიტრავენ 0,02 n  $H_2SO_4$ -ით ნარევი ინდიკატორის თანაარსებობისას.

### საჭირო რეაქტივები:

1. გოგირდის მჟავა; 0,02 n, 0,5 n და 2 n ხსნარები.
2. ქიმიურად სუფთა გოგირდის მჟავა, კუთ.ნ. 1,84;
3. ალდგენილი რკინის და თუთიის ნარევი 1 : 9 შეფარდებით.
4. 42 %-იანი ქლორის მჟავა.
5. 4 %-იანი ბორის მჟავა;
6. ნარევი ინდიკატორი;

### მოდრავი აზოტის განსაზღვრა კორნფილდის მეთოდით

მეთოდის არსი იმაში მდგომარეობს, რომ ტუტე ჰიდროლიზის შედეგად ნიადაგიდან გამოიყოფა ამიაკი, რომელიც შეიბოჭება ბორის მჟავით და შემდეგ იტიტრება გოგირდის მჟავით. ანალიზი დაყვანილია მარტივ ოპერაციამდე. გაფილტვრა არ არის საჭირო. ლებულობენ ხსნარს და აწარმოებენ დატიტვრას ერთსა და იმავე ჯამზე.

**ანალიზის მსვლელობა.** 2 გრამ ჰაერმშრალ ნიადაგს ათავსებენ ჯამის გარეთა განყოფილებაში. ჯამის შიგა ნაწილში ასხამენ 2 მლ ბორის მჟავას 2%-იან ხსნარს და 2 წვეთ გროაკის ინდიკატორს. შემდეგ ჯამის გარეთა ნაწილში ამატებენ 5 მლ 1,0 ნორმალობის ტუტის ხსნარს, ისე, რომ ნიადაგი არ დასველდეს. ეს ადვილად კეთდება გამყოფის „,C“-ის საშუალებით. ჯამი უნდა დავიჭიროთ გამყოფისაკენ ოდნავ დახრილ მდგომარეობაში. ჯამის მდგომარეობის შეუცვლელად, აფარებენ მას სახურავს (რომლის კიდეებზე წასმულია ვაზელინი) და 1 წუთის განმავლობაში ჯამის ფრთხილი შენჯღრევით აღწევენ ნიადაგის შერევას ტუტესთან, რის შემდეგ ჯამს დგამენ თერმოსტატში 28<sup>0</sup> ტემპერატურის პირობებში 48 საათის განმავლობაში. 48 საათის შემდეგ ჯამს გამოიტანენ, ააცლიან სახურავს და ტიტრავენ ბორის მჟავას მიერ შთანთქმულ ამიაკს. დატიტვრას აწარმოებენ მიკრობიურეტიდან H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>-ის 0,02 ნორმალობის ხსნარით ინდიკატორის მწვანე ფერის ჟოლოსფერში გადასვლამდე. ჩაწერენ დატიტვრაზე დახარჯულ მჟავას რაოდენობას და ანგარიშობენ ნიადაგიდან გამოყოფილი ამიაკური აზოტის რაოდენობას.

ანალიზის შედეგებს გამოსახავენ N მილიგრამებში 1 კგ ნიადაგზე და ანგარიშობენ შემდეგი ფორმულით:

$$X = (a \cdot n \cdot 14 \cdot 100) : r,$$

სადაც, X - არის N მგ 1 კგ ნიადაგზე.

a – დატიტვრაზე დახარჯული  $H_2SO_4$ -ის ხსნარის რაოდენობა.

n – დატიტვრისათვის გამოყენებული  $H_2SO_4$ -ის ხსნარის ნორმალობა შესწორების გათვალისწინებით.

r – საანალიზოდ აღებული ნიადაგის წონაკი.

14 – N-ის მილიგრამ ექვივალენტის მილიგრამებზე გადასაანგარიშებელი კოეფიციენტი.

100 – 1 კგ ნიადაგზე გადასაანგარიშებელი რიცხვი.

### ს ა ქ ი რ ო ქ უ რ ქ ე ლ ი და რ ე ა ქ ტ ი ვ ე ბ ი:

1. კონვეის ჯამი, მოდიფიცირებული ბრემნერის და შოუს მიერ.
2. ჯამის სახურავი მილესილი კიდევებით.
3. დაბალტემპერატურიანი თერმოსტატი.
4. 2,5 მლ-იანი პიპეტები.
5. მიკრობიურეტი 5 მლ-იანი.
6.  $H_2SO_4$ -ის 0,02 ნორმალობის სატიტრო ხსნარი.
7. NaOH-ის 1,0 ნორმალობის ხსნარი.
8. ბორის მჟავას 2%-იანი ხნარი (20 გ ბორის მჟავას ხსნიან 1 ლ წყალში).
9. გროაკის კომბინირებული ინდიკატორი (იხ. გვ. 119; 123).

### აზოტის მოძრავი ფორმების განსაზღვრა ნიადაგში

ცნობილია აზოტის პირველხარისხოვანი როლი მცენარის კვებაში. საერთო აზოტის შემცველობის განსაზღვრა ნიადაგში არასაკმარისია აზოტიანი სასუქების შეტანის აუცილებლობის განსაზღვრისათვის. აზოტის მოძრავ ფორმებს უპირველესად ეკუთვნიან ამიაკისა და ნიტრატების მარილები.

ამიაკური აზოტი შეიძლება იყოს როგორც ნიადაგის ხსნარში, ისე შთანთქმულ მდგომარეობაში, ნიტრატული კი – მხოლოდ ნიადაგის ხსნარში. ორთავე ფორმის აზოტის რაოდენობა ნიადაგში ძალზე ცვალებადია და დამოკიდებულია მრავალ ფაქტორზე: მიკრობიოლოგიურ პროცესებზე (ამონიფიკაცია, ნიტრიფიკაცია, დენიტრიფიკაცია, აზოტფიქსაცია და სხვ.), ნიადაგის მექანიკურ შედგენილობაზე, მის ფიზიკურ და ქიმიურ თვისებებზე, ამინდის პირობებზე, მცენარის განვითარებაზე, კულტურის სახეზე და ა.შ.; აღნიშნულიდან გამომდინარე აზოტის მოძრავ ფორმებს ნიადაგში საზღვრავენ დინამიკაში, ე.ი. რამდენიმეჯერ სავეგეტაციო პერიოდის განმავლობაში, რათა ახსნილი იქნეს ნიადაგისა და სასუქების აზოტოვანი შენაერთების ფორმების გარდაქმნის კანონზომიერებები, მათი შელწევა მცენარეში განვითარების ფაზების მიხედვით.

### **წყალხსნადი ამიაკის განსაზღვრა ნიადაგში ნესლერის რეაქტივით**

ნესლერის რეაქტივი –  $K_2HgI_4$  – ტუტე არეში იძლევა ყვითელ შეფერადებას. ხსნარის შეფერვის ინტენსივობა დამოკიდებულია მასში არსებული ამონიუმის რაოდენობაზე.

**ანალიზის მსვლელობა.** ტექნიკურ სასწორზე წონიან 20 გრამ ახლადალეულ სველი ნიადაგის ნიმუშს, ათავსებენ 250 მლ მოცულობის კოლბში, ამატებენ 100 მლ გამოხდილ უამიაკო წყალს, ანჯღრევენ 3 წუთის განმავლობაში, მიღებულ სუსპენზიას ფილტრავენ მკვრივ, უნაცრო ქაღალდის ფილტრში. გამჭვირვალე ფილტრატის მისაღებად საჭიროა რაც შეიძლება მეტი ნიადაგი იქნეს გადატანილი ძაბრზე, რათა იგი კარგად გაუჯდეს ფილტრის ფორებში. ფილტრატის პირველ მღვრიე ულუფას გადაღვრიან. თუ ამის შემდეგ ფილტრატი მაინც მღვრიეა, მაშინ მას აბრუნებენ უკან ძაბრზე და ასე იმეორებენ მანამ, სანამ არ მიიღებენ გამჭვირვალე ფილტრატს.

გამჭვირვალე ფილტრატიდან იღებენ 25 მლ-ს, გადაიტანენ 50 მლ მოცულობის საზომ კოლბში და ხსნარის მოცულობა

გამოხდილი წყლით მიჰყავთ 40 მლ-მდე, ამატებენ 2 მილილიტრ სეგნეტის მარილის 50%-იან ხსნარს, შეანჯღრევენ, ამატებენ 2 მილილიტრ ნესლერის რეაქტივს, გამოხდილი წყლით შეავსებენ ნიშანხაზამდე და კარგად შეანჯღრევენ. ხსნარი შეიფერება ყვითლად. 5 წუთის შემდეგ ყვითლად შეფერადებული ხსნარის ოპტიკურ სიმკვრივეს ზომავენ ფოტოელექტროკოლორიმეტრზე 10 მმ სისქის კიუვეტში 400-425 მმკ ტალღის სიგრძეზე. შესადა-რებელ ხსნარად გამოყენებულია წყალი. აპარატზე ანათვალის აღების შემდეგ  $\text{NH}_4$ -ის შემცველობას ანგარიშობენ წინასწარ აგებული საყალიბო მრუდის (გრაფიკის) მიხედვით.

გრაფიკის ასაგებად იღებენ ქიმიურად სუფთა გადაკრის-ტალეზულ 0,7405 გ  $\text{NH}_4\text{Cl}$ , ხსნიან 1 ლ გამოხდილ წყალში და კარგად შეურევენ. აღნიშნული ხსნარიდან იღებენ 20 მლ-ს, გადაიტანენ 1 ლიტრი მოცულობის საზომ კოლბში, გამოხდილი წყლით მიიყვანენ ნიშანხაზამდე და კარგად შეურევენ. მიღებული სანიმუშო ხსნარის 1 მლ შეიცავს 0,005 მილიგრამ  $\text{NH}_4$ -ს, ან 0,0047 მგ  $\text{NH}_3$ -ს ან 0,0039 მგ N-ს.

ასეთი წესით მომზადებული სანიმუშო ხსნარიდან გრაფიკის ასაგებად იღებენ: 0, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20 მილილიტრს, გადააქვთ 50 მლ მოცულობის საზომ კოლბებში, რომელთაც შეესაბამება შესაბამისად ამონიუმის ( $\text{NH}_4$ ) 0; 0,01; 0,02; 0,03; 0,04; 0,05; 0,06; 0,07; 0,08; 0,09; 0,10 მგ; ამატებენ 40 მგ-მდე გამოხდილ წყალს, 2 მილილიტრ სეგნეტის მარილის 50%-იან ხსნარს, შეანჯღრევენ, ამატებენ 2 მლ ნესლერის რეაქტივს. კოლბს შეავსებენ ნიშანხაზამდე გამოხდილი წყლით, კარგად შეანჯღ-რევენ და აკოლორიმეტრირებენ. მიღებული მონაცემების საფუძველზე აგებენ საყალიბო მრუდს (გრაფიკს).

აპარატზე ანათვალისა და მრუდის საშუალებით პოულობენ ხსნარის მოცემულ მოცულობაში ამიაკის შესაბამის კონცენ-ტრაციას. ამის შემდეგ კი ანგარიშობენ  $\text{NH}_4$ -ის რაოდენობას მგ-ობით 100 გრამ ნიადაგზე შემდეგი ფორმულით:

$$X = (a \cdot V_0 \cdot 100) : (V_1 \cdot H)$$

სადაც, X - არის NH<sub>4</sub>-ის რაოდენობა მგ-ობით 100 გრამ ნიადაგზე.

a - NH<sub>4</sub>-ის შემცველობა გრაფიკის მიხედვით, მგ.

V<sub>0</sub>- საწყისი ხსნარის მოცულობა, მლ;

V<sub>1</sub>-საანალიზოდ აღებული ხსნარის მოცულობა, მლ;

H - საანალიზოდ აღებული ნიადაგის წონაკი;

100 - 100 გრამ ნიადაგზე გადასაანგარიშებელი კოეფიციენტი;

**რეაქტივები:**

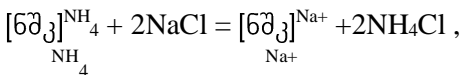
- ნესლერის რეაქტივი K<sub>2</sub>HgJ<sub>4</sub>;

- სეგნეტის მარილი - 50 გრამ მარილს ხსნიან 100 მლ გამობდილ წყალში;

- NH<sub>4</sub>-ის სანიმუშო ხსნარის მოზადება (იხილეთ ტექსტში „ანალიზის მსვლელობა“).

**შთანთქმული ამიაკის განსაზღვრა  
ნესლერის რეაქტივით**

ნიადაგში შთანთქმული ამიაკის შემცველობა ისაზღვრება მარილის ხსნარში, რადგან იგი ადვილად გამოძევდება სხვა კათიონებით, მაგალითად ნატრიუმით და კალიუმით:



წარმოქმნილი ამონიუმის ქლორიდის ურთიერთმოქმედებით ნესლერის რეაქტივთან ტუტე არეში წარმოიქმნება ყვითელი ფერის კომპლექსური შენაერთი. მიღებული შეფერილობის ინტენსივობა ხსნარში ამიაკის შემცველობის პირდაპირ პროპორციულია:



**ანალიზის მსვლელობა.** ტექნიკურ სასწორზე წონიან 20 გრამ სველ ნიადაგს, ათავსებენ 500 მლ მოცულობის კოლბში, ამატებენ 100 მლ კალიუმის ქლორიდის 1 ნორმალობის ხსნარს.

ამასთან ერთად, წონიან 5-7 გრამ ნიადაგს, ათავსებენ ალუმინის ბიუქსში და ტენის განსაზღვრისათვის აშრობენ 6-8 საათის განმავლობაში 100-105<sup>0</sup> ტემპერატურაზე.\*

კოლბს ანჯღრევენ 1 საათის განმავლობაში. შემდეგ კი სუსპენზიას მკვრივი დაკეცილი ფილტრით ფილტრავენ 200-250 მლ მოცულობის საზომ კოლბში.

სუსპენზიის მთელი რაოდენობის ჩაფილტვრის შემდეგ, კოლბში ასხამენ 20 მლ-მდე კალიუმის ქლორიდის 1 ნორმალობის ხსნარს და გადაიტანენ ფილტრზე. უნდა ვეცადოთ, რომ რაც შეიძლება მთლიანად იქნეს გადატანილი ნიადაგი კოლბდან ფილტრზე. ამ უკანასკნელ ოპერაციას იმეორებენ 4-5-ჯერ, ამასთან, მნიშვნელოვანია, მხედველობაში მივიღოთ, რომ ყოველ ახალ ულუფას კოლბიდან ამატებენ ფილტრზე მხოლოდ მას შემდეგ, როცა წინა ულუფა მთლიანად იქნება ჩაფილტრული. KCl-ის ხსნარით ჩარეცხვას აგრძელებენ მანამ, სანამ შთანთქმული კომპლექსიდან მთლიანად არ გამოიდევენება ამიაკი, რასაც ამონმებენ ნესლერის რეაქტივის საშუალებით. ამ მიზნით იღებენ სუფთა სინჯარას, ასხამენ მასში 3-4 წვეთ ნესლერის რეაქტივს. შემდეგ იმავე სინჯარაში ამატებენ ძაბრიდან ჩამოდენილი ფილტრატის რამდენიმე წვეთს. თუ ხსნარი სინჯარაში ყვითლად შეიფერა, ეს იმას ნიშნავს, რომ ამიაკის გამოძევება ჯერ კიდევ არ დამთავრებულა და ნიადაგს კვლავ ესაჭიროება KCl-ის ხსნარით ჩარეცხვა. როდესაც შთანთქმული კომპლექსიდან ამიაკის გამოძევება დამთავრდება, კოლბის შიგთავსი კალიუმის ქლორიდის იგივე ხსნარით მიჰყავთ ნიშანხაზამდე, ახურავენ საცობს და კრგად შეურევენ.

გამჭვირვალე გამონაწერიდან იღებენ 25-50 მლ ფილტრატს (დამოკიდებულია მასში ამონიაკის რაოდენობაზე) და გადაიტანენ 100 მლ მოცულობის საზომ კოლბში. ხსნარის მოცულობა გამოხდილი წყლით მიჰყავთ დაახლოებით 80 მლ-მდე, რომელიც

---

\* NH<sub>3</sub>-ის განსაზღვრისათვის იღებენ ახლად აღებული ნიადაგის ნიმუშის სველ წონაკს, ამიტომ პარალელურად, ნიმუშში საზღვრავენ ტენს, რის შემდეგ ანალიზის შედეგებს გადაიანგარიშებენ აბსოლუტურად მშრალ ნიადაგზე.



არ შეიცავს ამონიაკს. კოლბში მოთავსებულ ხსნარს კარგად შეურევენ, ამატებენ 4 მლ სეგნეტის მარილის ხსნარს, ხელმეორედ შეანჯღრევენ, ამატებენ 4 მლ ნესლერის რეაქტივს და წყლის მიმატებით კოლბს შეავსებენ ნიშანხაზამდე. კოლბს ახურავენ საცობს და მასში მოთავსებულ ხსნარს შეანჯღრევენ, ხსნარი ყვითლად შეიფერება.

გამოსაკვლევი ხსნარის პარალელურად აწარმოებენ სანიმუშო ხსნარის შეფერვას, რისთვისაც 100 მლ მოცულობის საზომ კოლბებში იღებენ 5, 10, 15, 20, 25, 30 მლ სანიმუშო ხსნარს. კოლბს გამოხდილი წყლით ავსებენ დაახლოებით 80 მლ-მდე, ხსნარს კარგად შეანჯღრევენ, შემდეგ დაამატებენ 4 მლ სეგნეტის მარილს, 4 მლ ნესლერის რეაქტივს, ხსნარს გამოხდილი წყლით მიიყვანენ ნიშანხაზამდე და კარგად შეურევენ. ამრიგად, როგორც სანიმუშო, ისე გამოსაკვლევი ხსნარი შეფერილია და 5-7 წუთის შემდეგ ატარებენ კოლორიმეტრირებას ფოტოელექტროკოლორიმეტრის საშუალებით ლურჯი შუქფილტრით 400-425 მმკ ტალღის სიგრძეზე 10 მმ სისქის კიუვეტით.

ფოტოელექტროკოლორიმეტრის საშუალებით ხსნარების ოპტიკური სიმკვრივის გაზომვის შემდეგ, სანიმუშო ხსნარების კონცენტრაციისა და ოპტიკური სიმკვრივის საფუძველზე აგებენ დაყალიბებულ მრუდს, რომლის საშუალებითაც ანგარიშობენ საკვლევ ხსნარში  $\text{NH}_4$ -ის რაოდენობას მგ-ობით 100 გრამ ნიადაგზე შემდეგი ფორმულით:

$$X = (a \cdot V_0 \cdot 100) : (V_1 \cdot H)$$

სადაც, X – არის  $\text{NH}_4$ -ის რაოდენობა მგ-ობით 100 გრამ ნიადაგზე.

a -  $\text{NH}_4$ -ის შემცველობა გრაფიკის მიხედვით, მგ.

$V_0$  - სანყისი ხსნარის მოცულობა, მლ;

$V_1$  - საანალიზოდ აღებული ხსნარის მოცულობა, მლ;

H - საანალიზოდ აღებული ნიადაგის წონაკი;

100 - 100 გრამ ნიადაგზე გადასაანგარიშებელი კოეფიციენტი;

### **რეაქტივები:**

- გამოხდილი წყალი, რომელიც არ შეიცავს ამიაკს.
- KCl-ის 1 ნორმალობის ხსნარი; წონიან ქიმიურად სუფთა KCl-ს 74,56 გ. რაოდენობით, ხსნიან 500 მლ წყალში, ხსნარს ფილტრავენ ლიტრიან კოლბში და გამოხდილი წყლით შეავსებენ 1 ლიტრამდე. ხსნარის pH უნდა იყოს დაახლოებით 6,0-6,5; თუ ხსნარის pH მეტია ან ნაკლები, მას უმატებენ რამდენიმე წვეთ 10%-იან HCl-ს ან KOH-ის ხსნარს სასურველ pH-მდე.
- ნესლერის რეაქტივი  $K_2HgI_4$ ;
- სეგნეტის მარილი - 50 გრამ მარილს ხსნიან 100 მლ გამოხდილ წყალში;
- $NH_4$ -ის სანიმუშო ხსნარის მოზადება (იხილეთ ტექსტში „ანალიზის მსვლელობა“).

### **ნიტრატული აზოტის განსაზღვრა დისულფოფენოლის მჟავას გამოყენებით (გრანდვალ-ლიაჟუს მეთოდი)**

ნიტრატული აზოტის განსაზღვრისათვის ამზადებენ ნიადაგის წყლით გამონაწურს. ჩვეულებრივ, ნიადაგის შეფარდება წყალთან 1:5. ნიტრატები წყალში ადვილად იხსნებიან. ამიტომ, მათი ხსნარში გადასაყვანად საკმარისია 3 წუთი ნჯღრევა. გაფილტვრას აწარმოებენ დაკეცილ ფილტრის ქაღალდში. უნდა ვეცადოთ, რომ ფილტრზე გადატანილი იქნეს ხსნარი, რაც შეიძლება მეტ ნიადაგთან ერთად, რადაგანაც, ნიადაგის ფენა ფილტრზე მნიშვნელოვნად აკავებს კოლოიდურ მინერალურ ნაწილაკებს.

ნიტრატების შემცველ ხსნარზე დისულფოფენოლის მჟავას მიმატებით, ტუტე არეში ვლერულობთ ყვითლად შეფერილ ხსნარს. შეფერვის ინტენსივობა ამ შემთხვევაშიც დამოკიდებულია ხსნარში ნიტრატების რაოდენობაზე.

**ანალიზის მსვლელობა.** იღებენ 50 გრამ სველ ნიადაგს. ათავსებენ 500 მლ მოცულობის კოლბში, ამატებენ 250 მლ გამოხდილ წყალს, ანჯღრევენ 3 წუთის განმავლობაში და ფილტრავენ.

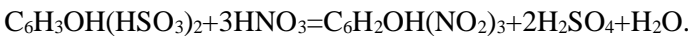
გამჭვირვალე ფილტრაციდან იღებენ 25-50 მლ (დამოკიდებულია ნიტრატების მოსალოდნელ შემცველობაზე) და ათავსებენ ფაიფურის ჯამზე. სანიმუშო ხსნარიდან იღებენ 5, 10, 20, 30, 40, 50 მლ ხსნარს და ათავსებენ ფაიფურის ჯამებზე. შემდეგ, როგორც საკვლევ, ისე სანიმუშო ხსნარიან ფაიფურის ჯამებს დგამენ ადულებული წყლის აბაზანაზე და ხსნარს მთლიანად აორთქლებენ. თუ ფილტრატში დიდი რაოდენობითაა ქლორიდები, მაშინ ადგილი აქვს აზოტის მჟავას დანაკარგებს:



ამიტომ, ასეთ შემთხვევაში (ქლორიდების დიდი რაოდენობით შემცველობისას) საჭიროა წინასწარ მათი დალექვა. ამ მიზნით ფილტრატს ამატებენ გოგირდმჟავა ვერცხლის ხსნარს, წარმოშობილ  $\text{AgCl}$ -ის ნალექს ფილტრავენ და ამრიგად, ლეულობენ ხსნარს, რომელიც არ შეიცავს ქლორს.

ხსნარის მთლიანად აორთქლების შემდეგ, ჯამს გადმოიღებენ წყლის აბაზანიდან და აცივებენ. ფაიფურის ჯამზე დარჩენილ ნაშთს ამატებენ 1 მლ დისულფოფენოლის მჟავას. მარილების გახსნის მიზნით მშრალ ნაშთს კარგად სრესენ ბოლომომრგვალებული მინის წკირით. ამის შემდეგ ჯამს 10 წუთით ტოვებენ მოსვენებულ მდგომარეობაში, რათა ნიტრატებისა და დისულფოფენოლის მჟავას შორის მოხდეს მთლიანი ურთიერთმოქმედება.

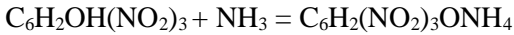
ნიტრატებსა და დისულფოფენოლის მჟავას შორის მიმდინარე რეაქცია შეგვიძლია შემდეგნაირად წარმოვიდგინოთ:



დისულფოფენოლის მჟავა      ტრინიტროფენოლი

10 წუთის შემდეგ ჯამში არსებულ ხსნარს ამატებენ 15 მლ წყალს და ხსნარს კარგად ურევენ მინის წკირით. ხსნარში ჩაუშვებენ ლაკმუსის ქალაღის პატარა ნაჭერს და ხსნარი მიყავთ ტუტე რეაქციამდე ამონიაკის ან მწვავე ნატრიუმის ხსნარის დამატებით, რის გამოც, ხსნარში მყოფი წითელი ფერის ლაკმუსის ქალაღი მიიღებს ლურჯ ფერს, რაც ხსნარის ტუტე

რეაქციის მაჩვენებელია. ამ დროს ხსნარში ადგილი აქვს შემდეგ რეაქციას:



ტრინიტროფენოლი                      ყვითელი ნიტროპროდუქტი

ამრიგად, მიღებული  $\text{C}_6\text{H}_2(\text{NO}_2)_3\text{ONH}_4$ -ის ხსნარი შეფერილია ყვითლად. ყოველივე ამის შემდეგ ხსნარი გადააქვთ 100 მლ მოცულობის საზომ კოლბში და წყლის დამატებით მიჰყავთ ნიშანხაზამდე. კოლბს ახურავენ საცობს და კარგად შეურევენ. 5 წუთის შემდეგ ფოტოელექტროკოლორიმეტრში ლურჯი შუქფილტრით, 400-425 მმკ ტალღის სიგრძეზე ადარებენ გამოსაკვლევი და სანიმუშო ხსნარების შეფერვათა ინტენსივობას. სანიმუშო ხსნარების კონცენტრაციისა და ოპტიკური სიმკვრივის გაზომვის საფუძველზე აგებენ მრუდს, რომლის საშუალებით ანგარიშობენ საკვლევ ხსნარში  $\text{NO}_3$ -ის რაოდენობას მგ-ობით 100 გ ნიადაგზე შემდეგი ფორმულით:

$$X = (a \cdot V_0 \cdot 100) : (V_1 \cdot H)$$

სადაც, X - არის  $\text{NO}_3$ -ის რაოდენობა მგ-ობით 100 გრამ ნიადაგზე.

a -  $\text{NO}_3$ -ის შემცველობა გრაფიკის მიხედვით, მგ.

$V_0$  - სანყისი ხსნარის მოცულობა, მლ;

$V_1$  - საანალიზოდ აღებული ხსნარის მოცულობა, მლ;

H - საანალიზოდ აღებული ნიადაგის წონაკი;

100 - 100 გრამ ნიადაგზე გადასაანგარიშებელი კოეფიციენტი;

**ს ა ჟ ი რ ო რ ე ა ქ ტ ი ვ ე ბ ი:** 1. დისულფოფენოლის მჟავა. იღებენ 3 გრამ სუფთა, კრისტალურ ფენოლს, რომელსაც გახსნიან 37 გრამ (20,1 მლ) გოგირდის მჟავაში (კუთ.წ. 1,84). ფენოლსა და გოგირდის მჟავას კარგად ურევენ ერთმანეთში და გადააქვთ კოლბში. კოლბს ახურავენ საცობს, რომელშიც გატარებულია მოხრილი გრძელი მინის მილი. კოლბს დგამენ ადუღებული წყლის აბაზანაში 6 საათის განმავლობაში. ჩვეულებრივად, პარალელურად ამზადებენ ნახევარ ლიტრ დისულფოფენოლის მჟავას. ასეთნაირად მომზადებული რეაქტივი შეიძლება გამო-

კრისტალდეს განსაკუთრებით ცივ პერიოდში. ხსნარში მის გადასაყვანად მიმართავენ გაცხელებას. წყლის დამატება არ შეიძლება.

**2.** NaOH-ის ან KOH-ის 20%-იანი ხსნარი, ან 10 %-იანი ამიაკი (იღებენ კონცენტრირებულ ამონიაკს, რომლის კუთრი წონაა - 0,9 და ორჯერ განაზავებენ).

**3.** ნიტრატის სანიმუშო ხსნარი. ანალიზურ სასწორზე წონიან 0,1631 გრამ ქიმიურად სუფთა, გადაკრისტალეზულ მშრალ  $KNO_3$ -ს და ხსნიან 1 ლიტრ გამოხდილ წყალში. მისგან იღებენ 100 მლ ხსნარს და გამოხდილი წყლით აზავებენ 1 ლიტრამდე. ასეთი წესით მომზადებული სანიმუშო ხსნარის ერთი მილი-ლიტრი შეიცავს 0,01 მილიგრამ  $NO_3$ -ს.

### **გაუცვლელი ფიქსირებული ამონიუმის განსაზღვრა ნიადაგში დარივალის და სტივენსონის მეთოდით\***

მეთოდის არსი შემდეგში მდგომარეობს: წინასწარ აწარმოებენ ნიადაგიდან გაცვლითი ამონიუმისა და ჰიდროლიზური ორგანული აზოტის მოცილებას ნიადაგის ექსტრაგირების გზით მწვავე კალიუმის ხსნარის საშუალებით. შემდეგში კი აწარმოებენ ფიქსირებული ამონიუმის გამოყოფას ნიადაგიდან ფტორწყალბადის მჟავით.

**ანალიზის მსვლელობა.** წონიან 0,25 მმ-იან საცერში გატარებულ ნიადაგს 10-20 გრამის რაოდენობით და ამუშავებენ 400 მლ 1 ნორმალობის KOH-ის ხსნარით<sup>†</sup>, რომელსაც ტოვებენ 8 საათის განმავლობაში ავტოკლავში 1,4-1,5 ატმოსფერული წნევისა და 120-125<sup>0</sup> ტემპერატურის პირობებში. შემდეგ ნიადაგს გამოყოფენ ტუტე ექსტრაქტისაგან ცენტრიფუგირებით და ამის შემდეგ 3-4-ჯერ ჩარეცხავენ 150-200 მლ 1,0 ნორმალობის KCl-ის ხსნარით

\* მეთოდი მოდიფიცირებულია НИУИФ-ის აზოტის ლაბორატორიაში.

<sup>†</sup> ნიადაგში კარბონატების დიდი რაოდენობით შემცველობისას KOH-ით ნიადაგის დამუშავებამდე მათ შლიან HCl-ის წვეთების დამატებით.

ჩანარეცხ ხსნარში ამიაკის სრულ გაქრობამდე (სინჯი ნესლერის რეაქტივით). ასეთი წესით გარეცხილ ნიადაგს ამატებენ 150 მლ ნარევეს  $\text{HF}+\text{HCl}+\text{H}_2\text{SO}_4$ . ნარევეში ამ მჟავების კონცენტრაცია ტოლია 5 n – HF-თვის, 0,75 n – HCl-თვის და 0,6 n  $\text{H}_2\text{SO}_4$ .

ამ ნარევის მოსამზადებლად იღებენ 250 მლ ფტორწყალბადის მჟავას, 61,5 მლ HCl (კუთ.ნ.1,19), 16,8 მლ  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (კუთ.ნ. 1,84) და ამატებენ წყალს ნარევის მოცულობის მისაყვანად 1 ლიტრამდე.

მჟავების ნარევეს ნიადაგთან ერთად ტოვებენ 12-16 საათის განმავლობაში, პერიოდული ან მუდმივი ნჯღრევით, რის შემდეგ მჟავე ხსნარი ნიადაგთან ერთად ნეიტრალდება 5 n NaOH-ით მეთილროტის მიხედვით ყვითელი ფერის მიღებამდე. შემდეგ კი გადაიტანენ ამიაკის გადასადენ კოლბში. ამიაკს ბოჭავენ 0,02 n  $\text{H}_2\text{SO}_4$ -ის ხსნარით.

## ნიტრიტების განსაზღვრა გრისის მეთოდით

**მეთოდის პრინციპი.** ნიტრიტების სუსტი ხსნარების დამუშავებისას ნარევით – ძმარმჟავა a-ნაფტილამინი + სულფანილის მჟავას ხსნარი ძმარმჟავაში, მიიღება წითელი შეფერვა, რომლის ინტენსივობას ზომავენ ფოტოელექტროკოლორიმეტრზე. მეთოდი ძალზე მგრძობიარეა.

**ანალიზის მსვლელობა.** იღებენ საკვლევი ნიადაგის წყლით გამონაწურის (ნიადაგის წყალთან შეფარდება 1:5-თან; 3 წუთი ნჯღრევა) 40 მლ-ს და გადაიტანენ 50 მლ მოცულობის საზომ კოლბში. ამატებენ 8 მლ ნიტრატულ რეაქტივს და წყლით მიჰყავთ ნიშანხაზამდე.

ერთდროულად ამზადებენ სანიმუშო კოლორიმეტრულ ხსნარებს. 15 წუთით დაყოვნების შემდეგ კოლორიმეტრში ადარებენ საკვლევი და სანიმუშო ხსნარების შეფერვის იმტენსივობას.

### საჭირო რეაქტივები:

1. ნიტრიტული რეაქტივის დასამზადებლად იღებენ თანაბარი მოცულობით სულფანილის მჟავას ხსნარს (ხსნარი A) და a-

ნაფტილამინის ძმარმჟავა ხსნარს (ხსნარი B) და შეურევნ ერთმანეთში.

**ხსნარი A:** 0,5 გრამ ქიმიურად სუფთა სულფანილის მჟავას ხსნიან 100 მლ ძმარმჟავაში (კუთ.ნ. 1.04).

**ხსნარი B:** 0,1 გრამ ა-ნაფტილამინს ადულებენ 20 მლ წყალთან ერთად და ატარებენ კარგად გარეცხილ ბამბის ქსოვილში 180 მლ ძმარმჟავასთან (კუთ.ნ. 1.04) ერთად.

თანაბარი მოცულობის A და B ხსნარების ნარევეს ამზადებენ უშუალოდ განსაზღვრის წინ.

**2. ნიტრიტის სანიმუშო ხსნარი.** 0,0836 გრამ ქიმიურად სუფთა  $\text{AgNO}_2$  ხსნიან წყალში, ხსნარს ამატებენ  $\text{NaCl}$ -ს  $\text{AgCl}$ -ის გამოლექვის შეწყვეტამდე. ხსნარი მიჰყავთ 250 მლ-მდე, ძლიერ ანჯღრევენ და ტოვებენ ბნელ ადგილას, ვიდრე ნალექი არ გამოიყოფა. 10 მლ ხსნარს განაზავებენ 100 მლ-მდე წყალში, რომელიც არ შეიცავს ნიტრიტებს. ხსნარს ინახავენ კარგად თავდახურულ მინის ჭურჭელში ბნელ ადგილას. ამ ხსნარის 1 მლ შეიცავს  $0,01 \text{ mg NO}_2$ .

### **ნიადაგის ნიტრიფიკაციის უნარის განსაზღვრა\***

ნიადაგიდან აზოტის მობილიზაციის პოტენციალური შესაძლებლობა შეიძლება განისაზღვროს ნიადაგში ნიტრატების დაგროვების მიხედვით მისი დაკომპოსტების შემდეგ ლაბორატორიულ პირობებში ოპტიმალური ტენისა და ტემპერატურის დაცვით.

1 მმ ნასვრეტებიან საცერში გატარებულ 20 გრამ ჰაერმშრალ ნიადაგს ათავსებენ წინასწარ აწონილ ბრტყელძირიან 100 მლ მოცულობის კოლბში. ნიადაგს ატენიანებენ მისი კაპილარული ტენტევალობის 60 %-მდე, აფარებენ ფილტრის ქალაღს და 7-12 დღის განმავლობაში აჩერებენ თერმოსტატში  $26-28^\circ$  ტემპერატურის პირობებში. კოლბის საერთო წონას (ნიადაგით)

---

\* მიღებულია ვ.ვ.დოკუჩაევის სახელობის ნიადაგმცოდნეობის ინსტიტუტში.

ამონმებენ ტექნიკურ სასწორზე რამდენიმეჯერ. ტენის აორთქლების ხარჯზე, შემცირდება რა ნიადაგის წონა, ამატებენ გამოხდილ წყალს პიპეტით.

დაკომპოსტების ვადის გასვლის შემდეგ ნიადაგში საზღვრავენ ნიტრატებს დისულფოფენოლის მჟავას მეთოდით. აუცილებელია ნიტრატები განისაზღვროს აგრეთვე საწყის ნიადაგში (დაკომპოსტების გარეშე ნიადაგში).

თერმოსტატში ერთი კვირით დაყოვნების შემდეგ ნიტრატული აზოტის შემცველობასა და საწყის ნიადაგში ნიტრატების შემცველობას შორის სხვაობა წარმოადგენს ნიტრიფიკაციის პროცესის ინტენსივობის მაჩვენებელს ნიადაგში.

ლაბორატორიულ პირობებში ნიტრატების დაგროვების შესახებ მიღებული მონაცემები შეიძლება გამოვიყენოთ როგორც აზოტიან სასუქებზე ნიადაგის მოთხოვნილების ხარისხის მაჩვენებელი.

თუ დაკომპოსტების წინ ნიადაგი მშრალი იყო, მაშინ ასეთი ნიადაგის ნიტრიფიკაციის უნარი თითქმის ყოველთვის მეტია, ვიდრე ნიადაგში, რომელიც დაკომპოსტების წინ არ იყო გამშრალი.

ნიადაგის ნიტრიფიკაციის უნარის განსაზღვრისათვის ზოგჯერ აკომპოსტებენ უფრო მეტი რაოდენობით ნიადაგს – 150-200 გრამს. ათავსებენ ჩაის ჭიქებში ან მაიონეზის ქილებში და დგამენ თერმოსტატში 28-30<sup>0</sup> ტემპერატურაზე მისი ზღვრული ტენტევადობის 60%-ის შენარჩუნებით. ჭიქებში ნიადაგი უნდა იყოს ყოველთვის ფხვიერ მდგომარეობაში.

დაკომპოსტების დრო შეიძლება გადიდდეს 3 თვემდე. ამ პერიოდში დაგროვილი ნიტრატების რაოდენობა შეიძლება განვიხილოთ როგორც აზოტის რაოდენობა, რომელიც შესაძლოა დაგროვდეს მინდორში ზაფხულის პერიოდში ყველაზე ხელსაყრელ პირობებში.

როგორც ვიცით ნიტრატები ძალიან მოძრავია ვეგეტაციის პერიოდში და ისინი მხოლოდ იმ კონკრეტულ მომენტს ახასიათებენ როცა მოხდა მათი განსაზღვრა. ამიტომ უფრო დასაყრდენია ნიტრიფიკაციის უნარის განსაზღვრა.



## ნიადაგში ფოსფორის განსაზღვრის მეთოდები

ნიადაგში მოიპოვება ფოსფორშემცველი სხვადასხვა მინერალები, რომელთაგან განსაკუთრებით აღსანიშნავია ჰიდროქსილ და ფტორაპატიტი. ფოსფორი ნიადაგში გვხვდება აგრეთვე სხვადასხვა შენაერთების სახით, ასეთებია: ერთნახევარი ჟანგეულებისა და კალციუმის ფოსფატები, ფოსფორის ორგანული შენაერთები და სხვადასხვა რთული შენაერთები, რომლებიც წარმოიქმნებიან ნიადაგის კოლოიდების მიერ ფოსფატების შთანთქმის შედეგად. სხვადასხვა ტიპის ნიადაგებში ჭარბობს ფოსფორშემცველი სხვადასხვა მინერალები.

მცირე ჰუმუსიან ნიადაგებში, რომელთაც მჟავე რეაქცია ახასიათებთ, ფართოდ არის წარმოდგენილი ერთნახევარი ჟანგეულების ფოსფატები; აგრეთვე, ფოსფორის შენაერთები ნიადაგის მინერალურ და ორგანომინერალურ კოლოიდებთან, რომელნიც შეიცავენ რკინისა და ალუმინის დიდ რაოდენობას. ფოსფორის ეს ფორმები გამოირჩევა მცირე ხსნადობით და მცენარისათვის უმნიშვნელო შესათვისებლობით.

ნეიტრალური, ფუძეებით მაძლარი ნიადაგები კი შეიცავენ მეორად კალციუმიან ფოსფატებს, უფრო შესათვისებელს, ვიდრე რკინისა და ალუმინის ფოსფატები.

მცენარეთა მიერ ფოსფორის შენაერთების შეთვისება დამოკიდებულია მათი კვების პირობებზე, ნიადაგის ხსნარის რეაქციაზე, მასში სხვადასხვა კათიონების და ანიონების არსებობაზე, აგრეთვე გავრცელებული მცენარის სახეზე. მცენარის ფოსფორით კვების პირობების დასადგენად, უნდა ვიცოდეთ არა მარტო ფოსფორის ადვილად მოძრავი შენაერთების შემცველობა ნიადაგში, არამედ, აგრეთვე, მისი ის რაოდენობაც, რომელიც სავეგეტაციო პერიოდის განმავლობაში შეიძლება გადავიდეს მოძრავ შენაერთებში.

ნიადაგში ფოსფორის საერთო რაოდენობის განსაზღვრას აწარმოებენ წონითი, მოცულობითი, კოლორიმეტრული და ნეფელომეტრული ანალიზის მეთოდებით. საერთო ფოსფორის განსაზღვრა წარმოდგენას გვაძლევს ფოსფორის იმ რეზერვებზე, რომელიც შეიძლება თანდათან მობილიზებული იყოს ნიადაგში.

მისი განსაზღვრა აუცილებელია ფოსფორის ბალანსის დასადგენად ნიადაგში სასუქებით სხვადასხვა ხანგრძლივი ცდების პირობებში, ნიადაგის გენეზისის შესწავლისას და საერთოდ, ისეთი საკითხების შესწავლისას, რომელნიც დაკავშირებულია ნიადაგში საკვები ელემენტების რაოდენობრივ ცვლილებებთან, რასაც შეიძლება ადგილი ქონდეს რიგი წლების განმავლობაში.

## **ფოსფორის მოძრავი შენაერთების განაზღვრა ნიადაგში**

„ფოსფორის მოძრავი შენაერთების“ სახელწოდების ქვეშ იგულისხმება არა მარტო ნიადაგის ის ფოსფატები, რომელნიც უშუალოდ შესათვისებელია მცენარის მიერ, არამედ აგრეთვე მათი ის ფორმებიც, რომელნიც შედარებით მოკლე დროში გადავლენ ნიადაგის მყარი ფაზიდან ხსნარში.

ქვემოთ მოყვანილია ნიადაგში ფოსფორის მოძრავი შენაერთების განსაზღვრის სხვადასხვა წესი. მრავალი მათგანი უკვე ფართოდ და წარმატებით გამოიყენება სოფლის მეურნეობის პრაქტიკული საკითხების გადასაჭრელად.

ნიადაგში მოძრავი ფოსფორის განსაზღვრა შედგება ორი ძირითადი ოპერაციისაგან:

1. მოძრავი ფოსფორის გამოდევნა ნიადაგიდან – გამონანურის მომზადება.

2. მიღებულ გამონანურში ფოსფორის განსაზღვრა.

ნიადაგში ფოსფორის მოძრავი ფორმების განსაზღვრისათვის არსებობს სხვადასხვა მეთოდი, რომლებიც ერთმანეთისგან განსხვავდებიან ძირითადად გამონანურის მომზადების წესით (განსხვავებული რეაქტივი გამონანურის მოსამზადებლად, მისი კონცენტრაცია, ნიადაგის რაოდენობისა და ხსნარის მოცულობის შეფარდება, ურთიერთმოქმედების დრო). მეთოდის არჩევისას მნიშვნელოვან კრიტერიუმად ითვლება გამოყენებული ხელსაწყოს მგრძობელობა, წარმადობა, ანალიზის ჩატარების შრომატევადობა, ანალიზის ხანგრძლივობა.

ხსნარში გადმოსული მოძრავი  $P_2O_5$ -ის რაოდენობა ყველა შემთხვევაში დიდად არის დამოკიდებული ტემპერატურაზე. გამონაწერი მომზადებული უნდა იქნეს  $24^{\circ} \pm 2^{\circ} C$  ტემპერატურის პირობებში.

თანამედროვე პერიოდში აგროქიმიურ და ნიადაგურ გამოკვლევებში ფოსფორის განსაზღვრისათვის გამოიყენება ფოტომეტრული მეთოდი. ნიადაგის გამონაწერში ფოსფორის ( $PO_4^{3-}$ ) განსაზღვრის ფოტომეტრული მეთოდებიდან აღსანიშნავია **დენიუეს** მეთოდის სხვადასხვა მოდიფიკაციები, რომელთა საფუძველია მჟავე არეში კომპლექსური შენაერთის – ფოსფორმოლიბდენის ჰეტეროპოლიმჟავას  $H_3[P(Mo_3O_{10})_4]$  წარმოქმნა, რომელიც მიიღება ფოსფორის შემცველ ხსნარზე მოლიბდენმჟავა ამონიუმის დამატებით. აღნიშნულ ხსნარში აღმდგენელის დამატებით, ექვსვალენტოვანი მოლიბდენი, რომელიც შედის ფოსფორმოლიბდენმჟავას შედგენილობაში, აღდგება ხუთვალენტოვნამდე კომპლექსური შენაერთის – ფოსფორმოლიბდენის ლურჯის წარმოქმნით და ხსნარი ღებულობს ლურჯ ფერს. შეფერვის ინტენსივობის მიხედვით განისაზღვრება ფოსფორის შემცველობა საკვლევ ხსნარში.

არსებობს **დენიუეს** მეთოდის მრავალი ვარიანტი. მათგან ფართო გამოყენება აქვს იმ ვარიანტებს, რომლებშიც აღმდგენელის სახით გამოიყენება ქლორიანი კალა. ასეთია – ტრუოგ-მეიერის, ლევიცკის, მალიუგინა და ხრენოვას ვარიანტი. ნიადაგის გამონაწერში ფოსფორის ფოტომეტრული განსაზღვრისათვის ამ მეთოდების გამოყენება შემონმბებულია მრავალწლიანი პრაქტიკით და რეკომენდებულია ფოსფორის განსაზღვრისათვის ნიადაგში.

ფოტომეტრული მეთოდით ფოსფორის განსაზღვრისას, გაზომვის საფუძველს წარმოადგენს საკვლევ ხსნარების შეფერვის შედარება იმ ხსნარების შეფერვასთან, რომელშიც წინასწარ ცნობილია ფოსფორის რაოდენობა. ამ უკანასკნელთ სანიმუშო ან სტანდარტულ ხსნარებს უწოდებენ.

ჩვეულებრივად, სტანდარტული ხსნარების დამზადებისას პირველად ამზადებენ ფოსფატების შედარებით კონცენტრირებულ ხსნარებს. მათგან განზავების გზით ღებულობენ უფრო

სუსტ სამუშაო ხსნარებს (ერთს ან რამდენიმეს) და ამ უკანასკნელის რამდენჯერმე განზავებით კი ამზადებენ სანიმუშო ხსნარების სერიას (სანიმუშო სკალას), რომელთაც იყენებენ საკვლევ ხსნარებთან შესადარებლად.

ამ მიზნით, რამდენიმე საზომ კოლბში (50 ან 100 მლ მოცულობის), შეაქვთ  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ -ის სანიმუშო ხსნარის სხვადასხვა რაოდენობა, რომელიც შეიცავს  $\text{P}_2\text{O}_5$ -ს 0,005-დან 0,06 მგ-მდე 50 მლ მოცულობაზე ანგარიშით. კოლბის შიგთავსს შეაფერადებენ ლაბორატორიაში გამოყენებული მეთოდის მიხედვით და გაატარებენ ფოტოელექტროკოლორიმეტრზე.

ნიადაგის გამონაწურში ფოსფორის ფოტომეტრული მეთოდით განსაზღვრისას, ხსნარის შეფერვის ინტენსივობის გასაზომად ფართოდ არის გამოყენებული ფოტოელექტროკოლორიმეტრები, რომელნიც საშუალებას იძლევიან გაზომვა ჩატარდეს დიდი სიზუსტით და მაღალი წარმადობით. ხსნარების ლურჯი შეფერვის სინათლის შთანთქმის მაქსიმუმი სპექტრის ხილულ ნაწილში შეესაბამება 725 მმკ (მილიმიკრონი) ტალღის სიგრძეს. ამასთან დაკავშირებით, ხსნარების გატარებისას ფოტოელექტროკოლორიმეტრზე, რომელშიც სინათლის მონოქრომატიზაცია წარმოებს შუქფილტრების დახმარებით, ისინი აუცილებელია შერჩეული იქნეს იმ ანგარიშით, რომ სპექტრის ამ არეში მათ ჰქონდეთ ყველაზე მეტი გატარება.

ფოტოელექტროკოლორიმეტრით მუშაობისას სანიმუშო ხსნარების ინტენსივობის გაზომვისას მიღებული მონაცემების საფუძველზე აგებენ საყალიბო მრუდს (გრაფიკს) – აბსცისთა ღერძზე გადათვლიან ფოსფორის კონცენტრაციას, ორდინატთა ღერძზე – აპარატზე მიღებულ ანათვალს, მათი საშუალებით გადაკვეთის წერტილებში, გრაფიკზე გაივლება მრუდი ან სწორი ხაზი (**სურათი 2**) (დამოკიდებულია ფოტოელექტროკოლორიმეტრზე). ფოტოელექტროკოლორიმეტრში საკვლევ ხსნარების გატარებისას მიღებული ანათვალისა და მრუდის საშუალებით პოულობენ ხსნარის მოცემულ მოცულობაში ფოსფორის შესაბამის კონცენტრაციას. ამის შემდეგ კი ანგარიშობენ მოძრავი  $\text{P}_2\text{O}_5$ -ის რაოდენობას მგ-ობით 100 გრამ ნიადაგზე შემდეგი ფორმულით:

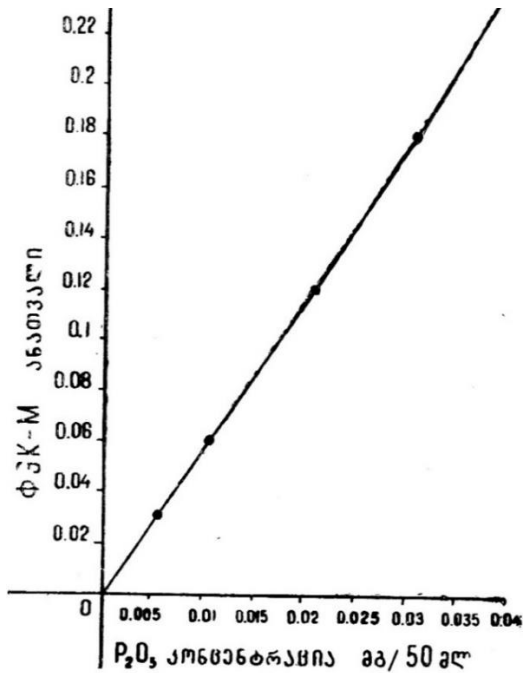
$$X = (a \cdot p \cdot 100) : r$$

სადაც, X არის  $P_2O_5$ -ის რაოდენობა მგ-ობით 100 გ ნიადაგზე.

a – მრუდზე მიღებული ანათვალის (ე.ი. ხსნარის მოცემულ მოცულობაში  $P_2O_5$ -ის კონცენტრაცია – მგ/50 მლ-ზე, თუ 50 მლ მოცულობის საზომ კოლბებს ვიყენებთ. ან მგ/100 მლ-ზე, როცა 100 მლ მოცულობის საზომ კოლბებს ვიყენებთ).

p - ხსნარის განზავების რიცხვი. r – აღებული ნიადაგის წონაკი.

100 – 100 გრამ ნიადაგზე გადასანგარიშებელი რიცხვი.



**გამონგარიშების მაგალითი.** დავუშვათ საანალიზოდ აღებული გვაქვს 0,8 გრამი ნიადაგი, რომელიც დავამუშავებთ 40 მლ ხსნარით. ფილტრაციდან საანალიზოდ ამოვიღებთ 5 მლ. ამ შემთხვევაში განზავების რიცხვი =  $40 : 5 = 8$ ;

მრუდზე ანათვალის  $a = 0,01185$ ; მაშასადამე  $P_2O_5$  - მგ-ობით 100 გ ნიადაგზე =  $(0,01185 \times 8 \times 100) : 0,8 = 11,85$ .

## ფოსფორის განსაზღვრა ნიადაგის გამონაწერში. დენიუეს მეთოდის ტრუოგ-მეიერის ვარიანტი

100 მლ მოცულობის საზომ კოლბში ათავსებენ საკვლევი ხსნარის განსაზღვრულ რაოდენობას, ანეიტრალებენ ბეტადინიტროფენოლის მიხედვით ამიაკის (ან სოდის) 10%-იანი ხსნარით ყვითელი ფერის მიღებამდე, რომელსაც აქრობენ  $H_2SO_4$  ან  $HCl$ -ის 10%-იანი ხსნარის 1 წვეთის დამატებით. შემდეგ გამოხდილი წყლით ხსნარი მიჰყავთ 90 მლ-მდე, ამატებენ 4 მლ მოლიბდენმჟავა ამონიუმს (რეაქტივი 1), გამოხდილი წყლით მიიყვანენ ნიშანსაზამდე, შეურევენ, ამატებენ ქლორიანი კალას ხსნარის 6 წვეთს და კვლავ შეურევენ კარგად. 5-10 წუთის შემდეგ (არა უგვიანეს 15 წუთისა) შეფერილ ხსნარს ატარებენ აპარატში ისე რომ ყველა კოლბა გატარებული იქნეს კალას დამატებიდან ზუსტად ერთსა და იმავე დროში. მუშაობის პროცესში შეიძლება გამოყენებული იქნეს სხვა საზომი კოლბები: მაგალითად, 50 მლ მოცულობის. ამ შემთხვევაში დასამატებელი რეაქტივების რაოდენობა ნახევრდება.

**საჭირო რეაქტივები:** 1. 25 გრამ მოლიბდენმჟავა ამონიუმს ხსნიან წინასწარ  $60^{\circ}$ -მდე გაცხელებულ 200 მლ წყალში და ფილტრავენ. 280 მლ კონცენტრირებულ  $H_2SO_4$  (კუთ.წ. 1,84) გამოხდილი წყლით აზავებენ 800 მლ-მდე. ორთავე ხსნარის გაცივების შემდეგ, გოგირდის მჟავაში მუდმივი შერევით, ფრთხილად გადაიტანენ მოლიბდენმჟავა ამონიუმის ხსნარს. გაცივების შემდეგ ხსნარის საერთო მოცულობა მიჰყავთ 1 ლიტრამდე. ხსნარს ინახავენ ფერადი მინის ჭურჭელში. რეაქტივი შეიძლება შევინახოთ 1 წლის განმავლობაში.

2. 25 გრამ  $SnCl_2 \cdot 2H_2O$  წყლის აბაზანაზე ხსნიან 1 ლ 10%-იან  $HCl$ -ის ხსნარში. ინახავენ სიფონიან ან ტუბუსიან ჭურჭელში, რომელსაც გაკეთებული აქვს მინის ონკანი ხსნარის წვეთობით ჩამოშვებისათვის. ჰაერის ზემოქმედებისაგან დასაცავად ხსნარის ზედაპირზე ამატებენ 5 მილიმეტრი სისქის მანქანის თეთრ ზეთს.

უმჯობესია  $0,25$  გ  $\text{SnCl}_2 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$  გავხსნათ  $10$  მლ  $10\%$ -იან  $\text{HCl}$ -ში და ყოველი განსაზღვრის დროს დამზადდეს ახალი ხსნარი.

**3. ფოსფორის სანიმუშო ხსნარი.** ანალიზურ სასწორზე წონიან  $0,1917$  გრამ ქიმიურად სუფთა, გადაკრისტალებულ, ერთჩანაცვლებულ კალიუმის ფოსფატს –  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ . გახსნიან ცოტაოდენ გამოხდილ წყალში და მიიყვანენ  $1$  ლიტრ მოცულობამდე. ლეზულობენ ფოსფატის ძირითად სტანდარტულ ხსნარს, რომლის  $1$  მლ შეიცავს  $0,1$  მგ  $\text{P}_2\text{O}_5$ -ს. აღნიშნული ძირითადი სანიმუშო ხსნარიდან ამზადებენ ფოსფატის სამუშაო ხსნარს, რისთვისაც  $100$  მლ ძირითად ხსნარს აზავებენ  $1$  ლიტრ გამოხდილ წყალში. მიღებული სამუშაო სანიმუშო ხსნარი შეიცავს  $0,01$  მგ  $\text{P}_2\text{O}_5$ -ს  $1$  მლ-ში. ფოსფატის სამუშაო სანიმუშო ხსნარი შეიძლება დამზადდეს აგრეთვე სხვა კონცენტრაციით. მაგალითად, ძირითადი ხსნარის  $20$  მლ-ს გამოხდილი წყლით აზავებენ  $1$  ლიტრ მოცულობამდე. მიღებული სამუშაო ხსნარის  $1$  მლ შეიცავს  $0,002$  მგ  $\text{P}_2\text{O}_5$ .

### დენიუეს მეთოდის ცინცადის ვარიანტი

$50$  მლ-იან საზომ კოლბში ათავსებენ საკვლევი ხსნარის განსაზღვრულ რაოდენობას  $0,003$ -დან  $0,06$  მგ-მდე  $\text{P}_2\text{O}_5$ -ის შემცველობით და ანეიტრალებენ  $2-3$  წვეთი ბეტა-დინიტროფენოლის თანაარსებობით, ისე როგორც ეს მითითებულია **144 გვერდზე**. ამატებენ  $2$  მლ რეაქტივ  $\text{MoO}_3$ , მიჰყავთ წყლით  $50$  მლ-მდე და ანჯღრევენ. შემდეგ ამატებენ  $0,5$  მლ ქლორიან კალას და  $5$  წუთის შემდეგ ატარებენ აპარატში.

**საჭირო რეაქტივები:** **1.**  $\text{MoO}_3$ -ის რეაქტივი. ფაიფურის ჯამზე ან კელდალის კოლბში ათავსებენ  $75$  მლ გოგირდის მჟავას (კუთ.წ.  $1,785$ ), ამატებენ  $3,762$  გ  $\text{MoO}_3$  (ან  $4,232$  გ  $\text{H}_2\text{MoO}_4$ ), ადულებენ (სუსტად) მუდმივი მორევით  $\text{MoO}_3$ -ის სრულ გახსნამდე და ნჯღრევით გადააქვთ კოლბში, რომელშიც წინასწარ მოთავსებულია  $300$  მლ წყალი. აცივებენ და წყლით მიიყვანენ  $500$  მლ-მდე. რეაქტივს ინახავენ ბნელ ადგილას.

2. ქლორიანი კალას ხსნარი. 0,25 გ  $\text{SnCl}_2$ . 2  $\text{H}_2\text{O}$  ხსნიან 10 მლ 10%-იან  $\text{HCl}$ -ში წყლის აბაზანაზე გაცხელებით. უნდა დამზადდეს უშუალოდ გამოყენების წინ.

3. სანიმუშო ხსნარი მზადდება ისე, როგორც ტრუოგის ვარიანტის შემთხვევაში.

4. ბეტა-დინიტროფენოლის ნაჯერი ხსნარი.

**შენიშვნა:** თუ არ აქვთ  $\text{MoO}_3$ , ის შეიძლება მომზადდეს მოლიბდენმუჟავა ამონიუმის გამონვით მუფელში 2-3 საათის განმავლობაში 400° ტემპერატურის პირობებში. წყლისა და ამიაკის მოცილების შემდეგ  $\text{MoO}_3$  აქვს ნაზი ყვითელი ფერის ფხვნილის სახე.

## **მცენარისათვის შესათვისებელი ფოსფორის განსაზღვრა ნითელმინა ნიადაგში**

### **არენიუსის მეთოდის გინზბურგის ვარიანტი**

არენიუსმა ადვილად ხსნადი ფოსფორის განსაზღვრისათვის გამოიყენა ლიმონის მუჟავას 1%-იანი ხსნარი, pH 2,3; აღნიშნული მეთოდის ფუძემდებლად ითვლება დაიერი. მან გამოიკვლია მრავალი მცენარის ფესვების გამონაყოფის მუჟავიანობა და მივიდა იმ დასკვნამდე, რომ ეს მუჟავიანობა ახლოა 1%-იან ლიმონის მუჟავასთან. ყოველივე ამის საფუძველზე ნიადაგიდან შესათვისებელი ფოსფორის გამოსაყოფად არენიუსმა შემოგვთავაზა ლიმონის მუჟავას გამოყენება. შემდგომში მეთოდმა განიცადა ცვლილებები. წამოყენებულ იქნა ამ მეთოდის მრავალი მოდიფიკაცია. ჩვენ ამ წიგნში არენიუსის მეთოდი მოცემული გვაქვს გინზბურგის ვარიანტით. ნიადაგის შეფარდება ხსნართან შეადგენს 1:10; ნჯღრევა 4 საათი; დაყოვნება 18-20 საათის განმავლობაში 25 -+ 2°C ტემპერატურის პირობებში.

მეთოდი გამოიყენება მოძრავი ფოსფატების განსაზღვრისათვის სუბტროპიკულ ნიადაგებში (ნითელმინებში, ყვითელმინებში) და არაკარბონატულ მთის ნიადაგებში.



### **ანალიზის მსვლელობა.**

წონიან 1 მმ-იან საცერში გატარებულ 5 გრამ ნიადაგს, ათავსებენ 100 მლ მოცულობის ბრტყელძირიან კოლბში, ამატებენ 50 მლ 1%-იან ლიმონის მჟავას ხსნარს და ანჯღრევენ 2 საათის განმავლობაში, აყოვნებენ 18-20 საათით, რის შემდეგ ხსნარს ხელახლა შეანჯღრევენ და ფილტრავენ მკვრივ, უნაცრო ფილტრში.

გამჭვირვალე ფილტრატიდან იღებენ 10 მლ-ს და გადაიტანენ 50-100 მლ მოცულობის კონუსურ კოლბში, ამატებენ 3 მლ კონცენტრირებულ HCl და 6 მლ  $KMnO_4$ -ის 5%-იან ხსნარს. კოლბის შიგთავსს ფრთხილად შეანჯღრევენ და 30 წუთით დაყოვნების შემდეგ დგამენ ცხელ ეტერნიტულ ქურაზე. დროთა განმავლობაში შეურევენ.

გაცხელებას აწარმოებენ კალიუმის პერმანგანატის მღვრიე ნალექის სრულ გაქრობამდე (პერიოდული შენჯღრევით), რის შემდეგ კვლავ განაგრძობენ კოლბის გაცხელებას 15-20 წუთის განმავლობაში, რათა აორთქლდეს ხსნარის მცირე რაოდენობა. გაცივების შემდეგ შემჟავებული ხსნარი გადააქვთ 50 მლ მოცულობის საზომ კოლბში და გამოხდილი წყლით მიჰყავთ ნიშანხაზამდე.

ამ საზომი კოლბიდან პიპეტით იღებენ 5-25 მლ ხსნარს (დამოკიდებულია ფოსფორის მოსალოდნელ შემცველობაზე) და გადაიტანენ 50 მლ მოცულობის საზომ კოლბში, ამატებენ ცოტაოდენ წყალს, 1-2 წვეთ ბეტა-დინიტროფელის ხსნარს და ტიტრავენ  $NH_4OH$ -ის 20%-იანი ხსნარით ყვითელი ფერის მიღებამდე. ხსნარის ყვითელ შეფერვას აქრობენ 1-2 წვეთი გოგიდმჟავას 20%-იანი ხსნარის დამატებით. შემდეგ ხსნარს ამატებენ 2 მლ მოლიბდენმჟავა ამონიუმის 2,5%-იან ხსნარს გოგირდმჟავაში და გამოხდილი წყლით მიჰყავთ ნიშანხაზამდე. ამატებენ 3 წვეთ ქლორიანი კალას ხსნარს, შეურევენ კარგად და 7-10 წუთის შემდეგ ატარებენ აპარატზე.

### **საჭირო რეაქტივები:**

1. ლიმონის მჟავას 1%-იანი ხსნარი.
2. კონცენტრირებული HCl (კუთ.ნ. 1.19).

3. კალიუმის პერმანგანატის 5%-იანი ხსნარი (50 გ  $\text{KMnO}_4$ -ს ხსნიან 1 ლ წყალში).

4. ბეტა-დინიტროფენოლის ხსნარი (ნაჯერი ხსნარია 0,2 გ  $\text{C}_6\text{H}_4\text{N}_2\text{O}_5$  100 მლ წყალში)

5. ამიაკის 20%-იანი ხსნარი [814,0 მლ  $\text{NH}_4\text{OH}$  (კუთ.ნ. 0,91) 1 ლ გამოხდილ წყალში].

6. გოგირდის მჟავას 20%-იანი ხსნარი [129,9 მლ  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (კუთ.ნ. 1,84) 1 ლ გამოხდილ წყალზე].

7. მოლიბდენმჟავა ამონიუმის 2,5%-იანი ხსნარი გოგირდის მჟავაში.

25 გრამ მოლიბდენმჟავა ამონიუმს ხსნიან 200 მლ გამოხდილ წყალში (60°-მდე გაცხელებამდე) და მექანიკური მინარევეებით დანაგვიანების შემთხვევაში ფილტრავენ უნაცრო ფილტრში.

ცალკე ამზადებენ გოგირდის მჟავას ხსნარს. ამისათვის 280 მლ კონცენტრირებულ გოგირდის მჟავას (კუთ.ნ. 1,84) მცირე ულუფებით ასხამენ 520 მლ გამოხდილ წყალში. ოთახის ტემპურატურამდე გაცივების შემდეგ ამ ორ ხსნარს ურევენ ერთმანეთში და ცივი წყლით მიჰყავთ ნიშანხაზამდე. ხსნარს ინახავენ ფერადი მინის ჭურჭელში კარგად თავდაცულ მდგომარეობაში.

8. ქლორიანი კალას ხსნარი.

0,25 გ  $\text{SnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  ხსნიან 10 მლ 10%-იან  $\text{HCl}$ -ის ხსნარში წყლის აბაზანაზე გაცხელებით. ფოსფორის ყოველი განსაზღვრისას საჭიროა ახალი ხსნარი.

კალას ხსნარის დასამზადებლად იყენებენ აგრეთვე მეტალურ კალას. ამ შემთხვევაში 0,1 გრამ მეტალურ კალას ათავსებენ სინჯარაში, რომელიც დაცულია ბუნზენის სარქველით (საცობში გატარებულია მინის მილი, რომელიც ბოლოვდება რეზინის მილით). ამატებენ მას 2 მლ კონცენტრირებულ მარილმჟავას, 1-2 წვეთ 4%-იან  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ -ს და დგამენ ადუღებული წყლის აბაზანაზე, მანამ სანამ მეტალური კალა მთლიანად არ გაიხსნება ხსნარში. გადმოდგამენ და გაცივების შემდეგ გამოხდილი წყლით შეავსებენ 10 მლ-მდე.

## ა.ე.ბერიძის მოდიფიკაცია

წონიან 1 მმ-იან საცერში გატარებულ 5 გრამ ნიადაგს და ათავსებენ 100 მლ მოცულობის კონუსურ კოლბში. ამატებენ 50 მლ ლიმონის მჟავას 1%-იან ხსნარს. კოლბის შიგთავსს ანჯღრევენ 1 წუთის განმავლობაში და დგამენ ცხელ ეტერნიტულ ქურაზე, აცხელებენ ძლიერ ადუღებამდე, ხოლო, შემდეგ ხსნარს ფილტრავენ მკვრივ უნაცრო ფილტრში. იღებენ 2-10 მლ ფილტრატს (დამოკიდებულია  $P_2O_5$ -ის მოსალოდნელ შემცველობაზე). გადაიტანენ 100 მლ მოცულობის კონუსურ კოლბში და ლიმონის მჟავას დაჟანგვისათვის ამატებენ 2 მლ 30 პროცენტის გოგირდის მჟავას და 20 მლ პერმანგანატის 0,5 ნორმალობის ხსნარს. კოლბს ანჯღრევენ და დგამენ ეტერნიტულ ქურაზე, ხსნარი მიჰყავთ ადუღებამდე და აგრძელებენ დუღილს 5 წუთის განმავლობაში; შემდეგ კოლბში ამატებენ 5 მლ გლუკოზის 10%-იან ხსნარს და აცხელებენ მანგანუმის ორჟანგის მუქი ფერის ნალექის გაქრობამდე. გაცივების შემდეგ ხსნარს გადაიტანენ საზომ კოლბში და ამზადებენ აპარატზე გასატარებლად ლაბორატორიაში მიღებული რომელიმე წესით.

### ფოსფორის მოძრავი შენაერთების განსაზღვრა მჟავე ნიადაგებში ო.ონიანის მეთოდით

ავტორი რეკომენდაციას იძლევა ფოსფორისა და კალიუმის მოძრავი ფორმები განისაზღვროს ერთ გამონაწურში, რომელიც მიღებულია ნიადაგზე 0,1 ნორმალობის გოგირდმჟავას დამატებით, მისი ხანმოკლე ურთიერთმოქმედებით ნიადაგთან. ამასთან, ანალიზის ჩატარებისას არ არის საჭირო ფილტრატის წინასწარი დამუშავება (დაჟანგვა, ნეიტრალიზაცია). 0,1 ნორმალობის გოგირდმჟავას ხსნარში ნიადაგიდან გადასული რკინის იონების რაოდენობა არ უშლის ფოსფორის კოლორიმეტრულ განაზღვრას. ანალიზის ხანგრძლივობა 3-4 საათია. ყველა ეს თავისებურებები აღნიშნულ მეთოდს უპირატესობას ანიჭებს წინათ არსებულ მეთოდებთან შედარებით.

**ანალიზის მსვლელობა.** წონიან 1 მმ-იან საცერში გატარებულ 4 გრამ ნიადაგს, ათავსებენ 250 მლ მოცულობის კოლბში. ამატებენ 100 მლ 0,1 ნორმალობის გოგირდმჟავას ხსნარს და ანჯღრევენ 3 წუთს. მიღებულ სუსპენზიას ფილტრავენ უნაცრო (დაკეცილ) ფილტრში. გამჭვირვალე ფილტრადან იღებენ 1-5 მლ ხსნარს. ათავსებენ 100 მლ-იან საზომ კოლბში და ამზადებენ კოლორიმეტრიებისათვის. ავტორს მიზანშეწონილად მიაჩნია კოლორიმეტრიებისათვის მომზადება ჩატარდეს ტრუოგ-მეიერის მოდიფიკაციით. ამავე გამონაწურში შეიძლება განისაზღვროს მოძრავი კალიუმი (უმჯობესია ალოვან ფოტომეტრზე).

ტრუოგ-მეიერის მოდიფიკაციით კოლორიმეტრიებისათვის მომზადებას შედეგნაირად ანარმოებენ. 100 მლ საზომ კოლბში გადატანილ 1-5 მლ ხსნარს ამატებენ (ინდიკატორად) რამდენიმე წვეთ ბეტადინიტროფენოლს და ანეიტრალევენ 10%-იანი ამიაკით ან 10%-იანი სოდის ხსნარით ყვითელი ფერის მიღებამდე (ყვითელი ფერის გაქრობისათვის წვეთ-წვეთობით ფრთხილად ამატებენ გოგირდმჟავას ან მარილმჟავას სუსტ ხსნარს), კოლბში ხსნარს განაზავებენ გამოხდილი წყლით 90-95 მილილიტრამდე, ამატებენ 4 მლ 2,5%-იან მოლიბდენმჟავა ამონიუმს დაამზადებულს გოგირდმჟავაზე და კოლბის წრიული მოძრაობით ხსნარს კარგად შეურევენ; შემდეგ დაამატებენ 6 წვეთ ორქლორიან კალას  $\text{SnCl}_2 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$ , გამოხდილი წყლით ზუსტად შეავსებენ ნიშანხაზამდე და კარგად ანჯღრევენ. აპარატზე ატარებენ ორქლორიანი კალას დამატებიდან 3 წუთის გასვლის შემდეგ.

პარალელურად ამზადებენ სანიმუშო ხსნარს.\* სანიმუშო ხსნარის 1, 2, 3, 4, 5 მლ ცალ-ცალკე ათავსებენ 100 მლ მოცულობის საზომ კოლბებში. ანზავებენ გამოხდილი წყლით 90-95 მლ-მდე, ამატებენ 4 მლ მოლიბდენმჟავა ამონიუმის ხსნარს,

---

\* სანიმუშო ხსნარის მომზადება: 0,1917 გ ქიმიურად სუფთა (გადაკრისტალეზებული)  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  გამოხდილი წყლით ხსნიან 1 ლიტრი მოცულობის საზომ კოლბში. კოლბს შეავსებენ ნიშანხაზამდე და ანჯღრევენ. მიღებული ხსნარიდან იღებენ 50 მილილიტრს და გამოხდილი წყლით ანზავებენ 500 მლ-მდე. ასეთი ხსნარის ყოველი 1 მლ შეიცავს 0,01 მგ  $\text{P}_2\text{O}_5$ -ს. ხსნარს ზუსტად ავსებენ ერთ ლიტრამდე.

ნ წვეთ ორქლორიან კალას. ავსებენ წყლით ნიშანხაზამდე და კარგად ანჯღრევენ.

კოლორიმეტრირება უნდა ჩატარდეს 10-12 წუთის განმავლობაში, რადგან აღნიშნული დროის გასვლის შემდეგ ხსნარი იცვლის შეფერილობის ინტენსივობას. შეფერვის განახლებისთვის საჭიროა ყოველ კოლბს ჩაუმატოთ ოქლორიანი კალას თითო წვეთი, რაც ხსნარის შეფერვის მდგრადობას კიდევ 10-12 წუთით გაახანგრძლივებს.

### **რეაქტივები:**

1. 0,1 ნორმალობის  $H_2SO_4$  ხსნარი.
2. 10%-იანი სოდის ან 10%-იანი ამონიაკის წყალხსნარი;
3. ბეტა-დინიტროფენოლი.
4. მოლიბდენმჟავა ამონიუმის 2,5%-იანი ხსნარი (25 გ ქიმიურად სუფთა მოლიბდენმჟავა ამონიუმს ხსნიან 200 მლ გამობდილ წყალში აცხელებენ  $60^{\circ}$ -მდე და ფილტრავენ).

280 მლ კონცენტრირებულ გოგირდმჟავას (კუთ.წ. 1.84) ნელ-ნელა ასხამენ 520 მლ გამობდილ წყალში და ფრთხილად ურევენ.

გაცივების შემდეგ ორივე ხსნარს ურევენ ერთმანეთში (მოლიბდენმჟავა ამონიუმს ფრთხილად ასხამენ გოგირდმჟავაში); ოთახის ტემპერატურამდე გაცივების შემდეგ.

5. ორქლორიანი კალას ხსნარი –  $SnCl_2 \cdot 2 H_2O$ ; 0,25 გ ორქლორიან კალას ხსნიან 10 მლ 10%-იან  $HCl$ -ში.

თანამედროვე პერიოდში მეთოდი გამოიყენება საქართველოს ნითელმინა, ყვითელმინა და სუბტროპიკულ ეწერ ნიადაგებზე; ჩატარებული მრავალრიცხოვანი გამოკვლევების საფუძველზე ავტორის მიერ რეკომენდებულია ფოსფორით უზრუნველყოფის შემდეგი ინდექსები:

1. 8 მგ-ზე ნაკლები  $P_2O_5$  100 გ ნიადაგზე – ფოსფორით ძლიერ ღარიბი ნიადაგი.
2. 8-15 მგ  $P_2O_5$  100 გ ნიადაგზე – ფოსფორით ღარიბი ნიადაგი.

3. 15-30 მგ  $P_2O_5$  100 გ ნიადაგზე – ფოსფორით საშუალოდ უზრუნველყოფილი.

4. 30-45 მგ  $P_2O_5$  100 გ ნიადაგზე – ფოსფორის ამაღლებული შემცველობით.

5. 45-60 მგ  $P_2O_5$  100 გ ნიადაგზე – ფოსფორის მაღალი შემცველობით.

6. 60-ზე ზევით მგ  $P_2O_5$  100 გ ნიადაგზე – ფოსფორის ძლიერ მაღალი შემცველობის ნიადაგი.

### **ფოსფორის მოძრავი შენაერთების განსაზღვრა კარბონატულ ნიადაგებში**

კარბონატულ ნიადაგებში ფოსფორის მოძრავი შენაერთების გამოყოფას და განსაზღვრას ახასიათებს მთელი რიგი თავისებურებანი, რაც გამომდინარეობს ამ ნიადაგებისათვის დამახასიათებელი თვისებებიდან: კარბონატების მაღალი შემცველობა (20-30% და უფრო მეტი), შთანთქმის კომპლექსის მაძღრობა კალციუმის იონებით, მაღალი ბუფერობა, სუსტი ტუტე ან ტუტე რეაქცია, საერთო ფოსფორის საკმაოდ მაღალი შემცველობა. ყველა ეს თვისება განაპირობებს ამ ნიადაგების რამდენადმე განსხვავებულ ხასიათს და შედგენილობას.

ფოსფორი კარბონატულ ნიადაგებში გვხვდება ძირითადად ჰიდროქსიდ და ფტორაპატიტის ფორმით, რომელიც ძნელად ხსნადია კალციუმის იონის თანაარსებობისას. ამიტომ, მიუხედავად საერთო ფოსფორის დიდი რაოდენობით შემცველობისა ამ ნიადაგებში ფოსფატების მოძრავი შენაერთები მცირეა და მათი განსაზღვრის მეთოდებს უნდა მოვეყიდოთ დიდი მომთხოვნელობით.

კარბონატულ ნიადაგებში ფოსფორის მოძრავი შენაერთების განსაზღვრისათვის არ შეიძლება ვისარგებლოთ ჩვეულებრივი სუსტი მჟავე ხსნარებით, რადგანაც დამატებული მჟავები დახარჯული იქნება კარბონატებთან რეაქციაზე და არა ფოსფატების გახსნაზე. ამიტომ კარბონატულ ნიადაგებში ფოსფორის

მოძრავი შენაერთების განსაზღვრისათვის იყენებენ ისეთ გამხსნელებს, როგორიცაა:

1. ნახშირმჟავით გაჯერებული წყალი (მაჩიგინი).
2. ნახშირმჟავა კალიუმის ხსნარი (დასი, შაფიბეკოვი, გუსეინოვი);
3. ნახშირმჟავა ამონიუმის ხსნარი (მაჩიგინი);
4. ნატრიუმის ბიკარბონატის ხსნარი (ოლსენი).

კარბონატულ ნიადაგებში ფოსფორის მოძრავი შენაერთების განსაზღვრისათვის ამჟამად ძირითადად გამოყენებულია მაჩიგინის (ნახშირმჟავა ამონიუმის გამონაწურით) და ოლსენის მეთოდი. ქვემოთ მოცემულია ორივე მეთოდის აღწერა.

### **მაჩიგინის მეთოდი ნახშირმჟავა ამონიუმის გამონაწურით**

**მეთოდის პრინციპი.** როგორც ზემოთ აღვნიშნეთ, კარბონატულ ნიადაგებში მცენარისათვის შესათვისებელი ფოსფატების გახსნისათვის სუსტი მჟავების გამოყენება არ შეიძლება, რადგან ადგილი აქვს დამატებული მჟავას კონცენტრაციის შემცირებას კარბონატების მოქმედებით.

ზემოთ აღნიშნულიდან გამომდინარე, ჩატარებული ცდების საფუძველზე, **დასმა** მცენარისათვის ადვილად შესათვისებელი ფოსფორის განსაზღვრისათვის გამოიყენა 1 %-იანი  $K_2CO_3$ -ის ხსნარი, რადგანაც ეს უკანასკნელი არ ხსნის ნიადაგის კარბონატებს. მეთოდის საფუძველს წარმოადგენს კარბონატული ნიადაგებიდან რკინის ფოსფატების და ფოსფორის ორგანული შენაერთების გამოყოფა, რომლებიც იხსნება 1 %-იანი  $K_2CO_3$ -ის ხსნარში. ეს მეთოდი ყოველმხრივ შემონმეებული იყო მაჩიგინის მიერ, რომელმაც მიზანშეწონილად სცნო 1 %-იანი  $K_2CO_3$  შეეცვალა 1 %-იანი ნახშირმჟავა ამონიუმის ხსნარით, რომელიც მართალია ნიადაგიდან გამოდევნის დაახლოებით იგივე რაოდენობით ფოსფორს (ე.ი. რამდენსაც 1 %-იანი  $K_2CO_3$ ), მაგრამ

მნიშვნელოვნად ნაკლები რაოდენობით ხსნის ორგანულ ნივთიერებას, რაც აადვილებს ფოსფორის განსაზღვრისას ყველა შემდგომ ოპერაციებს.

**ანალიზის მსვლელობა.** იღებენ 1 მილიმეტრიან საცერში გატარებულ ჰაერმშრალ ნიადაგს 5 გრამის რაოდენობით, ათავსებენ 250 მლ მოცულობის კონუსურ კოლბში, ამატებენ 100 მლ ნახშირმჟავა ამონიუმის 1 %-იან ხსნარს.

კოლბში მოთავსებულ ნიადაგსა და ხსნარს ანჯღრევენ 5 წუთის განმავლობაში და 18-20 საათის განმავლობაში ტოვებენ მოსვენებულ მდგომარეობაში. დაყოვნების შემდეგ კვლავ ანჯღრევენ 5 წუთის განმავლობაში და ფილტრავენ მკვრივ უნაცრო ფილტრში. თუ ფილტრვატი შეფერილია, საჭიროა მისი გაუფერულება, რასაც შემდეგნაირად აწარმოებენ: 5-20 მლ შეფერადებულ ხსნარს ამატებენ 2 მლ განზავებულ გოგირდის მჟავას (150 მლ კონცენტრირებულ მჟავას კუთ.წ. - 1,84 ანზავებენ წყლით 1 ლიტრამდე), 4 მლ 0,5 ნორმალობის  $\text{KMnO}_4$ -ის ხსნარს და ადუღებენ 2-3 წუთის განმავლობაში. შემდეგ ადუღებულ ხსნარს ამატებენ 1 მლ 10%-იან გლუკოზის ხსნარს ჭარბი პერმანგანატის გაუფერულებისათვის. ხსნარს აცივებენ; გაცივებულ ხსნარს ამატებენ 2 წვეთ ბეტა-დინიტროფენოლის მაძღარ ხსნარს და ტიტრავენ 10%-იანი სოდის -  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  ან ამიაკის ხსნარით სუსტი ყვითელი ფერის მიღებამდე, რომელსაც აქრობენ რამდენიმე წვეთი  $\text{H}_2\text{SO}_4$ -ის 20%-იანი ხსნარის დამატებით. იმ შემთხვევაში, თუ ფილტრვატი შეფერილი არ არის და გამჭვირვალეა, მაშინ ხსნარის გაუფერულებას არ აწარმოებენ. ამ დროს საჭიროა მხოლოდ  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ -ის განეიტრალება მასზე  $\text{H}_2\text{SO}_4$ -ის ხსნარის მიმატებით, რისთვისაც გამოსაკვლევ ხსნარს ამატებენ 2-3 წვეთ ბეტა-დინიტროფენოლს და ტიტრავენ 10%-იანი  $\text{H}_2\text{SO}_4$ -ის ხსნარით სუსტ ყვითელ შეფერვამდე.

ამრიგად გამჭვირვალე და განეიტრალებული ფილტრვატი გადააქვთ 50 მლ მოცულობის საზომ კოლბში, ამატებენ 2 მლ მოლიბდენმჟავა ამონიუმის ხსნარს, გამოსხილი წყლის დამატებით კოლბის შიგთავსი მიჰყავთ ნიშანხაზამდე და კარგად



შეურევენ. შემდეგ ამატებენ 3 წვეთ ქლორიანი კალას ხსნარს და კვლავ შეურევენ. ამ დროს ხსნარი მიიღებს ლურჯ შეფერვას.

გამოსაკვლევი ხსნარის შეფერადების პარალელურად ანარმოებენ სანიმუშო კოლორიმეტრული ხსნარის შეფერვას, რისთვისაც სპეციალურად მომზადებული სანიმუშო ხსნარის სხვადასხვა რაოდენობას (0,5; 1; 2; 3; 4; 5; მლ) ათავსებენ 50 მლ მოცულობის საზომ კოლებში, ამატებენ 2 წვეთ ბეტადინიტროფენოლს და ტიტრავენ 10 %-იანი გოგირდის მჟავას ხსნარით სუსტი ყვითელი ფერის მიღებამდე. ამის შემდეგ ამატებენ გამოხდილ წყალს დაახლოებით 40 მლ-მდე, ხსნარს კარგად შეურევენ და ამატებენ 2 მლ მოლიბდენმჟავა ამონიუმს; გამოხდილი წყლით მიიყვანენ ნიშანხაზამდე, დაამატებენ 3 წვეთ ქლორიანი კალას ხსნარს, შეურევენ და 5 წუთის შემდეგ გამოსაკვლევი და სანიმუშო ხსნარის შეფერვათა ინტენსივობას ადარებენ კოლორიმეტრის საშუალებით.

მაჩიგინის მეთოდისთვის რეკომენდებულია შემდეგი ციფრობრივი ლიმიტები:

1. 0 – 3,0 მგ  $P_2O_5$  100 გ ნიადაგზე – ფოსფორით ღარიბი ნიადაგი.

2. 3,0 – დან 6,0 მგ-მდე  $P_2O_5$  100 გ ნიადაგზე – ფოსფორით საშუალოდ უზრუნველყოფილი ნიადაგი.

3. 6,0 მგ-ზე მეტი  $P_2O_5$  100 გ ნიადაგზე – ფოსფორით კარგად უზრუნველყოფილი ნიადაგი.

**ს ა ჭ ი რ ო რ ე ა ქ ტ ი ვ ე ბ ი:** 1.  $(NH_4)_2CO_3 \cdot H_2O$  1 %-იანი ხსნარი\*, pH მიყვანილია 7,5–8-მდე; 10 გრამ მარილს ხსნიან 1 ლიტრ წყალში.

---

\* ჩვეულებრივად ნახშირმჟავა ამონიუმი ჰაერზე გამოყოფს ამიაკს და ამიტომ ქიმიური შედგენილობის მიხედვით არ შეესაბამება ფორმულას  $(NH_4)_2CO_3$ , არამედ ითვლება  $(NH_4)_2CO_3$ -ის და  $NH_4HCO_3$ -ის ნარევიად. ამონიუმის კარბონატის მინარევისაგან გათავისუფლება შეიძლება ხსნარის გაცხელებით 60-70<sup>0</sup> ტემპერატურაზე.

2. გოგირდის მჟავა, განზავებული (150 მლ კონცენტრირებული  $H_2SO_4$ , კუთ.ნ. 1,84 გამოსხდილი წყლით მიჰყავთ 1 ლიტრამდე).

3. 0,5 ნორმალობის  $KMnO_4$ ; (15,81გ  $KMnO_4$  - სხსნიან გამოსხდილ წყალში და ხსნარი მიჰყავთ 1 ლიტრამდე).

4. 10%-იანი გლუკოზის ხსნარი. 10 გრამ გლუკოზას ხსნიან 100 მლ გამოსხდილ წყალში

5.  $Na_2CO_3 \cdot 10 H_2O$  10%-იანი ხსნარი. 100 გრამ სოდას ხსნიან 1 ლიტრ წყალში.

6. ბეტა-დინიტროფენოლის მაძლარი ხსნარი. იღებენ 0,2 გრამ ბეტა-დინიტროფენოლს ( $C_6H_4N_2O_5$ ) ხსნიან 100 მლ წყალში.

7. მოლიბდენის ხსნარი. ფაიფურის ჯამზე ასხამენ 75 მლ გოგირდის მჟავას (კუთ.ნ. 1.785) და ამატებენ 3,762 გრამ  $MoO_3$  ან 4,232 გ  $H_2MoO_4$ , აცხელებენ, თან ურევენ მანამ, სანამ მთლიანად არ გაიხსნება, კარგად შეანჯღრევენ, გადაიტანენ 500 მლ მოცულობის საზომ კოლბში, რომელშიც მოთავსებულია 300 მლ-მდე წყალი. გაცივების შემდეგ გამოსხდილი წყლით მიიყვანენ ნიშანხაზამდე და შეანჯღრევენ. ასეთი წესით მომზადებულ რეაქტივს ინახავენ ფერად, მიღესილ საცობიან ბოთლში ბნელ ადგილას.

8. ფოსფორის სანიმუშო კოლორიმეტრული ხსნარი მზადდება ისევე, როგორც ეს არის აღწერილი ტრუოგის მეთოდით ფოსფორის განსაზღვრისას.

9. ქლორიანი კალა. 0,25 გრამ  $SnCl_2 \cdot 2H_2O$  ხსნიან 10 მლ 10%-იან მარილის მჟავაში.

10. გოგირდის მჟავას 10 %-იანი ხსნარი.

## ოლსენის მეთოდი

კარბონატულ ნიადაგებში მოძრავი ფოსფატების განსაზღვრისათვის ოლსენმა გამოიყენა 0,5 ნორმალობის  $NaHCO_3$  – ხსნარი (ხსნარის pH–8,3). შეფარდება ნიადაგი: ხსნარი 1 : 20, ურთიერთმოქმედების დრო 30 წუთი.

უფერული ხსნარის მიღებისათვის ავტორი რეკომენდაციას იძლევა ნჯღრევის წინ ნიადაგის წონაკს დაემატოს 2-3 გრამი გააქტივებული ნახშირი.

**ანალიზის მსვლელობა.** 5 გრამ ნიადაგს ამატებენ 100 მლ 0,5 ნორმალობის  $\text{NaHCO}_3$ -ის ხსნარს და ანჯღრევენ როტატორზე 30 წუთის განმავლობაში. ფილტრატიდან იღებენ 5-10 მლ და გადაიტანენ 50 მლ მოცულობის საზომ კოლბში, ამატებენ 2 მლ  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (150 მლ განზავებულია 1 ლიტრ წყალში), 4 მლ 0.5 ნორმალობის  $\text{KMnO}_4$  და ადუღებენ 2 წუთის განმავლობაში; ელექტროქურიდან ჩამოღებისთანავე სწრაფად ამატებენ 1 მლ 10%-იან გლუკოზის ხსნარს, გაცივების შემდეგ უფერულ გამჭვირვალე ხსნარს ამატებენ ცოტაოდენ წყალს, 2 წვეთ ბეტა-დინიტროფენოლს, ტიტრავენ 10%-იანი სოდის ან ამიაკის ხსნარით სუსტ ყვითელ შეფერვამდე, რომელსაც აქრობენ 1 წვეთი 10%-იანი  $\text{H}_2\text{SO}_4$ -ის დამატებით.

განეიტრალებულ ხსნარს ამატებენ 2 მლ მოლიბდენმჟავა ამონიუმის ხსნარს (ტრუოგით დამზადებულს), გამობდილი წყლით მიჰყავთ ნიშანსამდე და კარგად შეურევენ. შემდეგ ამატებენ 3 წვეთ ქლორიან კალას და შეურევენ, ხსნარი ღებულობს ლურჯ ფერს. 5-7 წუთის შემდეგ მიმართავენ კოლორიმეტრირებას

### **საჭირო რეაქტივები:**

1. 0,5 ნორმალობის  $\text{NaHCO}_3$ -ის ხსნარი; წონიან 21 გრამ  $\text{NaHCO}_3$  (ზუსტად კი 20,99) და ხსნიან 1 ლიტრ წყალში;
2. 0,5 ნორმალობის  $\text{KMnO}_4$ ;
3.  $\text{H}_2\text{SO}_4$  – 27%-იანი (150 მლ კონცენტრირებული  $\text{H}_2\text{SO}_4$  კუთრი წონა 1,84 – 1 ლიტრ წყალში).
4. 10 %-იანი გლუკოზა.
5. 10%-იანი სოდა ან ამიაკი; 10%-იანი  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ;
6. ბეტა – დინიტროფენოლი;
7. მოლიბდენმჟავა ამონიუმის ხსნარი (ტრუოგით);
8. ქლორიანი კალას ხსნარი;

9. ფოსფორის სანიმუშო ხსნარი, მომზადებული ტრუოგის მიხედვით.

### **მცენარისათვის ადვილად შესათვისებელი ფოსფორის განსაზღვრა ე.ტრუოგის მეთოდით (სუსტ მჟავე და ნეიტრალურ ნიადაგებზე)**

მეთოდით მცენარისათვის ადვილად შესათვისებელი ფოსფორის განსაზღვრა წარმოებს ნიადაგზე 0,002 ნორმალობის გოგირდმჟავას ხსნარის მოქმედებით. ამ რეაქტივს ამზადებენ ამონიუმის სულფატის დამატებით, რაც განაპირობებს ბუფერული ხსნარის წარმოქმნას pH - 3-მდე.

**ანალიზის მსვლელობა.** წონიან 1 მმ ნასვრეტებიან საცერში გატარებულ ჰაერმშრალ ნიადაგს 2 გრამის რაოდენობით, ათავსებენ 750 მლ მოცულობის კოლბში და ამატებენ 400 მლ 0,002 ნორმალობის  $H_2SO_4$ -ის ხსნარს, ახურავენ საცობს და ანჯღრევენ 30 წუთის განმავლობაში, რის შემდეგ ფილტრავენ მკვრივ უნაცრო ფილტრში, ფილტრატის პირველ ჩამონადენს გადაღვრიან.

25-50 მლ გამჭვირვალე ფილტრატს ათავსებენ 100 მლ-იან საზომ კოლბში და აწარმოებენ მასში ფოსფორის განსაზღვრას კოლორიმეტრული მეთოდით ე.ტრუოგ-მეიერის მოდიფიკაციით, ე.ი. საზომ კოლბში გადატანილ ფილტრატს ანეიტრალებენ ბეტადინიტროფენოლის მიხედვით (როგორც ეს აღწერილია მაჩიგინის და ოლსენის მეთოდებში), გამოხდელი წყლით მიიყვანენ დაახლოებით 90 მლ-მდე, შეანჯღრევენ და ამატებენ 4 მლ მოლიბდენმჟავა ამონიუმს გახსნილს გოგირდმჟავაში. ხსნარს ხელმეორედ შეურევენ, გამოხდელი წყლით მიიყვანენ ნიშანხაზამდე, ამატებენ 6 წვეთ  $SnCl_2$ -ის ხსნარს და კარგად შეურევენ. ამ დროს ხსნარი მიიღებს ლურჯ შეფერვას. შეფერვის ინტენსივობა დამოკიდებულია ხსნარში ფოსფორის რაოდენობაზე. აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ ტრუოგის მეთოდით ადვილადხსნადი

ფოსფორის განსაზღვრის დროს მიღებული შეფერვა არამდგრადია და დროის მიხედვით იცვლება. ამიტომ საჭიროა გამოსაკვლევი და სანიმუშო ხსნარების შეფერვათა ინტენსივობის შედარება ვანარმოთ ხსნარის შეფერადებიდან 5-15 წუთის განმავლობაში, რადგან 15 წუთის შემდეგ შეფერვის ინტენსივობა იკლებს. თუ ხსნარების შეფერვათა ინტენსივობის შედარება გადასცდა 15 წუთს, მაშინ გამოსაკვლევ და სანიმუშო ხსნარებს მათი შედარების წინ ამატებენ თითო წვეთ  $\text{SnCl}_2$  ხსნარს და კარგად ანჯღრევენ.

**ტრუოგის მეთოდი თავისუფლად შეიძლება იქნეს გამოყენებული ნიადაგის ფოსფორიან სასუქებზე მოთხოვნილების განსაზღვრისათვის. თუ აღნიშნული მეთოდით განსაზღვრული ფოსფორი 2,5 მგ-მდეა 100 გ ნიადაგში, მაშინ ასეთი ნიადაგი ძალიან საჭიროებს ფოსფორიან სასუქების შეტანას; თუ აღნიშნული მეთოდით ნიადაგში ადვლადხსნადი ფოსფორი 2,5 – 10 მგ-მდეა 100 გ ნიადაგში, მაშინ ასეთი ნიადაგი საშუალოდ საჭიროებს ფოსფორიან სასუქებს, ხოლო თუ ნიადაგში ადვილად ხსნადი ფოსფორი 10 მგ-ზე მეტია 100 გრამ ნიადაგში, მაშინ ასეთ ნიადაგებში ფოსფორიანი სასუქების გამოყენება საჭირო არ არის.**

#### **საჭირო რეაქტივები:**

**1.  $\text{H}_2\text{SO}_4$ -ის 0,002 ნორმალობის ხსნარი;** იღებენ  $\text{H}_2\text{SO}_4$ -ის 0,1 ნორმალობის 20 მლ ხსნარს 1 ლიტრიან საზომ კოლბში და გამოხდილი წყლით ავსებენ ნიშანხაზამდე. ბუფერული ხსნარის მიღების მიზნით 1 ლიტრ  $\text{H}_2\text{SO}_4$ -ის 0,002 ნორმალობის ხსნარს ამატებენ 3 გრამ  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ . ასეთი წესით მომზადებული  $\text{H}_2\text{SO}_4$ -ის ხსნარის  $\text{pH}=3,0$ ;

**2. მოლიბდენმჟავა ამონიუმის ხსნარი გოგირდის მჟავაში.** 25 გრამ კრისტალურ მოლიბდენმჟავა ამონიუმის მარილს ხსნიან 200 მლ წყალში, აცხელებენ  $60^\circ$ -მდე და ფილტრავენ; 280 მლ კონცენტრირებულ გოგირდმჟავას (კუთ.წ. 1,84) ანზავებენ წყლით 800 მლ-მდე (გოგირდის მჟავა არ უნდა შეიცავდეს ფოსფორს და დარიშხანს) და როცა პირველი და მეორე ხსნარი გაცივდება, მათ ერთმანეთში ურევენ (მოლიბდენმჟავა ამონიუმის

ხსნარს ამატებენ გოგირდმჟავას ხსნარში). გაცივებული ხსნარის მოცულობას გამოხდილი წყლით მიიყვანენ 1 ლიტრამდე.

**3. კალას ქლორიდის ხსნარი მარილმჟავაში.** 0,25 გრამ  $\text{SnCl}_2$ ,  $2\text{H}_2\text{O}$  ხსნიან 10 მლ 10 %-იან  $\text{HCl}$ -ის ხსნარში. მისი მომზადება საჭიროა ყოველდღიურად ანალიზის ჩატარები წინ.

**4. ფოსფორის სანიმუშო ხსნარი.** გადაკრისტალეზულ, ალკოჰოლით გარეცხილ და გამშრალ 0,1917 გრამ  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ -ს ხსნიან 1 ლიტრ გამოხდილ წყალში. ამრიგად მომზადებული სანიმუშო ხსნარის 1 მლ შეიცავს 0,1 გ  $\text{P}_2\text{O}_5$ -ს. ასეთი წესით მომზადებული ხსნარიდან იღებენ 100 მლ, გადააქვთ იგი 1 ლიტრიან საზომ კოლბში, მიჰყავთ ნიშანსაზამდე. ასეთი ხსნარის 1 მლ შეიცავს 0,01 მგ  $\text{P}_2\text{O}_5$ .

### **მოძრავი ფოსფორის განსაზღვრა ბურიელის და ჰერნანდოს მეთოდით**

მეთოდი პირველად გამოიყენეს ესპანეთში ნიადაგიდან მცენარისათვის შესათვისებელი ფოსფორის გამოსაყოფად. გამოყენებული იყო ხსნარი, რომელიც შეიცავს  $\text{Ca}$ ,  $\text{Mg}$ ,  $\text{SO}_4$  და  $\text{CO}_2$  ისეთი შეფარდებით, რომელიც ავტორთა აზრით შეესაბამება ამ იონების შეფარდებას ნიადაგი-მცენარის სისტემაში.

მეთოდის ავტორები თვლიან, რომ ეს ხსნარი გამოსაყენებელია (მისი ბუფერობის გამო) მოძრავი ფოსფორის განსაზღვრისათვის აგრეთვე კარბონატულ ნიადაგებზე.

მეთოდი ძალიან მარტივია. საქართველოში, სომხეთში და დოკუჩაევის ნიადაგმცოდნეობის ინსტიტუტში აღნიშნული მეთოდის გამოცდისას მიღებული იყო დამაკმაყოფილებელი შედეგები.

მიღებული მონაცემების საფუძველზე, მეთოდი მიზანშეწონილია გამოყენებული იქნეს იმ შემთხვევაში, როცა მეურნეს გააჩნია სხვადასხვა ტიპის ნიადაგები, აგრეთვე, როცა აუცილებელია ნიადაგის გამოკვლევა პროფილის მიხედვით მასში ფოსფატების შემცველობაზე.

**ანალიზის მსვლელობა.** წონიან 1 გრამ ნიადაგს და ათავსებენ 250 მლ მოცულობის კოლბში, ამატებენ 100 მლ გამხსნელ ხსნარს და ანჯღრევენ როტატორზე 5 წუთის განმავლობაში (60-70 ბრუნი წუთში სიჩქარით). შემდეგ სუსპენზიას ფილტრავენ და ფილტრატში  $P_2O_5$ -ს საზღვრავენ კოლორიმეტრული წესით, დენიჟეს მეთოდის რომელიმე ვარიანტით, რომელიც მიღებულია მოცემულ ლაბორატორიაში.

ავტორები – ბურიელი და ჰერნანდო – აღნიშნულ მეთოდს თვლიან როგორც უნივერსალურს და რეკომენდაციას იძლევიან გამოყენებულ იქნეს მსუბუქ და მძიმე ნიადაგებზე, როგორც მჟავა, ისე ნეიტრალური და სუსტი ტუტე რეაქციის პირობებში.

საქართველოში მ.საბაშვილის ნიადაგმცოდნეობის, აგროქიმიის და მელიორაციის ინსტიტუტში 1970-1990 წლებში ბურიელ-ჰერნანდოს მეთოდი ისწავლებოდა სხვადასხვა ტიპის ნიადაგებზე სხვადასხვა კულტურებზე დაყენებული მინდვრის ცდების ბაზაზე.

აღნიშნული მეთოდით საშუალო და მძიმე მექანიკური შედგენილობის ნიადაგებისათვის, pH 6,5–7,8 პირობებში რეკომენდირებულია ფოსფორით უზრუნველყოფის შემდეგი ინდექსები:

1. < 6,0 მგ  $P_2O_5$  100 გ ნიადაგზე – ფოსფორით ღარიბი ნიადაგი.
2. 7,0-დან 15,0 მგ-მდე  $P_2O_5$  100 გ ნიადაგზე – ფოსფორით საშუალოდ უზრუნველყოფილი ნიადაგი.
3. > 15 მგ  $P_2O_5$  100 გ ნიადაგზე – ფოსფორით კარგად უზრუნველყოფილი ნიადაგი.

### **საჭირო რეაქტივები:**

**გამხსნელი ხსნარი:** წონიან 0,1 გრამ  $CaCO_3$  და 0,088 გრამ  $MgCO_3$ , გადაიტანენ 1 ლიტრი მოცულობის საზომ კოლბში, რომელშიც წინასწარ მოთავსებულია 700 მლ-მდე გამოხდილი წყალი, ანჯღრევენ კარგად კარბონატების სრულ გახსნამდე. ამის შემდეგ, ამატებენ კოლბში 0,5 მლ 20%-იან გოგირდის მჟავას და 2,45 მლ 98 %-იან ძმარმჟავას, კოლბის შიგთავსი გამოხდილი

წყლით მიჰყავთ ნიშანხაზამდე და შეურევენ. დამზადებული ხსნარის pH უნდა იყოს დაახლოებით 3,25.

## წყალხსნადი ფოსფატების განსაზღვრა

აგროქიმიურ გამოკვლევებში ნიადაგში წყალხსნადი ფოსფატების რაოდენობის განსაზღვრისათვის იყენებენ წყლით გამონაწურს, თუმცა წყლით გამოძევებული ფოსფატების ძალიან მცირე რაოდენობა, უმეტეს შემთხვევაში ეჭვის ქვეშ აყენებს მიღებული მონაცემების სიზუსტეს. წყალხსნადი ფოსფატების რაოდენობა დიდად არის დამოკიდებული ნიადაგსა და წყალს შორის შეფარდების სიდიდეზე. რაც უფრო მეტი წყალია აღებული 1 გ ნიადაგზე, მით მეტი ფოსფატი გადავა ნიადაგიდან ხსნარში, მაგრამ იმავე დროს, მით ნაკლები იქნება მათი კონცენტრაცია ხსნარში.

მაშასადამე, ნიადაგსა და წყალს შორის განსაზღვრული შეფარდების დადგენას არსებითი მნიშვნელობა აქვს წყლით გამონაწურით მუშაობისას. ჩვეულებრივად იყენებენ ისეთ გამონაწურს, რომელიც მიღებულია ნიადაგის წყალთან 1:5 შეფარდების პირობებში. სუსპენზიას ანჯღრევენ 3-5 წუთის განმავლობაში.

სავსებით გამჭვირვალე და უფერული წყლით გამონაწურის მიღება ნიადაგიდან უმეტეს შემთხვევაში საკმაოდ ძნელია. საჭიროა ფილტრზე გადატანილი იქნეს რაც შეიძლება დიდი რაოდენობით ნიადაგის სუსპენზია. ფილტრატის პირველ ჩამონადენს გადაღვრიან. თუკი ფილტრატი მღვრიეა, საჭიროა მისი ცენტრიფუგირება მაღალი ბრუნვითი რიცხვის პირობებში

ორგანული ნივთიერებებით შეფერადებული ხსნარების გასაუფერულებლად, საჭიროა ორგანული ნივთიერებების დაჟანგვა პერმანგანატით ან ხსნარის გაუფერულება გააქტივებული ნახშირით. გააქტივებული ნახშირის გასუფთავება აღწერილია 175-ე გვერდზე.  $\text{KMnO}_4$ -ით დაჟანგვა წარმოებს გაცხელებით მუჟავე არეში ( $\text{H}_2\text{SO}_4$  ან  $\text{HCl}$ -ის დამატებით).



ცხელ ხსნარს ტიტრავენ მჟაუნის მჟავით სრულ გაუფერულებადმდე და  $MnO_2$ -ის ნალექის გახსნამდე. ჭარბ მჟაუნის მჟავას შლიან  $KMnO_4$ -ის ხსნარით და ამ დროს  $KMnO_4$ -ის მცირე სიჭარბით გამოწვეულ სუსტ ვარდისფერს აქრობენ 0,05 ნორმალობის მჟაუნმჟავას ხსნარის წვეთით. ხსნარს უნაცრო ფილტრის საშუალებით გადაიტანენ 100 მლ მოცულობის საზომ კოლბში და აწარმოებენ განსაზღვრას (საჭიროა ვერიდოთ მჟაუნის მჟავას სიჭარბეს, რადგანაც ის გავლენას ახდენს მოლიბდენის ლურჯის შეფერვის ინტენსივობაზე).

გააქტივებული ნახშირით გამონაწურის გაუფერულებისას, ნახშირის დამატებადმდე საჭიროა ხსნარის შემჟავება მარილის, გოგირდის ან აზოტის მჟავით დაახლოებით 0,1% კონცენტრაციამდე, ამისათვის ხსნარის განსაზღვრულ რაოდენობას (50-90 მლ) ათავსებენ კოლბში, შეამჟავებენ და ამატებენ 0,1 გ გააქტივებულ, წინასწარ გასუფთავებულ ნახშირს, შეანჯღრევენ და ფილტრავენ უნაცრო ფილტრით 100 მლ მოცულობის კოლბში, ფილტრზე დარჩენილ ნახშირს ჩარეცხავენ რამდენიმე ულუფა 0,1 %-იანი მჟავას ცხელი ხსნარით (იგივე ხსნარია, რომელიც გამოყენებული იყო ხსნარის შესამჟავებლად). გამჭვირვალე გაუფერულებელი ფილტრატის ალიქვოტურ ნაწილში წყალხსნად ფოსფატებს საზღვრავენ დენიჟეს მეთოდის რომელიმე ერთი ვარიანტით, რომელიც გამოყენებულია ლაბორატორიაში (მაგ. ტრუოგ-მეიერის ვარიანტი).

## **ნიადაგში აზოტის, ფოსფორის და კალიუმის საერთო შემცველობის განსაზღვრის დაჩქარებული მეთოდი (კ.ე.გინზბურგის, ვ.მ.შჩეგლოვას და ე.ა.ვულფიუსის მიხედვით)**

**ხსნარის მომზადება.** 1-4 გრამ ნიადაგს ათავსებენ ცეცხლ-გამძლე მინისაგან დამზადებულ 100 მლ მოცულობის ბრტყელ-ძირიან კოლბში (ან კელდალის კოლბში), ასველებენ 1-3 მლ გამოხდილი წყლით, ამატებენ 10-20 მლ კონცენტრირებულ  $H_2SO_4$  და აყოვნებენ 30-60 წუთის განმავლობაში (ან ტოვებენ მთელი ღამის განმავლობაში) ისე, რომ ნიადაგის მთელი წონაკი

დასველებული იყოს მჟავით და კარგად გაიჟღენთოს. შემდეგ ნარევს ამატებენ 1 წვეთ 50–72 %-იან  $\text{HClO}_4$  ან 0,025 გრამ კალიუმის ქლორატს. თუკი ნიადაგი მდიდარია ორგანული ნივთიერებით და გოგირდის მჟავას დამატების შემდეგ ხსნარი შეიფერება მუქ-ყავისფრად, მაშინ ნარევს შეიძლება მაშინვე დაემატოს 2-3 წვეთი  $\text{HClO}_4$  ან 0,05 გ  $\text{KClO}_4$ . კოლბს ახურავენ პატარა მინის ძაბრს და მიჰყავთ ადულებამდე ეტერნიტის ან აზბესტით დახურულ ჩვეულებრივ ელექტროქურაზე. თუკი 5-7 წუთი დუღილის განმავლობაში ნარევი გაუფერულდა, მაშინ საჭიროა გაცხელება გავაგრძელოთ კიდევ 15-20 წუთს, რის შემდეგ დაწვას შეწყვეტენ და კოლბს ჩამოიღებენ ქურიდან. ხოლო, თუკი ნარევის ადულებიდან 5-7 წუთის განმავლობაში ხსნარი არ გაუფერულდება, მაშინ საჭიროა დაემატოს კიდევ 1 წვეთი  $\text{HClO}_4$  ან 0,025 გ  $\text{KClO}_4$  და ხელახლა დგამენ კოლბს ქურაზე. კოლბის გაცხელების ამ პროცედურას  $\text{HClO}_4$ -ის (წვეთებით) ან 0,025 გ  $\text{KClO}_4$  დამატებით იმეორებენ ნარევის სრულ გაუფერულებამდე.

საანალიზო ნიადაგის ქიმიური შედგენილობისგან დამოკიდებულებით მისი სრული დაშლის შემდეგ ნარევის ფერი შეიძლება იყოს მონაცრისფრო ან მოყვითალო. ერთი ნიმუშის დაწვა გრძელდება 20-40 წუთი. დაწვის შემდეგ ნარევს ანზავებენ 20-30 მლ გამოხდილი წყლით, გადაიტანენ 200-250 მლ მოცულობის საზომ კოლბში. ამ დროს კარგად ჩარეცხავენ ძაბრს, კოლბის ყელს და კედლებს. ხსნარს აცივებენ, წყლით მიიყვანენ ნიშანხაზამდე და კარგად შეურევენ. დაყოვნების შემდეგ ხსნარში ფოსფორთან ერთად შეიძლება განისაზღვროს აზოტი\* და კალიუმი.

თუკი ნიადაგში ისაზღვრება მარტო ფოსფორის საერთო შემცველობა, მაშინ ნიადაგის დაწვა შეიძლება ჩატარდეს ქლორისმჟავასა და კალიუმის ქლორატის დამატებასთან დაკავშირებული ზემოთაღნიშნული სიფრთხილის დაცვის გარეშე. ამ

---

\* მიღებული ხსნარის 50–100 მლ-ში საზღვრავენ აზოტს კელდალის (მაკრო ან მიკრო) მიხედვით.

დროს ნიადაგის დაწვა წარმოებს შემდეგნაირად: 0,5 გრამ ნიადაგს ათავსებენ 100 მლ მოცულობის ცეცხლგამძლე მინის ბრტყელოდირიან კოლბში (ან კელდალის კოლბში), ამატებენ რამდენიმე წვეთ წყალს, რათა დასველდეს ნიადაგის ალებული წონაკი, ამატებენ 8 მლ კონცენტრირებულ  $H_2SO_4$  და 0,5 მლ  $HClO_4$  (50-72%) ან 0,1-0,2 გრამ კალიუმის ქლორატს, ახურავენ კოლბს პატარა ძაბრს და ტოვებენ 30-60 წუთის განმავლობაში (ან მთელი ღამით), რათა კარგად გაიჟღინთოს ნიადაგის წონაკი. ამის შემდეგ ნარევს აცხელებენ (აღულებენ) ხსნარის სრულ გაუფერულებამდე, გადააქვთ საზომ კოლბში (100-200-250 მლ), მიჰყავთ ნიშანხაზამდე, შეურევენ და ტოვებენ ნიადაგის ნაშთის სრულ დალექვამდე ან ფილტრავენ.

პირველი ან მეორე ვარიანტით ნიადაგის დაწვის შემდეგ მიღებული გამჭვირვალე ხსნარის 10-20 მლ გადაიტანენ 100 მლ მოცულობის საზომ კოლბში, რომელშიც რკინას დალექავენ უორენისა და პიუს მეთოდით: საანალიზო ხსნარის აღნიშნულ რაოდენობას მუდმივი შერევით ამატებენ 6 მლ 10%-იან  $K_4Fe(CN)_6$  ხსნარს და შემდეგ 5 მლ  $MnSO_4$ -ის 10%-იან ხსნარს ჭარბი  $K_4Fe(CN)_6$ -ის შესაბოჭად. რამოდენიმე წუთით დაყოვნების შემდეგ ნარევს ტიტრავენ ამიაკის 10%-იანი ხსნარით ლურჯი ფერის გადასვლამდე მონითალო ლილისფერში, ამ დროს ხსნარის pH არის 6,8-6,9 და რკინის და მანგანუმის კომპლექსური შენაერთები დაკავებულია ნალექში. იმასთან დაკავშირებით, რომ ამ შემთხვევაში ილექება აგრეთვე ფოსფორი, მისი გახსნისათვის საჭიროა დაემატოს 3,5 მლ 2,0 ნორმალობის  $H_2SO_4$ -ის ხსნარი. კოლბის შიგთავსი მიჰყავთ ნიშანხაზამდე და ფილტრავენ მკვრივ ფილტრში.

რკინის დალექვის შემდეგ იღებენ 5-20 მლ გამჭვირვალე ფილტრატს და გადაიტანენ 50-100 მლ მოცულობის საზომ კოლბში ფოსფორის კოლორიმეტრული განსაზღვრისათვის დენიჟეს მეთოდის რომელიმე ვარიანტით ან ლაბორატორიაში მიღებული რომელიმე ნებისმიერი მეთოდით.

## მინერალური და ორგანული ფოსფატების საერთო შემცველობის განსაზღვრა ნიადაგში მეტას მეთოდის გინზბურგის მოდიფიკაციით

**მეთოდის პრინციპი.** ადგილი აქვს ნიადაგის წონაკის თანმიმდევრულ ექსტრაქციას კონცენტრირებული HCl და 0,5 ნორმალულობის NaOH-ით, ჯერ ოთახის ტემპერატურის პირობებში, ხოლო შემდეგ გაცხელებით, რაც ხელს უწყობს ნიადაგიდან საერთო ფოსფორის 100 %-ით გამოყოფას.

**ანალიზის მსვლელობა.** წონიან 0,1 მმ დიამეტრის ნასვრეტებიან საცერში გატარებულ ნიადაგს 0,5 გრამის რაოდენობით და ათავსებენ 50 მლ მოცულობის ცენტრიფუგის სინჯარაში (მინის), ამატებენ 20 მლ კონცენტრირებულ HCl, შეურევენ კარგად და აყოვნებენ ოთახის ტემპერატურის პირობებში 20 წუთის განმავლობაში. შემდეგ კვლავ შეანჯღრევენ და ჩადგამენ წინასწარ 70°C ტემპერატურამდე გაცხელებულ წყლის აბაზანაში 30 წუთის განმავლობაში. ამის შემდეგ სინჯარებს ამოიღებენ აბაზანიდან, აცივებენ, ამატებენ 25 მლ გამოხდილ წყალს, სუსპენზიას შეურევენ კარგად და უკეთებენ ცენტრიფუგირებას 5-10 წუთს 3 ათასი ბრ/წუთში სიჩქარით. გამჭვირვალე ხსნარს გადაიტანენ 200-250 მლ მოცულობის საზომ კოლბში.

ცენტრიფუგის სინჯარაში დარჩენილ ნიადაგს ამატებენ 30 მლ 0,5 ნორმალულობის NaOH-ის ხსნარს, პერიოდულად ანჯღრევენ მთელი დღის განმავლობაში, ხოლო შემდეგ ტოვებენ ოთახის ტემპერატურაზე მთელი ღამის განმავლობაში (16-18 საათს). მეორე დღეს სუსპენზიას აცენტრიფუგირებენ 10-20 წუთს, გამჭვირვალე ხსნარს გადაიტანენ იმავე საზომ კოლბში, რომელშიც მოთავსებული იყო მარილმჟავა ხსნარი. ნიადაგის ნაშთს კვლავ ასხამენ 30 მლ 0,5 ნორმალულობის NaOH და აცხელებენ ნარევს 4-5 საათის განმავლობაში წყლის აბაზანაზე 90° ტემპერატურაზე. აბაზანაზე მოთავსებისას სინჯარებს ახურავენ საათის მინას, ან მინის სახურავს ისე, რომ ორთქლის გამოსაყოფად დარჩენილი იყოს მცირე ნასვრეტი. წყლის აბაზანაზე გაცხელების შემდეგ

ნარევს აცივებენ, სახურავს ჩარეცხავენ 0,5 ნორმალობის NaOH-ის ხსნარის მცირე ულუფებით და კვლავ აცენტრიფუგირებენ. გამჭვირვალე ხსნარს ამატებენ ისევ იმავე საზომ კოლბში, რომელშიც მოთავსებული იყო წინა გამონაწურები.

ტუტე გამონაწურის მომზადების პროცესში მექანიკურად შეკავებული ფოსფორის მოსაცილებლად ნიადაგის ნაშთს ცენტრიფუგის სინჯარაში რეცხავენ 25 მლ NaCl-ის ნაჯერი ხსნარით, ნარევს შეურევენ, ტოვებენ 10-15 წუთს და აცენტრიფუგირებენ. გამჭვირვალე ცენტრიფუგატს ამატებენ საერთო ხსნარს. ამის შემდეგ ნარევს მიიყვანენ გამოხდილი წყლით ნიშანხაზამდე და კარგად შეურევენ.

მიღებული ხსნარის ალიქვოტურ ნაწილს, შესაბამისი დამუშავების შემდეგ, იყენებენ ხსნარში ფოსფორის საერთო (ჯამური) შემცველობის განსაზღვრისათვის ( $P_{\Sigma}$ ), ექსტრაქტის ცალკეულ ულუფაში საზღვრავენ მინერალურ ფოსფორს ( $P_a$ ), სხვაობით კი გებულობენ ნიადაგის ორგანულ ფოსფორს ( $P_m$ ).

### ფოსფორის საერთო შემცველობის განსაზღვრა ხსნარში

$$(P_{\Sigma} = P_a + P_m)$$

გარკვეულ მოცულობამდე (200-250 მლ) მიყვანილ საკვლევე ხსნარს, რომელიც შეიცავს კოაგულირებულ ორგანულ შენაერთებს, კარგად შეურევენ და პიპეტით მაშინვე იღებენ 10 მლ სუსპენზიას, რომელსაც გადაიტანენ 50 მლ მოცულობის ბრტყელძირიან კოლბში. კოლბს ათავსებენ ეტერნიტის ან აზბესტით დახურულ ელექტროქურაზე და ხსნარს აორთქლებენ ამოშრობამდე, მაგრამ არ უნდა დაფუშვათ მისი ამონვა. რის შემდეგ ფოსფორის ორგანული შენაერთების დაჟანგვისათვის იმავე კოლბში ამატებენ 3-4 მლ  $HClO_4$  (30-72%) და ნარევს აცხელებენ ელექტროქურაზე ხსნარის სრულ გაუფერულებამდე. ასეთნაირად დაჟანგული ხსნარი გამოხდილი წყლის მცირე ულუფებით გადააქვთ 100 მლ მოცულობის საზომ კოლბში იმ ანგარიშით, რომ კოლბში ხსნარის საერთო მოცულობა 40 მლ-ზე მეტი არ

იყოს. რკინის ჟანგის იონის დალექვისათვის ამ ხსნარს მცირე ულუფებით მუდმივი შერევით ამატებენ საწყისში 3 მლ  $K_4\{Fe(CN)_6\}$ -ის 10%-იან ხსნარს, ხოლო შემდეგ (დამლექავის ჭარბი რაოდენობის შესაბოჭად) 2,5 მლ  $MnSO_4$ -ის 10 %იან ხსნარს.

გამოყოფილ ნალექს ანეიტრალებენ საწყისში  $NH_4OH$ -ის 25%-ანი ხსნარით, ხოლო, შემდეგ 10 %-იანი  $NH_4OH$ -ით ნარევის ცისფერის გადასვლამდე იასამნისფერ-ლილისფერში. რკინის ჟანგთან ერთად დალექილ ფოსფორს ხსნიან 3,5 მლ 2 ნორმალობის  $H_2SO_4$ -ში, ნარევის შეურევენ და ხსნარი კვლავ ლებულობს ცისფერს. ამის შემდეგ ხსნარის საერთო მოცულობა გამობდილი წყლით მიჰყავთ ნიშანსაზამდე. ნარევის კარგად შეანჯღრევენ და ფილტრავენ მკვრივ ორმაგ ფილტრში. რკინის ჟანგის იონის დალექვის შემდეგ 10-25 მლ გამჭვირვალე ხსნარი გადააქვთ 50 მლ მოცულობის საზომ კოლბში, ამატებენ 35 მლ-მდე წყალს და ანეიტრალებენ 10 %-იანი  $NH_4OH$ -ით ბეტა-დინიტროფენოლის გამოყენებით ყვითელი ფერის წარმოქმნამდე, რომელსაც შემდეგ აქრობენ ერთი-ორი წვეთი 10%-იანი  $HCl$ -ის დამატებით. განეიტრალებულ ხსნარში აწარმოებენ ფოსფორის კოლორიმეტრულ განსაზღვრას დენიჟეს მეთოდის რომელიმე ერთი ვარიანტით.

მიღებული შედეგები წარმოადგენენ ნიადაგის საკვლევი ნიმუშებში ფოსფატების ჯამს, ესეიგი  $P_{\%} = P_a + P_o$ ;

### **მინერალური ფოსფატების განსაზღვრა ნიადაგში**

250 მლ-იან საზომ კოლბში დარჩენილ საკვლევ ხსნარს ხელახლა კარგად შეურევენ და მაშინვე იღებენ 40-60 მლ-ს, რომელსაც გადაიტანენ 100 მლ მოცულობის ბრტყელძირიან კოლბში. ხსნარის გაუფერულებისათვის იქვე ამატებენ გასუფთავებულ გააქტივებულ ნახშირს\* (0,15-0,3 გ). ნარევის შეანჯღრევენ, დააყოვნებენ 15-20 წუთს, შემდეგ ფილტრავენ მკვრივ ფილტრში (თეთრი ან ლურჯსახვევიანი). 20-25 მლ გამჭვირვალე

---

\* ნახშირის გასუფთავება აღწერილია 175-ე გვერდზე.

უფერულ ხსნარს გადაიტანენ 100 მლ მოცულობის საზომ კოლბში, ამატებენ 30 მლ-მდე გამოხდილ წყალს და ანარმოებენ რკინის ჟანგის დალექვას ზუსტად ისე, როგორც ეს ზემოთ არის აღწერილი  $P_{\text{ჯ-ის}}$  (ფოსფორის ჯამის) განსაზღვრის დროს.

რკინის ჟანგის იონის დალექვის შემდეგ 10-40 მლ გამჭვირვალე ხსნარს ათავსებენ 50 მლ მოცულობის საზომ კოლბში, ანეიტრალებენ ხსნარს ბეტა-დინიტროფენოლით ისე, როგორც მითითებულია ზემოთ და ანარმოებენ ფოსფორის კოლორიმეტრულ განსაზღვრას.

ორგანული ფოსფორის შემცველობას ანგარიშობენ საერთო და მინერალური ფოსფორის შემცველობას შორის სხვაობით:  $P_{\text{წ}} = P_{\text{ჯ}} - P_{\text{მ}}$ ;

### **მინერალური ფოსფატების სხვადასხვა ფორმების განსაზღვრა ნიადაგში ჩანგის და ჯექსონის მეთოდით (ასკინაზის, გინზბურგის და ლებედევას ვარიანტი)**

ნიადაგის ფოსფატური რეჟიმის შესწავლის დროს დიდი ყურადღება ეთმობა ნიადაგის ფოსფატების ფრაქციონირების მეთოდს, რომელიც შეიმუშავეს ჩანგმა და ჯექსონმა. საერთო სქემა, რომელიც მოცემულია ავტორების მიერ, მდგომარეობს სხვადასხვა გამხსნელებით ნიადაგის ერთი წონაკის თანმიმდევრულად დამუშავებაში, რომელთაგან თითოეული გამოდევნის ნიადაგის მინერალური ფოსფატების განსაზღვრულ ფრაქციას.

დოკუჩაევის სახელობის ნიადაგმცოდნეობის ინსტიტუტის აგროქიმიის ლაბორატორიაში გამოცდილი იყო როგორც თვითონ ჩანგის და ჯექსონის მეთოდი, ისე მასთან დაკავშირებული ზოგიერთი კრიტიკული შენიშვნები. გამოკვლევების საფუძველზე მეთოდში შეტანილია მთელი რიგი ცვლილებანი. გარდა ამისა, ნიადაგში ფოსფორის ძირითადი ფორმების (Al, Fe და Ca ფოსფატები) განსაზღვრისათვის რეკომენდებულია შემოვიფარგლოთ

მეთოდის შემოკლებული ვარიანტით, ე.ი. პირველი ოთხი თანმიმდევრული ხსნარებით: 1 n NH<sub>4</sub>Cl; 0,5 n NH<sub>4</sub>F; 0,1 n NaOH და 0,5 n H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.

მე-16 ცხრილში მოტანილია ნიადაგიდან ფოსფორის სხვადასხვა ფორმების გამოყოფის სქემა ჩანგის და ჯექსონის მეთოდის სახეშეცვლილი ვარიანტით.

**ანალიზის მსვლელობა. 1 n NH<sub>4</sub>Cl-ის გამონაწურის მომზადება.** 0,25 მმ-იან საცერში გატარებულ 1 გრამ\* ნიადაგს ათავსებენ 80-100 მლ მოცულობის ცენტრიფუგის სინჯარაში, ამატებენ 50 მლ 1 n NH<sub>4</sub>Cl, ახურავენ საცობებს და ანჯღრევენ როტატორზე 30 წუთის განმავლობაში. ამის შემდეგ სუსპენზიას უკეთებენ ცენტრიფუგირებას 10 წუთის განმავლობაში 2-3 ათასი ბრ/წუთში სიჩქარით. გამჭვირვალე ხსნარს გადაიტანენ 50-100 მლ მოცულობის ბრტყელძირიან კოლბში. ცენტრიფუგის სინჯარაში დარჩენილ ნიადაგის ნაშთს ინახავენ ნიადაგის ფოსფატების შემდეგი ფრაქციის გამოყოფისათვის. 20-40 მლ ცენტრიფუგატს (გამჭვირვალე ხსნარს) გადაიტანენ 50 მლ მოცულობის საზომ კოლბებში და საზღვრავენ NH<sub>4</sub>Cl-ის ხსნარში გადასულ ფოსფორს კოლორიმეტრული წესით დენიუეს მეთოდის ტრუოგ-მეიერის მოდიფიკაციით. ამ ხსნარში ჩვეულებრივად გადადის ფოსფორის უმნიშვნელო რაოდენობა.

**0,5 n NH<sub>4</sub>F-ის ხსნარის მომზადება.** NH<sub>4</sub>F-ით გაჯერებულ ნიადაგის წონაკს ამატებენ (მისი 1 n NH<sub>4</sub>Cl-ით დამუშავების შემდეგ) 50 მლ 0,5 n NH<sub>4</sub>F-ის ხსნარს, რომლის pH= 8,5, ანჯღრევენ როტატორზე 1 საათის განმავლობაში და შემდეგ აცენტრიფუგირებენ 10 წუთის განმავლობაში, ისეთსავე პირობებში, როგორც 1 n NH<sub>4</sub>Cl-ის გამონაწურის შემთხვევაში. თუკი 10 წუთის ცენტრიფუგირების შემდეგ ხსნარი არ გახდება გამჭვირვალე, მაშინ აწარმოებენ განმეორებით ცენტრიფუგირებას. გამჭვირვალე ცენტრიფუგატს გადაიტანენ ბრტყელძირიან კოლბში,

---

\* მცირე ზომის ცენტრიფუგის სინჯარებით მუშაობისას ნიადაგის წონაკი შეიძლება შევამციროთ 0,5 გრამამდე და დამუშავდეს შესაბამისად 25 მლ ხსნარით.



რომლის შიგა ზედაპირი დაფარულია პარაფინით, ან პოლიეთილენის ქურქელში, რადგანაც 0,5 n NH<sub>4</sub>F- ის ხსნარს უნარი აქვს გამოიტანოს მინიდან სილიციუმის მჟავას მნიშვნელოვანი რაოდენობა, რომელსაც შეუძლია გაადიდოს ფოსფორის კოლორიმეტრული განსაზღვრის შედეგები.

ფტორამონიუმის ხსნარში ნიადაგის ფოსფორის მინერალურ შენაერთებთან ერთად გადადის ორგანული ნივთიერების მნიშვნელოვანი რაოდენობა (მათ რიცხვში ორგანული ფოსფატებიც), რომელნიც ხსნარს აძლევენ მოყვითალო-მუქ წითელ ფერს, რაც ხელს უშლის ფოსფორის კოლორიმეტრულ განსაზღვრას.

**ცხრილი 16**

**ნიადაგიდან ფოსფორის მინერალური ფორმების გამოყოფა ჩანგისა და ჯეკსონის სახეშეცვლილი სქემით**

ფოსფორის ფრაქცია	გამომყოფი ხსნარი	მოცემულ გამხსნელში ხსნადი ნიადაგის ფოსფატები
წყალხსნადი, ფაშარადშეკავშირებული ფოსფატები	1n NH <sub>4</sub> Cl	ყველა წყალხსნადი ფოსფატი.
Al- ფოსფატები	0,5 n NH <sub>4</sub> F pH-8,5	AlPO <sub>4</sub> (ვარისციტის, ვაფელიტის და სხვა ტიპის) – თითქმის მთლიანად, CaHPO <sub>4</sub> - მნიშვნელოვნად, ორგანული ფოსფორი ნაწილობრივ.
Fe - ფოსფატები	0,1 n NaOH	FePO <sub>4</sub> (სტრენგიტის, დიფრენიტის და სხვა ტიპის) – თითქმის მთლიანად, ორგანული ფოსფორი მნიშვნელოვნად.
Ca - ფოსფატები	0,5 n H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	კალციუმის ძირითადი ფოსფატები (დიკალციუმ ფოსფატის, ოქტაკალციუმ ფოსფატის, აპატიტის და სხვა ტიპის), რკინის ოკლუდირებული ფოსფატები – უმნიშვნელო.

ამ ხსნარში ფოსფორის კოლორიმეტრული განსაზღვრისათვის საჭიროა ორგანული შენაერთების დაჟანგვა, რის შემდეგ საზღვრავენ მასში ფოსფორის საერთო შემცველობას (ა); დაუჟანგავ ხსნარში (მასში ორგანული ნივთიერების მოცილების შემდეგ) საზღვრავენ ნიადაგის მინერალურ ნაწილთან დაკავშირებული ფოსფორის რაოდენობას (ბ);

ა) 5-10 მლ ხსნარს აორთქლებენ 50 მლ მოცულობის ბრტყელოძირიან კოლბებში ეტერნიტულ ქურაზე თითქმის ამოშრობამდე (ძალიან არ უნდა ამოშრეს), შემდეგ კოლბებში ამატებენ 3 მლ  $\text{HClO}_4$ -ს (30–72%) და აცხელებენ ელექტრო ან ეტერნიტულ ქურაზე ხსნარის სრულ გაუფერულებამდე. გაცივების შემდეგ ასეთნაირად დაჟანგულ ხსნარს გადაიტანენ წყლის მცირე ულუფებით 50 მლ მოცულობის საზომ კოლბებში, მიიყვანენ წყლით ნიშანხაზამდე, შეურევენ და ხსნარის ნაწილს (5-20 მლ) გადაიტანენ 50 მლ-იან სხვა საზომ კოლბებში ფოსფორის კოლორიმეტრული განსაზღვრისათვის, რომელიც წარმოებს ბეტა-დინიტროფენოლის მიხედვით  $\text{NH}_4\text{OH}$ -ის 15%-იანი ხსნარით განეიტრალების შემდეგ; ხსნარის ყვითელ შეფერვას აქრობენ 10%-იანი  $\text{HCl}$ -ის 1-2 წვეთით. ამრიგად, ისაზღვრება ფტორამონიუმის ხსნარში ფოსფორის საერთო შემცველობა (დაკავშირებული ნიადაგის მინერალურ და ორგანულ ნივთიერებებთან).

ბ) ფტორამონიუმის ხსნარის დარჩენილ ნაწილში საზღვრავენ ფოსფორს, რომელიც დაკავშირებულია მხოლოდ ნიადაგის მინერალურ ნაწილთან. ამისათვის გამჭვირვალე ხსნარს ორგანული ნივთიერების კოაგულაციისათვის ამატებენ 10-15 წვეთ კონცენტრირებულ  $\text{HCl}$ -ს, აყოვნებენ 15 წუთს, ხოლო შემდეგ ხსნარის სრული გაუფერულებისათვის ამატებენ 0,15-0,2 გრამ გააქტივებულ ნახშირს, ნარევს აყოვნებენ კიდევ 15 წუთის განმავლობაში და ფილტრავენ მკვირვ ფილტრში (ლურჯი ზოლით). შემდეგ იღებენ გამჭვირვალე ხსნარის 5-20 მლ და გადაიტანენ 50 მლ მოცულობის საზომ კოლბში ფოსფორის კოლორიმეტრული განსაზღვრისათვის. ამ შემთხვევაში საკვლევი ხსნარის ალიქვოტურ ნაწილს ასხამენ საზომ კოლბში, რომელშიც წინასწარ მოთავსებულია 10 მლ-მდე გამობდილი წყალი და 10 მლ 0,8

მოლარობის  $H_3BO_3$  – ფტორის იონის შესაბოჭად ბორატულ კომპლექსში  $-NH_4(BF_4)$ , (რადგან  $F^-$  უშლის ფოსფორის კოლორიმეტრულ განსაზღვრას). ამის შემდეგ იგივე კოლბებში ამატებენ ამონიუმის მოლიბდატის ხსნარის 2 მლ-ს, რომელიც მომზადებულია ტრუოგ-მეიერის მიხედვით, გამოხდილი წყლით მიჰყავთ ნიშანხაზამდე, ამატებენ კალას, შეურევენ და აკოლორიმეტრირებენ.

ფოსფატების სანიმუშო ხსნარის სკალას ამზადებენ გამოსავალ ხსნარზე 0,5 n  $NH_4F$ -ის და 0,8 მოლარობის  $H_3BO_3$ -ის დამატებით ისეთივე რაოდენობით, როგორც ისინი ემატება საკვლევი ხსნარის შემთხვევაში.

ამონიუმის ფტორიდით გამოძევებული ფოსფორის ორგანული შენაერთები შეიძლება განისაზღვროს სხვაობით ხსნარში ფოსფორის საერთო შემცველობასა (ა) და მინერალური შენაერთების ფოსფორს (ბ) შორის, ესეიგი ა-ბ-ს მიხედვით.

**0,1 n NaOH-ის გამოწვევის მომზადება.**  $NH_4F$ -ით დამუშავების შემდეგ ცენტრიფუგის სინჯარებში ნიადაგის ნაშთს ორჯერ ასხამენ 25-25 მლ  $NaCl$ -ის მაძღარ ხსნარს (ნიადაგში მექანიკურად შეკავებული ფტორიდული ხსნარის მოსაცილებლად), ანჯღრევენ 10-20 წუთით და აცენტრიფუგირებენ. ცენტრიფუგატს გადაღვრიან.

ცენტრიფუგის სინჯარაში დარჩენილ ნიადაგს ამუშავებენ 50 მლ 0,1 n  $NaOH$ -ით, ანჯღრევენ როტატორზე 17 საათის განმავლობაში (ეს შეიძლება შეიცვალოს 1 საათიანი ნჯღრევით და მეორე დღემდე დაყოვნებით) ოთახის ტემპერატურის პირობებში, რის შემდეგ სუსპენზიას აცენტრიფუგირებენ 10 წუთს გამჭვირვალე ხსნარის მიღებამდე.

**გამჭვირვალე ხსნარში საზღვრავენ:**

**1. ფოსფორის საერთო შემცველობას ხსნარში.** ამისათვის 10 მლ ტუტე ფილტრატს აორთქლებენ და შემდეგ ამუშავებენ ქლორის მჟავით, როგორც ზემოთ იყო აღწერილი  $NH_4F$ -ის ხსნარში ფოსფორის საერთო შემცველობის განსაზღვრისას.

**2. „მინერალური“ ფოსფორი.** ფილტრატის დარჩენილ ნაწილს ამატებენ 10-15 წვეთ კონცენტრირებულ  $H_2SO_4$ , 10-15 წუთის შემდეგ ამატებენ გააქტივებულ ნახშირს (0,15-0,20 გრამი) და აყოვნებენ კიდევ 15 წუთის განმავლობაში. ამის შემდეგ ნარევს ფილტრავენ მკვრივ ფილტრში. 5-20 მლ გამჭვირვალე ფილტრატს ათავსებენ 50 მლ მოცულობის საზომ კოლბებში, ანზავებენ გამოხდილი წყლით 30-35 მლ-მდე, შემდეგ ანეიტრალეებენ ხსნარს ბეტა-დინიტროფენოლის მიხედვით, როგორც ეს არის აღწერილი ზემოთ და აკოლორიმეტრირებენ.

NaOH-ის ხსნარით გამოძევებული ორგანული შენაერთების ფოსფორი ისაზღვრება სხვაობით ფოსფორის საერთო შემცველობასა და მინერალური შენაერთების ფოსფორს შორის (NaOH-ის ხსნარში) (1-2).

როცა სასურველია ნიადაგში მხოლოდ ფოსფატების მინერალური ფორმის შემცველობის დადგენა მაშინ საერთო და ორგანული ფოსფორის განსაზღვრა 0,5 n  $NH_4F$  და 0,1 n NaOH-ის ხსნარებში გამოითიშება.

**0,5 n  $H_2SO_4$ -ის გამონაწურის მომზადება.** ტუტე გამონაწურის მიღების შემდეგ ცენტრიფუგის სინჯარაში დარჩენილ ნიადაგს კვლავ რეცხავენ ორჯერ NaCl-ის მადლარი ხსნარით (20-25 მლ ულუფებით) ისე, როგორც ეს ზემოთ არის აღწერილი. შემდეგ ამატებენ 50 მლ 0,5 n  $H_2SO_4$ -ის ხსნარს და ანჯღრევენ როტატორზე 1 საათის განმავლობაში, სუსპენზიას აცენტრიფუგირებენ 10 წუთს. 5-20 მლ გამჭვირვალე ცენტრიფუგატს გადაიტანენ 50 მლ მოცულობის საზომ კოლბებში, ანეიტრალეებენ ბეტა-დინიტროფენოლის მიხედვით და აკოლორიმეტრირებენ.

### **ს ა ჭ ი რ ო რ ე ა ქ ტ ი ვ ე ბ ი**

1.  $NH_4Cl$ -ის 1 n ხსნარი – 53,5 გრამი 1 ლიტრ წყალზე;
2. 0,5 n  $NH_4F$ -ის ხსნარი – 18,5 გრამი 1 ლიტრ წყალზე;
3.  $H_2SO_4$ -ის 0,5 n ხსნარი;
4.  $NaHCO_3$ -ის 1 n ხსნარი 84 გრამი 1 ლიტრ წყალზე;
5.  $KMnO_4$ -ის 5 %იანი ხსნარი – 50 გრამი 1 ლიტრ წყალზე;

6.  $K_4\{Fe(CN)_6\}$  - 10 %იანი ხსნარი - 100 გრამი 1 ლიტრ წყალზე;

7.  $MnSO_4$ -ის - 10 %იანი ხსნარი - 100 გრამი 1 ლიტრ წყალზე;

8. 2 n  $H_2SO_4$  და კონცენტრირებული  $H_2SO_4$ ;

9. 30-72 %-იანი  $HClO_4$ -ის ხსნარი;

10.  $NaCl$ -ის მადლარი ხსნარი - 400 გრამი 1 ლიტრ წყალში;

11. 0,8 M  $H_3BO_3$  - ხსნარი - 50 გრამი 1 ლიტრ ცხელ წყალში;

12.  $NaOH$  - ის 0,1 n ხსნარი;

13. გასუფთავებული გააქტივებული ნახშირი. ნახშირის გასუფთავებას აწარმოებენ შემდეგნაირად: იღებენ ქიმიურად სუფთა ნახშირს (თუ მარცვლისებურია, წინასწარ ფქვავენ ფაიფურის როდინში ფხვნილის მდგომარეობამდე). ათავსებენ 2-3 ლიტრის მოცულობის მინის ან ფაიფურის ჭიქაში. ამატებენ კონცენტრირებულ მარილმჟავას (1 მოცულობის ნახშირზე 10 მოცულობა მჟავა) და ტოვებენ 1,5-2 დღე-ღამის განმავლობაში. პერიოდულად ურევენ მინის წკირით. შემდეგ მჟავას გადაღვრიან, ნახშირს გადაიტანენ ბიუხნერის ძაბრზე, დაუფენენ უნაცრო ფილტრს და რეცხავენ ცხელი გამოხდილი წყლით მანამ, სანამ ჩარეცხილ წყალში არ გაქრება  $Cl^-$ -ის იონი (აზოტმჟავა ვერცხლით უარყოფითი რეაქცია). გარეცხილ ნახშირს ტოვებენ ძაბრზე 18-20 საათის განმავლობაში, ჰაერმშრალ მდგომარეობამდე მისაყვანად.

### **ნიადაგში ფოსფატების მინერალური ფორმების განსაზღვრის მეთოდი კ.ე. გინზბურგის და ლ.ს. ლებედევას მიხედვით**

ქიმიური და რადიოიზოტოპური მეთოდების გამოყენებით შემდგომში დადგენილ იქნა, რომ ჩანგის და ჯექსონის მეთოდი არ იძლევა საშუალებას მკაცრად განცალკავებულად გამოიყოს ნიადაგის მინერალური ფოსფატების მხოლოდ ერთი განსაზღვრული ფრაქცია. დოკუჩაევის სახელობის ნიადაგმცოდნეობის

ინსტიტუტის აგროქიმიის ლაბორატორიაში, გასული საუკუნის სამოციან წლებში შემუშავებულ იქნა ჩანგის და ჯეკსონის მეთოდის ასკინაზის, გინზბურგის და ლებედევას მოდიფიკაცია. მას შემდეგ იმავე ლაბორატორიის მიერ ნიშანდებული ფოსფორის  $P^{32}$ -ის გამოყენებით მუდმივად წარმოებდა ჩანგის და ჯეკსონის მეთოდის უფრო ღრმა და დეტალური შეფასება. გამოკვლევებით დადგინდა იქნა, რომ ფტორამონიუმის გამონაწერში, ალუმინის ფოსფატებთან ერთად ხსნარში შეიძლება გადავიდეს კალციუმის და მაგნიუმის სხვადასხვა ფოსფატები და რკინის ფოსფატების ზოგიერთი შენაერთები (ვივიანიტის ტიპის და სხვა). ამასთანავე, ჩანგის და ჯეკსონის მეთოდით თანმიმდევრული ხსნარების გამოყენებისას ადგილი აქვს ფოსფორის მეორად დალექვას ნიადაგის მაგარი ფაზის და ხსნარის კომპონენტების მიერ. ამის შედეგად სუსტ მყავე და კარბონატულ ნიადაგებში (შავმიწები, რუხი ნიადაგები) კალციუმის ფოსფატების ფრაქციის რაოდენობა გადიდებულია, ხოლო, ალუმინის და რკინის ფოსფატების ფრაქციის შემცირებული. მყავე ნიადაგებში (კორდიან-ენერი, ნითელმინა) მიიღება რკინის ფოსფატების შემცველობის გადიდებული მონაცემები.

ნიადაგში ჩანგის და ჯეკსონის მეთოდით ფოსფორის მინერალური ფორმების ფრაქციონირების აღნიშნულმა ნაკლოვანებებმა აუცილებელი გახადეს ახალი მეთოდის შემუშავება, რომელიც საშუალებას მოგვცემდა უფრო სრულად და სუფთად გამოყოფილიყო ნიადაგიდან ფოსფორის მინერალური ფორმები.

ნიადაგიდან ფოსფატების მინერალური ფორმების გამოყოფის ახალი წესი გამოირჩევა იმით, რომ საწყისი ნიადაგიდან პირველად გამოყოფენ კალციუმის და მაგნიუმის ერთ და ორ ჩანაცვლებული ფოსფატებისა და რკინის ქვეჟანგის ფორმების ( $p_I$  და  $p_{II}$ ) ფოსფატების (უმეტესად მეორადი წარმოშობის) ფრაქციას, შემდეგ გამოყოფენ ალუმინის და რკინის ჟანგის ფოსფატების ფრაქციას, ხოლო, შემდეგ კი კალციუმის მაღალ ფუძოვანი ფოსფატების ფრაქციას (ფოსფორიტის, აპატიტის ტიპის) –  $p_{III}$ . ამრიგად, კალციუმის, მაგნიუმის და რკინის ქვეჟანგის ფოსფატების უფრო ხსნადი შენაერთების ფრაქცია

ნიადაგიდან გამოიყოფა  $0,5 \text{ n NH}_4\text{F}$ -ის ხსნარით დამუშავებამდე, ე.ი. არ ხვდება ალუმინის ფოსფატების ფრაქციაში.

პირველ ორ გამონაწერში ამონიუმის მოლიბდატის გამოყენება ხელს უწყობს მჟავე და სუსტ მჟავე ნიადაგებში თითქმის მთლიანად ავიშროთ თავიდან გამოყოფილი ფოსფატების მეორადი დალექვა ნიადაგის მაგარი ფაზის და ხსნარის კომპონენტებით, რადგანაც ამ პირობებში მოლიბდატი ბოჭავს ხსნარში გადასულ ფოსფორს კომპლექსურ არადისოცირებულ შენაერთში – ფოსფორმოლიბდენის ჰეტეროპოლიმჟავაში, რის შედეგად გამოთიშულია მისი ხელმეორედ დალექვა გამონაწერის მომზადების პროცესში.

### **ანალიზის მსვლელობა:**

**1. 1%-იანი  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4+0,25\%$ -იანი  $(\text{NH}_4)_2\text{MoO}_4$ -ის ხსნარი\*, (pH-4,8);**

0,5 გრამ ნიადაგს ათავსებენ 40-50 მლ მოცულობის ცენტრიფუგის სინჯარაში და ამატებენ 25 მლ ხსნარს – 1%-იანი  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4+0,25\%$ -იანი  $(\text{NH}_4)_2\text{MoO}_4$  სინჯარებს ახურავენ საცობებს და ანჯღრევენ 15 წუთის განმავლობაში, რის შემდეგ სუსპენზიას აცენტრიფუგირებენ 10 წუთს 2-3 ათასი ბრ/წუთში სიჩქარით. გამჭვირვალე ხსნარს გადაიტანენ 50-100 მლ მოცულობის ბრტყელძირიან კოლბებში.

ცენტრიფუგის სინჯარაში დარჩენილ ნიადაგს, მექანიკურად შეკავებული ამონიუმ-მოლიბდენის ხსნარის მოსაცილებლად ასხამენ 25 მლ  $\text{NaCl}$ -ის მაძღარ ხსნარს, ანჯღრევენ 15 წუთის განმავლობაში და აცენტრიფუგირებენ. ცენტრიფუგატს გადაღვრიან, ხოლო დარჩენილ ნიადაგს იყენებენ შემდეგი ძმარმჟავა-მოლიბდატის გამონაწერის მისაღებად.

5-20 მლ გამჭვირვალე ამონიუმ-მოლიბდატის ხსნარი გადააქვთ 50 მლ მოცულობის საზომ კოლბებში ფოსფორის

---

\* აქ მოტანილია ამონიუმის მოლიბდატის მარტივი ფორმულა ამ მარილის გასაყიდი პრეპარატი ჩვეულებრივ წარმოადგენს ამონიუმის პოლიმოლიბდატს. უფრო ხშირად ეს არის ჰექსამონიუმ გეპტამოლიბდატის ტეტრაჰიდრატი –  $(\text{NH}_4)_6 \text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ;

კოლორიმეტრული განსაზღვრისათვის. ამონიუმის მოლიბდატის შემცველ ხსნარებში ფოსფორის კოლორიმეტრული განსაზღვრის თავისებურებაზე მითითებულია ქვემოთ „რეაქტივის მომზადების“ ნაწილში.

## **2. 0,5 n CH<sub>3</sub>COOH+0,25 %-იანი (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>MoO<sub>4</sub>-ის გამონაწურის მომზადება (pH 4,2);**

გარეცხილ ნიადაგის ნაშთს ცენტრიფუგის სინჯარებში ამატებენ 25 მლ ხსნარს – 0,5 n CH<sub>3</sub>COOH+0,25 %-იანი (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>MoO<sub>4</sub>. სინჯარებს ახურავენ საცობებს და ნარევს ანჯღრევენ როტატორზე 15 წუთის განმავლობაში. ამის შემდეგ სუსპენზიას უკეთებენ ცენტრიფუგირებას, ისე როგორც ეს ზემოთ არის აღწერილი. გამჭვირვალე ფილტრატი გადააქვთ 50-100 მლ მოცულობის ბრტყელძირიან კოლბებში, საიდანაც მისი 5-10 მლ გადააქვთ 50 მლ მოცულობის საზომ კოლბებში ფოსფორის კოლორიმეტრული განსაზღვრისათვის (იხ. ნაწილი „რეაქტივების მომზადება“).

ცენტრიფუგის სინჯარებში დარჩენილ ნიადაგს რეცხავენ NaCl-ის მაძლარი ხსნარით, როგორც ეს ზემოთ არის აღწერილი. გამჭვირვალე ცენტრიფუგატს ღვრიან, ხოლო ნიადაგის ნაშთს იყენებენ შემდეგი – ფტორამონიუმის გამონაწურის მოსამზადებლად.

## **3. 0,5 n NH<sub>4</sub>F-ის გამონაწურის მომზადება (pH – 8,5).**

ცენტრიფუგის სინჯარაში დარჩენილ ნიადაგს ამატებენ 25 მლ 0,5 n NH<sub>4</sub>F-ის ხსნარს. სინჯარებს ახურავენ საცობებს, ანჯღრევენ ერთ საათს როტატორზე და აცენტრიფუგირებენ. გამჭვირვალე ცენტრიფუგატს გადაიტანენ 50 მლ მოცულობის ბრტყელძირიან კოლბებში. აქვე ამატებენ ხსნარის გაუფერულებისათვის გასუფთავებულ გააქტივებულ ნახშირს (0,15-0,25 გრამი), შეურევენ და აყოვნებენ 15-20 წუთს. თუკი ხსნარი ნალექის ზემოთ მთლიანად არ გაუფერულდა, მაშინ კიდევ ამატებენ მცირე რაოდენობით გააქტივებულ ნახშირს (0,1 გრამამდე), ნარევს ტოვებენ კიდევ 10 წუთს, შემდეგ კი ფილტრავენ ორმაგ მკვრივ ფილტრში (თეთრი, ლურჯი ზონარით) პოლიეთილენის ან მოპარაფინებულ ქურჭელში. მინის ქურჭელში



ფტორამონიუმის ხსნარის შენახვა რეკომენდებული არ არის, რადგან ამონიუმის ფტორიდს უნარი აქვს გამოიტანოს მინიდან სილიციუმის მჟავა, რომელსაც შეუძლია გაზარდოს ხსნარში ფოსფორის შედეგები.

5-20 მლ უფერულ გამჭვირვალე ფტორამონიუმის ხსნარს გადაიტანენ 50 მლ მოცულობის საზომ კოლბში, განაზავებენ გამონდილი წყლით დაახლოებით 30 მლ-მდე და აქვე ამატებენ 10 მლ 0,8 M  $H_3BO_3$ -ის ხსნარს ფტორის იონის შესაბოჭად ბორატულ კომპლექსში  $H(BF_4)^*$ , რის შემდეგ ამავე კოლბებში ამატებენ 2 მლ ამონიუმის მოლიბდატის გოგირდმჟავა ხსნარს, რომელიც მომზადებულია ტრუოგ-მეიერის მიხედვით, გამონდილი წყლით მიჰყავთ ნიშანხაზამდე, შეურევენ, ამატებენ 3 წვეთ ქლორიანი კალას ხსნარს, მაშინვე ხელახლა შეურევენ და 5-7 წუთის გავლის შემდეგ შეფერადებულ ხსნარებს ატარებენ ფოტოელექტროკოლორიმეტრზე (შუქფილტრი 650 მმკ).

ამონიუმის მოლიბდატის გოგირდმჟავა ხსნარს, რომელიც მომზადებულია ტრუოგ-მეიერის მიხედვით, გამონდილი წყლით მიჰყავთ ნიშანხაზამდე, შეურევენ, ამატებენ 3 წვეთ ქლორიანი კალას ხსნარს, მაშინვე ხელახლა შეურევენ და 5-7 წუთის გავლის შემდეგ შეფერადებულ ხსნარებს ატარებენ ფოტოელექტროკოლორიმეტრზე (შუქფილტრი 650 მმკ).

ფოსფატების სანიმუშო ხსნარების სკალას ამზადებენ მასზე 0,5 n  $NH_4F$ -ის ხსნარის დამატებით, ისეთი რაოდენობით, რასაც იღებენ საკვლევი ხსნარის შემთხვევაში. შემდეგ ამატებენ 10 მლ 0,8 M  $H_3BO_3$ -ს, 2 მლ მოლიბდენს – ტრუოგით დამზადებულს და გამონდილი წყლით მიჰყავთ ნიშანხაზამდე, შეურევენ, შემდეგ ამატებენ 3 წვეთ აღმდგენელს  $SnCl_2$ -ს, მაშინვე კარგად შეურევენ

---

\* ეს აუცილებელია, რადგან  $F^-$  - ს შეუძლია წარმოქმნას მოლიბდენთან სხვადასხვა შედგენილობის შენაერთი (ოქსიფტორიდები –  $MoOF$ ;  $MoO_2F_2$ , ტრიოქსოტრიფტორმოლიბდატი –  $(NH_4)_3MoO_3F_3$  და სხვა) და ხელი შეუშალოს ფოსფორმოლიბდენმჟავას წარმოქმნას, და მაშასადამე, აგრეთვე ფოსფორის კოლორიმეტრულ განსაზღვრასაც.

და 7-10 წუთის შემდეგ აკოლორიმეტრირებენ (შეფერვა მდგრადია 30 წუთს).

ცენტრიფუგის სინჯარაში დარჩენილ ნიადაგს რეცხავენ ერთხელ NaCl-ის მაძლარი ხსნარით (ნიადაგში მექანიკურად შეკავებული ფტორიდული ხსნარის ნარჩენის მოსაცილებლად). ცენტრიფუგატს გადაღვრიან, ხოლო ნიადაგს იყენებენ შემდეგი, ტუტე გამონაწურის მოსამზადებლად.

#### **4. 0,1 n NaOH-ის გამონაწურის მომზადება**

ცენტრიფუგის სინჯარაში დარჩენილ ნიადაგს ამუშავებენ 25 მლ 0,1 n NaOH-ის ხსნარით. სინჯარებს ახურავენ საცობებს და ნარევს ანჯღრევენ როტატორზე 2 საათის განმავლობაში, რის შემდეგ სუსპენზიას აყოვნებენ 15-20 საათს ოთახის ტემპურატურის პირობებში, შემდეგ კი აცენტრიფუგირებენ. გამჭვირვალე ხსნარს გადაიტანენ ბრტყელძირიან კოლბებში.

რადაგანაც ტუტე გამონაწური ინტენსიურადაა შეფერილი, მის გასაუფერულებლად კოლბებში მუდმივი შერევით ამატებენ ათ წვეთ (0,5 მლ) კონცენტრირებულ  $H_2SO_4$  ჰუმინის მჟავას კოაგულაციისათვის. 10-15 წუთის გასვლის შემდეგ დანის წვერით ამატებენ გააქტივებულ ნახშირს (0,15-0,25 გრამი) ფულვომჟავების შთანთქმისათვის. ნარევს შეურევენ და აყოვნებენ 10-15 წუთს, რის შემდეგ ფილტრავენ ორ მკვრივ უნაცრო ფილტრში. 5-10 მლ გამჭვირვალე ფილტრატს ათავსებენ 50 მლ მოცულობის საზომ კოლბში, ანზავებენ წყლით 30-35 მლ-მდე, ამატებენ ორ წვეთ ინდიკატორ ბეტა-დინიტროფენოლს და ტიტრავენ  $NH_4OH$ -ის 10%-იანი ხსნარით ყვითელი ფერის წარმოქმნამდე, რომელსაც აქრობენ ერთი-ორი წვეთი 10%-იანი HCl ( $H_2SO_4$ )-ით. ამის შემდეგ ამავე საზომ კოლბებში ამატებენ 2 მლ მოლიბდენმჟავა ამონიუმის ხსნარს გოგირდის მჟავაში – მომზადებულს ტრუოგ-მეიერის მიხედვით, გამოხდელი წყლით მიჰყავთ ნიშანხაზამდე, შეურევენ, ამატებენ 3 წვეთ  $SnCl_2$ , მაშინვე კვლავ შეურევენ და 5-7 წუთის შემდეგ აკოლორიმეტრირებენ. ნიადაგის ნარჩენს კვლავ რეცხავენ ერთხელ NaCl-ის მაძლარი ხსნარით.

## 5. 0,5 n H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>-ის გამონაწურის მომზადება.

ცენტრიფუგის სინჯარებში დარჩენილ ნიადაგს ამატებენ 25 მლ 0,5 n H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. სინჯარებს ახურავენ საცობებს და ანჯღრევენ როტატორზე 1 საათის განმავლობაში. ამის შემდეგ სუსპენზიას უკეთებენ ცენტრიფუგირებას.

გამჭვირვალე ცენტრიფუგატს გადაიტანენ ბრტყელძირიან კოლბებში, ხოლო მისგან 5-10 მილილიტრს გადაიტანენ 50 მლ მოცულობის საზომ კოლბში, ანეიტრალეებენ ბეტა-დინიტროფენოლის მიხედვით და აკოლორიმეტრირებენ ისე როგორც ეს აღწერილია ტუტე გამონაწურის ანალიზის დროს.

ცალკეულ წონაკში საზღვრავენ ნიადაგის საერთო და ორგანულ ფოსფორს.

## ნიადაგში კალიუმის განსაზღვრის მეთოდები

კალიუმის შემცველობა ნიადაგში ძირითადად დამოკიდებულია ნიადაგის მინერალურ შედგენილობაზე. სახელდობრ, კალიუმის შემცველი მინერალების, მინდვრის შპატის და სხვათა შემცველობაზე. კალიუმის შემცველი მინერალების განაწილება ნიადაგის სხვადასხვა გრანულომეტრულ ფრაქციაში სხვადასხვაა. ისინი მცირე რაოდენობითაა სილის და მსხვილი მტვერის შედგენილობაში ყველაზე დიდი რაოდენობითაა წვრილი მტვერის და ლექის შედგენილობაში. ამიტომ, როგორც წესი, ქვიშნარ ნიადაგებში საერთო კალიუმის შემცველობა რამდენჯერმე ნაკლებია, ვიდრე თიხნარ ნიადაგებში. ნიადაგის ქიმიურ შედგენილობაში ასეთი მერყეობა განპირობებულია აგრეთვე სხვა მიზეზებით: ნიადაგწარმოქმნელი ქანის შედგენილობით, ნიადაგის ასაკით, ნიადაგწარმოქმნის ხასიათით და ა.შ.;

კალიუმის ყველა ფორმა ნიადაგში დაკავშირებულია ერთმანეთთან და იმყოფებიან მოძრავი წონასწორობის მდგომარეობაში. მცენარე კვების პროცესში პირველ რიგში ითვისებს შედარებით უფრო მოძრავ ფორმებს, ხოლო, შემდეგ (განვითარების მიხედვით) საშუალოდ მოძრავ (გაცვლითი) და მცირედ მოძრავ (გაუცვლელი) ფორმებს. ამიტომ, კალიუმის მიხედვით ნიადაგის

დახასიათებისას, საჭიროა აღირიცხოს არა მარტო ნიადაგის ხსნარში არსებული და გაცვლითი კალიუმი, არამედ, უნდა ვეცადოთ, დავახასიათოთ ნიადაგი გაუცვლელი კალიუმის მხრივაც.

გარდა ზემოთ აღნიშნულისა ქვემოთ აღწერილია აგრეთვე კალიუმის მოძრაობის ხარისხის განსაზღვრის მეთოდი, რადგან კალიუმის შესვლა მცენარეში დამოკიდებულია არა მარტო გაცვლითი კალიუმის რაოდენობაზე ნიადაგში, არამედ, აგრეთვე, მისი მოძრაობის ხარისხზეც.

### **კალიუმის საერთო შემცველობის განსაზღვრა ნიადაგში**

**კ.ე. გინზბურგის და სხვ. მეთოდით** ნიადაგის ნიმუშის დაწვის შემდეგ მომზადებულ ხსნარში (იხილეთ გვ. 163) კალიუმის საერთო შემცველობა ისაზღვრება ალოვან ფოტომეტრზე.

### **კალიუმის სხვადასხვა ფორმის განსაზღვრა ნიადაგში**

ნიადაგში კალიუმის შემცველობის განსაზღვრამდე, მისი შენაერთების ფორმების მიუხედავად, აუცილებელია, იგი პირველ რიგში გადაყვანილი იქნეს ხსნარში (წყლის, მარილის, მჟავას). ხსნარში გადასული კალიუმი ისაზღვრება ქიმიური მეთოდებით ან ფიზიკურით: პოტენციომეტრულით, ალოვანი ფოტომეტრით, ატომური აბსორბციით და სხვ.;

### **წყალხსნადი კალიუმის განსაზღვრა**

ნიადაგში წყალხსნადი კალიუმი, ჩვეულებრივ, ისაზღვრება ნიადაგის ხსნარში კალიუმის რაოდენობრივი დახასიათებისათვის. მაგრამ, ცნობილია, რომ ნიადაგის ხსნარის კალიუმი და წყალხსნადი კალიუმი სრულებით არ არის ერთიდაიგივე. **ნიადაგის ხსნარის კალიუმი** – ძირითადად ეს არის კალიუმი, რომელიც შედის მარტივი მარილების შედგენილობაში (ქლორიდები, სულფატები, ნიტრატები და სხვ.), იმყოფება ხსნარში

ბუნებრივი ტენიანობის პირობებში, ე.ი. ნიადაგი : ხსნარის ძალიან ვიწრო შეფარდების პირობებში; **წყალხსნადი კალიუმი** – ეს არის იგივე მარტივი მარილების კალიუმი და, გარდა ამისა, რთული მარილების – სილიკატების და ალუმოსილიკატების კალიუმი, რომლებიც გადადიან წყლის გამონაწურში (წყალი : ნიადაგი ფართო შეფარდების პირობებში) აღნიშნული შენაერთების წყალში ჰიდროლიზის შედეგად.

წყალხსნადი კალიუმის შემცველობა არადამლაშებულ ნიადაგებში უმნიშვნელოა – ჩვეულებრივ 1 მგ-ზე ნაკლები 100 გ ნიადაგზე და იგი არ ახასიათებს ნიადაგის ნაყოფიერებას კალიუმის მიხედვით. თუმცა, ეს ანალიზი ფართოდ გამოიყენება. ნიადაგში კალიუმის შენაერთების ფორმების კვლევისას და ნიადაგში კალიუმის დინამიკის, გაკულტურების და განოყიერების ხარისხის შესწავლისას.

**ანალიზის მსვლელობა.** 1 მმ დიამეტრის მქონე ნასვრეტებიან საცერში გატარებულ 50 გრამ ჰაერმშრალ ნიადაგს ათავსებენ კონუსურ კოლბში ან 0,5 ლიტრი მოცულობის ნებისმიერ მინის ჭურჭელში, ამატებენ 250 მლ გამოხდილ წყალს, ახურავენ საცობს და ანჯღრევენ 3 წუთის განმავლობაში. წყალი თავისუფალი უნდა იყოს ნახშირმჟავებისგან, რასაც აღწევნენ წინასწარ 30-40 წუთის განმავლობაში წყლის დუღილით.

ნიადაგის სუსპენზიას ფილტრავენ უნაცრო დაკეცილი ფილტრით. გაფილტვრის წინ ჭურჭლის შიგთავსს ენერგიულად შეანჯღრევენ და სუსპენზია სწრაფად გადააქვთ ფილტრზე. თუკი ფილტრატის პირველი ულუფები მღვრივია, მას უკანვე აბრუნებენ ნიადაგიან ფილტრზე. უმჯობესია გაფილტვრის პირველ წუთებში ძაბრი (ნიადაგით) დავდგათ იგივე ჭურჭელზე, რომელშიც ჩატარდა ნჯღრევა. მას შემდეგ, რაც დავრწმუნდებით, რომ იფილტრება გამჭვირვალე სითხე ძაბრს გადავითანთ სუფთა კოლბზე (მიმღები). ძლიერ ნელი ფილტრაციის შემთხვევაში წყლის აორთქლებისაგან დასაცავად ძაბრს ახურავენ საათის მინას.

კალიუმის კონცენტრაცია წყლის გამონაწურში ჩვეულებრივად იმდენად დაბალია, რომ მისი განსაზღვრისათვის საჭიროა

ნინასწარი კონცენტრირება 5-10-ჯერ; 100-200 მლ გამჭვირვალე ფილტრატი გადააქვთ დიდ ფაიფურის ჯამში და დგამენ წყლის აბაზანაზე. ხსნარს მთლიანად აორთქლებენ. ალოვან ფოტომეტრზე განსაზღვრისას მშრალ ნაშთს ამატებენ 10-20 მლ 0,1 ნორმალობის HCl-ს; ხოლო, ქიმიური მეთოდებით კალიუმის განსაზღვრისათვის (კობალტნიტრიტით, ტეტრაფენილბორატი) – ამატებენ 10-20 მლ ფორმალინის 2%-იან ხსნარს.

ფაიფურის ჯამზე არსებულ მშრალ ნაშთს გასრესენ მინის ნკირით (მრგვალი დაბოლოებით). კარგად ჩარეცხავენ ჯამის კედლებს (ალოვან ფოტომეტრზე განსაზღვრისას 10-20 მლ 0,1 ნორმალობის HCl-ით) და ფილტრავენ პატარა უნაცრო ფილტრით. ხსნარში საზღვრავენ კალიუმს.

ანალიზის სიზუსტის ძალზე მაღალი მოთხოვნის პირობებში (ქიმიური მეთოდებით) რეკომენდებულია წყლით გამონაწერი აორთქლებამდე გატარდეს სვეტში CI – ანიონიტით, რათა მოცილებული იქნეს ხსნარიდან  $SO_4^{2-}$  და  $PO_4^{3-}$  ანიონები.

## **გაცვლითი კალიუმის განსაზღვრა ნიადაგში**

კალიუმით ნიადაგის უზრუნველოფის განსაზღვრისათვის და კალიუმის სისუფობის დოზების დადგენისათვის შესაფასებელ მაჩვენებლად ფართოდ გამოიყენება გაცვლითი კალიუმის სიდიდე.

### **ა.ა მასლოვას მეთოდი**

გაცვლით კალიუმს ნიადაგიდან აძევენ 1,0 ნორმალობის ძმარმჟავა ამონიუმის ხსნარით, ნიადაგის : ხსნართან 1 : 10 შეფარდების პირობებში და 1 საათიანი ნჯღრევით. როგორც ჩატარებულმა გამოკვლევებმა უჩვენეს 1,0 ნორმალობის ძმარმჟავა ამონიუმის ხსნარი ითვლება უნივერსალურად და რეკომენდებულია გაცვლითი კალიუმის განსაზღვრისათვის როგორც

არაკარბონატულ ისე კარბონატულ ნიადაგებზე. აღნიშნული მეთოდით ნიადაგიდან გამოძევებული გაცვლითი კალიუმის საერთო კალიუმის რაოდენობის 75%-ს შეადგენს.

**ანალიზის მსვლელობა.** წონიან 1 მმ დიამეტრის მქონე ნასვრეტებიან საცერში გატარებულ 5 გრამ ნიადაგს, ამატებენ 50 მლ 1,0 ნორმალობის ძმარმჟავა ამონიუმის ხსნარს (pH – 7,0) და დგამენ როტატორზე. 1 საათიანი ნჯღრევის შემდეგ ხსნარს ფილტრავენ და გამჭვირვალე ფილტრატში კალიუმს საზღვრავენ ალოვან ფოტომეტრზე.

ალოვანი ფოტომეტრის არქონის შემთხვევაში, ანალიზს ატარებენ ავტორის მიერ შემოთავაზებული მეთოდის მიხედვით. ჰაერმშრალ 20 გრამ ნიადაგს ათავსებენ 400-500 მლ მოცულობის მინის ჭურჭელში, ამატებენ 200 მლ  $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ -ის 1,0 ნორმალობის ხსნარს, რომლის pH - 7,0-ია. ჭურჭელს ახურავენ რეზინის საცობს და ანჯღრევენ როტატორზე 1 საათის განმავლობაში. მიღებულ სუსპენზიას ფილტრავენ. 50-100 მლ გამჭვირვალე ფილტრატს ათავსებენ ფაიფურის ჯამში და აორთქლებენ წყლის აბაზანაზე. აორთქლების შემდეგ ჯამში დარჩენილ ნალექს ამატებენ 2 მლ 30%-იან წყალბადის ზეჟანგს და 2 მლ 10 %-იან  $\text{HNO}_3$  ორგანული ნივთიერების დაშლისათვის და ფრთხილად აშრობენ ეტერნიტის ქურაზე. ამის შემდეგ ჯამს ათავსებენ მუფელის ლუმელში 400-500<sup>0</sup> ტემპერატურის პირობებში (ორგანული ნივთიერების სრულ დაშლამდე და ამონიუმის მარილების სრულ გაქრობამდე). ამ დროს ნალექი ღებულობს ფერფლის ფერს.

ჟანგეულების გადასაყვანად ქლორიდებში ჯამში ამატებენ 2-3 წვეთ 25%-იან HCl-ს. ჯამის შიგთავსს რეცხავენ ცხელი გამოსხილი წყლით, გადაიტანენ პატარა ფილტრზე და ფილტრავენ 50 მლ მოცულობის საზომ კოლბში. კალიუმის განსაზღვრას აწარმოებენ კობალტნიტრიტის მოცულობითი ან სხვა ქიმიური მეთოდის გამოყენებით.

### **რეაქტივები:**

1. 1 ნორმალობის ძმარმჟავა ამონიუმი. 77,1 გრამ  $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ -ს ხსნიან 900-950 მლ გამობდილ წყალში, შეანჯღრევენ და საზღვრავენ pH-ს. ჩვეულებრივ ხსნარის რეაქცია არის სუსტი მჟავე. ამატებენ წვეთ-წვეთობით 10%-იან ამიაკს, ხსნარის რეაქცია მიჰყავთ pH-7,0-მდე. ხსნარის მოცულობა წყლით მიჰყავთ 1 ლიტრამდე და კარგად შეანჯღრევენ.

2. 10%-იანი  $\text{HNO}_3$ ; 115 მლ კონცენტრირებული  $\text{HNO}_3$  1 ლ გამობდილ წყალში.

3. 30%-იანი წყალბადის ზეჟანგი;

4. 25%-იანი  $\text{HCl}$ ; 634,8 მლ კონცენტრირებული  $\text{HCl}$  1 ლ გამობდილ წყალში.

### **გაცვლითი კალიუმის განსაზღვრა ენერ ნიადაგებში პეივეს მეთოდით**

**მეთოდის პრინციპი.** გაცვლით კალიუმს ნიადაგიდან გამოდევნიან  $\text{NaCl}$ -ის 1,0 ნორმალობის ხსნარით. ნიადაგის ხსნართან შეფარდება უდრის 1 : 2. ნჯღრევის დრო 5 წუთია. ხსნარში გადმოსული კალიუმი ისაზღვრება მასზე მშრალი ნატრიუმის კობალტნიტრიტის დამატებით.

პეივეს მეთოდით კალიუმის ანალიზური განსაზღვრის საფუძველია კალიუმის უმცირესი კონცენტრაციის პრინციპი, რომლის დროსაც მოცემულ პირობებში წარმოებს ნატრიუმის კობალტნიტრიტით ნალექის გამოყოფა. რადგანაც ხსნარში კალიუმის უმცირესი კონცენტრაცია განსაზღვრული ტემპერატურის პირობებში პრაქტიკულად მუდმივია, ამიტომ საანალიზო ხსნარის რამდენჯერმე განზავების გზით შეიძლება ვიპოვოთ ეს უმცირესი კონცენტრაცია, ხოლო, განზავების რიცხვის აღრიცხვით გამოვიანგარიშოთ კალიუმის შემცველობა ხსნარში. ავტორის მიერ დადგენილია, რომ აღნიშნული ანალიზის ჩატარებისთვის საუკეთესოა 12-დან 24<sup>0</sup>-მდე ტემპერატურის ინტერვალი.



**ანალიზის მსვლელობა.** 1 მმ დიამეტრის მქონე ნასვრეტებიან საცერში გატარებულ 25 გრამ ნიადაგს ათავსებენ 250 მლ მოცულობის კოლბში. ამატებენ 50 მლ NaCl-ის 1,0 ნორმალობის ხსნარს და ანჯღრევენ როტატორზე ან ხელით 5 წუთის განმავლობაში. ხსნარს ფილტრავენ მკვრივი ფილტრის გამოყენებით.

წინასწარ შეარჩევენ 10 ცალ ერთნაირი მოცულობის სინჯარას. აყალიბებენ მათ 5 მლ მოცულობაზე და ნომრავენ. გამჭვირვალე ფილტრაციდან დანაყოფებიანი ზუსტი პიპეტის საშუალებით იღებენ ხსნარს და ათავსებენ სინჯარებში ქვემოთ მითითებული რაოდენობით:

სინჯარის №	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ხსნარი, მლ	5	4	3	2,5	2.0	1,8	1,5	1,2	1,0	0

ყველა სინჯარაში (გარდა პირველისა) ხსნარს შეავსებენ ნიშანხაზამდე (5 მლ-მდე) NaCl-ის 1,0 ნორმალობის ხსნარის დამატებით, შეანჯღრევენ და ამატებენ ქიმიურად სუფთა (წყალში გახსნისას არ უნდა იძლეოდეს სიმღვრივეს) 0,1 გრამ მშრალ ნატრიუმის კობალტნიტრიტს. შეანჯღრევენ და აყოვნებენ 30 წუთის განმავლობაში. მე-10 სინჯარაში ათავსებენ NaCl-ის 1,0 ნორმალობის ხსნარს და ჩადებენ თერმომეტრს, რათა გაირკვეს თუ რა ტემპერატურაზე მიმდინარეობს კალიუმის დალექვა. ნახევარი საათის შემდეგ აკვირდებიან ნალექის გამოყოფას (მზიან ამინდში ფანჯარასთან, მოღრუბლულ დღეს კი ნათურასთან) ჩაიწერენ იმ პირველი სინჯარის ნომერს, რომელშიც არ წარმოშობილა არც ნალექი და არც სიმღვრივე. ამ სინჯარაში ხსნარს აქვს კალიუმ-ნატრიუმ კობალტნიტრიტის ზღვრული კონცენტრაცია, რომლის დროსაც არ შეიძლება კიდევ მოხდეს დალექვა მოცემულ პირობებში.

თუ ნიადაგში დიდი რაოდენობით არის კალიუმი და თვით ბოლო სინჯარაშიც კი (მე-9 სინჯარა) რომელშიც მოთავსებულია 1 მლ ხსნარი, წარმოიქმნება სიმღვრივე, მაშინ ასეთ ხსნარს

განაზავებენ 2-ჯერ და ხელახლა ატარებენ ანალიზს. საბოლოო შედეგს გადაამრავლებენ 2-ზე.

კალიუმის რაოდენობას მგ-ობით 100 გ ნიადაგზე პოულობენ ქვემოთ მოყვანილი სპეციალური ცხრილით.

**ცხრილი 17**

**K<sub>2</sub>O-ს შემცველობის გამოანგარიშება (მგ/100 გ ნიადაგზე)  
პეივეს მეთოდის მიხედვით.**

სსნარის ტემპერატურა C°	K <sub>2</sub> O-ს შემცველობა, მგ/ლ	სინჯარის ნომერი და საანალიზოდ აღებული ფილტრატის რაოდენობა, მლ								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
		5,0	4,0	3,0	2,5	2,0	1,8	1,5	1,2	1,0
K <sub>2</sub> O-ს რაოდენობა მგ-ით 100 გ ნიადაგზე										
24	24	4,8	6,0	8,0	9,6	12,0	13,5	15,8	20,0	24,0
23	23	4,6	5,7	7,7	9,2	11,5	12,8	15,2	19,1	23,0
22	22	4,4	5,5	7,3	8,8	11,0	12,2	14,6	18,3	22,0
21	21	4,2	5,2	7,0	8,4	10,5	11,6	14,0	17,5	21,0
20	20	4,0	5,0	6,7	8,0	10,0	11,1	13,3	16,7	20,0
19	19	3,8	4,7	6,3	7,6	9,5	10,5	12,6	15,8	19,0
18	18	3,6	4,5	6,0	7,2	9,0	10,0	12,0	15,0	18,0
17	17	3,4	4,2	5,7	6,7	8,5	9,4	11,3	14,4	17,0
16	16	3,2	4,0	5,3	6,4	8,0	8,9	10,7	13,3	16,0
15	15	3,0	3,7	5,0	6,0	7,5	8,3	10,0	12,5	15,0
14	14	2,8	3,5	4,7	5,6	7,0	7,8	9,3	11,7	14,0
13	13	2,6	3,2	4,3	5,2	6,5	7,2	8,6	10,8	13,0
12	12	2,4	3,0	4,0	4,8	6,0	6,7	8,0	10,0	12,0

დავუშვათ, მაგალითად, რომ ნალექი არ გამოიყო (სიმღვრივე არ წარმოიქმნა) მეშვიდე სინჯარაში, რომელშიც მოთავსებული იყო 1,5 მლ ფილტრატი; ხსნარის ტემპერატურა იყო 18° C. ცხრილში ვიპოვით პირველ სვეტში 18°-ს; 18°-ის ხაზის გაყო-

ლებით მეშვიდე სინჯარის სვეტთან გადაკვეთის ნერტილში ვპო-  
ულობთ რიცხვს 12,0-ს. მაშასადამე, საანალიზო ნიმუშში  $K_2O$ -ს  
რაოდენობა ტოლია 12,0 მგ  $K_2O$  100 გ ნიადაგზე.

პეივეს მეთოდით განსაზღვრის შემთხვევაში კალიუმით  
უზრუნველყოფის ხარისხის მიხედვით ენერი ნიადაგები იყოფა  
შემდეგ ჯგუფებად:

**ცხრილი 18**

**კალიუმით უზრუნველყოფის ხარისხის მიხედვით ენერი  
ნიადაგების კლასიფიკაცია**

კალიუმით ნიადაგის უზრუნველყოფის ხარისხი	$K_2O$ -ს შემცველობა მგ/100 გ ნიადაგზე
ძლიერ ღარიბი	<5
ღარიბი	5 – 7
საშუალო	7 - 10
მდიდარი	10 - 15
ძლიერ მდიდარი	> 15

თავისი სიმარტივით და მისანვდომობით პეივეს მეთოდმა  
ფართო გავრცელება ჰპოვა ყოფილ საბჭოთა სივრცეში. მეთოდის  
ძირითად ნაკლად ითვლება ძალიან მცირე მწარმოებლობა (10-12  
ანალიზი დღეში).

ს ა ქ ი რ ო რ ე ა ქ ტ ი ვ ე ბ ი: 1. გაყიდვაში არსებობს  
მზა ნატრიუმის კობალტნიტრიტის მარილი, რომელიც მშრალ  
მდგომარეობაში გასრესის შემდეგ გამოიყენება უშუალოდ.

2. ნატრიუმის ქლორიდის 1,0 ნორმალობის ხსნარი. 58,5  
გრამ  $NaCl$ -ის ხსნიან 1 ლიტრ გამობდილ წყალში. ამონმებენ  $NaCl$ -  
ის და ნატრიუმის კობალტნიტრიტის რეაქტივების სისუფთავეს:  
5 მლ 1 ნორმალობის  $NaCl$ -ის ხსნარზე 0,1 გ  $Na_3CO(NO_2)_6$  დამა-  
ტების შედეგად სიმღვრივე არ უნდა წარმოიქმნას.

## გაცვლითი კალიუმის განსაზღვრა კარბონატულ ნიადაგებში 1%-იანი ნახშირმჟავა ამონიუმის გამოყენებით

მეთოდის საფუძველს წარმოადგენს კალიუმის გამოძევება ნიადაგიდან 1 %-იანი ნახშირმჟავა ამონიუმის ხსნარით. ნიადაგის შეფარდება ხსნართან ტოლია 1:20. 1%-იანი ნახშირმჟავა ამონიუმის ხსნარის და ნიადაგის გამონაწურის მომზადება მოცემულია მაჩიგინის მეთოდით ფოსფორის განსაზღვრის მეთოდის აღწერისას (იხ. 154 გვერდზე). გამონაწურში კალიუმს საზღვრავენ ალოვან ფოტომეტრზე. სამუშაო სანიმუშო ხსნარებს ამზადებენ 1%-იანი ნახშირმჟავა ამონიუმის გამოყენებით.

### ო.გ.ონიანის მეთოდი მჟავე ნიადაგებისათვის

მეთოდის საფუძველია კალიუმის განსაზღვრა გოგირდმჟავა გამონაწურში, რომელშიც ერთდროულად ისაზღვრება მოძრავი ფოსფორი.

წონიან 1 მმ დიამეტრის ნასვრეტებიან საცერში გატარებულ 4 გრამ ნიადაგს, ათავსებენ 250 მლ მოცულობის კონუსურ კოლბში, ამატებენ 100 მლ 0,1 ნორმალობის  $H_2SO_4$ -ის ხსნარს, ანჯღრევენ ხელით ან როტატორზე 3 წუთის განმავლობაში და ფილტრავენ მკვრივ უნაცრო ფილტრში.

ფილტრატში კალიუმს საზღვრავენ ალოვან ფოტომეტრზე. ჩატარებული მრავალრიცხოვანი გამოკვლევების საფუძველზე ავტორის მიერ რეკომენდებულია კალიუმით უზრუნველყოფის შემდეგი ინდექსები:

1. 5 მგ-ზე ნაკლები  $K_2O$  100 გ ნიადაგზე – კალიუმით ძლიერ ღარიბი ნიადაგი.
2. 5-10 მგ  $K_2O$  100 გ ნიადაგზე – კალიუმით ღარიბი ნიადაგი.
3. 10-15 მგ  $K_2O$  100 გ ნიადაგზე – კალიუმით საშუალოდ უზრუნველყოფილი.

4. 15-20 მგ  $K_2O$  100 გ ნიადაგზე – კალიუმის ამაღლებული შემცველობით.

5. 20-25 მგ  $K_2O$  100 გ ნიადაგზე – კალიუმის მაღალი შემცველობით.

6. 25-ზე მაღლა მგ  $K_2O$  100 გ ნიადაგზე – კალიუმის ძლიერ მაღალი შემცველობის ნიადაგი.

### **გაუცვლელი კალიუმის განსაზღვრა ნიადაგში**

მცენარის კვებისათვის ყველაზე ადვილად მისაწვდომია წყალხსნადი და გაცვლითი კალიუმი. კალიუმის აღნიშნული მოძრავი ფორმების მარაგი მცენარის მიერ მათი გამოყენების ზომის მიხედვით შეიძლება შეივსოს გაუცვლელი ფორმების ხარჯზე. მცენარის კვებისათვის კალიუმის უახლოესი სათადა-რიგო, სამარაგო ფორმაა გაუცვლელი კალიუმი.

გაუცვლელი, მაგრამ მცენარისათვის მისაწვდომი კალიუმის მარაგის დასახასიათებლად ხშირად სარგებლობენ სხვადასხა სახის მჟავე ხსნარებით.

### **გაუცვლელი კალიუმის განსაზღვრა 2,0 ნორმალობის HCl-ის ხსნარში პჩოლკინას მეთოდით**

**მეთოდი** ეფუძნება კალიუმის შემცველი პირველადი მინერა-ლების სხვადასხვა ხარისხით ხსნადობას მჟავებში: ადვილად იხსნებიან ქარსები (ბიოტიტი, მუსკოვიტი), ძნელად – ჰიდრო-ქარსები, ნეფელინი და ძნელადხსნადი მინდვრის შპატები. ნია-დაგის კალიუმის მოძრაობის ხარისხის მაჩვენებლად ავტორმა შემოგვთავაზა სხვაობა 2,0 ნორმალობის HCl-ის ხსნარში გადა-სული კალიუმის რაოდენობასა და გაცვლითი კალიუმის რაოდე-ნობას შორის. რაც უფრო დიდია სხვაობა აღნიშნულ რაოდე-ნობებს შორის, მით უფრო დიდია ნიადაგის კალიუმის მობილი-ზაციის შესაძლებლობა.

**ანალიზის მსვლელობა.** წონიან 1 მმ დიამეტრის ნასვრეტებიან საცერში გატარებულ 2 გრამ ჰაერმშრალ ნიადაგს და ათავსებენ 200 მლ მოცულობის მინის ჭურჭელში, ამატებენ 50 მლ 2,0 ნორმალობის HCl-ს და ანჯღრევენ როტატორზე 1 საათის განმავლობაში.

მინის ჭურჭელს ახურავენ პატარა ძაბრებს და 48 საათის განმავლობაში ათავსებენ თერმოსტატში 24<sup>0</sup> C ტემპერატურაზე. მას შემდეგ ხსნარს ფილტრავენ.

25 მლ ფილტრატი გადააქვთ 100 მლ მოცულობის საზომ კოლბში, მიჰყავთ წყლით ნიშანხაზამდე და კარგად შეურევენ. კალიუმის შემცველობას ხსნარში საზღვრავენ ალოვან ფოტომეტრზე.

დაყალიბებული მრუდის ასაგებად სანიმუშო ხსნარების სერიას ამზადებენ 0,5 ნორმალობის HCl-ით.

იგივე ნიადაგში ერთდროულად ისაზღვრება გაცვლითი კალიუმი. 2,0 ნორმალობის HCl-ის ხსნარში კალიუმის შემცველობასა და გაცვლითი კალიუმის (1,0 ნორმალობის ძმარმჟავა ამონიუმის გამონანურში) რაოდენობას შორის მიღებული სხვაობით ანგარიშობენ გაუცვლელი კალიუმის რაოდენობას.

## **მიკროელემენტების და მძიმე ლითონების განსაზღვრა ნიადაგში**

მცენარისა და მიკროორგანიზმების კვებაში აზოტის, ფოსფორისა და კალიუმის გარდა დიდი მნიშვნელობა აქვს მიკროელემენტებს – ბორს, მანგანუმს, სპილენძს, თუთიას, კობალტს, მოლიბდენს და სხვა. ამ ელემენტების მცირე დოზები აუცილებელია მცენარისა და ცხოველის ორგანიზმში მიმდინარე მრავალი ბიოქიმიური პროცესისათვის.

მიკროელემენტების დადებითი ფიზიოლოგიური მოქმედება მულავენდება მათი განსაზღვრული კონცენტრაციის პირობებში. მიკროელემენტების სიჭარბე ან უკმარისობა უარყოფითად მოქმედებს ფიზიოლოგიურ პროცესებზე.

ნიადაგში მიკროელემენტების ძირითად წყაროდ ითვლება ნიადაგწარმოქმნელი ქანი. ნიადაგწარმოქმნის და, აგრეთვე, მცენარისა და ცხოველების ცხოველმყოფელობის პროცესებში მიმდინარეობს მიკროელემენტების განაწილება ნიადაგის პროფილის მიხედვით.

მიკროელემენტების შემცველობა ნიადაგში არ აღემატება პროცენტის მეათასედ ნაწილს, ამ მხრივ გამონაკლისია მანგანუმი, რომლის შემცველობა ზოგიერთ შემთხვევაში, მაგალითად, მანგანუმ-რკინის ახლად წარმონაქმნებში როგორც ორშტეინის მარცვლები აღირიცხება ხშირად მთელი პროცენტობით.

ასეა თუ ისე, მანგანუმს აკუთვნებენ მიკროელემენტებს, აღრიცხავენ რა მის მცირე რაოდენობას ორგანიზმებში და დიდ ბიოქიმიურ როლს მცენარეთა და ცხოველთა სიცოცხლეში.

**ნიადაგში მიკროელემენტების რაოდენობის შესწავლისას, საზღვრავენ მათ საერთო ანუ მთლიან შემცველობას და მცენარის კვებისათვის მისაწვდომ ანუ მიკროელემენტების შენაერთების მოძრავი ფორმების შემცველობას.**

## **ნიადაგის მომზადება საერთო ანალიზისთვის**

ატომურ-აბსორბციული მეთოდით ნიადაგში ქიმიური ელემენტების საერთო შემცველობის განსაზღვრისათვის საანალიზო ნიმუშების მოსამზადებლად სხვადასხვა წესს იყენებენ. მათგან ძირითადია გამოწრთობის (გამოწვის, შეღებვის) და ქიმიური დაშლის მეთოდები.

## **ნიადაგის დაშლა (დაშუშავება) ბორაქსისა და სოდის ნარევით**

**ანალიზის მსვლელობა.** ანალიზურ სასწორზე აწონილ 1–3 გრამ ჰაერმშრალ, პუდრისებრ მდგომარეობამდე გასრესილ ნიადაგს ათავსებენ წინასწარ მუდმივ წონამდე მიყვანილ პლატინის ან ფაიფურის ტიგელში.

ტიგელს ნიადაგით ათავსებენ ცივ ელექტროლუმელში. ლუმელს აცხელებენ 600<sup>0</sup> ტემპერატურამდე და ასეთ პირობებში გამოწვავენ ნიადაგს 1 საათის განმავლობაში (დროს ინიშნავენ სასურველი ტემპერატურის შექმნის მომენტიდან). ორგანული ნივთიერების მთლიანად დანვის შემდეგ, ტიგელს იღებენ ლუმელიდან და გასაცივებლად დგამენ ექსიკატორში. გაცივების შემდეგ წონიან. გამოწვას იმეორებენ მუდმივ წონამდე მიყვანამდე. განმეორებით გამოწვას აწარმოებენ 10-20 წუთი. ამ შემთხვევაში შეიძლება ტიგელის დადგმა ცხელ ელექტროლუმელში (კარბონატულ ნიადაგებს აწრთობენ 900<sup>0</sup> ტემპერატურაზე).

გაცივების შემდეგ ტიგელში ნიადაგის ყოველ 1 გრამზე ამატებენ 6,0 გრამ ნარევის (ბორაქსი და სოდა შეფარდებით 1 : 2), კარგად შეურევენ მინის წკირით და გამოწვავენ ელექტროლუმელში 950-1000<sup>0</sup>-ზე 1 საათის განმავლობაში. ცხელ ტიგელს გამოიტანენ და წრიული მოძრაობით შენალლობს ანაწილებენ ტიგელის კედლებზე. გაცივებულ ტიგელს ათავსებენ 300-400 მლ მოცულობის კვარცის ჭიქაში, რომელშიც ამატებენ 50-150 მლ მდულარე წყალს და აცხელებენ ქურაზე შენალლობის სრულ გახსნამდე. ენერგიული შერევის პირობებში შენალლობს ამატებენ 30-90 მლ 1:3-თან განზავებულ მარილმჟავას და განაგრძობენ შერევას ჰიდროჟანგეულების სრულ გახსნამდე. ნიადაგის წონაკისაგან დამოკიდებულებით ხსნარი გადააქვთ 100, 200 ან 250 მლ მოცულობის კოლებში და ორმაგი გამოხდილი წყლით მიჰყავთ ნიშანხაზამდე. აღნიშნული წესი საშუალებას იძლევა მთლიანად დაიშალოს ნიადაგი და მიღებულ იქნეს ყველა ელემენტის განსაზღვრისათვის მდგრადი ხსნარი, მათ შორის სილიციუმისაც.

## **ნიადაგის მკაპური დაშლა (დამუშავება)**

ნიადაგში მაკრო- და მიკროელემენტების საერთო შემცველობის ატომურ-აბსორბციული ანალიზისთვის შემოთავაზებულია მათი მჟავური დაშლის სხვადასხვა მეთოდები.



**ანალიზის მსვლელობა.** პლატინის ჯამში მოთავსებულ 1–2 გრამ ნიადაგს 2 საათის განმავლობაში გამოწვავენენ 450-500° ტემპერატურაზე; დანაკარგს საზღვრავენ გამოწვის შემდეგ. ამის შემდეგ, ნიადაგს ასველებენ წყლით, ამატებენ კონცენტრირებული აზოტისა და გოგირდის მჟავათა ნარევის 5 მლ-ს და აორთქლებენ ამოშრობამდე. ნალექის გახსნისათვის ამატებენ 10 მლ განზავებულ აზოტის მჟავას და ჯამს აცხელებენ ქურაზე. ჯამში მოთავსებულ ხსნარს ფილტრავენ 100 მლ მოცულობის საზომ კოლბში, კარგად ჩარეცხავენ ფილტრს 0,5 ნორმალობის აზოტის მჟავით და ამავე მჟავით მიჰყავთ ნიშანხაზამდე.

**კარბონატული ნიადაგების** დაშლისათვის ნონაკს წინასწარ ამუშავებენ 10 მლ 10 %-იანი აზოტის მჟავით და აცხელებენ კარბონატების დაშლამდე. ნალექის ზემოთ არსებული გამჭვირვალე ხსნარი გადააქვთ 100 მლ-იან კოლბში; ნიადაგის შემდგომ დაშლას ატარებენ ისევე, როგორც ეს აღწერილია ზემოთ (ნიადაგის გამოწვით დაწყებული). დაშლის დამთავრების შემდეგ ფილტრაციას ატარებენ იგივე კოლბში, რომელშიც მოთავსებულია ნალექის ზემოთ არსებული გამჭვირვალე ხსნარი.

## **ნიადაგის დაშლა ფტორწყალბადის მჟავით**

**ანალიზის მსვლელობა.** აგატის როდინში პუდრის მაგვარ მდგომარეობამდე გასრესილ 1 გრამ ნიადაგს ათავსებენ პლატინის ტიგელში და 1 საათის განმავლობაში აწრთობენ (გამოწვავენ) 650° ტემპერატურაზე. გაცივების შემდეგ ამატებენ 10 მლ კონცენტრირებულ HF და 1 მლ კონცენტრირებულ HNO<sub>3</sub> ან HClO<sub>4</sub> და აორთქლებენ ქურაზე თითქმის ამოშრობამდე. გაცივების შემდეგ ტიგელში ამატებენ 5 მლ H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> ნაჯერ ხსნარს და 1 მლ HNO<sub>3</sub> ან HClO<sub>4</sub> და აორთქლებენ ამოშრობამდე. შემდეგ, ტიგელის ნახევრამდე ასხამენ ორმაგ გამოხდილ წყალს, აცხელებენ თითქმის ადუღებამდე და ამატებენ 10 მლ კონცენტრირებულ HCl და აგრძელებენ გაცხელებას ნალექის გახსნამდე. გაცივების შემდეგ ხსნარს ფილტრავენ 100 მლ-იან საზომ კოლბში, ჩარეცხავენ ფილტრს ორმაგი გამოხდილი წყლით და მიჰყავთ ნიშანხაზამდე.

## ნიადაგის დაბლა ფტორწყალბადის და მარილის მჟავებით

**ანალიზის მსვლელობა.** აგატის როდინში პუდრის მაგვარ მდგომარეობამდე გასრესილ 1 გრამ ნიადაგს ათავსებენ პლატინის ტიგელში და აწრთობენ 1-2 საათს 600° ტემპერატურაზე. გაცივების შემდეგ ნიადაგს ასველებენ წყლით, ამატებენ 4 მლ 6 ნორმალობის HCl-ის ხსნარს, 15 მლ კონცენტრირებულ HF და აორთქლებენ ქურაზე ამოშრობამდე. ამ პროცედურას კიდევ ერთხელ იმეორებენ. ფტორის მოსაცილებლად ტიგელში 2-ჯერ ამატებენ 5-5 მლ-ობით კონცენტრირებულ HCl და აორთქლებენ ამოშრობამდე. ნალექს ამატებენ 10 მლ 6 ნორმალობის HCl, ჯამს ახურავენ საათის მინას და აცხელებენ ქურაზე ნალექის გახსნამდე. ამატებენ 10 მლ ცხელ წყალს და გადაფილტრავენ 50 ან 100 მლ მოცულობის საზომ კოლბში. ფილტრს ჩარეცხავენ HCl-ით შემჟავებული ცხელი წყლით რკინის კვალის მოცილებამდე და ხსნარის მოცულობას მიიყვანენ ნიშანხაზამდე. მიღებულ ხსნარში შეიძლება განისაზღვროს Al, Fe, Ti, Ca, Mg, K, Na, Li, Mn, Cu, Zn და სხვა ელემენტები.

## ნიადაგის გამონაწერის მომზადების მეთოდი

სასოფლო-სამეურნეო კულტურების მიკროელემენტებით უზრუნველყოფის კონტროლისათვის ყველაზე გავრცელებული ხერხია მათი შესათვისებელი ფორმების განსაზღვრა ნიადაგში.

მცენარისათვის შესათვისებელი მიკროელემენტების განსაზღვრისათვის შემოთავაზებულია მრავალი მეთოდი, რომელთა ძირითადი პრინციპი გამხსნელი ხსნარებისა და მცენარის ფესვების იდენტური ზემოქმედებაა ნიადაგზე. **დ.ნ.პრიანიშნიკოვის** განმარტებით ნიადაგის ყველა ანალიზი ითვლება „პირობითად“. მათი გამოყენება შეიძლება მხოლოდ მცენარის ფაქტიურ უზრუნველყოფასთან შედარების შემდეგ.

მიკროელემენტების შესათვისებელ ფორმად მიღებულია ჩაითვალოს მათი ის ნაწილი, რომელიც გამოიდევენება ნიადაგიდან ამათუიმ ექსტრაგენტით. ექსტრაგენტები სხვადასხვა ელემენტისთვის განსხვავებულია. იგი დამოკიდებულია ნიადაგობრივ – კლიმატურ პირობებზე. ცალკეულ შემთხვევაში იყენებენ ექსტრაგენტების ჯგუფს, რომელშიც საზღვრავენ რიგ ბიოლოგიურად მნიშვნელოვან მიკროელემენტებს. სხვა შემთხვევაში, ყოველი განსხვავებული ელემენტისთვის იყენებენ განსხვავებულ ხსნარებს.

კარბონატული და არაკარბონატული ნიადაგებიდან Cu, Zn და Co მოძრავი ფორმების გამოსაძევებლად **კრუპსკისა და ალექსანდროვას (1964)** მიერ შემოთავაზებულია 1 ნორმალობის  $\text{CH}_3\text{COONH}_4$  ბუფერული ხსნარი pH-4,8-ით, ნიადაგი : ხსნარის 1 : 5 შეფარდების პირობებში; ექსტრაქციის დრო როტატორზე 30 წუთი. მოძრავი მანგანუმის გამოძევებას ატარებენ ამავე ბუფერით ნიადაგი: ხსნარი 1:10 შეფარდების პირობებში როტატორზე 1 საათის განმავლობაში ნჯღრევით. მაშასადამე, აღნიშნული მეთოდით ერთნაირ პირობებში ექსტრაგირდება მხოლოდ სამი ელემენტი. მიღებულ გამონაწურში ელემენტების რაოდენობრივი განსაზღვრა წარმოებს ქიმიური მეთოდებით. ატომურ-აბსორბციული მეთოდით („აა-მეთოდი“) პირდაპირი განსაზღვრა შესაძლებელია მხოლოდ Cu და Zn; „აა-მეთოდით“ Co-ის განსაზღვრა შესაძლებელია კონცენტრირების შემდეგ.

**კრუგლოვას (метод Кругловой, 1972)** მეთოდი გამოიყენება კარბონატული ნიადაგებიდან Cu, Zn და Co მოძრავი ფორმების გამოსაძევებლად: – ნიადაგში 25%-მდე  $\text{CaCO}_3$  შემცველობის პირობებში 1 ნორმალობის  $\text{CH}_3\text{COONa}$  ხსნარით; ხოლო, 25%-ზე მეტი  $\text{CaCO}_3$  შემცველობის პირობებში 2 ნორმალობის  $\text{CH}_3\text{COONa}$  ხსნარით; ნიადაგი : ხსნარის შეფარდება 1 : 5; ექსტრაქციის დრო როტატორზე 30 წუთი. აღნიშნული ბუფერული ხსნარები ასევე გამოიყენება მოძრავი Mn-ის ექსტრაქციისთვის – ნიადაგი : ხსნარის 1 : 10-თან შეფარდების პირობებში, ექსტრაქცია როტატორზე 1 საათის განმავლობაში. ამრიგად, ამ მეთოდით, ისე როგორც

კრუპსკის და ალექსანდროვას რაოდენობრივი განსაზღვრა წარმოებს მხოლოდ ქიმიური მეთოდებით, რადგან ნატრიუმის არსებობა აძნელებს აღნიშნული ელემენტების ატომურ-აბსორბციული მეთოდით პირდაპირ განსაზღვრას – ძლიერი ფონის გამო.

B, Cu, Zn და Co ჯგუფობრივი განსაზღვრისათვის **კ.ბოროტინსკიმ და მ.ზიეტეცკამ (К.Боротынский и М.Зиетецка,1970)** შემოგვთავაზეს ძმარმჟავა – ამონიუმ – ლაქტატის ხსნარი pH-ით 3,8 – **ეგნერი – რიმი – დომინგოს მეთოდი (A-L – მეთოდი)**, ნიადაგი : ხსნარი 1:5 შეფარდების პირობებში.

B, Co, Cu და Mn ჯგუფობრივი ექსტრაქციისთვის **ნ.ბარონმა (Н.Барон)** შემოგვთავაზა ძმარმჟავას და ამონიუმის სულფატის 1 ნორმალობის ხსნარი, ძმარმჟავა ამონიუმის დამატებითი შეტანით – ბუფერული ხსნარის pH-ის სტაბილიზირებისათვის 4,0-მდე. ხსნარში საკმაო რაოდენობით არის თავისუფალი ძმარმჟავა, რომელიც ანეიტრალებს ნახშირმჟავა კალციუმის შემცველობით გამონვეულ ტუტთანობას 25%-მდე, რაც საშუალებას იძლევა გამოყენებულ იქნეს იგი კარბონატულ ნიადაგებზე. აღნიშნული ხსნარი არ არის შესწავლილი სხვა მიკროელემენტების ატომურ-აბსორბციული მეთოდით შესაძლო განსაზღვრისათვის, მაშინ როცა Cu, Zn ისაზღვრება ყოველგვარი წინააღმდეგობის გარეშე, ხოლო, Co – კონცენტრირების შემდეგ.

ზემოთ მოტანილი სპეციფიკური გამხსნელების გარდა ცალკეული მიკროელემენტების ან მათი ჯგუფებისათვის პრაქტიკაში ფართოდ გამოიყენება 0,1 ნორმალობის  $H_2SO_4$ -ის ხსნარი რკინის ჟანგის და ქვეჟანგის ფორმების განსაზღვრისათვის, აგრეთვე, **ტამის ხსნარი (раствор Тамма) Fe, Al, Si, Mn** - ის მოძრავი ფორმების განსაზღვრისათვის ნიადაგი : ხსნარის 1 : 100 – 1 : 200 შეფარდების პირობებში, ხოლო, კობალტის შემთხვევაში – 1 : 10 შეფარდების პირობებში.

კორდიან-ენერი ნიადაგების კოპლექსური ელემენტური შემადგენლობის დახასიათებისთვის გ.სალავიოვის (Г.А.Соловьевым) მიერ შემოთავაზებულია ერთდროულად სამი ხსნარის

მომზადება: **1)** 1 ნორმალობის HCl (1 n HNO<sub>3</sub>) ამორფული შენაერთების შემადგენლობაში შემავალი ელემენტების გამოსაძევებლად, რაც ახასიათებს ელემენტების მთელ პოტენციურ მარაგს ნიადაგში. **2)** ამონიუმ – აცეტატური ბუფერი pH - 4,5 გაცვლითი და სუსტ მჟავებში ხსნადი ფორმების გამოძევებისათვის, რაც ახასიათებს ნიადაგში ელემენტების აქტიურ მარაგს. **3)** 1%-იანი **ჰ**DTA ამონიუმ – აცეტატურ ბუფერში (pH - 4,5) საშუალებას იძლევა გაცვლით და სუსტ მჟავებში ხსნად ფორმებთან ერთად დამატებით გამოაძევოს ელემენტები ნიადაგიდან, ძირითადად ორგანული კომპლექსებიდან.

სამი კომპლექსური გამონაწერის საფუძველზე მიღებული მონაცემები საშუალებას იძლევა ვიმსჯელოთ არა მარტო აქტიურ, არამედ, ასევე, ახლო და პერსპექტიულ უზრუნველყოფაზე და ამათუიმ აგროტექნიკური ღონისძიებების გატარების შედეგად აღნიშნულ ფორმებს შორის შეფარდების შეცვლის თავისებურებებზე.

მიკროელემენტების მცენარისათვის მისაწვდომი (შესათვისებელი) ფორმების მარაგების განსაზღვრასთან ერთად, რომლებიც შეუცვლელ როლს ასრულებენ ცხოველებისა და მცენარეების სიცოცხლეში, გარემო არის მდგომარეობის და მიღებული პროდუქციის ხარისხის კონტროლთან დაკავშირებით აუცილებელია pB, Cd, V, Ni, Cr, Hg, As და სხვა ელემენტების განსაზღვრა. აგროქიმიურ პრაქტიკაში, აღნიშნული ელემენტებით დაბინძურების დონის განსაზღვრისათვის ჯერ კიდევ არ არის დამუშავებული არც ოპტიმალური ხსნარები გამონაწერისთვის, არც მათი შემცველობის გრადაციები. აღნიშნულის გამო–1 ნორმალობის HCl (1 ნორმალობის HNO<sub>3</sub>)-ის და ამონიუმ-აცეტატური ბუფერის (ჰDTA-სთან ერთად) - pH 4,5 – საფუძველზე მიღებული მონაცემების გამოყენება შეიძლება გარკვეულწილად საინტერესო იყოს რიგი მიზეზების გამო:

1. დამაბინძურებელი ელემენტების შემცველობაზე კონტროლი შეიძლება ჩატარდეს ბიოელემენტების განსაზღვრის პარალელურად ერთიდაიგივე ხსნარში.

2. შესაძლებელი ხდება ჩატარდეს პოტენციურად მისაწვდომი სრული მარაგის შეფასება 1 ნორმალობის HCl (1 ნორმალობის HNO<sub>3</sub>)-ის ხსნარში მათი შემცველობის მიხედვით, ხოლო, ამონიუმ-აცეტატური ბუფერში (ჰDTA - სთან ერთად) - pH 4,5 – განისაზღვროს კრიტიკული დონეები, რომლის დროსაც შესაძლებელია კულტურების დაბინძურება.

**ანალიზის მსვლელობა.** ნიადაგის 2 ნონაკს (თითოეული ნონაკი 5-დან 10 გრამამდე) დავასხათ ამონიუმ-აცეტატური ბუფერები - pH 4,5 და pH 4,5+ ჰDTA ნიადაგი : ხსნარი 1 : 5 შეფარდებით; ხოლო, ერთს 1 ნორმალობის HCl 1:10-თან შეფარდებით, შევურიოთ 1 წუთი და დავაყოვნოთ ღამით. 18 საათიანი დაყოვნების შემდეგ ენერგიულად შევურიოთ 1 წუთის განმავლობაში და გადავფილტროთ.

მიღებული გამონაწერიდან ატომური აბსორბციის მეთოდით დაუყოვნებლივ განისაზღვროს Fe, Al, Si, Cu, Zn, Mn, As; ფილტრატის 1 : 25 – 1 : 50 განზავების და ლანთანით ბუფერირების შემდეგ განისაზღვროს Ca, Mg, Sr, K, Na;

100-150 მლ ფილტრატის კონცენტრირების შემდეგ საზღვრავენ Co, Mo, Pb, Cr, Cd, Ni შემცველობას; ამრიგად, ბუფერის (pH -ით 4,5) გამოყენება საშუალებას იძლევა გამოვდნოთ ზემოთ აღნიშნული ელემენტების გაცვლითი და სუსტ მჟავებში ხსნადი ფორმები. პარალელური ნონაკებიდან იგივე ბუფერით, მაგრამ 1%-იანი ჰDTA-ს დამატებით ექსტრაქციის ჩატარებისას შესაძლებელია გამოძევდეს კომპლექსურად შებოჭილი ფორმის ელემენტები, რომლებიც წარმოადგენენ პოტენციურად მისაწვდომ რეზერვს, რომელთა გამოანგარიშება შეიძლება სხვაობით. აღნიშნული გამონაწერის ანალიზი ატომურ-აბსორბციული მეთოდით Si, Fe, Mn, Al, Cu, Sn, As-ის განსაზღვრისას შეიძლება ჩატარდეს პირდაპირ ან შესაბამისი განზავების შემდეგ; Pb, Cd, Ni, Cr, Co და Mo-ის კონცენტრირებისათვის გამონაწერის საჭირო

რაოდენობას აორთქლებენ, ანარმოებენ  $\text{EDTA}$ -ს დაშლას რომელიმე ერთი მეთოდით, შემდეგ კი ანარმოებენ ექსტრაქციას ან თანადალექვას.

## გაცვლითი კათიონების შემცველობის განსაზღვრა

ძირითადად აღნიშნული მეთოდი განკუთვნილია გაცვლითი შთანთქმული კათიონების – კალციუმის, მაგნიუმის, კალიუმის, ნატრიუმის, სტრონციუმის და ლითიუმის განსაზღვრისათვის. თუმცა, ატომურ-აბსორბციული ანალიზი რიგი სხვა მეტალების გაცვლითი ფორმების განსაზღვრის შესაძლებლობასაც იძლევა.

აგროქიმიურ პრაქტიკაში ტუტე და ტუტემინა ფორმის ელემენტების გამოსაძეველად იყენებენ ნეიტრალური მარილების –  $\text{KCl}$ ,  $\text{NH}_4\text{Cl}$ ,  $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ -ის 1 ნორმალობის ხსნარების საფუძველზე მომზადებულ გამონაწურებს, როდესაც ექსტრაქცია მიმდინარეობს კალციუმის იონის სრულ გამოძევებამდე. ატომურ-აბსორბციული განსაზღვრისათვის კათიონების გამოძევება  $\text{K}$  და  $\text{Na}$  შემცველი ექსტრაგენტებით ძალზე არასასურველია ალის მნიშვნელოვანი ფონის გამო. უპირატესობა ეძლევა ისეთ ექსტრაგენტებს, როგორცაა  $\text{NH}_4\text{Cl}$  ან ამონიუმის აცეტატი. მნიშვნელოვან ინტერესს იწვევს 0,1 ნორმალობის  $\text{HCl}$ -ის ხსნარის გამოყენება გაცვლითი ფუძეების ჯამის განსაზღვრისათვის კაპენ-გილკოვიცის მიხედვით, რაც მთლიანობაში შესაძლებლობას იძლევა ვიმსჯელოთ არა მარტო გაცვლითი ფუძეების შემცველობის სიდიდეზე, არამედ, ასევე მათ შემადგენლობაზეც. იმის გამო, რომ ძმარმუჟავას იონი დადებით გავლენას ახდენს უმეტესობა ელემენტების ატომური აბსორბციით განსაზღვრაზე, ქვემოთ განვიხილავთ გაცვლითი კათიონების ექსტრაქციის და ექსტრაქტში კათიონების განსაზღვრის ერთ-ერთ წესს – 1 ნორმალობის  $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ -ის გამოყენებით.

**ანალიზის მსვლელობა.** 5-10 გრამ ნიადაგს ათავსებენ ერლენმეიერის კოლბში და ამატებენ 250 მლ 1 ნორმალობის  $\text{CH}_3\text{COONH}_4$  (57,5 მლ ყინულოვანი  $\text{CH}_3\text{COOH}$ , მარკა – განსაკუთრებით სუფთა + 66,7 მლ კონცენტრირებული  $\text{NH}_4\text{OH}$  - მარკა –

განსაკუთრებით სუფთა) pH-ით – 7,0, შეანჯღრევენ და ტოვებენ ღამით (14-16 საათი). შემდეგ, შენჯღრევის გარეშე, გადააქვთ ფილტრზე გამჭვირვალე ხსნარი, დარჩენილ ნალექს ამატებენ 50-75 მლ ექსტრაგენტს, ენერგიულად შეანჯღრევენ ხელით და 15-20 წუთის შემდეგ გადაიტანენ ფილტრზე. ნალექს ჩარეცხავენ ექსტრაგენტით Ca-ზე უარყოფით სინჯამდე. აფიქსირებენ ან მიჰყავთ მოცულობები ერთ დონემდე – 500–750 მლ-მდე. მიღებული ექსტრაქტიდან იღებენ რამდენიმე ნიმუშს – Ca, Mg, K, Na-ისთვის; Ca, Mg Sr განსაზღვრისათვის ხსნარი უნდა შეიცავდეს არა ნაკლებ 1000 მკგ/მლ ლანთანს, ხოლო, K, Na და Li განსაზღვრას ალოვანი ემისიის მეთოდით ატარებენ ყოველგვარი დანამატის გარეშე.

მიღებულ ექსტრაქტში შეიძლება განსაზღვრული იქნეს მეტალების სხვა მრავალი გაცვლითი ფორმებიც (Al, Fe, Mn, Sn, Cu და ა.შ.). ყველა საინტერესო ელემენტის განსაზღვრისთვის სტანდარტული ხსნარები მომზადებული უნდა იქნეს გამოყენებული ექსტრაგენტის საფუძველზე და შეიცავდეს ანალიზის მსვლელობისას გამოყენებულ ყველა დანამატს.

### **რეაქტივები:**

1. ფტორწყალბადის მჟავა (HF - განსაკუთრებით სუფთა, შემდეგში „გ.ს.“): შეიძლება ძლიერ იყოს დაბინძურებული Zn, Cu და Pb-ით, ამიტომ, უფრო დაბალი მარკის გამოყენებას უნდა მოვერიდოთ.

2. მარილმჟავა (HCl) „გ.ს.“;

3. აზოტის მჟავა (HNO<sub>3</sub>) „გ.ს.“;

4. ამონიუმთან-აცეტატური ბუფერი (pH 4,8) – ამზადებენ 98%-იანი ძმარმჟავასა და 25%-იანი ამიაკისაგან. 108 მლ ძმარმჟავას განაზავებენ 500-600 მლ-მდე ორმაგი გამობდილი წყლით, ამატებენ 75 მლ ამიაკს, მიჰყავთ ნიშანხაზამდე და შეურევენ. მინის ელექტროდით ამონებენ pH-ს და აუცილებლობის შემთხვევაში აკეთებენ კორექტირებას.



ამონიუმთან-აცეტატურ ბუფერს pH-ით 4,5 ამზადებენ ისევე, მაგრამ მჟავისა და ამიაკის პროპორცია შეადგენს: 108 მლ 98%-იანი ძმარმჟავა და 55 მლ 25%-იანი ამიაკი 1 ლიტრზე; ამონიუმ-აცეტატური ბუფერი (pH 4,5)  $\text{EDTA}$ -სთან;  $\text{EDTA}$ -ს 1%-იანი ხსნარი ბუფერში.

**5.** ძმარმჟავა ნატრიუმის ბუფერული ხსნარი (pH 3,5) 1 ნორმალობის ბუფერული ხსნარის მომზადებისთვის ამზადებენ საწყის ხსნარებს:

ა) ძმარმჟავას 1 ნორმალობის ხსნარი: 60 მლ ყინულოვან ძმარმჟავას აზავებენ ორმაგი გამოხდილი წყლით 1 ლიტრამდე.

ბ) ძმარმჟავა ნატრიუმის 1 ნორმალობის ხსნარი: 82g  $\text{CH}_3\text{COONa}$  ან 136 g  $\text{CH}_3\text{COONa} \cdot 3 \text{H}_2\text{O}$  ხსნიან 200-250 მლ წყალში და გადააქვთ 1 ლიტრიან გამყოფ ძაბრში. ფენოლფტალეინის მიხედვით ანეიტრალებენ ამიაკით ვარდისფრამდე, შემდეგ ამატებენ 10 მლ დიტიზონის 0,05%-იან ხსნარს  $\text{CCl}_4$ -ში, ანჯღრევენ და ფენების (შრეების) გაყოფის შემდეგ ორგანულ ფაზას გადაღვრიან და ოპერაციას იმეორებენ მანამ, ვიდრე დიტიზონის ხსნარი არ შეწყვეტს ფერის შეცვლას. შემდეგ ხსნარს რეცხავენ რამდენჯერმე სუფთა  $\text{CCl}_4$ -ის ულუფებით – 10-15 მლ-ებით მიღებული ხსნარის მოცულობა მიჰყავთ 1 ლიტრამდე.

1 ნორმალობის ბუფერული ხსნარის მისაღებად იღებენ 925 მლ 1 ნორმალობის ძმარმჟავას ხსნარს. და 75 მლ ძმარმჟავა ნატრიუმის ხსნარს. ხსნარის pH უნდა იყოს 3,5; 2 ნორმალობის ბუფერულ ხსნარს ამზადებენ ანალოგიურად, მაგრამ საწყისი ხსნარები მომზადებული უნდა იყვნენ 2-ჯერ მეტი კონცენტრაციის.

**6.** ლაქტატ-აცეტატ-ამონიუმის ხსნარი: 3 ლ მოცულობის კოლბში ათავსებენ 1 კგ რძის მჟავას, ამატებენ 2 ლ ორმაგ გამოხდილ წყალს და მონიშნავენ მიღებულ მოცულობას, კოლბს ათავსებენ თერმოსტატში 95<sup>0</sup>-ზე 48 საათის განმავლობაში (ჰიდრატაციის პროცესი). გაცივებულ ხსნარს ამატებენ წყალს საწყის მოცულობამდე. იღებენ ალიქვოტურ ნაწილს და ტიტრავენ 0.1 ნორმალობის  $\text{NaOH}$ -ით ფენოლფტალეინის გამოყენებით

და საზღვრავენ რძის მჟავას ნორმალობას, რომელიც უნდა იყოს 3-ის ტოლი.

5 ლ სამარაგო ლაქტატ-აცეტატ-ამონიუმიანი ხსნარის დასამზადებლად საჭიროა 5 ექვივალენტი რძის მჟავა. თუკი რძის მჟავას ხსნარი იქნება 3 ნორმალობის, მაშინ 5 ექვივალენტი მჟავა შემავალი იქნება  $5000 : 3 = 1667$  მლ მომზადებულ რძის მჟავაში. 1667 მლ რძის მჟავას ამატებენ 892,5 მლ 96%-იან ძმარმჟავას და 385 გრამ ძმარმჟავა ამონიუმს და აზავებენ ორმაგი გამობდილი წყლით 5 ლიტრამდე. ხსნარს ინახავენ მაცივარში 5<sup>0</sup> ტემპერატურაზე. ლაქტატ-აცეტატ-ამონიუმის სამუშაო ხსნარს ამზადებენ ანალიზის დღეს, სამარაგო ხსნარის 10-ჯერ განზავებით (pH 3,8).

7. ოქსალატური ხსნარი pH - 3,5-ით გრიგის მიხედვით (ტამის ხსნარი). მჟაუნმჟავა ამონიუმის 25 გრამს და 136 გრამ მჟაუნმჟავას ხსნიან გაცხელებით და ორმაგი გამობდილი წყლით მიჰყავთ 1 ლ მოცულობამდე. მიღებულ ხსნარს იყენებენ მოძრავი მოლიბდენის გამოსაძევებლად, ნიადაგი:ხსნარის 1:10 შეფარდების პირობებში; არაორგანული გელების მოძრავი ფორმების – რკინისა და ალუმინის ჰიდროჟანგების და ასევე,  $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$  და  $\text{MnO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$  გელების გამოსაძევებლად.

8. ბარონის ხსნარი ექსტრაქციისთვის (раствор по Барону) pH-4,0-ით; 20 გრამ ძმარმჟავა ამონიუმს და 66 გრამ გოგირდმჟავა ამონიუმს ხსნიან 300-400 მლ ორმაგ გამობდილ წყალში, ამატებენ 62,5 გრამ ყინულოვან ძმარმჟავას და ორმაგი გამობდილი წყლით მიჰყავთ 1 ლიტრამდე. ხსნარი 1 ნორმალობისაა ძმარმჟავას და ამონიუმის სულფატის მიხედვით. ძმარმჟავა ამონიუმის შეტანა pH-ს ამაღლებს 4-მდე.

## ბორის განსაზღვრა

ბორის განსაზღვრისათვის შემოთავაზებულია რიგი მეთოდები, რომლებიც შეიძლება დაიყოს სამ ჯგუფად: მოცულობითი, კოლორიმეტრული და სპექტროსკოპული. ყველაზე ფართო გამოყენება აქვს ბორის განსაზღვრის ფოტომეტრულ მეთოდებს.

ბორის მცირე შემცველობის ბიოლოგიურ ობიექტებში მისი განსაზღვრისას გასათვალისწინებელია, რომ აღნიშნული ელემენტის შენაერთები აქროლადია და საანალიზოდ ნიმუშის მომზადებისას შესაძლებელია დანაკარგი. მყავე ხსნარებით მუშაობა შეიძლება მხოლოდ დაბალ ტემპერატურაზე. დუღილი და აორთქლება დასაშვებია მხოლოდ ტუტე ხსნარებით მუშაობისას. გასათვალისწინებელია ისიც, რომ ბორის განსაზღვრისას დიდია ნიმუშის ან საანალიზო ხსნარის ლაბორატორიული დაბინძურების საშიშროება. ბორს შეიცავს შესაფუთი ქაღალდი, ქიმიური ჭურჭლის მინა, სხვადასხვა რეაქტივები, რაც აუცილებელს ხდის ანალიზის მსვლელობის მთელ პროცესში ჩატარდეს კონტროლი შესაძლო დაბინძურებაზე. ყოველივე აღნიშნულის გათვალისწინებით, ბორის განსაზღვრისას საჭიროა გამოყენებული იქნეს პლატინის, კვარცის ან პლასტმასის ჭურჭელი, უბორო მინა №29. მოვერიდოთ ნიმუშის შენახვას ქაღალდის პაკეტში ან ყუთებში.

### **ბორის განსაზღვრა მცენარეში და წყალში კარმინით**

მყავე ხსნარების გაცხელებისას შესაძლებელია ბორის აქროლება, ამიტომ წყლის აორთქლებას ატარებენ 1-2 მლ 10%-იანი NaOH-ით მათი გატუტიანების შემდეგ. ბორის განსაზღვრას მცენარეში ატარებენ ნედლ ან ჩრდილში ჰაერმშრალ მდგომარეობამდე გამომშრალ მასალაში.

პლატინის ან კვარცის ტიგელში წონიან 20-30 გრამ დაქუცმაცებულ ნედლ ან 5-10 გრამ ჰაერმშრალ მცენარეულ მასალას. პარალელურად იღებენ წონაკს ტენის პროცენტული განსაზღვრისათვის, ბორის შემცველობის აბსოლუტურად მშრალ ნივთიერებაზე გადაანგარიშებისათვის. წონაკს ტიგელში ასველებენ 5 მლ 5%-იანი ახლადმომზადებული NaOH-ით, კარგად შერევის შემდეგ დგამენ ცივ მუფელში და თანდათანობით ამალავენ ტემპერატურას 450<sup>0</sup>-მდე, რომლის დროსაც ხორციელდება სრული დანაცვრა. გაცივებულ ნაცარს ამატებენ 1 მლ 10%-იან ჰიპოფოსფიტს და 19 მლ 0,5 ნორმალუბის H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> და

ხსნიან ენერგიულად შერევით. თუკი ნაცარი შეიცავს დიდი რაოდენობით სილიციუმს და მთლიანად არ იხსნება, მაშინ აუცილებელია მისი გაფილტვრა.

**ანალიზის მსვლელობა.** კვარცის ან უბორო მინის სინჯარებში ათავსებენ 1 ან 2 მლ ხსნარს, რომელიც მიღებულია მცენარის ნაცრის ან აორთქლებული წყლის მშრალი ნაშთის გახსნის შემდეგ და ამატებენ 9 ან 18 მლ კარმინის 0,005%-იან ხსნარს. ხსნარს შეურევენ და დგამენ ბნელ ადგილას 1 საათის განმავლობაში. პარალელურად, ამგვარადვე ამზადებენ ხსნარებს დაყალიბებული მრუდის (გრაფიკის) ასაგებად 0,5-დან 10 მკგ-მდე ბორის შემცველობით.

ხსნარების შეფერადების ინტენსივობას ზომავენ სპექტროკოლორიმეტრზე („Спектол“) 620 მმკ ტალღის სიგრძეზე ან ФЭК-Н-57-ზე 2 სმ-იან კიუვეტში №7 შუქფილტრის გამოყენებით.

აღნიშნული მეთოდით შეიძლება განისაზღვროს წყალხსნადი ბორის შემცველობა ნიადაგში, ხსნარის შესაბამისი დამუშავების შემდეგ, როგორც ეს არის აღწერილი ხინალიზარინით ბორის განსაზღვრის მეთოდიკაში.

### **ბორის განსაზღვრა ნიადაგის წყლით გამონაწურში ხინალიზარინით**

ხინალიზარინი, ან 1, 2, 5, 8 - ტეტრაოქსიანტრახინონი ბორის მუავასთან წარმოქმნის ლურჯ კომპლექსს.

შეფერადებული კომპლექსის წარმოქმნა მიმდინარეობს მხოლოდ  $H_2SO_4$ -ის ხსნარში მისი არანაკლები 84% კონცენტრაციის პირობებში (წონის მიხედვით).

მოდრავ ბორს ნიადაგიდან აძევენ წყლით – სუსპენზიის დუღილისას. ნიადაგის კოლოიდების კოაგულაციისათვის წყალში ამატებენ  $MnSO_4$  ან  $CuSO_4$ . წყალბადის ზეჟანგით ორგანული ნივთიერების დაჟანგვისას სპილენძის იონი იმავდროულად მოქმედებს როგორც კატალიზატორი ბორის განსაზღვრას ხელს

უშლის დიდი რაოდენობით Fe(III)-ის, სხვადასხვა ძლიერი დამჟანგველების –  $H_2O_2$ ,  $NO_3$  – და სხვა შეფერადებული ორგანული ნივთიერებების არსებობა.

### **ანალიზის მსვლელობა.**

1. 10 გრამ ნიადაგს ან 5 გრამ ტორფს ათავსებენ 100 მლ მოცულობის კონუსურ კოლბში – კვარცის ან უბორო მინისგან. წონაკს ამატებენ 50 მლ  $MgSO_4$ -ის 0.1%-იან ხსნარს, კოლბის ყელს ახურავენ ძაბრს და ფრთხილად, ნელა ადუღებენ 5 წუთს. დუღილის შემდეგ კოლბის შიგთავსს ანჯღრევენ 5 წუთს და ფილტრავენ უნაცრო ფილტრით.

2. 10-20 მლ ფილტრატი გადააქვთ ისეთივე უბორო მინისაგან დამზადებულ 50 მლ მოცულობის კოლბში; ორგანული შენაერთების დასაშლელად ამატებენ 3 მლ 30%-იან  $H_2O_2$ , ხსნარს აცხელებენ წყლის აბაზანაზე 1-2 წუთის განმავლობაში სითხის გაუფერულებამდე. ბორის აქროლების თავიდან ასაცილებლად ამატებენ 2 წვეთ 2 ნორმალის  $NaOH$  და აორთქლებენ ამომშობამდე; Fe(III)-ის და დამჟანგველების- ( $NO_3$ ) გავლენის ასაცილებლად მშრალ ნაშთს ამატებენ 1 მლ კალციუმის ჰიპოფოსფიტის 10 %-იან ხსნარს და 9 მლ ხინალიზარინის ხსნარს, კარგად შეურევენ ხსნარს და აყოვნებენ 2 საათით, რის შემდეგ ატარებენ სპექტროკოლორიმეტრზე („Спекол“) 620 მმკ ტალღის სიგრძეზე ან ФЭК-Н-57-ზე 2 სმ-იან კიუვეტში №7 შუქფილტრის გამოყენებით.

შესადარებელ ხსნარებს ამზადებენ 1 მლ გამოხდილი წყლისა და 9 მლ ხინალიზარინის ხსნარისაგან. დაყალიბებულ მრუდს (გრაფიკს) აგებენ ანალოგიურად 0,5-დან 10 მკგ-მდე ბორის შემცველობით. აღნიშნული მეთოდით შეიძლება ბორის განსაზღვრა მცენარეშიც – შესაბამისი მომზადების შემდეგ, რომელიც აღწერილია ზემოთ – მეთოდში კარმინის გამოყენებით.

## წყალხსნადი ბორის განსაზღვრა აზომეტრინ H-ის გამოყენებით

აზომეტრინ H-ის და ბორის შეფერადებული კომპლექსის წარმოქმნა ხდება წყლის არეში, რაც ხელსაყრელად გამოარჩევს ამ მეთოდს კარმინის და ხინალიზარინის მეთოდებისაგან. განსაზღვრას ხელს უშლის შეფერადებული ორგანული ნივთიერებები. Cu, Fe<sup>3+</sup> და Al-ის გავლენის აცილება შეიძლება მათი შებოჭვით ტრილონ B-სთან კომპლექსში, ხოლო, ფერადი ორგანული ნივთიერებები იჟანგება პერმანგანატით.

**ანალიზის მსვლელობა.** 5 მლ გამონაწურს ამატებენ 0,5 მლ დამუხანგველ რეაქტივს და შერევის შემდეგ სინჯარას 10 წუთით დგამენ წყლის აბაზანაში, რომელიც გაცხელებულია 90-100<sup>0</sup>-მდე. გაცივების შემდეგ სინჯარაში ამატებენ 0,5 მლ 10%-იან ასკობრინის მჟავას. მანგანუმის ორჟანგის ნალექის გახსნის შემდეგ გამჭვირვალე ხსნარს ამატებენ 4 მლ შემფერადებელ რეაქტივს, შეურევენ და ტოვებენ 2 საათით. სანიმუშო ხსნარების ოპტიკურ სიმკვრივეს ზომავენ 620 მმკ ტალღის სიგრძეზე ნულოვან ხსნართან შედარებით. მეთოდი საშუალებას იძლევა განისაზღვროს 0,1-დან 6 მკგ-მდე B/მლ;

ბორის შემცველობას ანგარიშობენ ფორმულით:

$$X = (a \times V_0 \times 1000) : (H \times V_1 \times 1000) = (a \times V_0) : (H \times V_1)$$

სადაც X – არის ბორის შემცველობა, მგ/კგ;

a - ბორის შემცველობა გრაფიკის მიხედვით, მკგ;

V<sub>0</sub> – სანყისი ხსნარის მოცულობა, მლ; V<sub>1</sub> – საანალიზოდ აღებული ხსნარის რაოდენობა, მლ; H – წონაკი, გ;

### რეაქტივები:

**1. ხინალიზარინი, სამარაგო ხსნარი:** 0,150 გ რეაქტივს ხსნიან 100 მლ ქიმიურად სუფთა H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>-ში (d 1,84) და ინახავენ ბნელ ადგილას. **სამუშაო ხსნარი:** 10 მლ სამარაგო ხსნარს ანზავებენ 1 ლიტრამდე ქიმიურად სუფთა H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>-ით (d 1,84);

2. კარმინი (0,005 %-იანი): 50 მგ კარმინს ხსნიან 1 ლ ქიმიურად სუფთა  $H_2SO_4$ -ში (d 1,84);

3. ბორის სტანდარტული ხსნარი: 2,8578 გ ქიმიურად სუფთა  $H_3BO_3$  ხსნიან 1 ლიტრ ორმაგ გამოხდილ წყალში. მიღებულ ძირითადი ხსნარი შეიცავს 500 მკგ B/მლ;

**ბორის სამუშაო ხსნარები. ხსნარი A** (ბორის კონცენტრაცია 10 მკგ/მლ): 5 მლ ძირითადი ხსნარი განვაზავოთ ორმაგი გამოხდილი წყლით 250 მლ-მდე.

**ხსნარი B** (ბორის კონცენტრაცია 5 მკგ/მლ) : 50 მლ ხსნარი A განვაზავოთ ორმაგი გამოხდილი წყლით 100 მლ-მდე;

**ხსნარი C** (ბორის კონცენტრაცია 1 მკგ/მლ) : 10 მლ ხსნარი A განვაზავოთ ორმაგი გამოხდილი წყლით 100 მლ-მდე);

ბორის საჭირო კონცენტრაცია 1 მლ-ში ინტერვალით 0,5-დან 10 მკგ-მდე შეიძლება მოვამზადოთ ძირითადი ან ერთ-ერთი ზემოთ მითითებული სამუშაო ხსნარებიდან. თუკი საჭირო კონცენტრაცია მოცემული იქნება 1 მლ-ზე ნაკლებ მოცულობაში, მაშინ 1 მლ-მდე მოცულობა შევსებული უნდა იქნეს წყლით.

4. **ჰიპოფოსფიტის 10 %-იანი ხსნარი**: 10 გრამ ფოსფოროვან-მჟავა კალციუმს (შეიძლება ასევე Na, K,  $NH_4$ ), ამატებენ 5 მლ კონცენტრირებულ HCl-ს და ორმაგი გამოხდილი წყლით მოცულობა მიჰყავთ 100 მლ-მდე.

5. **0,5 ნორმალობის  $H_2SO_4$**  : 14 მლ  $H_2SO_4$  (d 1,84) ანზავებენ ორმაგი გამოხდილი წყლით 1 ლიტრამდე.

6. **აზომეტინ H** (0,9 % -იანი ხსნარი) : 0,9 გ აზომეტინ H და 2 გრამ ასკორბინის მჟავას ხსნიან 20-30 მლ წყალში - 90-100<sup>0</sup>-მდე გაცხელებულ წყლის აბაზანაზე ფრთხილად გაცხელებით. მოცულობა მიჰყავთ 100 მლ-მდე და ინახავენ მაცივარში ორ კვირამდე. შენახვის პერიოდში რეაქტივის ამღვრევისას მას აცხელებენ გამჭვირვალე ხსნარის მიღებამდე.

აზომეტინ H-ს ლებულობენ H – მჟავასა და სალიცილალ-დეჰიდისაგან : 18 გ H – მჟავას ფრთხილი გაცხელებით ხსნიან 1 ლ წყალში და ფილტრავენ 2-3 ლიტრი მოცულობის კონუსურ კოლბში. თბილ ხსნარს კოლბში ანეიტრალებენ უნივერსალური

ინდიკატორული ქალაღდის გამოყენებით pH -7-მდე 10%-იანი KOH-ით (დაახლოებით 30 მლ). ამის შემდეგ, წვეთობით ამატებენ კონცენტრირებულ HCl (დაახლოებით 4 მლ) უწყვეტი შერევით pH- 2 მდე. შემდეგ, ხსნარს ამატებენ 20 მლ სალიცილაღდეჰიდს და ანჟღრევენ 1 საათის განმავლობაში, რის შემდეგ ტოვებენ ლამის განმავლობაში აზომეტინის სრულ გამოყოფამდე. ნალექს ფილტრავენ ბიუხნერის ძაბრზე, ნალექს რეცხავენ 5-ჯერ 15 მლ-ობით ეთილის სპირტით და აშრობენ 100<sup>0</sup>-ზე 3 საათის განმავლობაში. აზომეტინს ინახავენ მიღესილსაცობიან მინის ჭურჭელში. რეაქტივის თვისებები არ იცვლება ხანგრძლივი შენახვისას.

**ბუფერული შემნიღბავი ხსნარი:** 500 გ ძმარმჟავა ამონიუმს და 1 გ ტრიღონ B ხსნიან წყალში და მოცულობა მიჰყავთ 1 ლიტრამდე. მიღებულ ხსნარს ამატებენ განზავებულ (1 : 4) გოგირდის მჟავას pH 5,2-მდე.

**შერეული შემფერადებელი რეაქტივი:** 1:1-თან შეფარდებით ურევენ 0,9 %-იან აზომეტინ H და შემნიღბავი ბუფერის ხსნარს. რეაქტივს ამზადებენ მხოლოდ გამოყენების დღისთვის საკმარისი რაოდენობით.

**ღამჟანგველი რეაქტივი:** 1 : 1-თან შეფარდებით ურევენ სამუშაო დღისთვის საკმარისი მოცულობით 6 ნორმალღობის H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (168 მლ კონცენტრირებული H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 1 ლიტრში) და 0,2 ნორმალღობის KMnO<sub>4</sub> (3,2 გ KMnO<sub>4</sub> 500 მლ-ში).

**ასკორბინის მჟავა:** 10%-იან წყალხსნარს ამზადებენ სამუშაო დღეს ან ინახავენ მაცივარში არა უმეტეს ერთი კვირისა.

## **მოღიღდენის განსაზღვრა ნიაღბაში**

მოღიღდენი შეიღლება განისაზღვროს როგორც ატომურ-აბსორბციული, ისე ფოტომეტრული მეთოღით. მაგრამ, ბიოლოგიურ ობიექტებში აღნიშნული ელემენტის ძალზე დაბალი კონცენტრაციის და ატომურ-აბსორბციული მეთოღის დაბალი მგრძნობეღობის გამო, მისი განსაზღვრა შეიღლება ჩატარდეს



მხოლოდ წინასწარი კონცენტრირებისა და დედაქანის ელემენტებისაგან სინჯის გასუფთავების შემდეგ.

რომელიმე ერთი სელექციური ფოტომეტრული რეაგენტი მოლიბდენის განსაზღვრისათვის არ არსებობს. ყველაზე ხშირად მისი განსაზღვრისათვის იყენებენ დითიოლს (Dithiol) და როდანიდს, რომელთანაც მყავე არეში  $H_2SO_4$  ან  $HClMo(V)$  წარმოქმნიან შეფერადებულ (ფერად) კომპლექსებს. მოლიბდენის განსაზღვრის როდანიდული მეთოდი ეყრდნობა  $Mo(V)$  – უნარს წარმოქმნას შეფერადებული ნარინჯისფერი კომპლექსები როდანიდთან, რომლის შემდეგ წარმოებს მისი ექსტრაქცია ორგანული გამხსნელებით (ბუთანოლით, ამილის სპირტით, ამილაცეტატით, ქლოროფორმით, ციკლოჰექსანით) და ბოლოს ფოტომეტრირება. ყველაზე მეტი გამოყენება აქვს იზოამილის სპირტს, რადგან იგი იძლევა ექსტრაქტის ყველაზე მკაფიო შეფერვას და სუსტად იხსნება წყალში.

### **მოდრავი მოლიბდენის განსაზღვრა ნიადაგში**

10 გრამ ნიადაგს ან 5 გრამ ტორფს ასხამენ 100 მლ ოქსალატურ ბუფერულ ხსნარს და ანჯღრევენ როტატორზე 1 საათის განმავლობაში. ხსნარს ფილტრავენ ფილტრატის პირველი ულუფის უკან დაბრუნებით; ერთდროულად დგამენ საკონტროლო ცდას, რომელიც გაივლის ანალიზის ყველა სტადიას.

### **როდანიდული მეთოდი**

**ანალიზის მსვლელობა.** 50-75 მლ ფილტრატს ათავსებენ კვარცის ჭიქაში და აორთქლებენ ქურაზე ამოშრობამდე. ოქსალატების ნაწილობრივი მოცილებისთვის ჭიქას კიდევ 30 წუთით ტოვებენ ქურაზე. შემდეგ, ცივი ჭიქა გადააქვთ ცივ მუფელში, ტემპერატურა მიყავთ  $500^{\circ}$ -მდე და 4 საათის განმავლობაში აწრთობენ ნაშთს.

ნაშთს ხსნიან გაცხელებით 10 მლ 20%-იან HCl-ში, აცივებენ და ფილტრავენ 100 მლ-იან გამყოფ ძაბრში 45 მლ მოცულობის ნიშნულით. ფილტრს რამდენჯერმე ჩარეცხავენ ორმაგი გამოხდილი წყლით 45 მლ ნიშნულამდე. შემდეგ, გამყოფ ძაბრში ამატებენ 4 მლ კალიუმის როდანიდის 10%-იან ხსნარს, კარგად შეურევენ, ამატებენ 3 მლ  $\text{SnCl}_2$ -ის 20%-იან ხსნარს და კვლავ შეურევენ. მას შემდეგ რაც გაქრება სამვალენტიანი რკინის როდანიდის მურა-ნითელი შეფერილობა ამატებენ 15 მლ იზოამილის სპირტს ან H – ბუტანოლს და ანჯღრევენ 2 წუთის განმავლობაში. ფაზების განშრეების შემდეგ წყლის ფენას გადაღვრიან, დატოვებენ მხოლოდ დაახლოებით 0,5 მლ, ხოლო ორგანულ ექსტრაქტს რეცხავენ 20 მლ ახლადმომზადებული გამრეცხი ნარევით. თუკი ხსნარი მღვრია ამატებენ 1 მლ ეთილის სპირტს და ანჯღრევენ. 20-30 წუთის განმავლობაში ხსნარს აკოლორიმეტრირებენ სპექტროფოტომეტრზე 460 მმკ ტალღის სიგრძეზე, ან  $\Phi\text{AK}$ -ზე ლურჯი შუქფილტრით (ტალღის სიგრძე 450-470 მმკ), კიუვეტში სიგრძით 3 სმ, სუფთა ორგანულ ექსტრაგენტთან შედარებით. მოლიბდენის დაბალი შემცველობის შემთხვევაში ასაორთქლებელი ხსნარის მოცულობა უნდა გადიდეს 100-150 მლ-მდე და ნიადაგის ნონაკი შესაბამისად 20 და 10 გრამამდე.

დაყალიბებული მრუდის (გრაფიკის) აგებისას სინჯში 0,2-დან 5 მკგ-მდე მოლიბდენის შემცველობისას სტანდარტულ ხსნარებს ამატებენ რკინას – ნიადაგიდან ოქსალატური გამოწანურის ალიქვოტურ ნაწილში არსებული რკინის რაოდენობით. ყველა დანარჩენი ოპერაცია სტანდარტულ ხსნარებში საკვლევ ნიმუშებში ჩატარებულის ანალოგიურია. მოლიბდენის შემცველობას საანალიზო ნიმუშში პოულობენ დაყალიბებული გრაფიკის მიხედვით და მათგან აკლებენ საკონტროლო ცდის შედეგებს.

## მოლიბდენის განსზღვრა თუთია – დითიოლის დახმარებით

**ანალიზის მსვლელობა.** ოქსალატური ხსნარის 50–75 მლ ათავსებენ ცეცხლგამძლე ჭიქაში და აორთქლებენ ქურაზე ამოშრობამდე. უფრო სრული გაუწყლოვანებისა და ოქსალატების ნაწილობრივი მოცილებისთვის ჭიქას 30 წუთით კვლავ ტოვებენ ქურაზე. შემდეგ ცივ ჭიქას ათავსებენ ცივ მუფელში, აცხელებენ 500<sup>0</sup>-მდე და აწრთობენ 1 საათის განმავლობაში. ორგანიკის სრული დაშლისათვის გამოწრთობილ ნაშთს ასველებენ 2 მლ ქლორის მჟავით და აორთქლებენ ქურაზე ბოლის სრულ შეწყვეტამდე. ამის შემდეგ ნაშთს აწრთობენ მუფელში 500<sup>0</sup> ტემპერატურაზე 15-20 წუთის განმავლობაში. გამოწრთობილ ნაშთს ქურაზე ვოლფრამთან ურთიერთმოქმედების თავიდან აცილებისათვის, ამატებენ 4 მლ შემნიღბავ ხსნარს და კარგად შეურევენ. შემდეგ, სპილენძის გავლენის ასაცილებლად მისი იოდითან კომპლექსში შებოჭვის გზით, ამატებენ 2 მლ კალიუმის იოდიდის ხსნარს. ჭიქის შიგთავსს ფილტრავენ 100 მლ მოცულობის გამყოფ დაბრში 45 მლ მოცულობის ნიშნულით. ჭიქას რამდენჯერმე გამოავლებენ 14%-იან HCl და ჩარეცხავენ ფილტრს მანამ, სანამ ფილტრატის მოცულობა არ გახდება 45 მლ.

გამყოფ დაბრში თანმიმდევრობით ამატებენ 3 მლ თუთია-დითიოლის ხსნარს და კარგად შეურევენ, შემდეგ 6 მლ ქლოროფორმს, რომელსაც კარგად შეურევენ და აყოვნებენ რამდენიმე წუთით. მას შემდეგ რაც სითხეები განშრევდება, ქვედა ორგანულ, მწვანედ შეფერადებულ შრეს მშრალი ქალაღის ფილტრით ფილტრავენ უშუალოდ სპექტროკოლორიმეტრის კიუვეტში ან მილესილსაცობიან მშრალ სინჯარაში. ექსტრაქტის ფერი არ იცვლება დღის განმავლობაში. ექსტრაქტს აკოლორიმეტრიზებენ ქლოროფორმთან შედარებით სპექტროკოლორიმეტრზე 675-680 მმკ ტალღის სიგრძეზე ან ΦႤK-ზე წითელი შუქფილტრის გამოყენებით.

სანიმუშო ხსნარების სერიის მოსამზადებლად გამყოფ დაბრში 5-5 მლ-ობით ასხამენ რკინა-ამონიუმის შაბის 1%-იან ხსნარს და შეაქვთ მოლიბდენის სტანდარტული ხსნარები 0,2-დან

5 მკგ-მდე შემცველობით, შემდეგ კი იქცევიან ისე, როგორც საკვლევი ნიმუშის მომზადების შემთხვევაში. მოლიბდენის შემცველობას საანალიზო ნიმუშში პოულობენ დაყალიბებულ გრაფიკზე, რომელსაც გამოაკლებენ საკონტროლო ცდის შედეგებს. საკონტროლო ცდას ატარებენ ოქსალატური ხსნარის აორთქლების სტადიიდან სინჯში ჩატარებული ყველა ოპერაციის იდენტურად. მოლიბდენის შემცველობას ანგარიშობენ ფორმულით:

$$X = (a \cdot V_0 \cdot 1000) : (H \cdot V_1 \cdot 1000) = (a \cdot V_0) : (H \cdot V_1),$$

სადაც  $X$  – არის ელემენტის შემცველობა საანალიზო სინჯში, მგ/კგ;

$a$  – ელემენტის შემცველობა ნაპოვნი გრაფიკზე, მკგ;

$V_0$  – საწყისი ხსნარის მოცულობა, მლ;

$V_1$  – განსაზღვრისათვის აღებული ხსნარის მოცულობა, მლ;

$H$  – წონაკი, გ;

#### რეაქტივები:

**1. მარილმუყავა 20 %-იანი ხსნარი:** 492 მლ HCl (d 1,19) განაზავებენ ორმაგ

გამოხდილ წყალში 1 ლიტრამდე;

**14%-იანი ხსნარი:** 330 მლ HCl (d 1,19) განაზავებენ ორმაგ გამოხდილ წყალში 1 ლიტრამდე;

**6,5 %-ნი ხსნარი:** 300 მლ HCl-ის 20%-იან ხსნარს ანზავებენ 1 ლიტრამდე;

**2. კალიუმის როდანიდი (10%-იანი ხსნარი):** 10 გ ქიმიურად სუფთა რეაქტივს ხსნიან ორმაგ გამოხდილ წყალში, მოცულობა მიჰყავთ 100 მლ-მდე და ფილტრავენ.

**3. ორქლორიანი კალა:** (20%-იანი ხსნარი): 20 გრამ ქიმიურად სუფთა რეაქტივს ამატებენ 20 მლ მარილმუყავას 20%-იან ხსნარს, ჭიქას აფარებენ საათის მინას, ადუღებენ გახსნამდე. გაცივებული ხსნარი გადააქვთ 100 მლ მოცულობის საზომ კოლბში და ორმაგი გამოხდილი წყლით მიჰყავთ ნიშანხაზამდე;

**4. ჩამრეცხი ხსნარი:** 2 მლ 10%-იანი SnCl<sub>2</sub> და 8 მლ წყალი;

**5. რკინა-ამონიუმის შაბი (1%-იანი ხსნარი):** 10 გრამი ქიმიურად სუფთა რეაქტივი გაცხელებით გავხსნათ 20%-იან HCl-ში (თუკი განსაზღვრას ატარებენ როდანიდული მეთოდით) ან 14%-იან HCl-ში (თუკი განსაზღვრას ატარებენ დითიოლის მეთოდით). გაცივების შემდეგ მარილმჟავას შესაბამისი ხსნარით მოცულობა მიჰყავთ 1 ლიტრამდე. ხსნარი შეიცავს 1 მგ/მლ რკინას.

**6. კალიუმის იოდდი (50%-იანი ხსნარი):** 250 გრამ ქიმიურად სუფთა რეაქტივს ხსნიან ორმაგ გამოხდილ წყალში და მოცულობა მიჰყავთ 500 მლ-მდე. ხსნარი ინახება მაცივარში არაუმეტეს ერთი კვირისა.

**7. შემნიღბავი ხსნარი.** 75 გრამ ლიმონის მჟავას და 150 გრამ ასკორბინის მჟავას ხსნიან ორმაგ გამოხდილ წყალში და ანზავებენ 1 ლიტრამდე. ხსნარი ინახება მაცივარში არა უმეტეს ერთი კვირისა.

**8. თუთია-დითიოლი (0,3%-იანი ხსნარი):** 300 მლ თუთია-დითიოლს დამატებული 2 მლ ეთილის სპირტი, ამატებენ 4 მლ წყალს და 2 გ NaOH; თუთია-დითიოლის და ტუტის სრული გახსნის შემდეგ ანზავებენ წყლით 50 მლ-მდე. მიღებულ ხსნარში ასხამენ 50 მლ კალიუმის იოდდის 50%-იან ხსნარს. ხსნარი მღვრეია, მაგრამ ეს არ უშლის ხელს განსაზღვრას. ხსნარს ამზადებენ ანალიზის ჩატარების დღეს.

**9. მოლიბდენის სტანდარტული ხსნარი. სათადარიგო ხსნარი:** 0,184 გ გადაკრისტალეზულ მოლიბდენმჟავა ამონიუმს  $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24}\cdot 4\text{H}_2\text{O}$  ხსნიან ორმაგ გამოხდილ წყალში და მოცულობა მიჰყავთ 1 ლიტრამდე. ხსნარი შეიცავს 100 მკგ/მლ მოლიბდენს.

**სამუშაო ხსნარი:** 5 მლ სათადარიგო სტანდარტულ ხსნარს ანზავებენ 500 მლ-მდე 20%-იანი ან 14%-იანი HCl-ით (დამოკიდებულია ანალიზის მეთოდზე). ხსნარი შეიცავს 1 მკგ/მლ მოლიბდენს.

**10. იზომილის სპირტი** (ანალიზისთვის სუფთა) ან H – ბუთანოლი (ა.ს.);

**11. ეთილის სპირტი – 95%-იანი;**

## სპილენძის განსაზღვრა დიეთილდითიოკარბამატით

ბიოლოგიურ ობიექტებში სპილენძის განსაზღვრისათვის საჭიროა მაღალმგრძობიარე მეთოდების გამოყენება, რადგან მისი შემცველობა მცენარეში იშვიათად აღემატება 20 მგ/კგ მშრალ ნივთიერებაზე, ხოლო, ნიადაგში მისი მოძრავი ფორმების შემცველობა არ აღემატება 5 მგ/კგ; სპილენძის მინიმალური შემცველობა აღნიშნულ ობიექტებში ხშირ შემთხვევაში მნიშვნელოვნად დაბალია.

სპილენძის განსაზღვრის საარბიტრაჟო (საკონტროლო) მეთოდად ითვლება – ატომურ-აბსორბციული. ამჟამად გამოყენებული მეთოდები ძირითადად ექსტრაქციულია. ყველაზე ფართოდ გავრცელებულია ექსტრაქციული მეთოდი ტყვიის დიეთილდითიოკარბამატის გამოყენებით.

**ანალიზის მსვლელობა.** კარბონატული და არა კარბონატული ნიადაგებიდან (5-10 გრამი ნიადაგი; 2,5-5 გრამი ტორფი) მოძრავი სპილენძის გამოძვეებისათვის ფართოდ არის გამოყენებული კრუპსკისა და ალექსანდროვას მიერ შემოთავაზებული 1 ნორმალის  $\text{CH}_3\text{COONH}_4$  ბუფერული ხსნარი pH-4,8-ით, ნიადაგი : ხსნარის 1 : 5 შეფარდების პირობებში; ექსტრაქციის დრო როტატორზე 30 წუთი (გამონაწურის მომზადება იხილეთ გვ. 196-199).

სპილენძის განსაზღვრისათვის გამყოფ ძაბრში ათავსებენ 20 მლ ექსტრაქტს, ამატებენ 5 მლ ლიმონმჟავა ამონიუმის 5%-იან ხსნარს და ფენოლფტალეინის მიხედვით ანეიტრალეზს განზავებული ამიაკით ვარდისფერის მიღებამდე. ამის შემდეგ ძაბრში ბიურეტიდან ამატებენ 15 მლ ტყვიის დიეთილდითიოკარბამატის ხსნარს ოთხქლორიან ნახშირბადში და ენერგიულად ანჯღრევენ 2 წუთის განმავლობაში. ფაზების განცალკავების (გაყოფის) შემდეგ ოთხქლორიანი ნახშირბადის ქვედა შრეს, რომელიც შეფერილია ყავისფრად კარბამატთან კომპლექსით, გაფილტრავენ მილესილსაცობიან სინჯარაში ან პირდაპირ ფოტოკოლორიმეტრის კიუვეტში, რომლის გასახედი შრის სისქე 2 სმ-ია.

ოპტიკურ სიმკვრივეს საზღვრავენ 436 მმკ ტალღის სიგრძეზე (ლურჯი შუქფილტრი) სუფთა  $\text{CCl}_4$ -თან შედარებით.

სტანდარტული ხსნარების სერიას ამზადებენ იგივენაირად 1-დან 20 მკგ-მდე  $\text{Cu}$  ფარგლებში; სპილენძის შემცველობას სინჯში საზღვრავენ დაყალიბებულ გრაფიკზე, რომელსაც გამოაკლებენ საკონტროლო ცდის შედეგებს. სპილენძის შემცველობას ანგარიშობენ აღებული წონაკისა და განზავების გათვალისწინებით შემდეგი ფორმულით:

$$X = (a \cdot V_0 \cdot 1000) : (H \cdot V_1 \cdot 1000) = (a \cdot V_0) : (H \cdot V_1),$$

სადაც  $X$  – არის სპილენძის შემცველობა საანალიზო სინჯში, მგ/კგ;

$a$  – სპილენძის შემცველობა ნაპოვნი გრაფიკზე, მკგ;

$V_0$  – საწყისი ხსნარის მოცულობა, მლ;

$V_1$  – განსაზღვრისათვის აღებული ხსნარის მოცულობა, მლ;

$H$  – ნიადაგის წონაკი, გ;

### რეაქტივები:

**1. ტყვიის დიეთილდითიოკარბამატის ხსნარი  $\text{CCl}_4$ -ში:** 664 მგ დიეთილდითიოკარბამატს ათავსებენ 2 ლიტრიან გამყოფ ძაბრში და ასხამენ 1 ლიტრ  $\text{CCl}_4$  ამატებენ 486 მგ ტყვიის ნიტრატს, რომელიც გახსნილია 100 მლ ორმაგ გამოხდილ წყალში და ანჯღრევენ 5 წუთის განმავლობაში. ფაზების დაყოფის შემდეგ  $\text{CCl}_4$ -ის ქვედა ფენას, მასში გახსნილი ტყვიის დიეთილდითიოკარბამატი ფილტრავენ მუქი ფერის მინის ჭურჭელში. ხსნარს ინახავენ მაცივარში.

**2. 5 %-იანი ლიმონმჟავა ამონიუმი:** 50 გრამ ქიმიურად სუფთა მარილს ხსნიან 1 ლიტრ ორმაგ გამოხდილ წყალში. ატარებენ რეაქტივის შემოწმებას ტყვიით დაბინძურებაზე: 50 მლ-იან გამყოფ ძაბრში ათავსებენ 20 მლ ხსნარს, ამატებენ 10 მლ ტყვიის დიეთილდითიოკარბამატის ხსნარს და ანჯღრევენ 2 წუთს. თუკი ფენების დაყოფის შემდეგ ქვედა ფენა ყვითლად იქნება შეფერილი, მაშინ აუცილებელია ჩატარდეს ლიმონმჟავა ამონიუმის მთელი ხსნარის გასუფთავება დიტიზონით (დიტიზონის მომზადება აღწერილია თუთიის განსაზღვრის მეთოდის კაპში). ხსნარი გადააქვთ 2 ლიტრიან გამყოფ ძაბრში, ამატებენ

10 მლ დიტიზონს და ანჯღრევენ 2 წუთს. ფენების განცალკავების შემდეგ ქვედა დიტიზონიან ფენას გადაღვრიან და აგრძელებენ გარეცხვას იგივენაირად მანამ, სანამ დიტიზონი არ შეინარჩუნებს თავის პირველსაწყის მწვანე შეფერვას.

**3. განზავებულ ამიაკს** ამზადებენ კონცენტრირებული ამიაკის განზავებით 2-ჯერ.

**4. სპილენძის სტანდარტული ხსნარი (სათადარიგო).** 3,928 გ სპილენძის სულფატს ( $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ), 1 გრამი სპილენძის შემცველობით, ხსნიან 1 ლ ორმაგ გამოხდილ წყალში და ამატებენ 5 მლ კონცენტრირებულ  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ; ხსნარი შეიცავს 1 მგ/მლ სპილენძს. სტანდარტული ხსნარების სერიის მოსამზადებლად აღნიშნულ ხსნარს ანზავებენ 100-ჯერ, ლებულობენ ხსნარს რომელიც შეიცავს 100 მკგ/მლ სპილენძს. სამუშაო სტანდარტულ ხსნარს ამზადებენ გამოყენების დღეს.

## თუთიის განსაზღვრა ნიადაგში

**თუთიის** განსაზღვრა შეიძლება ჩატარდეს რიგი ქიმიური მეთოდებით – გრავიმეტრული, ტიტრიმეტრული და ფოტომეტრულით. მაგრამ, ანალიზის კლასიკური მეთოდები გამოიყენება თუთიის მიკრორაოდენობის განსაზღვრისათვის და არ შეიძლება გამოყენებულ იქნეს ბიოლოგიური ობიექტების ანალიზისთვის მათში ელემენტების უკიდურესად დაბალი კონცენტრაციის გამო. ყველაზე მგრძობიარე ანალიზური მეთოდებიდან – ფოტომეტრულია.

ანალიტიკურ პრაქტიკაში ყველაზე გავრცელებულ და დამუშავებულ მეთოდად ითვლება ექსტრაქციული მეთოდი, რომელიც დაფუძნებულია ნეიტრალურ არეში მენამული-ნითელი ფერის ერთჩანაცვლებული თუთიის დიტიზონატის წარმოქმნაზე და ოთხქლორიანი ნახშირბადით ან ქლოროფორმით მის ექსტრაქციაზე;

დიტიზონით თუთიის განსაზღვრას უშლიან იონები – Ni, Co, Cu, Cd, Pb, Fe და სხვა ელემენტები. განსაზღვრის შემშლელი



კათიონები წინასწარ ინილბება ოქსალატებით, ციანიდით, თიო-სულფატით, ხოლო აღნიშნული კომპლექსების დაშლა შეიძლება ფორმალდეჰიდით. კომპლექსნარმომქმნელები ხელშემშლელ მეტალებთან წარმოქმნიან უფრო მტკიცე შენაერთებს, ვიდრე დიტიზონთან, და ამით ეწინააღმდეგებიან შემშლელი მეტალების დიტიზონატების წარმოქმნას.

დიტიზონით თუთიის განსაზღვრას უშლიან ბიოლოგიური წარმოშობის ორგანული ნივთიერების მინარევები. მათი გავლენის ასაცილებლად მცენარეული მასალის წონაკები უნდა დაინაცროს მთლიანად.

თუთიის განსაზღვრის არბიტრაჟულ მეთოდად, რომელიც დარეგისტრირებულია საერთაშორისო ორგანიზაციების რეკომენდაციებში, მთელი რიგი ქვეყნების სტანდარტებში – ითვლება ატომურ-აბსორბციული მეთოდი.

დიტიზონის მეთოდი დაფუძნებულია ნეიტრალურთან ახლო (pH 5,0-5,5) არეში შეფერადებული თუთიის დიტიზონატის წარმოქმნაზე, რომელიც კარგად ექსტრაგირდება  $CCl_4$ ; შეფერადებული კომპლექსის ფოტომეტრირება ტარდება როგორც ჭარბი დიტიზონის ამიაკით მოცილების შემდეგ, ისე მისი მოცილების გარეშე (შერეული შეფერადების მეთოდი). შეფერადებული კომპლექსის წარმოქმნისათვის ოპტიმალურ არის რეაქციას ლეზულობენ ამიაკით სინჯის ნეიტრალიზაციით და მათში აცეტატურ ბუფერის შეტანით. ხელშემშლელი კათიონების შენიღბვას ატარებენ ჰიპოსულფატით, რომელიც ბოჭავს მათ კომპლექსებში.

### **მოდრავი თუთიის განსაზღვრა ნიადაგში**

ნიადაგიდან (5-10 გრამი ნიადაგი; 2,5-5 გრამი ტორფი) მოძრავი თუთიის გამოსაძევებლად იყენებენ სხვადასხვა ექსტრაგენტებს (დამოკიდებულია ნიადაგის ტიპზე) : ძმარმჟავა ნატრიუმის ბუფერულ ხსნარს (1:5); ამონიუმ-აცეტატურ ბუფერს pH-ით 4,8 (1:5); (გამონაწურის მომზადება იხილეთ გვ. 196–200).

ყველა ამ შემთხვევაში და სხვა მსგავს პირობებში იღებენ 5 – 10 მლ ექსტრაქტს (ფილტრატს) და გადააქვთ გამყოფ ძაბრში.

მყავე ხსნარების ანალიზისას, მაგალითად ამონიუმ-აცეტატური ბუფერი – pH-4,5; 4,8, მათ ანეიტრალებენ ამიაკის 10%-იანი ხსნარით ინდიკატორის – მეთილის წითელის გამოყენებით ყვითელი ფერის მიღებამდე. ანალიზის შემდეგი მსვლელობა ყველა გამონაწურისთვის ერთნაირია.

### **ანალიზის მსვლელობა.**

გამყოფ ძაბრებში ოპტიმალური არის რეაქციის – დაახლოებით pH-5-ის შესაქმნელად ამატებენ 5 მლ აცეტატურ ბუფერულ ხსნარს, კარგად შერევის შემდეგ ხელშემშლელი კათიონების შენიღბვისათვის ამატებენ 1 მლ 25%-იან ნატრიუმის თიოსულფატის ხსნარს და კვლავ შეურევენ. შემდეგ, გამყოფ ძაბრებში ბიურეტიდან ამატებენ 10 მლ ახლადმომზადებულ დიტიზონის ხსნარს  $\text{CCl}_4$ -ში, კეტავენ ძაბრს და ენერგიულად ანჯღრევენ 1 წუთის განმავლობაში. ხსნარების განშრეების შემდეგ შეფერადებული ექსტრაქტი გადააქვთ 25-50 მლ მოცულობის მილესილ საცობიან მშრალ კოლბში. დიტიზონით ექსტრაქციას იმეორებენ მანამ, სანამ დიტიზონი არ შეწყვეტს თავისი ფერის შეცვლას. შეგროვილ ექსტრაქტს გამყოფ ძაბრში ამუშავებენ 20 მლ ამიაკის ხსნარით (1:200) ჭარბი დიტიზონის მოსაცილებლად. მასიური ანალიზების ჩატარებისას წარმადობის ამაღლებისთვის შეიძლება ჭარბი დიტიზონი არ მოაცილონ. ამ შემთხვევაში დიტიზონის ექსტრაქტს აგროვებენ უშუალოდ 25-50 მლ მოცულობის კოლბში, მოცულობა მიყავთ ნიშანხაზამდე  $\text{CCl}_4$ -ით, შეურევენ და მაშინვე აკეთებენ ფოტომეტრირებას (შერეული შეფერადების მეთოდი), წითლად შეფერადებული თუთიის დიტიზონატი გადააქვთ 25-50 მლ მოცულობის მშრალ კოლბში და მიჰყავთ ნიშანხაზამდე  $\text{CCl}_4$ -ით, შეურევენ და ატარებენ ფოტომეტრზე 536-538 მმკ ტალღის სიგრძეზე ან მწვანე შუქფილტრით ნულოვან ხსნართან შედარებით.

თუთიის შემცველობას სინჯში საზღვრავენ დაყალიბებული გრაფიკით, რომელიც აგებულია 0,5-დან 5 მკგ-მდე თუთიის შემცველობით სინჯში და აკლებენ მას საკონტროლო ცდის შედეგებს.

თუთიის შემცველობას ანგარიშობენ ფორმულით:

$$X=(a \cdot V_0 \cdot 1000) : (H \cdot V_1 \cdot 1000) = (a \cdot V_0) : (H \cdot V_1),$$

სადაც  $X$  – არის თუთიის შემცველობა საანალიზო სინჯში, მგ/კგ;

$a$  – თუთიის შემცველობა ნაპოვნი გრაფიკზე, მკგ;

$V_0$  – საწყისი ხსნარის მოცულობა, მლ;

$V_1$  – საანალიზოდ აღებული ხსნარის მოცულობა, მლ;

$H$  – ნიადაგის წონაკი, გ; (10 გრამი ნიადაგი).

### რეაქტივები

1. **ამიაკის 10%-იანი ხსნარი:** 1 : 200 განზავებულ ამიაკის ხსნარს ამზადებენ გასუფთავებული ამიაკისაგან.

**გასუფთავებული ამიაკის** მომზადება: ექსიკატორის ძირზე ასხამენ 25%-იან  $\text{NH}_4\text{OH}$ , ზემოთ ათავსებენ ფაიფურის სადგამს და მასზე დგამენ კვარცის ჯამს ორმაგი გამოხდილი წყლით, მჭიდროდ ახურავენ ექსიკატორს და ტოვებენ რამდენიმე დღით. ამიაკის კონცენტრაციას კვარცის ჯამში საზღვრავენ არეომეტრით.

2. **აცეტატური ბუფერი (pH 5,0) :** 272 გრამ კრისტალურ ძმარმჟავა ნატრიუმს ( $\text{CH}_3\text{COONa} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ ) ხსნიან ორმაგ გამოხდილ წყალში, ამატებენ 58 მლ ყინულოვან ძმარმჟავას და მოცულობა წყლით მიჰყავთ 1 ლიტრამდე, რეაქტივის სისუფთავის დადგენისათვის იღებენ 10 მლ ბუფერს, ამატებენ 1 მლ 0,04%-იან დიტიზონს და ანჯლრევენ. თუკი დიტიზონი იცვლის თავის მკაფიო მწვანე შეფერვას, მაშინ მთელ ხსნარს ამუშავებენ დიტიზონით გამყოფ ძაბრში მანამ, სანამ ფერი არ შეწყვეტს შეცვლას. შემდეგ ხსნარს ჩარეცხავენ  $\text{CCl}_4$ -ით დიტიზონის კვალის გასაქრობად, ვიდრე ექსტრაქტი არ გახდება უფერული.

3. **თიოსულფატი – გოგირდოვანმჟავა ნატრიუმი (25%-იანი ხსნარი) :** 25 გრამ რეაქტივს ხსნიან ორმაგ გამოხდილ წყალში და მოცულობა მიჰყავთ 100 მლ-მდე. სისუფთავეს ამონმებენ ისე, როგორც ეს არის აღწერილი ბუფერის მომზადებისას.

**4. დიტიზონი (0,04%-იანი ხსნარი):** 40 მგ დიტიზონს ათავსებენ 250 მლ მოცულობის გამყოფ ძაბრში, ამატებენ 100 მლ  $CCl_4$  და დიტიზონს ხსნიან 15 წუთის განმავლობაში ენერგიული ნჯღრევით. ამატებენ 100 მლ ამიაკის ხსნარს (0,5 მლ 25%-იანი ამიაკი 100 მლ წყალზე) და ანჯღრევენ 2-3 წუთის განმავლობაში. დიტიზონი გადადის ამიაკის ფენაში, აძლევს მას ნარინჯისფერს. შემდეგ აცილებენ ოთხქლორიანი ნახშირბადის ფენას, ხოლო დიტიზონის ამიაკურ ხსნარს ჩარეცხავენ რამდენჯერმე  $CCl_4$ -ის მცირე ულუფებით – (5–10 მლ), ვიდრე იგი არ დაიწყებს მწვანედ შეფერვას. მიღებულ დიტიზონის ამონიაკურ ხსნარს ამატებენ 2,5 მლ განზავებულ გოგირდის მჟავას (1:5), ანჯღრევენ, ამატებენ 100 მლ  $CCl_4$  და კვლავ ანჯღრევენ, ხსნარის შრეებად (ფენებად) დაყოფის შემდეგ სუფთა გამყოფ ძაბრში ასხამენ დიტიზონის ხსნარს ოთხქლორიან ნახშირბადში და გოგირდის მჟავას მოცილებებისთვის რეცხავენ 3-ჯერ ორმაგი გამობდილი წყლით 50 მლ ულუფებით. დიტიზონის ხსნარს ჩაფილტრავენ მუქი ფერის მინის ქურჭელში მილესილი საცობით. ხსნარს ინახავენ მაცივარში.

ხანგრძლივი შენახვისას დიტიზონი იშლება, ამიტომ, დიდი ხნის წინ მომზადებული რეაქტივით სარგებლობისას აუცილებელია შემოწმება, რისთვისაც: 5 მლ დიტიზონის ხსნარს რამდენჯერმე ანჯღრევენ გამყოფ ძაბრში 25 მლ 0,01 ნორმალობის ამიაკის ხსნართან ერთად (0,7 მლ 25%-იანი ამიაკი 1 ლ ორმაგ გამობდილ წყალზე). გამოსაყენებლად ვარგისი რეაქტივის ორგანული შრე(ფენა) უნდა იყოს უფერული ან სუსტი ყვითელი; თუკი ის შეფერილია მუქ მურა ფერად მაშინ რეაქტივი უვარგისია ანალიზისთვის.

დიტიზონის სამუშაო 0,0012 %-იან ხსნარს ამზადებენ გამოყენების წინ სათადარიგო ხსნარის 15 მლ-ის განზავებით ოთხქლორიანი ნახშირბადის 500 მლ-ში.

**5. თუთიის სტანდარტული ხსნარი:** 0,1 გრამ (100 მგ) მეტალურ თუთიას ხსნიან 1 ლიტრი მოცულობის კოლბში მცირე რაოდენობის ორმაგ გამობდილ წყალში, რომელიც შეიცავს 10

მლ 20%-იან მარილმჟავას და მიჰყავთ მოცულობა ნიშანხაზამდე. ხსნარი შეიცავს 100 მკგ/მლ თუთიას.

სამუშაო ხსნარს ღებულობენ 10 მლ სტანდატული ხსნარის წყლით განზავებით 1 ლიტრამდე; ხსნარი შეიცავს 1 მკგ/მლ თუთიას.

## **კობალტის განსაზღვრა ნიადაგში**

კობალტის განსაზღვრისათვის ყველაზე ხშირად გამოიყენება მეთოდები, რომლებშიც გამოყენებულია ორგანული რეაგენტები – წარმოებული ნიტროზონაფტოლები, პირიდინული აზოშენაერთები. ისინი შეიცავენ დამახასიათებელ ფგუფებს, რომლებიც განსაზღვრულ პირობებში სპეციფიურია კობალტისთვის და გამოირჩევიან მაღალი მგრძნობელობით.

### **კობალტის განსაზღვრა ნიტროზო – R – მარილით**

კობალტის რეაქციას ნიტროზო – R – მარილთან ატარებენ გაცხელებით სუსტ მჟავე არეში აცეტატური ბუფერის თანაარსებობისას. რეაქციის მსვლელობისას  $\text{Co}^{2+}$  იჟანგება  $\text{Co}^{3+}$ -მდე. ნიტროზო – R – მარილი კომპლექსებს წარმოქმნის არა მარტო კობალტთან, არამედ, ასევე Cu, Fe, Ni, Mn და სხვა ელემენტებთან, მაგრამ ეს კომპლექსები ნაკლებად მდგრადია, ვიდრე კობალტთან და ადვილად იშლებიან ძლიერ მჟავე არეში. რკინის გავლენას აცილებენ ნატრიუმის ციტრატის და ფოსფორისა და აზოტის მჟავების ნარევის დამატებით.

**ანალიზის მსვლელობა.** ნიადაგიდან (5-10 გრამი ნიადაგი; 2,5 – 5 გრამი ტორფი) კობალტის მოძრავი ფორმების გამოსაძევებლად იყენებენ სხვადასხვა ექსტრაგენტებს (დამოკიდებულია ნიადაგის ტიპზე) : ძმარმჟავა ნატრიუმის ბუფერულ ხსნარს (1:5) კრუგლოვას მიხედვით; ამონიუმ-აცეტატურ ბუფერს pH-ით 4,8 (1:5) კრუპსკისა და ალექსანდროვას მიხედვით და სხვ. (გამონაწერის მომზადება იხილეთ გვ. 196-200).

მოძრავი კობალტის განსაზღვრისათვის საანალიზოდ იღებენ 50-დან 100 მლ-მდე ექსტრაქტს (ამონიუმ-აცეტატური გამო-  
ნაწერი pH-ით 4,8 კრუბსკისა და ალექსანდროვას მიხედვით) და  
ათავსებენ ცეცხლგამძლე ჭიქაში. ასხამენ 2 მლ კონცენტრი-  
რებულ  $\text{HNO}_3$  და 2 მლ  $\text{H}_2\text{O}$ , აორთქლებენ დახურულ ქურაზე ან  
ქვიშის აბაზანაზე ამოშრობამდე. ატარებენ ნალექის მეორედ  
დამუშავებას 1 მლ კონცენტრირებული  $\text{HNO}_3$  და 1 მლ  $\text{H}_2\text{O}$  და  
კვლავ აორთქლებენ ამოშრობამდე. ნალექს ასხამენ 6 მლ ორმაგ  
გამოხდილ წყალს, შემუავებულს (1:100)  $\text{HCl}$ -ით, ხსნარი მიჰყავთ  
ადულებამდე, ამატებენ 2 მლ შემნილბავ ნარევს და ადულებენ 1  
წუთს. ხსნარის რეაქცია უნდა იყოს 5,6–6,0, ამიტომ აუცი-  
ლებლობის შემთხვევაში მიჰყავთ იგი საჭირომდე ძმარმჟავა  
ნატრიუმის წვეთებით. შემდეგ საანალიზო ხსნარს ამატებენ 2 მლ  
0,05% იან ნიტროზო R მარილის ხსნარს, 5 მლ წყალს და მიჰყავთ  
ადულებამდე. ხსნარებს აცივებენ, ამატებენ 3 მლ  $\text{H}_3\text{PO}_4$  და  $\text{HNO}_3$ -  
ის ნარევს (5 წილი 85%-იანი  $\text{H}_3\text{PO}_4$  და 1 წილი კონცენტრი-  
რებული  $\text{HNO}_3$ ) და მაშინვე შეურევენ. ხსნარები გადააქვთ 20 მლ-  
ზე დაყალიბებულ სინჯარაში, წყლით მოჰყავთ მოცულობა  
ნიშანხაზამდე და შეურევენ; ფოტომეტრირებას ატარებენ  
წყალთან შედარებით 2 სმ-იან კიუვეტში 520-536 მმკ ტალღის  
სიგრძეზე (მწვანე შუქფილტრით).

დაყალიბებული გრაფიკის ასაგებად 10 ცალ 100 მლ  
მოცულობის საზომ კოლბებში ათავსებენ 0,5; 1; 2; 3; 4; 5; 6; 7;  
8; 10 მლ სტანდარტულ ხსნარს, რომელიც შეიცავს 10 მკგ  $\text{Co}$ /მლ;  
შემდეგ, კოლბებში ამატებენ 10 მლ-მდე წყალს, 2 მლ შემნილბავ  
ხსნარს, 2 მლ 0,05%-იან ნიტროზო-R – მარილის ხსნარს და  
აცხელებენ ადულებამდე. აცივებენ ხსნარებს და ამატებენ 3 მლ  
 $\text{H}_3\text{PO}_4$ -ის და  $\text{HNO}_3$ -ის მჟავათა ნარევს და მოცულობა მიჰყავთ  
20 მლ-მდე; მიღებული მონაცემების საფუძველზე აგებენ დაყა-  
ლიბებულ გრაფიკს, რომლის მიხედვით საზღვრავენ მოძრავი  
კობალტის რაოდენობას სინჯში.

## მოძრავი კობალტის განსაზღვრა 2 – (2-პირიდილაზა) -5- დიეთილმეტა-ამინოფენოლით (ПААФ) ЦИНАО-ს მეთოდით

მეთოდის საფუძველია კობალტის შეფერადებული კომპლექსის წარმოქმნა 2-(2-პირიდილაზა) -5- დიეთილმეტაამინოფენოლთან (ПААФ) და მისი ექსტრაქცია ქლოროფორმით.

თანამგზავრი ელემენტების გავლენას, რომლებიც აღნიშნულ რეაგენტთან ასევე წარმოქმნიან შეფერადებულ კომპლექსებს, აცილებენ ხსნარების საშუალებით მათი დაშლით. კომპლექსის წარმოქმნისათვის საჭირო არის რეაქციას (pH-5,0) ქმნიან ლიმონმჟავა და ძმარმჟავა ნატრიუმით.

**ანალიზის მსვლელობა.** კობალტის განსაზღვრისათვის საანალიზო ექსტრაქტებიდან გამყოფ ძაბრში იღებენ შემდეგ ალიქვოტებს: ამონიუმ-აცეტატური ხსნარიდან (კრუპსკისა და ალექსანდროვას მიხედვით) – 50 მლ; ძმარმჟავა ნატრიუმის ხსნარიდან (კრუგლოვას მიხედვით) – 50 მლ; აზოტმჟავას ხსნარიდან (რინკისის მიხედვით) – 10 მლ და ა.შ. (გამონაწურების მომზადება იხილეთ 196-200 გვერდზე).

კრუგლოვას და რინკისის მიხედვით მიღებულ გამონაწურებში იმისათვის, რომ pH-ის მაჩვენებელი იყოს 5-ზე მაღალი, ამატებენ 20 მლ შემნილბავ ნარევეს; ანალიზის შემდგომი მსვლელობა ყველა გამონაწურისთვის (ფილტრატისთვის) ერთნაირია; საანალიზო სინჯს ამატებენ 2 მლ 0,02%-იან ПААФ-ის ხსნარს და შეურევენ. 10 წუთის შემდეგ ამატებენ 20 მლ 10 ნორმალობის  $H_2SO_4$ -ს, შეურევენ და ამატებენ ბიურეტიდან 10 მლ ქლოროფორმს და ენერგიულად ანჯლრევენ 1 წუთის განმავლობაში; შრეების განცალკავების შემდეგ ქლოროფორმიან ქვედა შეფერადებულ ფენას მაშინვე გადაიტანენ კიუვეტში და ახდენენ ფოტომეტრირებას ნულოვან ხსნართან შედარებით, რომელიც შეიცავს ყველა რეაქტივს, გარდა საკვლევი სინჯისა, 550 მმკ ტალღის სიგრძეზე ან მოყვითალო – მწვანე უუქფილტრით კიუვეტში, რომლის გასახედი შრის სისქე 2 სმ-ია.

დაყალიბებული გრაფიკის ასაგებად იყენებენ სამუშაო სტანდარტულ ხსნარს, რომელიც შეიცავს 0,2 მკგ/მლ კობალტს. გამყოფ ძაბრებში იღებენ 0; 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5; 3,5 და 5,0 მლ სამუშაო ხსნარს და ამატებენ იგივე ექსტრაგენტებს, როგორც საანალიზო ხსნარის შემთხვევაში. მათი მოცულობა მიჰყავთ საანალიზო სინჯის მოცულობამდე და ყველა დანარჩენ პროცედურას ატარებენ იგივე თანმიმდევრობით როგორც საკვლევი სინჯის შემთხვევაში.

კობალტის შემცველობას ანგარიშობენ ფორმულით:

$$X = (a \cdot V_0 \cdot 1000) : (H \cdot V_1 \cdot 1000) = (a \cdot V_0) : (H \cdot V_1),$$

სადაც  $X$  – არის კობალტის შემცველობა საანალიზო სინჯში, მგ/კგ;

$a$  – კობალტის შემცველობა ნაპოვნი გრაფიკზე, მკგ;

$V_0$  – საწყისი ხსნარის მოცულობა, მლ;

$V_1$  – საანალიზოდ აღებული ხსნარის მოცულობა, მლ;

$H$  – ნიადაგის წონაკი, გ; (10 გრამი ნიადაგი, 5 გრამი ტორფი).

### რეაქტივები:

**1. შემწილბავი ხსნარი:** თანაბარი მოცულობით შეურევენ სამჩანაცვლებული ლიმონმუჟა ნატრიუმის 20%-იან ხსნარს ძმარმუჟა ნატრიუმის 40%-იან ხსნართან.

**2. მჟავების ნარევი.** 100 მლ 85%-იან  $H_3PO_4$  შეურევენ 20 მლ კონცენტრირებულ  $HNO_3$ -ს.

**3. ნოტროზო – R – მარილი,** 0,05%-იანი ხსნარი: 0,5 გრამ რეაქტივს ხსნიან ორმაგ გამოხდილ წყალში და მიჰყავთ მოცულობა 1 ლიტრამდე.

**4. ΠΑΑΦ, 0,05%-ნი ხსნარი,** 100 მგ რეაქტივს ხსნიან ეთილის სპირტში და იგივეთი მიჰყავთ 200 მლ-მდე;

**5. კობალტის სტანდარტული ხსნარი (სათადარიგო):** 0,4770 გ გოგირდმუჟა კობალტს ( $CoSO_4 \cdot 7 H_2O$ ) ხსნიან ორმაგ გამოხდილ წყალში, შეამუჟებენ 1 მლ კონცენტრირებული  $H_2SO_4$  და მოცულობა მიჰყავთ 1 ლიტრამდე. ხსნარის 1 მლ შეიცავს 100 მკგ/მლ კობალტს.



**6. სამუშაო სტანდარტულ ხსნარს 10 მკგ/მლ კობალტის** შემცველობით ამზადებენ სათადარიგო სტანდარტული ხსნარიდან მისი 10-ჯერ განზავებით. სამუშაო სტანდარტულ ხსნარს 1,0 მკგ/მლ კობალტის შემცველობით ამზადებენ 2,5 მლ სათადარიგო სტანდარტული ხსნარის 250 მლ-მდე განზავებით იგივე ექსტრაგენტით, რომლითაც ვიკვლევთ საანალიზო სინჯებს. იგივე სათადარიგო სტანდარტული ხსნარის 10 მლ-ის განზავებით 50 მლ-მდე (შესაბამისი ექსტრაგენტით) მივიღებთ ხსნარს, რომელიც შეიცავს 0,2 მკგ/მლ კობალტს. სამუშაო სტანდარტულ ხსნარებს ამზადებენ ანალიზის დღეს.

### **ტყვიის განსაზღვრა ნიადაგში**

ტყვია – ტიპიური „ელემენტი – დამაბინძურებელია“. იგი შეიძლება არსებობდეს ხსნად ფორმაში მარტივი ან კომპლექსური იონების სახით. უხსნად ფორმაში გვხვდება მინერალების, სულფიდების, სულფატების, კარბონატების სახით.

ტყვია მდგრად კომპლექსებს წარმოქმნის ლიგანდასთან, რომელიც შეიცავს დონორულ ატომებს – O და S; ხსნარში ტყვიის შეკავებისთვის იყენებენ მჟავებს, მაგალითად ღვინის მჟავას, ხოლო, მისი ექსტრაქციული დაყოფისათვის იყენებენ დიტიზონს და დიტიოკარბამატებს. ტყვიის უნარი – წარმოქმნას დიტიზონთან წითლად შეფერილი და  $CCl_4$ -ში ხსნადი ტყვიის დიტიზონატი, საფუძვლად უდევს მისი განსაზღვრის ყველაზე ეფექტურ მეთოდს – ექსტრაქციულ-ფოტომეტრული საშუალებით.

დიტიზონით ტყვიის განსაზღვრას უშლიან Co, Ag, Cu, Zn, Hg, Ni და მრავალი სხვა ელემენტი, რომლებიც ინილბებიან ციანიდებით და რომლებიც წარმოქმნიან მათთან მყარ კომპლექსებს. ექსტრაქციის წინ წყალხსნარზე ტარტრატის ან ციტრატის დამატება ხელს უშლის ადვილად ჰიდროლიზებადი მეტალების (Al, Fe, Ti და სხვა) გამოლექვას, ამიტომ, ტარტრატების არსებობისას აღნიშნული ელემენტების მცირე შემცველობა არ უშლის ხელს განსაზღვრას, მაშინ როცა მაღალი შემცველობისას აუცილებელია მათი მოცილება.

**ანალიზის მსვლელობა.** 100 მლ მოცულობის გამყოფ ძაბრში ათავსებენ საკვლევი ხსნარის (ექსტრაქტის მიღება აღწერილია 196-200 გვერდზე) გარკვეულ რაოდენობას – 100 მკგ-მდე Pb შემცველობით, საჭიროების შემთხვევაში წყლით მიყავთ 50 მლ-მდე, ამატებენ 5 მლ 20%-იან ტარტრატის ხსნარს, ანეიტრალებენ ამიაკის 10%-იანი ხსნარით pH – დაახლოებით 8,5-მდე, ამატებენ 1 მლ ჰიდროქსილამინის 20%-იან ხსნარს, 5 მლ კალიუმის ციანიდის 10%-იან ხსნარს. ყოველი რეაქტივის დამატების შემდეგ ხსნარს კარგად შეურევენ. ექსტრაგირებას ატარებენ ულუფებით – 10–10 მლ-ობით 0,001%-იანი დიტიზონით ოთხქლორიან ნახშირბადში მანამ, სანამ ბოლო ულუფა არ შეწყვეტს ვარდისფრად შეფერვას; ექსტრაქტები გადააქვთ სხვა გამყოფ ძაბრში; არ უნდა დაუშვან მასში წყალხსნარის მოხვედრა.

გაერთიანებულ ექსტრაქტებს ჩარეცხავენ ორი ულუფა – 10-10 მლ-ობით – 0,5%-იანი კალიუმის ციანიდის ხსნარით. შემდეგ ექსტრაქტს ერთჯერად ჩარეცხავენ 10 მლ წყლით და გადაიტანენ 50 მლ-იან საზომ კოლბში (ან უფრო ნაკლები მოცულობის საზომ კოლბში, დამოკიდებულია ტყვიის შემცველობაზე), CCl<sub>4</sub>-ით მიყავთ ნიშანხაზამდე, შეურევენ და ატარებენ ფოტომეტრირებას 520 მმკ ტალღის სიგრძეზე სუფთა CCl<sub>4</sub>-თან შედარებით.

დაყალიბებულ მრუდს აგებენ 10-დან 100 მკგ-მდე კონცენტრაციებით. ტყვიის შემცველობას ანგარიშობენ ფორმულით:

$$X = (a \cdot V_0 \cdot 1000) : (H \cdot V_1 \cdot 1000) = (a \cdot V_0) : (H \cdot V_1),$$

სადაც X – არის ტყვიის შემცველობა საანალიზო სინჯში, მგ/კგ;

a – ტყვიის შემცველობა ნაპოვნი გრაფიკზე, მკგ;

V<sub>0</sub> – საწყისი ხსნარის მოცულობა, მლ;

V<sub>1</sub> – საანალიზოდ აღებული ხსნარის მოცულობა, მლ;

H – ნიადაგის წონაკი, გ; (5-10 გრამი ნიადაგი, 2,5-5 გრამი ტორფი).

### რეაქტივები:

1. **დიტიზონი, 0,001%-იანი ხსნარი CCl<sub>4</sub>-ში:** 50 მგ დიტიზონს ხსნიან 100 მლ CCl<sub>4</sub>-ში და ფილტრავენ ქალაღდის ფილტრით 500

მლ მოცულობის გამყოფ ძაბრში. დიტიზონის რეექსტრაგირებას ახდენენ 100 მლ ამიაკის (1:50) განზავებული ხსნარით, დაჟანგულ დიტიზონს გადაღვრიან, ხოლო, დიტიზონის ნარინჯისფერ ამიაკურ ხსნარს შეამჟავებენ 1 ნორმალობის HCl-ით და ანჯღრევენ 200 მლ CCl<sub>4</sub>-თან წყალხსნარის გაუფერულებამდე, გადაიტანენ 500 მლ მოცულობის საზომ კოლბში და CCl<sub>4</sub>-ით მიყავთ ნიშანხაზამდე. ხსნარს ინახავენ მუქი ფერის მინის ჭურჭელში 2 ნორმალობის H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>-ის ფენის ქვეშ. სამუშაო ხსნარს 0,001% დიტიზონის შემცველობით ამზადებენ მიღებული 0,01%-ნი ხსნარის შესაბამისი განზავებით.

**2. კალიუმ - ნატრიუმის ტარტრატი - სეგნეტის მარილი,** ღვინისმჟავა კალიუმ-ნატრიუმი (20%-იანი ხსნარი): გამყოფ ძაბრში ასუფთავებენ რეაქტივს დიტიზონის ულუფებით pH – 8,5-ის პირობებში, მანამ სანამ იგი არ შეწყვეტს ვარდისფერის მიღებას. ხსნარს ინახავენ პოლიეთილენის ჭურჭელში.

**3. კალიუმის ციანიდი (10%-იანი ხსნარი):** ამზადებენ KCN-ის 50%-იანი ხსნარის საჭირო რაოდენობას და ასუფთავებენ დიტიზონით CCl<sub>4</sub>-ის ხსნარში, ისე როგორც ტარტრატის შემთხვევაში. გასუფთავებულ ხსნარს ანზავებენ 5-ჯერ და ინახავენ პოლიეთილენის ჭურჭელში.

**4. ჰიდროქსილამინქლორჰიდრატი (20%-იანი წყალხსნარი):** მომზადების შემდეგ pH მიყავთ 8,5-მდე და ასუფთავებენ დიტიზონით, როგორც ზემოთ არის აღწერილი. ხსნარი ყოველთვის ახლად მომზადებული უნდა იყოს.

**5. ტყვიის სტანდარტული ხსნარი:** 110<sup>o</sup> ტემპერატურაზე გამომშრალ 1,5980 გ ტყვიის ნიტრატს ხსნიან წყალში 1 მლ კონცენტრირებული HNO<sub>3</sub>-ის დამატებით და ორმაგი გამობდილი წყლით მიყავთ 1 ლიტრამდე. ხსნარი შეიცავს 1 მგ/მლ Pb; 100 – ჯერ განზავებით ლეზულობენ სამუშაო ხსნარს, 10 მკგ/მლ ტყვიის შემცველობით.

## ნიკელის განსაზღვრა ნიადაგში

ნიკელი ტიპური ცვალებადი მეტალია. ხსნარებში მისი ჟანგვის ხარისხი ჩვეულებრივად ტოლია +2-ის, მაგრამ ზოგიერთ კომპლექსებში იგი  $Ni^{+2}$  და  $Ni^{+4}$  მდგომარეობაშია. ნიკელის სულფიდები ილექება pH-4-ზე, ხოლო, ჰიდროჟანგი დაახლოებით pH-7-ზე.

ნიკელი წარმოქმნის კომპლექსებს ლიგანდასთან, რომელიც შეიცავს გოგირდის, აზოტის და ჟანგბადის დონორულ ატომებს.

ყველაზე მნიშვნელოვან რეაგენტების რიცხვს ეკუთვნის ა-დიოქსიმი, განსაკუთრებით დიმეთილგლიოქსიმი (დიაცეტილ-გლიოქსიმი), რომლებიც ნიკელთან წარმოქმნიან კომპლექსურ შენაერთებს შემდეგი სქემით:



ფართო გავრცელება ჰპოვა ნიკელის განსაზღვრის მეთოდების ორმა ჯგუფმა. ერთში გამოიყენება ნიკელის შეფერადებული შენაერთები ა-დიოქსიმებთან, რომლებიც წარმოიქმნებიან რიგი დამჟანგველების (იოდის, ბრომიანი წყლის, პერსულფატის) მოქმედებით ნეიტრალურ ან ამიაკურ არეში, ხოლო, მეორე ჯგუფში გამოიყენება შენაერთები, რომლებიც წარმოიქმნებიან ნიკელის დიოქსიმატის გახსნისას უწყლო გამხსნელებში, რომლებიც შთანთქავენ გამოსხივებას ულტრაიისფერ არეში, ამიტომ უფრო ხშირად გამოიყენება ა-ფურილიდიოქსიმი, რომლის შთანთქმა მიმდინარეობს 435 მმკ ტალღის სიგრძეზე.

## ნიკელის განსაზღვრა დიმეთილგლიოქსიმით

დიმეთილგლიოქსიმი ნიკელის იონებთან სუსტ ამიაკურ არეში დამჟანგველების თანაარსებობისას წარმოქმნიან შეფერადებულ კომპლექსებს რომელთა შთანთქმის მაქსიმუმი 450-470 მმკ ტალღის სიგრძეა. დიმეთილგლიოქსიმი წარმოქმნის შეფერადებულ კომპლექსებს  $Ca^{2+}$ ,  $Co^{2+}$ -თან. განსაზღვრას ხელს უშლის ყველა მეტალი, ჰიდროქსიდები, რომელთაც ანალიზის

მსვლელობისას გამოყოფენ ნალექის სახით. ხელშემშლელი იონების გავლენას აარიდებენ ან მათი განსაზღვრით ან მათი შენიღბვით კომპლექსნარმოქმნელი შენაერთებით (ციტრატებით, ტარტრატებით).

ნიკელის განსაზღვრა შეიძლება ჩატარდეს დიმეთილგლიოქსიმთან კომპლექსში შებოჭილი ნიკელის წინასწარი განცალკავებით ორგანული გამხსნელით – ქლოროფორმით ( $\text{CHCl}_3$ ). მჟავით ნიკელის რეექსტრაციის შემდეგ, რომელიც ტარდება წყლის ფაზაში ტუტე არეში დამჟანგველის თანაარსებობისას, აწარმოებენ დიმეთილგლიოქსიმით შეფერადებას.

**ანალიზის მსვლელობა.** 100 მლ მოცულობის გამყოფ ძაბრში იღებენ ნიადაგის გამონაწურის (ექსტრაქტის მიღება აღწერილია 196-200 გვერდზე) ალიქვოტურ ნაწილს – 5-დან 40 მლ-მდე, 100 მკგ-მდე ნიკელის შემცველობით, pH ამიაკით მიჰყავთ 5,5-6,0-მდე, ანზავებენ 50 მლ-მდე წყლით, ამატებენ 2 მლ დიმეთილგლიოქსიმის 1%-იან სპირტულ ხსნარს და შეურევენ. 5 წუთის შემდეგ ატარებენ ექსტრაქციას ორი ულუფა – 5-5 ან 10 მლ  $\text{CHCl}_3$ -ით (დამოკიდებულია ნიკელის შემცველობაზე). ორგანული გამხსნელიდან ნიკელი ექსტრაგირდება ორი ულუფა 5-5 ან 10 მლ 0,5 M HCl-ით. ამ დროს ნიკელის დიმეთილგლიოქსიმატი იშლება და იგი რაოდენობრივად გადადის წყალში. მიღებულ რეექსტრაქტს ამატებენ 2-2 მლ ბრომიან წყალს და კალიუმის პერსულფატამონიუმის 4 %-იან ხსნარს და 2 მლ დიმეთილგლიოქსიმის 1%-იან ხსნარს KOH-ის 5%-იან ხსნარში. შეურევენ ხსნარს და 10 წუთის შემდეგ მოცულობა მიჰყავთ 25 მლ-მდე (წყლით). მოწითალო-ყავისფერი ხსნარის ფოტომეტრირებას ატარებენ 450 მმკ ტალღის სიგრძეზე (ლურჯი შუქფილტრი) გამხსნელთან შედარებით.

დაყალიბებულ გრაფიკს აგებენ 10-დან 100 მკგ-მდე ნიკელის კონცენტრაციის ინტერვალში. საანალიზო სინჯში ნიკელის შემცველობის გაანგარიშებას ატარებენ ისე, როგორც ეს აღწერილია შემდეგ მეთოდში.

## ნიკელის განსაზღვრა a-2- ფურილდიოქსიმით

ნიკელის იონებთან a-2-ფურილდიოქსიმი წარმოქმნის წყალში ძნელად ხსნად, მაგრამ ქლოროფორმში და სხვა ორგანულ გამხსნელებში კარგად ხსნად შიდაკომპლექსურ შენაერთებს, ყვითელ ფერში შეფერადებულს, რომელთა სხივების მაქსიმალური შთანთქმის არე 436 მმკ-ია;

განსაზღვრის ხელშემშლელია მეტალები, რომლებიც თვისებებით ახლოა ნიკელთან. სპილენძი a-2-ფურილდიოქსიმთან წარმოქმნის შეფერადებულ კომპლექსს, რომელიც ექსტრაგირდება ქლოროფორმში; ხელშემშლელი გავლენის არიდება ხდება თიოშარდოვანით მისი შენიღბვით. ანალიზის პროცესში მიმდინარე რეაქციის შედეგად წარმოქმნილი მეტალების ჰიდროჟანგების გამოლექვას ხელს უშლიან ტარტრატების დამატებით.

**ანალიზის მსვლელობა.** გამყოფ ძაბრში (100 მლ მოცულობით) იღებენ საკვლევი ხსნარის (ექსტრაქტის მიღება აღწერილია 196-200 გვერდზე) ალიქვოტს – 5-40 მლ, არა უმეტეს 100 მკგ ნიკელის შემცველობით და pH მიჰყავთ 1,0-1,5-მდე. pH-ის ამალლების დროს მეტალთა ჰიდროჟანგების გამოლექვის ასაცილებლად ამატებენ 1 მლ 20 %-იან ტარტრატს, 1 მლ თიოშარდოვანას 5%-იან ხსნარს და 1 მლ a-2-ფურილდიოქსიმის სპირტულ ხსნარს. შერევისას ხსნარში წვეთობით ამატებენ ნატრიუმის ბიკარბონატის ხსნარს მანამ, სანამ არ შეწყდება ნახშირბადის ორჟანგის გამოყოფა. ნიკელის შეფერადებული კომპლექსის ექსტრაგირებას აწარმოებენ ოთხქლორიანი ნახშირბადის ორი ულუფით 10-10 მლ-ობით. ექსტრაქტებს აერთიანებენ და ატარებენ ფოტომეტრირებას 436 მმკ ტალღის სიგრძეზე (ლურჯი შუქფილტრით) გამხსნელთან შედარებით.

დაყალიბებულ მრუდს აგებენ სინჯში 10-დან 100 მკგ-მდე Ni შემცველობის ინტერვალში. ნიკელის რაოდენობის ანგარიშს აწარმოებენ ფორმულით:

$$X = (a \cdot V_0 \cdot 1000) : (H \cdot V_1 \cdot 1000) = (a \cdot V_0) : (H \cdot V_1),$$

სადაც X – არის ნიკელის შემცველობა საანალიზო სინჯში, მგ/კგ;

- a – ნიკელის შემცველობა ნაპოვნი გრაფიკზე, მკგ;
- $V_0$  – საწყისი ხსნარის მოცულობა, მლ;
- $V_1$  – საანალიზოდ აღებული ხსნარის მოცულობა, მლ;
- H – ნიადაგის წონა, გ; (5-10 გრამი ნიადაგი, 2,5-5 გრამი ტორფი);

### რეაქტივები

1. დიმეთილგლიოქსიმი: 1%-იანი ხსნარი ეთილის სპირტში.
2. დიმეთილგლიოქსიმი: 1%-იანი ხსნარი KOH-ის 5%-იან ხსნარში.
3. ბრომიანი წყალი, ბრომის ნაჯერი წყალხსნარი.
4. ამონიუმის ან კალიუმის პერსულფატი, 4%-იანი ახლად მომზადებული წყალხსნარი.
5. ნიკელის სტანდარტული ხსნარი: 6,7300 გ  $(\text{NH}_4)_2\text{Ni}(\text{SO}_4)_2 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$  ხსნიან წყალში, ამატებენ 2 მლ კონცენტრირებულ  $\text{H}_2\text{SO}_4$  და მოცულობა მიჰყავთ წყლით 1 ლიტრამდე. ხსნარი შეიცავს 1 მგ/მლ ნიკელს. 1000-ჯერ განზავებით ღებულობენ სამუშაო ხსნარს 1 მკგ/მლ ნიკელის შემცველობით.
6. a-2-ფურილდიოქსიმი, 0,5%-იანი ხსნარი სპირტში; შეფერადებულ ხსნარებს ასუფთავებენ გააქტივებული ნახშირით.
7. კალიუმ-ნატრიუმის ტარტრატი: 20%-იანი ხსნარი წყალში.
8. თიოშარდოვანა: 5%-იანი წყალხსნარი.
9. ნატრიუმის ბიკარბონატი – ნაჯერი ხსნარი.
10.  $\text{CCl}_4$ : გამხსნელს რეცხავენ ნატრიუმის ჰიპოსულფიტის 0,1 ნორმალობის ხსნარით, შემდეგ კი წყლით.

### კადმიუმის განსაზღვრა ნიადაგში

კადმიუმი მაღალი კუმულაციური უნარის და გამოწვლილვის ხანგრძლივი პერიოდის (დაახლოებით 20 წელი) გამო ერთ-ერთ ყველაზე საშიშ ტოქსიკანტად ითვლება; ბუნებრივი შემცველობა ნიადაგში საკმაოდ დაბალია – 0,5–2,5 მგ/კგ; გასათვალისწინებელია, რომ მისი შემცველობის დონე ტექნოგენური დაბინძურების გამო ყოველწლიურად იზრდება. მინერალურ სასუქებთან

და კირთან ერთად კადმიუმის ყოველწლიური დაგროვება ნიადაგში 3-ჯერ აჭარბებს კულტურებით გამოტანილს და ჩარეცხვით დანაკარგს.

ამჟამად, კადმიუმის განსაზღვრის ყველაზე მგრძობიარე და სელექტიურ მეთოდად ითვლება ექსტრაქციულ-ფოტომეტრული მეთოდი დიტიზონის გამოყენებით. მეთოდი მისაღებია კადმიუმის განსაზღვრისათვის 0,010-დან 1,0 მგ/ლ-ზე შემცველობის პირობებში. კადმიუმის იონების ექსტრაგირება ხდება ძლიერ ტუტე არეში მდგრადი წითლად შეფერილი კადმიუმის დიტიზონატის სახით. მაგრამ, ამ პირობებში დიტიზონთან შეიძლება რეაგირება მოახდინოს სხვა ელემენტებმაც. ამიტომ, კადმიუმის ექსტრაქციას ატარებენ ხელშემშლელი კათიონების მარილმჟავა ხსნარიდან  $\text{pH}=2,0$ -ის პირობებში წინასწარი ექსტრაქციის შემდეგ.

კადმიუმის განსაზღვრას არ უშლიან ტყვია, ქრომი, ალუმინი, რკინა, მანგანუმი, ფოსფატები, როდანიდები, სულფატები, სულფიტები და სხვა იონები, რომლებიც არიან ნიადაგის გამონაწერში. თუთია უშლის კადმიუმის განსაზღვრას თუკი მისი სიჭარბე კადმიუმზე მეტია 500:1, რადგანაც ამ დროს კადმიუმი სრულად (მთლიანად) არ ექსტრაგირდება.

კადმიუმის განსაზღვრას უშლიან დამჟანგველები – ქლორი, ბრომი, ზეჟანგი, რომლებიც ჟანგავენ დიტიზონს ყავისფრად შეფერილი შენაერთების წარმოქმნამდე.

**ანალიზის მსვლელობა.** 150 მლ მოცულობის გამყოფ ძაბრში იღებენ საანალიზო ხსნარის ალიქვოტურ ნაწილს (2-დან 40 მგ-მდე კადმიუმის შემცველობით). კადმიუმის და თუთიის დიტიზონატი ადვილად იშლება მარილის მჟავით განზავებით ( $\text{pH } 2,0$ ), მაშინ როცა Ni და Co დიტიზონატები რჩებიან უცვლელნი, ამიტომ ხსნარებს ხელშემშლელი ელემენტების - Ni და Co განცალკევებისათვის შეამჟავებენ  $\text{pH } 2,0$ -მდე 10%-იანი HCl-ით. დაუშლელი კომპლექსების განცალკევებისათვის ამატებენ 5 მლ-ის ულუფებით დიტიზონის ხსნარს ოთხქლორიან ნახშირბადში და ინტენსიური ნჯღრევისა და ფაზების დაყოფის შემდეგ ორგანულ ფაზას გადაღვრიან და ექსტრაქციას იმეორებენ მანამ, ვიდრე დიტიზონის ბოლო ულუფის შეფერვა დარჩება შეუცვლელი.



წყალხსნარს ამატებენ 10 მლ სეგნეტის მარილის (კალიუმის, ნატრიუმის ტარტრეტი) 20%-იან ხსნარს, დიმეთილგლიოქსიმის 0,5 მლ ხსნარს, წვეთობით ამატებენ ამიაკს ნეიტრალურ რეაქციამდე და კარგად შეურევენ.

შემდეგ, დიტიზონის დაჟანგვის აცილებისათვის, რომელსაც იწვევს თანარსებული დამჟანგველები, განსაკუთრებით მანგანუმი, ამატებენ 1 მლ ჰიდროქსილამინის 20%-იან ხსნარს და 40%-იან NaOH-ის ხსნარს ისეთი რაოდენობით, რომ მისი კონცენტრაცია საანალიზო ხსნარში შეადგენდეს არა ნაკლები 5-10%-ს. ასეთი ტუტე რეაქციის პირობებში კადმიუმის დიტიზონი რჩება მდგრადი, მაშინ როცა ტყვიის, თუთიის, კალას და სხვა ზოგიერთი ხელშემშლელი კათიონები იშლებიან, ამიტომ, ექსტრაგირდება მხოლოდ კადმიუმის კომპლექსები. კადმიუმის დიტიზონატის ექსტრაქცია ხდება რამდენიმე ულუფა - 5 მლ-ობით დიტიზონის ხსნარით CCl<sub>4</sub>-ში მანამ, სანამ დიტიზონი არ შეწყვეტს ვარდისფერის მიღებას. გაერთიანებულ ორგანულ ექსტრაქტებს ათავსებენ გამყოფ ძაბრში, რეცხავენ 0,5%-იანი NaOH-ის ხსნარით და წყლით, გადაიტანენ 25 ან 50 მლ-იან საზომ კოლბში (დამოკიდებულია კადმიუმის შემცველობაზე), CCl<sub>4</sub>-ით მიყავთ ნიშანხაზამდე და ატარებენ ფოტომეტრირებას 520 მმკ ტალღის სიგრძეზე (მწვანე შუქფილტრი) სუფთა CCl<sub>4</sub>-თან შედარებით.

ანგარიშს აწარმოებენ ფორმულით:

$$X = (a \cdot V_0 \cdot 1000) : (H \cdot V_1 \cdot 1000) = (a \cdot V_0) : (H \cdot V_1),$$

სადაც X – არის კადმიუმის შემცველობა საანალიზო სინჯში, მგ/კგ;

a – კადმიუმის შემცველობა ნაპოვნი გრაფიკზე, მკგ;

V<sub>0</sub> – საწყისი ხსნარის მოცულობა, მლ;

V<sub>1</sub> – საანალიზოდ აღებული ხსნარის მოცულობა, მლ;

H – ნიადაგის წონა, გ; (5-10 გრამი ნიადაგი, 2,5-5 გრამი ტორფი);

### რეაქტივები

1. დიტიზონი: 0,002%-იანი ხსნარი ოთხქლორიან ნახშირბადში (იხ. გვ.179 - ტყვიის რეაქტივებში).

2. კალიუმ-ნატრიუმის ტარტრატი (სეგნეტის მარილი) : 20%-იანი წყალხსნარი, გასუფთავებული მიკროელემენტების მინარე-ვებისაგან (იხ. გვ.229).

3. დიმეთილგლიოქსიმი: 1%-იანი ხსნარი ეთილის სპირტში.

4. მარილმჟავა ჰიდროქსილამინი: 20%-იანი წყალხსნარი, გასუფთავებული დიტიზონით (იხ. გვ. 229).

## ვანადიუმის განსაზღვრა ნიადაგში

ვანადიუმის საშუალო შემცველობა ნიადაგში ვინოგრაფიკის მიხედვით 90–100 მგ/კგ-ია. ელემენტის მაღალი შემცველობა დამახასიათებელია ნითელმინებისათვის – 180-200 მგ/კგ, მაშინ, როცა ძველალუვიური ქვიშები გამოირჩევიან უმცირესი შემცველობით - 30 მგ/კგ; იგი აუცილებელი ელემენტია უმდაბლესი და უმაღლესი მცენარეებისათვის და ცხოველებისათვის, მაგრამ მისი მოძრავი ფორმების ამაღლებული კონცენტრაციით შემცველობისას ნიადაგში (10 მგ/კგ-ზე მეტი) იგი ტოქსიკური ხდება მცენარისათვის, ხოლო მცენარეში 2 მგ/კგ შემცველობისას ცხოველისთვისაც.

ვანადიუმის დაჟანგვის ხარისხი წყალხსნარებში შეიძლება იყოს +2-დან +5-მდე. მისი შენაერთები ადვილად იჟანგებიან და აღდგებიან. შეფერილ კომპლექსებს წარმოქმნის მხოლოდ V(V). ვანადიუმის განსაზღვრა დაფუძნებულია ვანადიუმფოსფორულ-ვოლფრამის მჟავას წარმოქმნის რეაქციაზე. განსაზღვრას ხელს უშლიან Sn, Ti, Zr და Sb, რომლებიც წარმოქმნიან ნალექს ფოსფატ-იონთან და დიდი რაოდენობით Cu, Co, Ni, Cr. მეთოდი გამოიყენება ელემენტის მაღალი კონცენტრაციის დროს (500 მგ/კგ-ზე მეტი). დაბალი კონცენტრაციის პირობებში (5-დან – 200 მგ/კგ-მდე) გამოიყენება – ბენზოჰიდროქსამის მჟავა და მისი წარმოებული N - ბენზოილფენილჰიდროქსილამინი (БФГА), რომელიც გამოირჩევა მაღალი შერჩევითი უნარიანობით და მგრძნობელობით. შეფერილი კომპლექსის წარმოქმნა მიმდინარეობს HCl-ის 2-10 მოლარობის მჟავიანობის პირობებში, რომ-

ლის შემთხვევაშიც ხელშემშლელი ელემენტების გავლენა მინიმალურია. კომპლექსის ექსტრაქცია შეიძლება ქლოროფორმით. განსაზღვრას ხელს უშლიან Fe, Al, Ti, Mn, Zr.

### **ვანადიუმის განსაზღვრა ვოლფრამატის მეთოდით, ვინოგრადოვის მიხედვით დობრიცკაიას მოდიფიკაციით**

მეთოდი დაფუძნებულია მასზე, რომ მჟავე არეში ვანადიუმი ფოსფორის მჟავასთან და ნატრიუმის ვოლფრამატთან წარმოქმნიან მომწვანო-ყვითელი ფერის კომპლექსს. განსაზღვრას უშლიან Fe, Cu, Co, Cr, Mo; თუმცა, Cr, Co, Mo ნიადაგში ვანადიუმთან ისეთი შეფარდებით მოიპოვებიან, რომლის შემთხვევაში განსაზღვრას ხელს არ უშლიან. რკინის ხელშემშლელი გავლენის აცილება ფოსფორის მჟავას ჭარბი რაოდენობით ხდება.

ვოლფრამატის მეთოდით შესაძლებელია მხოლოდ ხუთვალენტოვანი ვანადიუმის განსაზღვრა, მაგრამ, რადგან ნიადაგის მთლიანი დაშლისას ან გრიგის გამონაწერის მომზადებისას შესაძლებელია მისი აღდგენა, ამიტომ ანალიზის პროცესში აუცილებელია ჩატარდეს ყველა მისი შენაერთის სრული დაჟანგვა.

#### **ანალიზის მსვლელობა.**

ნიადაგის საერთო ანალიზის ჩატარებისას ფილტრაციდან იღებენ ალიქვოტს, 50-200 მკგ ვანადიუმის შემცველობით (დაახლოებით 0,5-1,0 გრამი ნიადაგის შესაბამისი) მაგრამ არა უმეტესი 25 მლ-ის; მეტობის შემთხვევაში უნდა აორთქლდეს 25 მლ-მდე, გადაიტანენ 100-200 მლ მოცულობის ჭიქაში, შეამჟავებენ 3 მლ 1:1 თან განზავებული  $H_2SO_4$ -ით და ამატებენ წვეთობით  $KMnO_4$ -ის 2%-იან ხსნარს მდგრადი ვარდისფერის მიღებამდე, რომელსაც აქრობენ 2-3 წვეთი  $NaNO_3$ -ის 0,5%-იანი ხსნარის დამატებით. ჭარბ  $NaNO_3$  შლიან  $KMnO_4$ -ის 2%-იანი ხსნარის დაწვეთებით ვარდისფერის მიღებამდე, რომელიც არ ქრება წუთის განმავლობაში. ვანადიუმის ხუთვალენტოვანი

მდგომარეობამდე დაჟანგვის დამთავრების შემდეგ ანარმოებენ რკინის, ალუმინის და ტიტანის შენიღბვას 15 მლ კონცენტრირებული  $H_3PO_4$ -ის დამატებით. შერევის შემდეგ ამატებენ 5 მლ ნატრიუმის ვოლფრამატის 5%-ან ხსნარს, აცხელებენ ადუღებამდე და ადუღებენ ზუსტად 5 წუთს. გაცივებული ხსნარი გადააქვთ 50 მლ-იან საზომ კოლბში, მიჰყავთ ნიშანხაზამდე, გაფილტრავენ და 1 საათის შემდეგ ატარებენ ფოტომეტრირებას ან გაფილტვრის გარეშე 3-4 საათის შემდეგ; ფოტომეტრირება ხდება 413 მმკ ტალღის სიგრძეზე (იისფერი შუქფილტრი); შედარება ხდება საკონტროლო ცდასთან რეაქტივების სისუფთავეზე, 30 მმ-იან კიუვეტში 10-დან 100 მკგ-მდე ვანადიუმის შემცველობის პირობებში ან 20 მმ-იან კიუვეტში 100 მკგ-ზე მეტი ვანადიუმის შემცველობისას სინჯში.

გრიგის გამონანურში მოძრავი ვანადიუმის განსაზღვრისას, რომელიც შემოთავაზებული იყო ი.ი.დობრიცკაიას მიერ, იღებენ ფილტრატის ალიქვოტს დაახლოებით 10 გრამი ნიადაგის წონაკის შესაბამისი რაოდენობით და ათავსებენ ჭიქაში, აორთქლებენ 40-50 მლ-მდე; ოქსალატების და ორგანიკის დაშლისათვის ამატებენ 5-5 მლ-ობით 30% იან  $H_2O_2$  და კონცენტრირებულ  $HNO_3$  და აორთქლებენ ამოშრობამდე. ამ ოპერაციას იმეორებენ 4-5-ჯერ. შემდეგ, ქრომის მოცილებისთვის და ორგანული ნივთიერებების სრული დაშლისათვის ამატებენ 5 მლ 22%-იან  $HCl$  და 2 მლ 30%-იან  $HClO_4$ , აორთქლებენ ამოშრობამდე, ამატებენ 5 მლ 22%-იან  $HCl$  და კვლავ აორთქლებენ ამოშრობამდე. შემდეგ ნაშთს ხსნიან 18 მლ 22%-იან  $HCl$ -ში და 10 მლ წყალში, შემდეგ კი ანალიზს აგრძელებენ ისე, როგორც საერთო შემცველობის ანალიზისას, დანყებული  $KMnO_4$ -ით ვანადიუმის დაჟანგვის სტადიიდან.

დაყალიბებული გრაფიკის ასაგებად ჭიქებში ათავსებენ სტანდარტულ ხსნარებს 10-დან 120-200 მკგ-მდე ვანადიუმის შემცველობით, ამატებენ 8 მლ-ობით 22%-იან  $HCl$ -ს, 3 მლ-ობით განზავებულ (1:1)  $H_2SO_4$  და 2,5 მლ-ობით  $FeCl_3$ -ის ხსნარს, რომელიც შეიცავს 10 მგ/მლ  $Fe^{3+}$ . ვანადიუმის დაჟანგვისათვის

ამატებენ 2%-იან  $\text{KMnO}_4$  მდგრადი ვარდისფერის ან მურა ფერის მიღებამდე. შემდეგში კი ანალიზს განაგრძობენ იგივე თანმიმდევრობით როგორც საანალიზო სინჯის შემთხვევაში.

ვანადიუმის შემცველობას ანგარიშობენ ფორმულით:

$$X = (a \cdot V_0 \cdot 1000) : (H \cdot V_1 \cdot 1000) = (a \cdot V_0) : (H \cdot V_1),$$

სადაც  $X$  – არის ვანადიუმის შემცველობა საანალიზო სინჯში, მგ/კგ;

$a$  – ვანადიუმის შემცველობა ნაპოვნი გრაფიკზე, მკგ;

$V_0$  – საწყისი ხსნარის მოცულობა, მლ;

$V_1$  – საანალიზოდ აღებული ხსნარის მოცულობა, მლ;

$H$  – ნიადაგის წონა, გ;

### ვანადიუმის განსაზღვრა

#### N-ბენზოილფენილჰიდროქსილამინის (БФГА) დახმარებით

**ანალიზის მსვლელობა.** საკვლევი ხსნარის ალიქვოტურ ნაწილში 5-დან 200 მკგ-მდე ვანადიუმის შემცველობით ატარებენ ანალიზს როგორც ეს არის აღწერილი საერთო და მოძრავი ვანადიუმის განსაზღვრის წინა მეთოდში – დაჟანგვის სტადიის დამთავრების ჩათვლით. შემდეგ მოცულობა მიჰყავთ 50 მლ-მდე და გადააქვთ გამყოფ ძაბრში, რომელშიც წინასწარ შეტანილია 10 მლ  $\text{NH}_4\text{F}$ -ის 20%-იანი ხსნარი.  $\text{NH}_4\text{F}$ -ის ეს რაოდენობა საკმარისია 50 მგ-მდე Fe და Al-ის და 10 მგ-მდე ტიტანის შენიღვისათვის. ხსნარის კონცენტრაცია მიჰყავთ 3-5 მოლარულამდე მასზე 10 M HCl-ის ხსნარის დამატებით.

ექსტრაქციას ატარებენ 25 მლ **БФГА-ს** 0,1%-იანი ხსნარით -  $\text{CHCl}_3$ -თან ერთად, რომელიც არ შეიცავს ეტანოლს. ოპტიკურ სიმკვრივეს ზომავენ 2-3 სანტიმეტრიან კიუვეტში 525 მმკ ტალღის სიგრძეზე სუფთა  $\text{CHCl}_3$ -თან შედარებით. ანგარიშს ატარებენ წინა მეთოდიკაში მოცემული ფორმულით.

### რეაქტივები:

1. მარილმჟავა (22%-იანი ხსნარი): ლებულობენ მინის აპარატში გადადენით, ხოლო, კონცენტრირებული მჟავას არსებობისას, რომლის მარკა არის – „განსაკუთრებით სუფთა“ – შერევით შემდეგი შეფარდების პირობებში:

HCl:H<sub>2</sub>O 550:450 მლ.

2. 10 M HCl - ის ხსნარი.

3. KMnO<sub>4</sub> (2% - ნი წყალხსნარი).

4. ნატრიუმის ნიტრატი (0,5 %-ნი წყალხსნარი): 0,5 გ NaNO<sub>3</sub> გავხსნათ წყალში და მოცულობა მივიყვანოთ 100 მლ-მდე.

5. ნატრიუმის ვოლფრამატი (5%-იანი ხსნარი) : 5 გ Na<sub>2</sub>WO<sub>4</sub> გავხსნათ წყალში და მოცულობა მივიყვანოთ 100 მლ-მდე.

6. NH<sub>4</sub>F (20%- ნი წყალხსნარი).

7. **БФГА-ს** 0,1%-იანი ხსნარი ქლოროფორმში.

8. ვანადიუმის სტანდარტული ხსნარი: 2,3 გ ამონიუმის ვანადატი ან 1,785 გ V<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, გამოწრთობილი 450<sup>0</sup>-ზე, გავხსნათ გაცხელებით 10 მლ NaOH-ის 5 %-იან ხსნარში, გავანეიტრალოთ H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>-ის 10 %-იანი ხსნარით, გადავიტანოთ 1 ლიტრიან საზომ კოლბში და წყლით მივიყვანოთ ნიშანხაზამდე, ხსნარი შეიცავს 1000 მკგ V/მლ; 100-ჯერ და 1000-ჯერ განზავებით ამზადებენ სამუშაო ხსნარებს შესაბამისად 10 და 1 მკგ/მლ ვანადიუმის შემცველობით.

## ქლორის განსაზღვრა

სასოფლო-სამეურნეო კულტურების მოთხოვნა ქლორზე ხშირად მაკროელემენტების დონეზეა და ათობით და ასობით კილოგრამია ჰექტარზე. ამავე დროს, ქლორი აუცილებელ საკვებ ელემენტად ითვლება მხოლოდ ზოგიერთი კულტურისათვის და მასზე მოთხოვნა იმდენად უმნიშვნელოა, რომ ის შეიძლება მივაკუთვნოთ მიკროელემენტების ჯგუფს. ასეთი წინააღმდეგობრიობა დაკავშირებულია იმასთან, რომ ქლორი, რომლის შემცველობა ნიადაგში შეადგენს 0,01%, მეტწილად იმყოფება

კარგად ხსნადი შენაერთების შემადგენლობაში, ასევე არ შთაინთქმება ნიადაგის მიერ და ადვილად შედის მცენარეში. ქლორის მაღალმა შემცველობამ ნიადაგში და მისმა ადვილად შეღწევამ მცენარეში შეიძლება ნეგატიური გავლენა მოახდინოს სხვა სასიცოცხლად მნიშვნელოვანი ანიონების შეღწევაზე; მეორეს მხრივ, მაღალი კონცენტრაციის პირობებში ქლორიდებს შეუძლიათ პირდაპირი ტოქსიკური გავლენა მოახდინონ მცენარეზე; მცენარეები რომლებიც განიცდიან ქლორის ნაკლებობას ბუნებაში არ არის აღნიშნული. ქლორის შემოტანა ნალექებით და სასუქებით, და, ჭარბი ტენიანობის პირობებში მისი მაღალი მიგრაციული უნარი ნიადაგის პროფილში აქტუალურს ხდის საკითხს შესწავლილ იქნეს აღნიშნული ელემენტის როლი ჩამრეცხი რეჟიმის ნიადაგების ფიზიკურ-ქიმიური თვისებების დეგრადაციაში. ქლორის კონცენტრირება ზედაპირულ ფენებში, რომელსაც ადგილი აქვს მშრალ რეგიონებში გრუნტის წყლების ამონევით აორთქლებულ ტენთან ერთად, იწვევს ნიადაგის ქლორიდულ დამლაშებას რაც საჭიროებს აღნიშნული ნეგატიური მოვლენის ზემოქმედების შესამცირებლად სპეციალური ღონისძიებების გატარებას. ყველაფერი ეს აქტუალურს ხდის შესწავლილ იქნეს აღნიშნული ელემენტის შემცველობა ნიადაგში, მცენარეში და წყალში.

## **მოძრავი ქლორის გამოყოფა ნიადაგიდან**

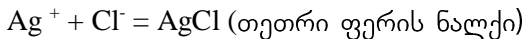
ქლორი არ წარმოქმნის მდგრად კომპლექსურ კავშირებს ნიადაგის მინერალურ და ორგანულ კომპონენტებთან და სუსტად ადსორბირდება ნიადაგის ნაწილაკების ზედაპირზე. აღნიშნულის გამო იგი შეიძლება გამოვდევნოთ ნიადაგიდან სუსტი მჟავა ან ნეიტრალური ექსტრაგენტებით, რომლებიც არ შეიცავენ ქლორს და რომლებსაც ასევე იყენებენ სხვა მიკროელემენტების მოძრავი ფორმების გამოდევნისათვის, გარდა ძლიერი მჟავებისა რომლებიც შლიან ქლორის შემცველ მინერალებს.

ქლორიდების განსაზღვრის რამდენიმე მეთოდი არსებობს: ნონითი, პოტენციომეტრული, კოლორიმეტრული და მოცულობითი – არგენტომეტრული, მერკურომეტრული და სხვა.

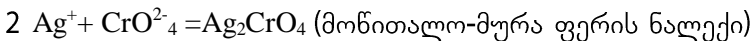
ყველაზე მარტივ და სწრაფ მეთოდად საველე პირობებში არგენტომეტრული (მორის მეთოდი) და მერკურომეტრული მეთოდები ითვლება. არგენტომეტრული მეთოდი მისაღებია ქლორ-იონის ნებისმიერი შემცველობისათვის, მაგრამ, მცირე რაოდენობისას (10 მგ/ლ-ზე ნაკლები) ანალიზის ცდომილება იზრდება. ამ შემთხვევაში საჭიროა ვისარგებლოთ მერკურომეტრული მეთოდით, რომელიც უფრო მისაღებია ქლორ-იონის მცირე შემცველობის პირობებში. ორთავე ეს მეთოდი იძლევა ქლორის, ბრომისა და იოდის შეჯამებულ რაოდენობას, მაგრამ რადგან ამ უკანასკნელთა შემცველობა ნიადაგში ძალზე უმნიშვნელოა, იგი გავლენას არ ახდენს განსაზღვრის სიზუსტეზე.

### არგენტომეტრული განსაზღვრა მორის მიხედვით

აღნიშნულ მეთოდს საფუძვლად უდევს ქლორის იონების რაოდენობრივი დალექვა ვერცხლის იონებით:



საანალიზო სინჯში ქლორის იონის შემცველობაზე მსჯელობენ რეაქციაზე დახარჯული აზოტმყავა ვერცხლის ტიტრული ხსნარის მოცულობით. ინდიკატორის სახით რეაქციის დასრულების განსაზღვრისათვის იყენებენ მომწვანო-ყვითელი ფერის ქრომმყავა კალიუმის ( $\text{K}_2\text{CrO}_4$ ) ხსნარს, რომელიც ქლორის იონების სრულად დალექვის შემდეგ ქარბ აზოტმყავა ვერცხლთან წარმოქმნის მონითალო-მურა ფერის ნალექს:



რამდენადაც  $\text{AgCl}$  გაცილებით ძნელად ხსნადია, ვიდრე  $\text{Ag}_2\text{CrO}_4$ , დასაწყისში ვერცხლის იონები შეიბოჭება ქლორით და მხოლოდ ხსნარიდან მისი გაქრობის შემდეგ –  $\text{CrO}_4^{2-}$  იონები.



არგენტომეტრული მეთოდით ქლორიდების განსაზღვრას უშლიან ბრომის, იოდის, ციანიდების, სულფიდების, თიოსულფატების, ფოსფატების, რკინის იონები, არის მჟავე რეაქცია და ხსნარების მაღალი ფერადობა.

გამჭვირვალე, მაგრამ შეფერადებული სინჯის შეფერილობას აქრობენ 100 მლ სინჯის ნჯღრევით 0,5 გრამ გააქტივებულ ნახშირთან ერთად, რომელიც შემონმებულია გამოხდილ წყალთან ერთად საკონტროლო ცდით ქლორის შემცველობაზე და ფილტრავენ. ციანიდებს, სულფიდებს და თიოსულფატებს წინასწარ შლიან წყალბადის ზეჟანგით ტუტე არეში.

მეთოდს იყენებენ ქლორიდების განსაზღვრისათვის მათი 5 მგ/ლიტრზე მეტი შემცველობისას. განზავების გარეშე შეიძლება დაიტიტროს სინჯი ქლორიდების 400 მგ/ლიტრზე მეტი შემცველობისას. ანალიზის სიზუსტე პლიუს-მინუს 1–3 მგ/ლ; 10 მგ/ლიტრზე ნაკლები ქლორიდების შემცველობისას სინჯში, საჭიროა მათი კონცენტრირება აორთქლებით. სინჯში ქლორიდების კონცენტრაციისაგან დამოკიდებულებით მათ ტიტრავენ  $\text{AgNO}_3$ -ის 0,1; 0,05 ან 0,02 ნორმალობის ხსნარით.

**ანალიზის მსვლელობა.** 250 მლ მოცულობის ჭიქაში ან კონუსურ კოლბში ათავსებენ 100 მლ წინასწარ გაუფერულებულ და გაფილტრულ ხსნარს ან სინჯს. სინჯის მცირე რაოდენობისას მისი მოცულობა გამოხდილი წყლით მიჰყავთ 100 მლ-მდე. მჟავე ან ტუტე სინჯებს ანეიტრალებენ ფენოლფტალეინის მიხედვით მწვავე ნატრიუმის და გოგირდის მჟავას 1 ნორმალობის ხსნარებით. გამონანურები, რომელთა pH 7-10-ია, წინასწარ არ ამზადებენ.

სინჯს ამატებენ 1 მლ კალიუმის ქრომატის ხსნარს და მუდმივი შერევით ტიტრავენ ბიურეტიდან წვეთობით ვერცხლის ნიტრატის ხსნარით ლიმონისფერ-ყვითელი შეფერვის ნარინჯისფერ-ყვითელში გადასვლამდე. დატიტვრა დამთავრებულად ითვლება თუკი ვერცხლის ნიტრატის ხსნარით გამოწვეული შეფერადება შერევისას შეწყვეტს გაქრობას.

რეაქციის დასრულების უკეთ განსაზღვრისათვის იყენებენ „მონმეს“  $\text{NaCl}$ -ის სტანდარტულ ხსნარს (1 მლ  $\text{NaCl}$  შეესაბამება

1 მგ Cl), რომელშიც ამატებენ 8 მლ  $\text{AgNO}_3$ ; „მონმეს“ აქვს მომწვანო-ყვითელი შეფერვა. სინჯი უნდა დაიტიტროს მოვარდისფრო ელფერამდე, რომელიც განსხვავდება „მონმის“ ფერი-საგან.

ანალიზის შედეგების გამოანგარიშებას (მგ/ლ) ატარებენ ფორმულით:

$$X = (a \cdot k \cdot 1000) : v, \text{ სადაც}$$

a – არის  $\text{AgNO}_3$  რაოდენობა, რომელიც დაიხარჯა დატიტრებაზე, მლ;

k -  $\text{AgNO}_3$ -ის ტიტრის შესწორების კოეფიციენტი ;

v - სინჯის რაოდენობა, მლ;

### რეაქტივები:

1.  $\text{AgNO}_3$ -ის ხსნარი: 4,8 გრამ  $\text{AgNO}_3$  ხსნიან ორმაგ გამოხდილ წყალში და მოცულობა მიჰყავთ 1 ლიტრამდე. მიღებული ხსნარის 1 მლ შეესაბამება 1 მგ Cl.

2. სტანდარტული ხსნარი NaCl : 1,6486 გ NaCl (ქიმიურად სუფთა) გამომშრალ  $105^\circ$ -ზე ხსნიან და მიჰყავთ 1 ლიტრამდე ორმაგი გამოხდილი წყლით.

3. კალიუმის ქრომატი (5%-იანი ხსნარი): 5 გრამ  $\text{K}_2\text{CrO}_4$  ხსნიან მცირე მოცულობის ორმაგ გამოხდილ წყალში, ამატებენ წვეთობით ვერცხლის ნიტრატის ხსნარს ნითელი ნალექის წარმოქმნის დაწყებამდე.

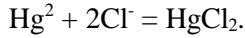
2 საათიანი დაყოვნების შემდეგ ხსნარს ფილტრავენ და წყლით მიჰყავთ 1 ლიტრამდე.

4.  $\text{H}_2\text{SO}_4$ -ის 1 ნორმალობის ხსნარი: 28 მლ კონცენტრირებულ  $\text{H}_2\text{SO}_4$ - ანზავებენ 1 ლ-მდე ბიდისტილიატით.

5. NaOH-ის 1 ნორმალობის ხსნარი: 40 გრამ NaOH-ს ხსნიან ბიდისტილიატში 1 ლიტრამდე.

## ქლორის მერკურომეტრული განსაზღვრა

მერკურომეტრული მეთოდი დაფუძნებულია ორვალენტური ვერცხლის ქლორ-იონთან ურთიერთმოქმედების შედეგად ვერცხლისწყლის ქლორიდის წარმოქმნაზე:



ვერცხლისწყლის ქლორიდის დისოციაციის დაბალი კონსტანტა ( $2,6 \cdot 10^{-15}$ ) საშუალებას იძლევა საკმაოდ ზუსტად განისაზღვროს ქლორიდ-იონები ვერცხლისწყლის ნიტრატის ხსნარებით მათი დატიტრისას 100 მლ სინჯში განზავების გარეშე.

აღნიშნულ მეთოდს არგენტომეტრულ მეთოდთან შედარებით რიგი უპირატესობა აქვს: ქლორიდების განსაზღვრა შეიძლება ჩატარდეს მყავე არეში – pH 2,5 პირობებში და შეფერადებულ წყლებში, ვერცხლის ძვირფასი პრეპარატები იცვლება უფრო მისანვდომი ვერცხლისწყლით.

ექვივალენტური ნერტილი მყარდება ინდიკატორის – დიფენილკარბაზონის დახმარებით, რომელიც ვერცხლისწყლის წარბ იონებთან წარმოქმნის იისფრად შეფერილ შენაერთებს. ინდიკატორის შეფერილობის გადასვლის სიზუსტე დამოკიდებულია არის რეაქციაზე: pH 2,0 და უფრო ნაკლების პირობებში ინდიკატორი არ ფერადდება, ხოლო, pH 3,0-ის პირობებში შეფერადების წარმოქმნა იგვიანებს, ამიტომ, აუცილებელია მკაცრად სწორად დაყენდეს pH, რომელიც ანალიზის მსვლელობით არის გათვალისწინებული.

**ანალიზის მსვლელობა.** 250 მლ მოცულობის ჭიქაში ან კოლბში ათავსებენ 100 მლ სინჯს. სინჯის მცირე რაოდენობის შემთხვევაში მისი მოცულობა ორმაგი გამოხდილი წყლით მიყავთ 100 მლ-მდე. კოლბში ამატებენ 0,3 მლ ინდიკატორის ხსნარს და წვეთობით 0,2 ნორმალობის აზოტის მყავას, ხსნარის მოლურჯო-მწვანე ფერის გადასვლამდე ყვითელში, რის შემდეგ კიდევ ამატებენ აღნიშნული მყავის – 0,25 მლ-ს. ძლიერ მყავე ნიმუშების ანალიზისას, რომელიც ინდიკატორის დამატების შემდეგ შეფერადებულია ყვითლად, უნდა დაემატოს წვეთობით მწვანე ნატრიუმის 0,1 ნორმალობის ხსნარი ლურჯ-მწვანე

შეფერილობამდე, შემდეგ კი აზოტის მჟავით მიყავთ ყვითელ შეფერილობამდე (როგორც ეს ზემოთ არის მითითებული). სინჯს ტიტრავენ ვერცხლისწყლის ნიტრატით წვეთობით მუდმივი შერევით სუსტ ლურჯ-იისფერ შეფერილობამდე. კონტროლი – ხსნარის შეფერილობის პირველი ცვლილებების სწორად აღნიშვნაზე, რომელიც მიუთითებს ვერცხლისწყალსა და ქლორს შორის რეაქციის დამთავრებაზე – ხორციელდება სინჯში  $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$  წვეთების დამატებით, რომელიც იწვევს ხსნარის შეფერვის ინტენსივობის მომატებას.

ანალიზის შედეგების გამომანგარიშება წარმოებს ფორმულით (მგ/ლ-ობით):

$$\text{Cl} = (a \cdot n \cdot K \cdot 1000 \cdot 35,46) : V ,$$

სადაც  $a$  არის დატიტვრაზე დახარჯული  $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$  ხსნარის რაოდენობა, მლ;

$n$  -  $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$  ხსნარის ნორმალობა, 0,02 ნორმალობა;

$K$  -  $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$  ნორმალობის შესწორების კოეფიციენტი;

$V$  - საკვლევი სინჯის მოცულობა, მლ;

35,46 – Cl-ის ექვივალენტი.

### რეაქტივები:

**1. 0,05** ნორმალობის აზოტმჟავა ვერცხლისწყალი  $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$  : 8,5 გრამ  $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2 \cdot 0,5 \text{H}_2\text{O}$  ატენიანებენ 1 მლ კონცენტრირებულ  $\text{HNO}_3$ -ით, ხსნიან გამოსხილი წყლის მცირე მოცულობაში და მიყავთ მოცულობა 1 ლიტრამდე. ხსნარის მომზადებისთვის შეიძლება გამოყენებული იქნეს აგრეთვე ვერცხლისწყლის ჟანგი: 5,5 გრამი  $\text{HgO}$  ხსნიან მცირე სიჭარბით კონცენტრირებულ აზოტის მჟავაში.

ტიტრის შესწორებას ( $K$ ) განსაზღვრავენ 5 მლ 0,05 ნორმალობის ნატრიუმის ქლორიდის ხსნარით, მიყვანილი 100 მლ-მდე ორმაგი გამოსხილი წყლით იგივენაირად, როგორც სინჯის ანალიზის დროს. განსაზღვრას 2-3 ჯერ იმეორებენ და კოეფიციენტს ანგარიშობენ ფორმულით:

$K = a : b$ , სადაც,

1.  $a$  – NaCl-ის ხსნარის მოცულობაა, მლ;  $b$  -  $Hg(NO_3)_2$  ხსნარის მოცულობა, მლ;

2. **0,05** ნორმალობის NaCl: 105<sup>0</sup>-ზე გამომშრალ 2,9221 გ NaCl ხსნიან ორმაგ გამოხდილ წყალში და მოცულობა მიყავთ 1 ლიტრამდე;

3. **შერეული ინდიკატორი:** 0,5 გ დიფენილკარბაზონს და 0,050 გ ბრომფენოლის ლურჯს ხსნიან 100 მლ 95%-იან ეთილის სპირტში ხსნარს ინახავენ ფერადი მინის ჭურჭელში.

4. **0,2 ნორმალობის HNO<sub>3</sub>-ის ხსნარი:** 12,7 მლ კონცენტრირებულ HNO<sub>3</sub> ორმაგი გამოხდილი წყლით ანზავებენ 1 ლიტრამდე;

5. **NaOH-ის 0,1 ნორმალობის ხსნარი:** 4,0 გრამი NaOH ხსნიან 1 ლიტრ ორმაგ გამოხდილ წყალში.

## ფტორის განსაზღვრა ნიადაგში

ფტორის განსაზღვრას ხელს უშლიან მრავალმუხტიანი ანიონები და კათიონები, ამიტომ მის განსაზღვრას წინ უნდა უსწრებდეს ფტორის განცალკავება ხელშემშლელი კომპონენტებისაგან, როგორცაა ნიადაგის გამონაწურში და ხსნარებში არსებული – Ba, Mg, Si, B, Al, Fe (III), Ti და სხვა.

ფტორის საერთო შემცველობის განსაზღვრისას ნიადაგის დაშლას აწარმოებენ ტუტე მეტალების კარბონატებთან მისი შედნობით, როგორც ეს არის აღწერილი საერთო ანალიზის ჩასატარებლად ნიადაგის მომზადებისას ან კალიუმის, ნატრიუმის კარბონატებთან და თუთიის ჟანგთან შედნობით.

პუდრის მდგომარეობამდე დაფქვილ ნიადაგის 1 გრამს ათავსებენ პლატინის ტიგელში, შეურევენ 4 გ  $KNaCO_3$  და 0,6 გ  $ZnO$ -თან და ატარებენ შედნობას 500-550<sup>0</sup>-ზე ერთგვაროვანი შენადნობის მიღებამდე, შენადნობს გამორეცხავენ 30-50 მლ ცხელი წყლით და ფილტრავენ ქალაღდის ფილტრით. ფილტრზე არსებულ ნალექს ჩარეცხავენ  $Na_2CO_3$ -ის 1 %-იანი ხსნარით.

ფტორის დაბალი შემცველობისას ფილტრატის მოცულობას ამცირებენ აორთქლებით 20-40 მლ-მდე, ანეიტრალეზს განზავებული გოგირდის ან ქლორის მჟავებით. ხსნარებში, ნიადაგის და გრუნტის წყლებში ფტორის განსაზღვრისას ასაორთქლებელ ჯამებში მათ მოცულობას იღებენ 25-50 მკგ ფტორის შემცველობით, ატუტიანებენ და აორთქლებენ წყლის აბაზანაზე 20-40 მლ-მდე, ანეიტრალეზს გოგირდის ან ქლორის მჟავით.

### **ფტორის განსაზღვრა ცირკონის ერიოქრომციანიტით**

ერიოქრომციანიტ-R ცირკონის იონებთან წარმოქმნის წითლად შეფერადებულ კომპლექსებს, რომლებთანაც ურთიერთმოქმედებით ფტორიდები წარმოქმნიან უფერულ ფტორიდულ კომპლექსს ცირკონით. ცირკონის ჰიდროლიზის და პოლიმერიზაციის უნარი განაპირობებს ანალიზის ჩატარების პირობების სიზუსტის დაცვას.

**ანალიზის მსვლელობა.** 100 მლ მოცულობის გადასადენ კოლბში ათავსებენ 15-20 მლ კონცენტრირებულ  $\text{HClO}_4$ , ამატებენ 25 მლ საანალიზო ხსნარს არა უმეტეს 25 მკგ ფტორის შემცველობით. დაახლოებით 20-25 მლ-ს გადადენიან სწორი მაცივრის გამოყენებით, მიმღებში, სადაც მოთავსებულია 5 მლ წყალი გატუტიანებული ამიაკით (ფენოლფტალეინის მიხედვით). მიმღებში ხსნარის გაუფერულების შემთხვევაში ამატებენ ამიაკს. გადადენის შემდეგ, 50 მლ მოცულობის საზომ კოლბში შეაქვთ 5 მლ რეაგენტი - ცირკონი-ერიოქრომციანიტის რეაგენტი, მთლიანად გადაიტანენ მასში მიმღებში შეგროვილ მთელ დისტილიატს, მიიყვანენ ნიშანხაზამდე და კარგად შეურევენ. ფოტომეტრირებას ატარებენ 540 მმკ ტალღის სიგრძეზე; შედარებას ახდენენ ხსნართან, რომელიც შეიცავს მხოლოდ 5 მლ რეაგენტს 50 მლ-ში დაყალიბებულ მრუდს აგებენ 5-დან 50 მკგ-მდე ფტორის შემცველობაზე.

## ფტორის განსაზღვრა ცირკონისა და ალიზარინის კომპლექსით ნიკოლაევის, სუვოროვას და გუროვიჩის მიხედვით

**ანალიზის მსვლელობა.** დისტილიატის ალიქვოტს (რომელიც მიღებულია ისე როგორც ეს აღწერილია წინა მეთოდში) - 10-25 მლ-ს, ათავსებენ 50 მლ მოცულობის საზომ კოლბში, ამატებენ 2,5 მლ ცირკონის ხსნარს და 2,5 მლ ალიზარინი C-ს ხსნარს, მოცულობა მიჰყავთ ნიშანსაზამდე, შეურევენ და 1 საათით დაყოვნების შემდეგ ატარებენ ფოტომეტრირებას 520 მმკ ტალღის სირძეზე; შესადარებლად იყენებენ ხსნარს, რომელიც შეიცავს მარტოოდენ ალიზარინი C-ს, კიუვეტში 3-4 სმ-ზე. დაყალიბებულ გრაფიკს აგებენ 5-დან 50 მკგ-მდე ფტორის შემცველობით 50 მლ-ზე; ხსნარის შეფერვა მდგრადია 1-1,5 საათი. ფტორის შემცველობას ანგარიშობენ ფორმულით:

$$X = (a \cdot V_0 \cdot V_2 \cdot 1000) : (H \cdot V_1 \cdot V_3 \cdot 1000) = (a \cdot V_0 \cdot V_2) : (H \cdot V_1 \cdot V_3);$$

სადაც X არის - ფტორის შემცველობა, მგ/კგ;

a - ფტორის შემცველობა ნიმუშში, ნაპოვნი გრაფიკის მიხედვით, მკგ;

$V_0$  - ხსნარის ან გამონაწურის სანყისი მოცულობა, მლ;

$V_3$  - ხსნარის მოცულობა აღებული გადასადენად, მლ;

$V_2$  - ხსნარის მოცულობა მიმღებ კოლბში გადადენის შემდეგ, მლ;

$V_1$  - მიმღები კოლბიდან საანალიზოდ აღებული ხსნარის მოცულობა, მლ;

H- ნიადაგის წონა, გ;

## ფტორის განსაზღვრა ფტორ-სელექტური ელექტროდის გამოყენებით

პუდრის მდგომარეობამდე დაფქვილი ნიადაგის 1 გრამს ათავსებენ პლატინის ტიგელში, შეურევენ 4 გ  $KNaCO_3$  და 0,6 გ  $ZnO$ -თან და ატარებენ შედნობას 500-550<sup>0</sup>-ზე ერთგვაროვნი შენადნობის მიღებამდე, შენადნობს ჩარეცხავენ 30-50 მლ ცხელი

წყლით და ფილტრავენ ქალაღდის ფილტრით. ფილტრზე არსებულ ნალექს ჩარეცხვენ  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ -ის 1 %-იანი ხსნარით.

ხსნარს რომელიც მიღებულია შენაღლობი მასის 30-50 მღ ცხელი წყლით ჩარეცხვისა და გაფილტვრის შემდეგ, ანეიტრალეზენ 1:1 თან განზავებული HCl-ით. აღნიშნულ ხსნარს 1 : 1 თან შეფარდებით ანზავებენ ნატრიუმის ციტრატის 1 M ხსნარით. რეაქცია უნდა იყოს დაახლოებით pH - 5,3; განსაზღვრას ანარ-მოებენ პოტენციომეტრზე. გაზომვისათვის ოპტიმალური კონ-ცენტრაცია 0,08–0,12 %-ია.

### რეაქტივები

1.  $\text{KNaCO}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{ZnO}$  მშრალი, ქიმიურად სუფთა ან განსაკუთრებით სუფთა მარილები.

2.  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , (1 % -იანი წყალხსნარი);

3.  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (განზავებული 1:1), HCl (განზავებული 1:1),

4.  $\text{H}_3\text{PO}_4$  ქიმიურად სუფთა;

5. ცირკონის ხსნარი: 0,354 გ  $\text{ZrOCl}_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$  ამატებენ 33,3 მღ კონცენტრირებულ  $\text{H}_2\text{SO}_4$  და 100 მღ კონცენტრირებულ HCl და მოცულობა მიჰყავთ 1 ლიტრამდე ორმაგი გამოხდილი წყლით.

6. ალიზარინი C-ს ხსნარი : 0,75 გ ალიზარინ C-ს ხსნიან ორმაგი გამოხდილი წყლით და მოცულობა მიჰყავთ 1 ლიტრამდე. ალიზარინი C-ს ხსნარი საჭიროა მომზადდეს ყოველ 2 დღეში.

7. 1 M ნატრიუმის ციტრატი.

8. ერიოქრომციანინ – R (0,004 M ხსნარი) : გავხსნათ 0,5364 გ რეაგენტი წყალში 2,5 მღ 1 ნორმალობის HCl-ის დამატებით და მიყვანილ იქნეს მოცულობა 250 მღ-მდე;

9. ცირკონის 0,005 M ხსნარი 4 ნორმალობის HCl- ში (0,4561 გ ცირკონი 1 ლ-ში). ცირკონის ნიტრატის წონაკს 0,4561 გ ცირკონის შემცველობით ხსნიან 1:1 განზავებულ HCl-ში, აორთქლებენ კრისტალების წარმოქმნამდე და განზავებენ 4 ნორმალობის HCl-ით 1 ლიტრამდე;



10. ცირკონის 0,001 M ხსნარი 2 ნორმალობის HCl-ში: 50 მლ ცირკონის 0,005 M ხსნარს 4 ნორმალობის HCl-ში განაზავებენ ზუსტად 1,5 ნორმალობის HCl-ით 250 მლ-მდე;

11.რეაგენტ - ცირკონი – ერიოქრომციანინი: 25 მლ ერიოქრომციანინს მუდმივი შერევით ამატებენ 25 მლ 0,001 M ცირკონის ხსნარს.

12.სტანდარტული ხსნარი: ნყალში ხსნიან 2,2100 გ ნატრიუმის ფტორიდს, გამოწრთობილს 400<sup>0</sup>-ზე და მოცულობა მიჰყავთ 1 ლიტრამდე. ხსნარი შეიცავს 1 მგ F/მლ; 100-ჯერ და 1000-ჯერ განზავებით ლებულობენ შესაბამისად კონცენტრაციას 10 და 1 მკგ/მლ ფტორის შემცველობით.

## **რკინის განსაზღვრა ნიადაგში**

რკინა ბუნებაში გავრცელების მიხედვით მეოთხე ადგილზეა ჟანგბადის, სილიციუმის და ალუმინის შემდეგ. მისი საერთო შემცველობა ნიადაგში 1-დან 10 %-მდე მერყეობს. ქვიშიან ენერებში რკინის ჟანგის შემცველობა 0,3%-მდე დაბლდება.

ნიადაგში რკინა ძირითადად წარმოდგენილია ძნელადხსნადი შენაერთებით – ფერრიალუმოსილიკატებით, რკინის ჰიდროჟანგებით, რკინის ფოსფატებით და სხვა. ტორფიან, მჟავე გათიხებულ კორდიან-ენერ და მჟავე ნითელმინა ნიადაგებში შეიძლება იყოს გაცვლითი-შთანთქმული ფორმები. რკინის ადვილადხსნადი ფორმების რაოდენობა დამოკიდებულია მჟავიანობაზე, ხოლო, ჟანგეულებისა და ქვეჟანგის ფორმების შეფარდება – ჟანგვა-აღდგენის პირობებზე. მჟავე არე, სუსტი აერაცია და ორგანული ნივთიერებების სიუხვე ადიდებს რკინის მოძრაობას. კარბონატულ ნიადაგებში, რომლებსაც ტუტე რეაქცია ახასიათებთ რკინა ძნელად ხსნად ფორმაშია და მცენარემ შეიძლება განიცადოს მისი ნაკლებობა.

რკინის შემცველობა მცენარეში ჩვეულებრივ პროცენტის მეთხუთს ნაწილს შეადგენს, მაგრამ განსაზღვრულ პირობებში შეიძლება მოიმატოს ერთ ერთეულზე მეტადაც, მაშინ როცა სხვა შემთხვევაში შეიმჩნევა მისი მწვავე დეფიციტი.

რკინის როგორც საერთო, ისე მისი სხვადასხვა ფორმების შემცველობა შეიძლება განისაზღვროს საარბიტრაჟო ატომურ-აბსორბციული მეთოდით, მოცულობითი იოდომეტრული და კომპლექსონომეტრული მეთოდებით, აგრეთვე რიგი კოლორი-მეტრული მეთოდებით, რომლებიც საშუალებას იძლევიან გან-ცალკავებულად განისაზღვროს  $Fe^{2+}$  და  $Fe^{3+}$ ; ერთი მდგომარეობიდან მეორეში გადასვლა ადვილად მიმდინარეობს, რაც ფართოდ გამოიყენება ანალიტიკურ პრაქტიკაში.  $Fe^{2+}$ -ის იონი მდგრად კომპლექსებს წარმოქმნის უმთავრესად ლიგანდებთან, რომლებიც შეიცავენ აზოტის დონორულ ატომებს. რეაგენტები ფენოლის  $OH$  ჯგუფით საშუალებას იძლევიან სელექტიურად განისაზღვროს  $Fe^{2+}$ .

### რკინის ტრილონომეტრული განსაზღვრა

რკინის განსაზღვრის მოცულობითი კომპლექსონომეტრული მეთოდი დაფუძნებულია იმაზე, რომ კომპლექსონ III (ტრილონ B) მყავე არეში (pH 1,0)  $Fe^{3+}$ -თან წარმოქმნის ძალზე მყარ შეუფერადებელ კომპლექსს. დატიტვრის დამთავრებაზე მსჯელობენ რკინის სალიცილური კომპლექსის შეფერილობის გაქრობის მიხედვით, რომელიც შედარებით სუსტად არის შეკავშირებული, რკინატრილონის კომპლექსთან შედარებით.

მოცულობითი კომპლექსომეტრული მეთოდი, ი.ვ დობრიცკაიას (1972) გამოკვლევების მიხედვით, ტამის ოქსალატური ხსნარით გამოძევებული საერთო და მოძრავი რკინის განსაზღვრისას, სხვა ქიმიურ მეთოდებთან შედარებით უკეთეს შედეგებს იძლევა.

**ანალიზის მსვლელობა.** 250 მლ მოცულობის კოლბში ათავსებენ 20-25 მლ ტამის ხსნარს ან 50 მლ ფილტრატს, რომელიც მიღებულია ნიადაგის საერთო ანალიზის დროს სილიციუმის მყავას განცალკავების შემდეგ. რკინის ქვეყანგის დაყანგვისათვის ამატებენ 5-7 წვეთ კონცენტრირებულ  $HNO_3$  და აცხელებენ

ადულებამდე. გაცივებულ ხსნარს ანეიტრალეზენ 10%-იანი ამიაკით ჰიდროჟანგების გამოლექვის დაწყებამდე, pH 1,0-1,4 დასაყენებლად ამატებენ 10 მლ 1 ნორმალობის მარილმჟავას და შეუერევენ სიმღვრივის სრულ გახსნამდე ამატებენ 100 მლ-მდე წყალს, აცხელებენ ხსნარს 60-70<sup>0</sup>-მდე, ამატებენ 1 მლ სულფოსალიცილის მჟავას 25%-იან ხსნარს და ცხელ ლილისფერ-ნითლად შეფერადებულ ხსნარს ტიტრავენ 0,05 ან 0,025 ნორმალობის ტრილონ B-ს ხსნარებით მუდმივი შერევით ლილისფერ-ნითელი შეფერვის ლიმონისფერ-ყვითელში ან მოყვითალო-მწვანეში გადასვლამდე (რკინის მაღალი შემცველობისას). ან თითქმის უფერულში გადასვლამდე (რკინის დაბალი შემცველობისას) თუკი, მოყვითალო-მწვანე შეფერილობა აძნელებს გადასვლის წერტილის განსაზღვრას, საჭიროა ალიქვოტის შემცირება.

### **ნიადაგის გამონაწერებში რკინის განსაზღვრის კოლორიმეტრული მეთოდები**

რკინის დაბალი შემცველობისას უპირატესობა ეძლევა კოლორიმეტრული მეთოდების გამოყენებას. ცნობილია  $Fe^{2+}$  და  $Fe^{3+}$ -ის განსაზღვრის მრავალი ფოტომეტრული მეთოდი. რადგან  $Fe^{2+}$  და  $Fe^{3+}$ -ის იონებს გააჩნიათ ქრომომორფული თვისებები, უმეტეს მეთოდებში იყენებენ რეაგენტებს, რომლებიც არ შეიცავენ ქრომომორფულ ჯგუფებს. მიკროელემენტის - რკინის განსაზღვრის ყველაზე გავრცელებულ მეთოდებად ითვლებიან კლასიკური როდანიდული მეთოდი ექსტრაქციის გარეშე და ექსტრაქციის რამდენიმე ვარიანტით.

### **რკინის განსაზღვრის როდანიდული მეთოდი**

როდანიდული იონები სუსტმჟავე არეში  $Fe^{3+}$ -ის იონებთან წარმოქმნიან ნითლად შეფერადებულ კომპლექსებს. რეაქციის დროს, მჟავიანობისგან და რეაგენტის კონცენტრაციისაგან

დამოკიდებულების მიხედვით წარმოიქმნება კომპლექსური შენაერთების ნარევი შეფერვის სხვადასხვა ინტენსივობით. ანალიზის მსვლელობისას მნიშვნელოვანია როდანიდ-იონის ზუსტი კონცენტრაციის და მჟავიანობის დაცვა საკვლევ და ეტალონურ ხსნარებში.

შეფერადების განვითარებას ხელს უშლიან ფტორიდ<sup>-</sup> და ოქსალატ<sup>-</sup> ანიონები. სულფატ<sup>-</sup> და ფოსფატ ანიონები ამცირებენ შეფერვის ინტენსივობას მხოლოდ მაღალი კონცენტრაციის პირობებში. განსაზღვრას შეიძლება შეუშალონ კათიონების –  $Fe^{3+}$  და  $Fe^{2+}$ -ის მაღალმა კონცენტრაციამ, რომლებიც როდანიდთან ქმნიან ნალექს, და  $Cu^{2+}$  კათიონებმა, რომლებიც რეაგენტთან წარმოქმნიან ყვითელ-ნარინჯისფერი შეფერადების შენაერთებს.

$Fe^{3+}$ -ის კომპლექსები როდანიდთან კარგად ექსტრაგირდება ჟანგბადმემცველი გამსხნელებით, მაღალი სპირტებით (იზოამილის, ბუთილის, იზობუთილის), ეთერებით და კეტონებით, რაც ამაღლებს განსაზღვრის შერჩევითობას.

როდანიდთან რეაქციას იყენებენ მხოლოდ  $Fe^{3+}$ -ის განსაზღვრისათვის,  $Fe^{2+}$  არ შედის რეაქციაში. როდანიდული კომპლექსების შეფერვის ინტენსივობა  $Fe^{3+}$ -ის კონცენტრაციის პროპორციულია, საანალიზო სინჯში მისი 50-დან 4000 მკგ-მდე შემცველობის პირობებში.

**ანალიზის მსვლელობა.** 50 ან 100 მლ-იან საზომ კოლბში ათავსებენ 20 მლ ფილტრატს – რომელიც მიღებულია ნიადაგის საერთო ანალიზის დროს სილიციუმის მჟავასაგან განცალკავების შემდეგ ან 20 მლ ტამის გამონაწურს - გამონწობით ოქსალატების წინასწარი დაშლის შემდეგ (არა უმეტეს 4000 მკგ რკინის შემცველობით) და განაზავებენ წყლით 50 მლ-მდე. ამიაკის 10 %-იანი ხსნარით ფენოლფტალეინის მიხედვით მჟავიანობა მიჰყავთ ნეიტრალურამდე, შემდეგ ამატებენ 2,5 მლ განაზავებულ (1 : 1) მარილმჟავას, შეურევენ, ამატებენ 5 მლ როდანიდის ხსნარს და შერევის შემდეგ მაშინვე ტარდება ფოტომეტრირება საკონტროლო ცდასთან შედარებით, რომელიც მომზადებულია იგივენაირად, მაგრამ გამოხდელი წყლით 480 მმკ ტალღის სიგრძეზე.

## **Fe<sup>3+</sup>-ის განსაზღვრა ტრილონ ნ და H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>-თან სამმაგი კომპლექსის სახით**

ტუტე არეში Fe<sup>3+</sup> ტრილონ ნ-სთან და წყალბადის ზეჟანგთან წარმოქმნის იისფერი შეფერადების სამმაგ კომპლექსს. ასეთ პირობებში კათიონების უმეტესობა წარმოქმნის უფერულ კომპლექსებს და ხელს არ უშლიან განსაზღვრას, ხოლო, სპილენძის და კობალტის შეფერადებულ კომპლექსებს 520 მმკ ტალღის სიგრძეზე მინიმალური შთანთქმა აქვთ, სამმაგ კომპლექსს კი აღნიშნული ტალღის სიგრძეზე მაქსიმალური შთანთქმა აქვს.

**ანალიზის მსვლელობა.** 100 მლ-იან საზომ კოლბში იღებენ ნიადაგის გამონაწურის ალიქვოტს – 20–200 მკგ რკინის შემცველობით. ანზავებენ 25-30 მლ-მდე წყლით, ამატებენ 3 მლ ტრილონ ნ-ს 0,05 ნორმალობის ხსნარს და წვეთობით 10% ამიაკის ხსნარს მკვეთრი სუნის მიღებამდე. pH დაახლოებით 10-მდე შექმნისათვის ამატებენ კიდევ 1 მლ და შეურევენ, ამატებენ 5 მლ წყალბადის ზეჟანგის 3%-იან ხსნარს, წყლით მიჰყავთ ნიშანხაზამდე და აყოვნებენ 30 წუთის განმავლობაში. ფოტომეტრირება ხდება წყალთან შედარებით 520 მმკ ტალღის სიგრძეზე (მწვანე შუქფილტრი) კიუვეტში – გასახედი შრის სისქით – 2-3 სმ; დაყალიბებულ გრაფიკს აგებენ 20-დან 250 მკგ-მდე რკინის შემცველობით სინჯში. შეფერადებას აწარმოებენ იგივენაირად, როგორც საკვლევ ხსნარში.

## **რკინის სხვადასხვა ფორმების განსაზღვრა 0-ფენანტროლინით და a,a-დიპირიდლით**

რკინის ქვეჟანგის ფორმების არსებობა ნიადაგში მიუთითებს არახელსაყრელ აერაციულ მდგომარეობაზე, დაჭაობების პროცესის განვითარებაზე. რკინის ქვეჟანგის განსაზღვრას და მის შეფარდებას ჟანგის ფორმასთან ატარებენ ნიმუშის აღებისთანავე, მისი გაშრობისა და დაფქვის გარეშე. 0-ფენანტროლინი (1,10-ფენანტროლინი) და a,a-დიპირიდლი (2,2 დიპირიდლი)

ძალიან ახლო არიან თავისი თვისებებით. ორივე რეაგენტი შეიცავს  $Fe^{2+}$ -ისთვის ატომების სპეციფიკურ დაჯგუფებას, რომელთა წყალობით pH-ის ფართო დიაპაზონში (pH - 2–9) წარმოქმნიან რკინასთან ნარინჯისფერ-წითელ ან ვარდისფერ კომპლექსს, რომელსაც იყენებენ რკინის განსაზღვრისათვის წყლიან არეში.

ორივე რეაგენტი წარმოქმნის მდგრად კომპლექსებს კომპონენტების შემდეგი შეფარდების პირობებში:  $Me^{2+} : R$  1:3; აღნიშნული რეაგენტების მიმართ მეთოდების მგრძობელობა ერთნაირია. 0-ფენანტროლინთან კომპლექსის ფოტომეტრირებას ატარებენ 512 მმკ ტალღის სიგრძეზე, ხოლო, დიპირიდილთან – 522 ტალღის სიგრძეზე. აღნიშნულ რეაგენტებთან კომპლექსური შენაერთები გამოირჩევიან დიდი მდგრადობით, რაც საშუალებას იძლევა გამოყენებული იქნეს რიგი შემნიღბავი ნივთიერებები და ამალდეს განსაზღვრის სელექტიურობა. განსაზღვრას არ უშლიან ანიონები: ფოსფატები, ფტორიდები, სულფატები, აცეტატები, ციტრატები და ტარტრატები. კათიონებთან ერთად ეს რეაგენტები წარმოქმნიან უფერულ ან სუტადშეფერადებულ კომპლექსებს. განსაზღვრას შეიძლება შეუშალონ თუთიამ და კადმიუმმა, რომლებთანაც კომპლექსები უფრო მდგრადია, ვიდრე რკინასთან. მათ შემშლელ გავლენას იცილებენ კომპლექსონ III-ით, სპილენძის შემშლელ გავლენას აცილებენ თიოგლიკოლის მჟავით.

რკინის ფორმების განცალკავებული განსაზღვრისას  $Fe^{3+}$ -ის  $Fe^{2+}$ -ში აღდგენისთვის იყენებენ ჰიდროქსილამინს, რომელიც სუსტ მჟავე არეში (pH - 3-4) რამდენიმე წუთში აღადგენს რკინას, ხოლო, მჟავე არეში (pH - 0-1) - ასკორბინის მჟავას. ციტრატების და აცეტატების თანაარსებობა აფერხებს სუსტ მჟავე არეში ჰიდროლიზებადი კათიონების გამოყოფას, ამიტომ ფერად რეაქციას ატარებენ აცეტატურ ან ციტრატულ ბუფერულ ხსნარებში. ორი რეაგენტიდან უპირატესობა ეძლევა 0-ფენანტროლინის გამოყენებას, რომელიც 15-ჯერ უფრო იაფია a,a-დიპირიდილთან შედარებით.

**ანალიზის მსვლელობა.** 50 მლ-იან საზომ კოლბში ათავსებენ საანალიზო ხსნარის ალიქვოტს, რომელიც შეიცავს 10–100 მკგ, მაგრამ არაუმეტეს 150 მკგ რკინას. ამატებენ 2 მლ ჰიდროქსილამინის 20%-იან ხსნარს, 2 მლ ნატრიუმის აცეტატს. ინდიკატორული ქალაღდის მიხედვით ხდება ნატრიუმის აცეტატის რაოდენობის კორექტირება pH - 3-4-მდე, ამატებენ 5 მლ 0-ფენანტროლინის ხსნარს, მიყავთ ნიშანხაზამდე და კარგად შეურევენ.

შეფერადებული ხსნარის ფოტომეტრირება ხდება 512 მმკ ტალღის სიგრძეზე. მარტოდენ  $Fe^{2+}$ -ის განსაზღვრისათვის ანალიზს ატარებენ ხსნარის ისეთივე ალიქვოტში და ანალიზის მსვლელობას ისეთივე თანმიმდევრობით, გარდა აღმდგენელი ჰიდროქსილამინის დამატებისა.

### **რკინის განსაზღვრის ექსტრაქციული მეთოდი ბატოფენანტროლინით**

რკინის მიკრორაოდენობის განსაზღვრის საფუძველია  $Fe^{2+}$ -ის იონებთან – 4,7-დიფენილ-1,10-ფენანტროლინის (ბატოფენანტროლინის) – შეფერადებული კომპლექსის წარმოქმნა, რომელიც კარგად ხსნადია ორგანულ გამხსნელებში (იზოამილი, ამინ-აცეტატი, ქლოროფორმი და სხვა). ყველაზე მოსახერხებელია ქლოროფორმის გამოყენება მისი მაღალი ხვედრითი წონის გამო. ქლოროფორმ-ეთილის სპირტის ნარევეში შეფერადებული კომპლექსები გამოირჩევიან მდგრადობით.

რეაქციისთვის ოპტიმალური pH - 4-7-ია. ბატოფენანტროლინის დახმარებით რკინის განსაზღვრას უშლიან სპილენძისა და კობალტის მაღალი კონცენტრაციები, მაგრამ, სპილენძთან კომპლექსი მყავე არეში უფერულია, ხოლო ტუტე არეში აქვს ყვითელი შეფერილობა და განსაზღვრისათვის არ არის ხელშემშლელი.

**ანალიზის მსვლელობა.** გამყოფ ძაბრში 50 ან 100 მლ-ზე იღებენ საანალიზო ხსნარის ალიქვოტს, 5-50 მკგ რკინის შემცველობით, ამატებენ 0,5 მლ 20%-იან ჰიდროქსილამინს  $Fe^{3+}$ -ის  $Fe^{2+}$ -ში აღდგენისთვის, ნატრიუმის აცეტატის 50%-იანი ხსნარის 2 მლ-ს pH-ის 5,0-5,5 დონეზე შენარჩუნებისთვის და ბატოფენანტროლინის 0,02 %-იანი ხსნარის 1 მლ და შეურევენ ნჯღრევით. შეფერადება სწრაფად ვითარდება და მდგრადი ხდება 10 წუთში. ამის შემდეგ, ბიურეტიდან ამატებენ 20 მლ ქლოროფორმს, ანჯღრევენ და ფაზების დაყოფის შემდეგ ორგანულ ექსტრაქტს გადაიტანენ 25 ან 50 მლ-იან კოლბში (რკინის რაოდენობის მიხედვით). ექსტრაქციას იმეორებენ 5- ან 10 მლ ქლოროფორმით. მიღებულ ექსტრაქტებს აერთიანებენ, ეთილის სპირტით მიჰყავთ ნიშანხაზამდე და ატარებენ ფოტომეტრირებას 533 მმკ ტალღის სიგრძეზე (მოყვითალო-მწვანე შუქფილტრი), შესაძარებელ ხსნარად გამოიყენება ეთილის სპირტი ან წყალი.

დაყალიბებულ მრუდს აგებენ სინჯში 5-50 მკგ რკინის ინტერვალში. შეფერადება მდგრადია მრავალი საათის განმავლობაში, საჭიროების შემთხვევაში  $Fe^{2+}$  და  $Fe^{3+}$  განცალკავებით განსაზღვრისათვის, იგივე ალიქვოტით და ანალიზის იგივე თანმიმდევრობით, აღმდგენელის დამატების გარეშე, აწარმოებენ  $Fe^{2+}$ -ის განსაზღვრას.  $Fe^{3+}$ -ის შემცველობას საზღვრავენ სხვაობით.

რკინის შემცველობას ყველა ფოტომეტრული მეთოდის გამოყენებით ანგარიშობენ ფორმულით:

$$X = (a \cdot V_0 \cdot 1000) : (H \cdot V_1 \cdot 1000) = (a \cdot V_0) : (H \cdot V_1)$$

სადაც X არის რკინის შემცველობა, მგ/კგ;

a - რკინის შემცველობა ნაპოვნი გრაფიკზე, მკგ;

$V_0$  - ხსნარის ან გამონაწურის სანყისი მოცულობა, მლ;

$V_1$  - გამონაწურის ან ხსნარის მოცულობა აღებული გასაზღვრისათვის, მლ;

H - ნიადაგის წონა, გ;

1000 - კოეფიციენტები შედეგების გადასაყვანად, გასაყოფში (კგ), გამყოფში (მგ);



## რეაქტივები

1. სულფოსალიცილის მჟავა (25%-იანი წყალხსნარი). ხსნარის არამდგრადობის გამო ამზადებენ ანალიზის დღეს საჭირო რაოდენობით და ინახავენ ფერადი მინის ჭურჭელში.
2. მარილმჟავა ჰიდროქსილამინის 20%-იანი წყალხსნარი.
3. ნატრიუმის აცეტატის 50%-იანი წყალხსნარი.
4. ბატოფენანტროლინი (0,02 %-იანი ხსნარი ეთილის სპირტში) : 20 მგ ბატოფენანტროლინს ხსნიან 100 მლ ეთილის სპირტში.
5. ქლოროფორმი.
6. ეთილის სპირტი ჰიდროლიზებული.
7. 0-ფენანტროლინი : ქლორჰიდრატის 0,25%-იანი ხსნარი ან 0-ფენანტროლინის ჰიდრატი 0,1 ნორმალობის HCl – ხსნარში.
8. ამიაკის 10%-იანი ხსნარი.
9. ტრილონ B-ს 0,05 ან 0,025 ნორმალობის ხსნარი.
10. წყალბადის ზეჟანგი (3%-იანი ხსნარი).
11. მარილის მჟავა (1 ნორმალობის ხსნარი), განზავებული 1:1;
12. აზოტის მჟავა (კონცენტრირებული).
13. კალიუმის ან ამონიუმის როდანიდის 20%-იანი წყალხსნარი.
14. რკინის სტანდარტული ხსნარი (ძირითადი). გამოხდით წყალში ხსნიან 0,8634 გრამ რკინა-ამონიუმის შაბს  $\text{NH}_4\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12 \text{H}_2\text{O}$  ქიმიურად სუფთა, გამომშრალი ექსიკატორში ნორმალურ ტემპერატურაზე. ამატებენ 2 მლ კონცენტრირებულ HCl და მოცულობა მიჰყავთ 1 ლიტრამდე. ხსნარი შეიცავს 100 მკგ/მლ რკინას. 10 მლ ძირითად ხსნარს განაზავებენ 1 ლიტრამდე გამოხდითი წყლით ხსნარი შეიცავს 1 მკგ/მლ რკინას.

## მანგანუმის განსაზღვრა ნიადაგში

მანგანუმის საერთო შემცველობა ნიადაგში 0,1–0,5%-ს შეადგენს, სადაც იგი მეტწილად სილიკატების, ალუმოსილიკა-

ტების, ჟანგეულების და ჰიდროჟანგების სახით არის წარმოდგენილი; მჟავე ნიადაგებში (ნითელმინები, კორდიან-ენერი) კი – გაცვლით მდგომარეობაში და ნიადაგის ხსნარში. ნეიტრალურ და ტუტე პირობებში და ორგანული ნივთიერებების სიჭარბისას მიმდინარეობს მცენარისათვის მიუზვდომელი ოთხვალენტიანი მანგანუმის წარმოქმნა. ამიტომ, მცენარე ხშირად განიცდის ამ ელემენტის ნაკლებობას. მჟავე რეაქციის ნიადაგებში მიმდინარეობს ორვალენტიანი მანგანუმის ხსნადი შენაერთების წარმოქმნა და მცენარე განიცდის მათ მავნე გავლენას. ნეიტრალური მარილებით გამოძვეებული მანგანუმის 2 მგ-მდე/100 გ ნიადაგზე შემცველობისას, ტოქსიკურობის გამოვლენა ამათუიმ ხარისხით შესაძლოა დამოკიდებული იყოს საკვები ელემენტებით მცენარის უზრუნველყოფის დონეზე და სხვა ფაქტორებზე; ხოლო, 5 მგ/100 გრამზე უფრო მაღალი კონცენტრაციის პირობებში, მანგანუმი სტაბილურ ნეგატიურ გავლენას ახდენს და თვლიან, რომ ის არის მოსავლის მკვეთრად დაცემის და ზოგჯერ მისი მთლიანად დაღუპვის მიზეზი.

მანგანუმის შემცველობა ნიადაგში შეიძლება განისაზღვროს წონითი, მოცულობითი, კოლორიმეტრული, სპექტროგრაფული და ატომურ-აბსორბციული მეთოდებით,

მანგანუმის განსაზღვრის არბიტრაჟული მეთოდაა ატომურ-აბსორბციული. ამჟამად ყველაზე გავრცელებულად ითვლება პერსულფატის, პერიოდატის და ფორმალდოქსიმის მეთოდები. პერსულფატის და პერიოდატის მეთოდები დაფუძნებულია მანგანუმის მჟავას წარმოქმნაზე და ერთმანეთისგან განსხვავდება  $Mn^{2+}$ -ის  $MnO_4^-$ -ში დაჟანგვის წესის მიხედვით. აღნიშნული მეთოდები გამოირჩევიან დიდი სელექტიურობით, თუმცა, დაბალმგრძნობელობით. მანგანუმის განსაზღვრა ფორმალდოქსიმით – მისი დაბალი ღირებულების წყალობით ადვილად ხელმისაწვდომი რეაგენცია, გამოირჩევა დამზადების სიმარტივით, დაფუძნებულია შეფერადებული კომპლექსის წარმოქმნაზე. მეთოდი გამოირჩევა მაღალი მგრძნობელობით.

## მანგანუმის განსაზღვრა პერიოდატის მეთოდით

აზოტმჟავას ან გოგირდმჟავას არეში (10%-იანი  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) კალიუმის პერიოდატი ( $\text{KJO}_4$ )  $\text{Mn}^{2+}$ -ს ჟანგავს  $\text{MnO}_4^-$ -მდე. დაჟანგვა მიმდინარეობს კატალიზატორის გარეშე, გაცხელებით და ფოსფორის მჟავას აუცილებელი თანაარსებობით, რომელიც ასტაბილურებს  $\text{MnO}_4^-$ -ს და ენინააღმდეგება იოდმჟავა მანგანუმის დაღეჭვას.

ელორი ხელს უშლის განსაზღვრას მხოლოდ მისი დიდი რაოდენობის შემთხვევაში, მაშინ როცა, მათი მცირე რაოდენობა იჟანგება იოდის მჟავით და არ უშლიან განსაზღვრას.

**ანალიზის მსვლელობა.** მანგანუმის საერთო შემცველობის განსაზღვრისას, ამათუიმ ხერხით ნიმუშის დაშლის შემდეგ, ფილტრაციდან იღებენ ალიქვოტურ ნაწილს, რომელიც შეესაბამება 0,2–0,3 გ ნიადაგს, ხოლო მოძრავი ფორმის განსაზღვრისას 10–15 მლ ფილტრატს (გამონაწურს), ათავსებენ ფაიფურის ჯამში ან ცეცხლგამძლე ქიქაში 50 მლ-ზე, ამატებენ 5 მლ კონცენტრირებულ  $\text{HNO}_3$  და 2 მლ  $\text{H}_2\text{O}_2$  და აორთქლებენ ამოშრობამდე. მშრალ ნაშთს ამუშავებენ კიდევ 2–3-ჯერ აზოტის მჟავით და წყალბადის ზეჟანგით  $\text{HCl}$ -ის გამოძევებისათვის და აღმდგენლების დაჟანგვისათვის.  $\text{HNO}_3$ -ით ყოველი დამუშავების შემდეგ ნაშთს აშრობენ ქურაზე  $\text{HNO}_3$ -ის სრული მოშორებისათვის.

მშრალ ნაშთს ასხამენ 25 მლ 10%-იან  $\text{H}_2\text{SO}_4$  და აცხელებენ მის სრულ გახსნამდე. ქიქაში ასხამენ 20 მლ წყალს, ამატებენ 2 მლ  $\text{H}_3\text{PO}_4$  (d 1,7) და 1 მლ აზოტმჟავა ვერცხლის 2,5%-იან ხსნარს, შეურევენ და შეაქვთ დაახლოებით 0,5 გრამი  $\text{KJO}_4$  მშრალი მარილი, აცხელებენ ხსნარს ადუღებამდე და განაგრძობენ დუღილს მანგანუმის სრულ დაჟანგვამდე. გაცივების შემდეგ ხსნარი გადააქვთ 50 მლ-იან საზომ კოლბში, წყლით ან 10%-იანი  $\text{H}_2\text{SO}_4$ -ით მიჰყავთ მოცულობა ნიშანსაზამდე.

ეტალონური ხსნარების სერიას 0,1-დან 2,0 მგ-მდე მანგანუმის შემცველობით ამზადებენ იგივენაირად როგორც საანალიზო სინჯს. ფოტომეტრირებას ატარებენ 525 მმკ ტალღის სიგრძეზე გამოხდილ წყალთან შედარებით.

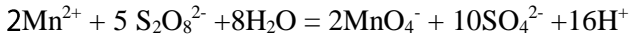
### **მანგანუმის განსაზღვრა ფორმალდოქსიმით**

მეთოდი დაფუძნებულია იმაზე, რომ ფორმალდოქსიმი ( $\text{GH}_2=\text{N}=\text{OH}$ )  $\text{Mn}^{2+}$ -თან წარმოქმნის უფერო კომპლექსს, რომელიც ტუტე არეში სწრაფად იჟანგება ატმოსფეროს ჟანგბადით მდგრად მონითალო – ყავისფერ შენაერთში  $[\text{Mn}(\text{CH}_2\text{O})_6]^{2+}$ ; განსაზღვრას უშლიან იონები –  $\text{Fe}^{2+}$ ;  $\text{Cu}^{2+}$ ;  $\text{Ni}^{2+}$ ;  $\text{Co}^{2+}$ , რომლებიც ფორმალდოქსიმთან წარმოქმნიან ანალოგიურ შეფერადებულ შენაერთებს. ამასთან ერთად ტუტე არეში მეტალებს შეუძლიათ ნალექის გაკეთება. ამიტომ ხსნარში მათი შეკავების მიზნით აუცილებელია კომპლექსწარმოქმნელის დამატება, ხოლო, ფორმალდოქსიმთან მათი კომპლექსების დაშლისათვის – ციანიდების ან ასკორბინის მჟავას დამატება.

**ანალიზის მსვლელობა.** 50 მლ-იან საზომ კოლბში ათავსებენ ნიადაგის გამონაწურის ალიქვოტს 10-20 მკგ მანგანუმის შემცველობით. ამატებენ 5 მლ ფორმალდოქსიმის სამუშაო ხსნარს და 15 მლ სამუშაო ამიაკურ ბუფერულ ხსნარს; ყოველი რეაქტივის დამატების შემდეგ კოლბის შიგთავსს კარგად შეურევინ და აყოვნებენ 5-10 წუთით შეფერადების სრულად განვითარებისთვის. შემდეგ ამატებენ 2,5 მლ შემნილბავ ხსნარს და შეურევინ; აყოვნებენ 10 წუთით რკინის ფორმალდოქსიმის კომპლექსის დაშლამდე და მიჰყავთ წყლით ნიშანხაზამდე. ხსნარის ფოტომეტრირებას აწარმოებენ არა უგვიანეს 30 წუთის გასვლისა 490 მმკ ტალღის სიგრძეზე (ლურჯ-მწვანე შუქფილტრი) გამოხდილ წყალთან შედარებით. დაყალიბებულ მრუდს აგებენ სინჯში 10–50 მკგ მანგანუმის შემცველობაზე.

## მანგანუმის განსაზღვრა ნიადაგში პერსულფატის მეთოდით

ამონიუმის ან კალიუმის პერსულფატი ( $\text{H}_2\text{S}_2\text{O}_8$  - მჟავას მარილი) მჟავე არეში კატალიზატორების – ვერცხლის ნიტრატის ან კობალტის მარილების – თანაარსებობისას  $\text{Mn}^{2+}$ -ს ჟანგავს  $\text{MnO}_4^-$  მდე შემდეგი ტოლობით:



მანგანუმის განსაზღვრას უშლიან აღმდგენლები და განსაკუთრებით ქლორიდ-იონები; თუკი საანალიზო სინჯში არსებობს ქლორის იონები მანგანუმი არ იჟანგება მანგანუმის მჟავამდე, ამიტომ, აუცილებელია მათი მოშორება აზოტის ან გოგირდის მჟავეებთან ერთად აორთქლებით ან ვერცხლის იონებით შებოჭვით.

$\text{MnO}_4^-$ -ის წარმოქმნა შესაძლებელია მხოლოდ აზოტმჟავას ან გოგირდმჟავას არეში ან ორივე მჟავას ნარევიში. მჟავეების კონცენტრაცია არსებით გავლენას ახდენს რეაქციის სიჩქარეზე და მიმართულებაზე. სუსტმჟავე და ნეიტრალურ არეში პერსულფატით დაჟანგვა მიმდინარეობს  $\text{MnO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ -ს ნალექის წარმოქმნამდე ესე იგი  $\text{Mn}^{4+}$ -მდე. რეაქციისთვის ოპტიმალური მჟავიანობა ყალიბდება  $\text{H}_2\text{SO}_4$ -ის 5-7%-ის შემცველობის პირობებში (მოცულობის მიხედვით).

მანგანუმის განსაზღვრას უშლიან ხსნარში დიდი რაოდენობით არსებული რკინის იონები, რომლებიც ფოსფორის მჟავას დახმარებით გადაყავთ უფერულ კომპლექსებში. ფოსფორის მჟავას არსებობა ხელს უშლის  $\text{MnO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$  დალექვას.

$\text{KNO}_3$ -ის ნეიტრალური მარილით ნიადაგის გამონაწურში მანგანუმის შემცველობის განსაზღვრისას გამოიდევენება ძალიან მცირე რაოდენობით ორგანული ნივთიერება და ანალიზი შეიძლება ჩატარდეს დაუყოვნებლივ. ბუფერული გამონაწურებით ანალიზისას განსაზღვრას უშლიან აცეტატური იონები და ორგანული ნივთიერებები, რომლებიც მთლიანად უნდა დაიშალოს.

**ანალიზის მსვლელობა.** ფაიფურის ჯამში ათავსებენ 5-10 მლ გამონაწურს – დამოკიდებულია მანგანუმის შემცველობაზე. ამატებენ 3 მლ კონცენტრირებულ  $H_2SO_4$ -ს და აორთქლებენ ქურაზე ან ქვიშის აბაზანაზე  $SO_3$ -ის სქელი ორთქლის გამოყოფამდე. ამ დროს ყავისფერი ხსნარი უნდა გაუფერულდეს, თუკი ხსნარი არ გაუფერულდა, გაცივებულ ხსნარს ამატებენ ამონიუმის პერსულფატის რამდენიმე კრისტალს და აცხელებენ. გაცივების შემდეგ ხსნარს განაზავებენ და გადააქვთ 50 მლ-იან საზომ კოლბში, გულმოდგინედ ჩარეცხავენ წყლით ფაიფურის ჯამს. შემდეგ კოლბში ამატებენ 1 მლ  $AgNO_3$ -ის 2,5%-იან ხსნარს, 1 მლ კონცენტრირებულ  $H_3PO_4$ , 10 მლ ამონიუმის პერსულფატის ხსნარს და მოცულობა მიჰყავთ ნიშანხაზამდე. მანგანუმის დაჟანგვისათვის კოლბებს აჩერებენ თერმოსტატში 1 საათით ან წყლის აბაზანაზე  $80^\circ$  ტემპერატურაზე და გაცივების შემდეგ ანარმოებენ ფოტომეტრირებას გამოხდილ წყალთან შედარებით 530 მმკ ტალღის სიგრძეზე (მოყვითალო-მწვანე შუქფილტრი).

მანგანუმის შემცველობას ანგარიშობენ ფორმულით:

$$X = (a \cdot V_0 \cdot 1000) : (H \cdot V_1 \cdot 1000) = (a \cdot V_0) : (H \cdot V_1)$$

სადაც X არის მანგანუმის შემცველობა, მგ/კგ;

a - მანგანუმის შემცველობა გრაფიკის მიხედვით, მკგ;

$V_0$  - საწყისი ხსნარის (გამონაწურის) მოცულობა, მლ;

$V_1$  - ანალიზისთვის აღებული ხსნარის (გამონაწურის) მოცულობა, მლ;

H - ნიადაგის წონა, გ.;

### რეაქტივები

1. კონცენტრირებული  $H_2SO_4$ ;  $HNO_3$ ;  $H_3PO_4$ ;
2. ამონიუმის, კალიუმის პერსულფატი: 40 გრამი მარილს ხსნიან 100 მლ წყალში, ხსნარს ამზადებენ ანალიზის ჩატარების დღეს.
3. აზოტმჟავა ვერცხლი (2,5%-იანი ხსნარი) ინახავენ ფერადი მინის ჭურჭელში.
4. კალიუმის პერიოდატი, მშრალი კრისტალური მარილი.

5. ფორმალდოქსიმის ხსნარი (სამარაგო) : 123 გ მარილმჟავა ჰიდროქსილამინს ხსნიან 700 მლ გამობდილ წყალში, ამატებენ 172 მლ 37%-იან ფორმალინს და მიჰყავთ წყლით 1 ლიტრამდე; ხსნარის შენახვა შეიძლება 1 თვემდე. ანალიზის ჩატარების დღეს მისგან ამზადებენ სამუშაო ხსნარს, რისთვისაც 200 მლ სამარაგო ხსნარს ანზავებენ გამობდილი წყლით 1 ლიტრამდე.

6. ამიაკური ბუფერული ხსნარი (სამარაგო): 68 გ  $\text{NH}_4\text{Cl}$  ხსნიან 570 მლ ამიაკის 25%-იან ხსნარში და წყლით მიჰყავთ 1 ლიტრამდე. სამუშაო ხსნარს ამზადებენ სამარაგო ხსნარის 10-ჯერ განზავებით.

7. შემნიღბავი ხსნარი: 4 გ ასკორბინის მჟავას ხსნიან 500 მლ ტრილონ ნ-ს 3%-იან ხსნარში.

8. მანგანუმის სტანდარტული ხსნარი (სამარაგო): 2,730 გ  $\text{MnSO}_4$ -ს, წინასწარ გამონრთობილს მუდმივ წონამდე, ხსნიან წყალში, ამატებენ 10 მლ  $\text{H}_2\text{SO}_4$ (d 1,84) და მოცულობა მიჰყავთ 1 ლიტრამდე. ხსნარი შეიცავს 1 მგ  $\text{Mn}$ /მლ; სამუშაო ხსნარებს ამზადებენ სამარაგო ხსნარის შესაბამისი განზავებით.

## ალუმინის განსაზღვრა ნიადაგში

ალუმინის საერთო შემცველობა ნიადაგში შეადგენს 8–15%  $\text{Al}_2\text{O}_3$  და ძირითადად წარმოდგენილია ძნელადხსნადი შენაერთების სახით, როგორცაა: ალუმოსილიკატები, ჰიდრატები, ფოსფატები. მჟავე ნიადაგებში ალუმინი შეიძლება იყოს ასევე გაცვლით-შთანთქმულ მდგომარეობაში. ალუმინის ფორმებთან არის დაკავშირებული ნიადაგის მჟავიანობა. მჟავე ნიადაგების მცირე ჰუმუსიან ჰორიზონტებში გაცვლითი მჟავიანობა პრაქტიკულად მთლიანად განპირობებულია  $\text{Al}^{3+}$  იონებით. ალუმინი ითვლება პირობითად აუცილებელ ელემენტად გარკვეული ჯგუფის კულტურებისათვის, და აუცილებელ ელემენტად სხვებისთვის. მისი საშუალო შემცველობა მცენარეებში 0,02%-ია. ბუნებრივ პირობებში ალუმინის ნაკლებობის მოვლენა მცენარეებისათვის აღნიშნული არ არის. მეორე მხრივ, ალუმინის მოძრავი ფორმების ამაღლებული კონცენტრაციის ტოქსიკური

გავლენა კარგად არის ცნობილი. ალუმინის მოძრავი ფორმების ნეგატიური მოქმედება მჟღავნდება როგორც ნიადაგის მჟავიანობის შეცვლით, ასევე, მისი პირდაპირი გავლენით სასიცოცხლოდ მნიშვნელოვან პროცესებზე. მოძრავი ალუმინის 2–5 მგ/100 გ ნიადაგზე შემცველობის პირობებში შეიმჩნევა მცენარის ზრდისა და განვითარების დაჩაგვრა, ხოლო, 10 და მეტი მგ/100 გ შემთხვევაში მკვეთრად მცირდება მოსავალი და ხშირად აღინიშნება მისი დაღუპვა.

ყოველივე აღნიშნული განაპირობებს მუდმივი კონტროლის ჩატარებას ალუმინის შემცველობის დონეზე, მისი მიზანმიმართული რეგულირების მიზნით.

ალუმინის საერთო შემცველობის განსაზღვრისათვის ნიადაგში საუკეთესო შედეგებს იძლევა მოცულობითი მეთოდები – დატიტვრა თუთიის სულფატის ხსნარით ქსილენოლის ნარინჯის თანაარსებობისას წყლის არეში და დიტიზონის აცეტატურ-წყლის არეში. კოლორიმეტრული მეთოდები მაღალი მგრძნობელობის გამო საერთო ანალიზისას საჭიროებს სინჯის ძლიერ განზავებას, რამაც შეიძლება გამოიწვიოს მნიშვნელოვანი ცდომილება საბოლოო ანგარიშისას, მაგრამ მოძრავი ფორმების შესწავლისას ისინი უპირატესია.

### **ალუმინის განსაზღვრა ალუმინონით**

ალუმინონი –  $C_{22}H_{23}O_9N_3$  – აურინსამკარბონის მჟავას სამამონიუმბიანი მარილი, სამფენილმეთანური შემფერადებელი, სუსტი მჟავე და ნეიტრალური ხსნარები, რომელთაც აქვთ ყვითელ-ყავისფერი შეფერილობა. შეფერვის ინტენსივობა დამოკიდებულია ტემპერატურაზე, არის რეაქციაზე და რეაქციის ხანგრძლივობაზე. განსაზღვრას უშლიან მეტწილად Fe (III), Ti, Be, Cu, Cr, V; Fe(III)-ის მცირე რაოდენობას აღადგენენ Fe(II)-მდე თიოგლიკოლის ან ასკორბინის მჟავებით. სხვა კათიონების შემშლელი გავლენა ნიადაგის მარილის გამონაწერში უკიდურესად უმნიშვნელოა. სპილენძი შეიძლება შეინიღბოს ჰიპოსულფიტით.



საანალიზო ხსნარი არ უნდა შეიცავდეს ტარტრატებს, ციტრატებს, ფტორიდებს, ოქსალატებს და კობლექსონ III, რომლებიც ალუმინონთან იძლევიან მტკიცე (მდგრად) კომპლექსებს.

**ანალიზის მსვლელობა.** 100 მლ-იან საზომ კოლბში ათავსებენ 5-10 მლ KCl-ის გამონაწურის ალიქვოტს, რომელიც შეიცავს 10-80 მკგ  $Al^{3+}$ . ამატებენ წვეთ n-ნიტროფენოლს და ამიაკის ხსნარს ინდიკატორის ყვითელი ფერის მიღებამდე. აწვეთებენ მარილმჟავას შეფერილობის გაქრობამდე. თანმიმდევრობით ამატებენ ლიმონის მჟავას ხსნარის 1 მლ და თიოგლიკოლის მჟავას ხსნარის 2 მლ და შეურევენ. შემდეგ, დაამატებენ 10 მლ ალუმინონის ხსნარს ბუფერულ ნარევი და ათავსებენ მდულარე წყლის აბაზანაზე 15 წუთის განმავლობაში, რის შემდეგ აცივებენ, მიიყვანენ ნიშანსაზამდე, შეურევენ და არა უგვიანეს 25 წუთის შემდეგ ატარებენ ფოტომეტრირებას გამოხდილ წყალთან შედარებით 525 მმკ ტალღის სიგრძეზე (მწვანე შუქფილტრი).

ანგარიშს აწარმოებენ შემდეგი ფორმულით:

$$X = (a \cdot V_0 \cdot 100) : (n \cdot V_1 \cdot 1000) = (a \cdot V_0) : (n \cdot V_1 \cdot 10)$$

სადაც, X არის ალუმინის შემცველობა, მგ / 100 გ ნიადაგზე;

a - ალუმინის შემცველობა სინჯში, ნაპოვნი გრაფიკზე, მკგ;

$V_0$  - საწყისი გამონაწურის მოცულობა, მლ;

$V_1$  - განსაზღვრისათვის აღებული ხსნარის მოცულობა, მლ;

n - ნიადაგის წონაკი, გ;

10 - კოეფიციენტი მონაცემების გადასაყვანად მგ/100გ;

## ალუმინის განსაზღვრა ქრომაზუროლით ЦИНАО\*-ს მეთოდით

ქრომაზუროლი C (ალბერონი) სუსტ მჟავე არეში (pH – 5,8) ალუმინთან წარმოქმნის წყალში ხსნად შეფერადებულ კომპლექსს. ქრომაზუროლით ალუმინის განსაზღვრას ძირითადად ხელს უშლის Fe(III). რკინის ჟანგის ქვეჟანგში აღდგენის შემდეგ იგი არ უშლის განსაზღვრას, თუნდაც მისი შემცველობა ხსნარში 50-ჯერ მეტი იყოს, ვიდრე ალუმინი. შეფერადებული კომპლექსი მდგრადია შენახვისა და აღმდგენლების მოქმედებისადმი.

**ანალიზის მსვლელობა.** 50 მლ-იან საზომ კოლბში იღებენ KCl-ის გამონაწურის ალიქვოტს, 0,5–5,0 მგ ალუმინის შემცველობით. საჭიროების შემთხვევაში წყლით ანზავებენ 20 მლ-მდე, ამატებენ 5 მლ ასკორბინის მჟავას ხსნარს და შერევის შემდეგ ამატებენ 25 მლ ქრომაზუროლის რეაქტივ B, კვლავ შეურევენ და მიჰყავთ ნიშანსაზამდე; შემფერადებელი რეაქტივის დამატების შემდეგ არაუგვიანეს 30 წუთისა და არა ადრე 10 წუთისა ატარებენ კოლორიმეტრირებას 1 სმ-იან (გასახედი შრის სისქე) კიუვეტში საკონტროლო ცდასთან შედარებით 545 მმკ ტალღის სიგრძეზე (მწვანე შუქფილტრი). დაყალიბებულ მრუდს აგებენ 0,25-დან 5,0 მგ-მდე ალუმინის შემცველობაზე. შეფერადებას ანარმოებენ ისევე, როგორც საანალიზო სინჯის შემთხვევაში.

ალუმინის შემცველობას ანგარიშობენ ფორმულით:

$$X = (a \cdot V_0 \cdot 100) : (n \cdot V_1)$$

სადაც, X არის ალუმინის შემცველობა, მგ / 100 გ ნიადაგზე;

a - ალუმინის შემცველობა გრაფიკის მიხედვით, მგ;

$V_0$  - გამონაწურის საწყისი მოცულობა, მლ;

$V_1$  - განსაზღვრისათვის აღებული ხსნარის (ფილტრატის) მოცულობა, მლ;

n - ნიადაგის წონაკი, გ;

---

\* აგროქიმიური მომსახურების ცენტრალური ინსტიტუტი, მოსკოვი.

100 – კოეფიციენტი მონაცემების გადასაყვანად მგ/100 გ;  
მიღებული მონაცემების მგ.ექვ./100 გ ნიადაგზე გადასაან-  
გარიშებლად მიღებული მაჩვენებლები – მგ/100 გ ნიადაგზე  
საჭიროა გავყოთ 9-ზე.

**რეაქტივები:**

1. **მარილმჟავა** (ანალიზისთვის სუფთა) განზავებული (1 : 1).
2. **ამიაკის ხსნარი** (ანალიზისთვის სუფთა) განზავებული (1:1).

3. **ლიმონის მჟავა** (10%-იანი ხსნარი).

4. **თიოგლიკოლის მჟავა** (1%-იანი ხსნარი) : განვაზავოთ 1 მლ (80-95%-იანი სისუფთავის) თიოგლიკოლის მჟავა 100 მლ-მდე ორმაგ გამოხდილ წყალში შევინახოთ არა უმეტეს 5 დღისა.

5. **ასკორბინის მჟავა** (1%-იანი ხსნარი): მზადდება ანალიზის ჩატარების დღეს.

6. **ალუმინონი ბუფერულ ხსნარში (pH 4,0):** გავხსნათ ცალკეულ ულუფებად 100-100 მლ გამოხდილ წყალში 138 გ ამონიუმის აცეტატი (ანალიზისთვის სუფთა), 126 მლ HCl (d 1,18), 0,9 გ ალუმინონი და 10 გ ჟელატინი. ოთხივე ხსნარი გადავიტანოთ 1 ლიტრიან საზომ კოლბში და წყლით მივიყვანოთ ნიშანხაზამდე, შევურიოთ და შემდეგ დღეს გავფილტროთ მინის ფილტრით №4 ან მინის ბამბით. ხსნარი სტაბილურია 6 თვის განმავლობაში, ხსნარის pH 3,8–4,0.

7. **ქრომაზუროლის რეაქტივი A :** 326 გ ძმარმჟავა ამონიუმში გავხსნათ დაახლოებით 800 მლ გამოხდილ წყალში, დავუმატოთ 5 მლ ცინულოვანი ძმარმჟავა და შევურიოთ. მიღებულ ბუფერულ ნარევეში გავხსნათ 1 გ ქრომაზუროლ C, წყლით მივიყვანოთ მოცულობა 1 ლიტრამდე, მეორე დღეს გავფილტროთ ქალაღდის ფილტრით. ხსნარი მდგრადია 1 თვის განმავლობაში შევინახოთ ფერადი მინის ჭურჭელში.

8. **ქრომაზუროლის რეაქტივი B:** მზადდება ანალიზის ჩატარების დღეს 8 მოცულობა რეაქტივი A-ს განზავებით 92 მოცულობის გამოხდილ წყალში.

9. ალუმინის სტანდარტული ხსნარი (ძირითადი): გავხსნათ 1,7582 გ ალუმინის შაბი  $[KAl(SO_4)_2 \cdot 12 H_2O]$  ორმაგ გამოხდილ ნყალში და განვაზავოთ 1 ლიტრამდე; 1 მლ ხსნარი შეიცავს 100 მკგ/მლ Al; განვაზავოთ 10 მლ ძირითადი ხსნარი ორმაგი გამოხდილი ნყლით 1 ლიტრამდე. 1 მლ ხსნარი შეიცავს 1 მკგ/მლ Al.

## გოგირდის განსაზღვრა ნიადაგში

გოგირდი როგორც მიკროელემენტი მცენარის კვებაში, მრავალნაირი ფორმის კავშირებისა და მათი განსაზღვრის სირთულის გამო ერთ-ერთი ყველაზე ნაკლებად შესწავლილი ელემენტი აგროქიმიიაში.

გოგირდის საერთო შემცველობა ნიადაგში 0,05-0,25%-ია. ყველაზე ნაკლებია იგი მსუბუქ ნიადაგებში, ჭარბი დატენიანების ზონაში, მაშინ, როცა საშუალო და მძიმე თიხნარ ნიადაგებში და განსაკუთრებით ტორფიან ნიადაგებში მათი შემცველობა გაცილებით მაღალია. ჩვენი ქვეყნის მშრალი რაიონების ნიადაგები არა მარტო კარგად არიან უზრუნველყოფილი გოგირდით, არამედ, აქ ხშირად აღინიშნება მათი სულფატური დამლაშებაც.

წყალხსნარებში გოგირდი მხოლოდ ანიონის სახით არის, საკმაოდ ადვილად იცვლის დაჟანგვის ხარისხს, რაც ფართოდ გამოიყენება მისი განსაზღვრისათვის.

ბიოლოგიურ ობიექტებში გოგირდი შეიძლება იყოს – გოგირდის ელემენტის, გოგირდწყალბადის, სულფიდების, სულფატების, სულფიტების, თიოსულფატების და სხვა სახით.

გოგირდის ფორმების განსაზღვრისათვის გამოიყენება ტიტრირიმეტრული, ფოტოკოლორიმეტრული, ელექტროქიმიური მეთოდები, აიროვან-თხევადი ქრომატოგრაფიის მეთოდი, სპექტროსკოპული, რადიომეტრული და სხვა მეთოდები.

ბიოლოგიურ და ბუნებრივ ობიექტებში გოგირდის მრავალრიცხოვანი ფორმის კავშირების გამო, მისი საერთო შემცვე-

ლობის განსაზღვრის ყველა მეთოდი საჭიროებს დაჟანგვის ერთიან ფორმაში გადატანას, ხოლო ცალკეული ფორმების აღრიცხვა – მათ წინასწარ განცალკავებას.

## **ხსნარებისა და გამონაწერების მომზადება გოგირდის განსაზღვრისათვის ნიადაგში**

გოგირდით ნიადაგის უზრუნველყოფის დახასიათებისთვის საზღვრავენ როგორც მის საერთო, ისე ორგანული და მინერალური ფორმების შემცველობას.

ნიადაგში გოგირდის საერთო შემცველობის განსაზღვრისათვის ი.ი. დობრიცკაიას (Ю.И.Добрицкая) მიერ შემოთავაზებულია ნიადაგის HF-ით დაშლის ზემოთ აღწერილი მეთოდი (აზოტის მჟავას თანაარსებობით) ან ნიადაგის დაშლა HCl-ით. მაგრამ ამ მეთოდით შესაძლებელია ორგანული გოგირდის მნიშვნელოვანი დანაკარგები ნიადაგის 500<sup>0</sup> ტემპერატურაზე გამონრთობის სტადიაზე. რ.ხ. აიღინიანმა (Р.Х.Айдинян) შემოგვთავაზა გოგირდშემცველი ნივთიერების ჟანგბადით დაჟანგვის მეთოდი. ჟანგბადის გამოყოფა ხდება გაცხელებით ბერთოლეს მარილთან ერთად:  $2KClO_3 = 2KCl + 3O_2$ . გოგირდის დაჟანგვა ამ დროს მიმდინარეობს სულფატურ ფორმამდე.

**ანალიზის მსვლელობა.** 1–1,5 გრამ ნიადაგს 4%-ზე მეტი ჰუმუსის შემცველობით, 2-3 გრამ სუსტად ჰუმუსირებული ჰორიზონტების ნიადაგს ან 0,3 გ მცენარეულ მასალას ურევენ 5-8 გრამ წინასწარ 1%-იანი HCl-ით გარეცხილ და გამონრთობილ კვარცის ქვიშას, ათავსებენ სინჯარაში ან კელდალის კოლბში. ამატებენ 2 გ KClO<sub>3</sub>, გულმოდგინედ შეურევენ, დაახურავენ სიფონიან საცობს, რომლის ბოლო ჩაშვებულია მიმღებ სინჯარაში, რომელიც ნახევრამდე შევსებულია გამოხდილი წყლით, რომელზეც დამატებულია 1-2 წვეთი H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>; აცხელებენ ქურაზე, არ დაიშვება ძალზე ძლიერი რეაქცია მანამ, ვიდრე არ შეწყდება პატარ-პატარა ამოფრქვევები, ხოლო, მიმღებ სინჯარაში ბუშტუკების გამოყოფა. გაცივებულ სინჯარაში ამატებენ 2-3 წვეთ

კონცენტრირებულ HCl-ს. ორივე სინჯარის შიგთავსს აერთიანებენ და ფილტრავენ, მყარ ნარჩენს ცხელი წყლით მთლიანად გადაიტანენ ფილტრზე. არსებულ ნარჩენს ჩარეცხავენ KCl-ის 0,1 ნორმალობის ხსნარით; ფილტრატის მოცულობა მიჰყავთ 150-200 მლ-მდე.

არასრული წვის შემთხვევაში, რაც კარგად ჩანს ცალკეული დაუნვაი ნაწილაკების მიხედვით, ორივე სინჯარის შიგთავსი გადააქვთ ფაიფურის ჯამში, ამატებენ 0,2 გ KClO<sub>3</sub> და რამდენიმე წვეთ HCl ან 2-3 მლ 30%-იან H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> და აორთქლებენ წყლის აბაზანაზე; დამუშავება მეორდება 2-3 ჯერ, შემდეგ ფილტრავენ ისე, როგორც ეს აღწერილია ზემოთ. უნდა გაიზომოს ფილტრატის საბოლოო მოცულობა.

საერთო გოგირდის განსაზღვრისათვის ნიადაგის დაშლას აწარმოებენ HClO<sub>4</sub> და HNO<sub>3</sub>-ის მჟავების ნარევის (1 : 3 შეფარდებით) დუღილით; 1-3 გრამ პუდრისებრ მდგომარეობამდე დაფქვილ ნიადაგს ამატებენ 15 მლ მჟავების ნარევის ან 15 მლ HNO<sub>3</sub>-ს, შეურევენ და 8-10 საათის შემდეგ აცხელებენ აზოტის მჟავას სრულ დაშლამდე და ხსნარების გაუფერულებამდე; თუკი ხსნარი შეფერადებულია, გაცივებულ კოლბებში ამატებენ 2-2 მლ 30%-იან H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> და კვლავ აცხელებენ. გაცივების შემდეგ, წყლის მცირე ულუფების დამატებით, შიგთავსი გადააქვთ ფილტრზე და ჩარეცხავენ ფილტრს ცხელი წყლით. უნდა გაიზომოს ფილტრატის საბოლოო მოცულობა.

ნიადაგის გამონაწურებში, ლიზიმეტრულ და გრუნტის წყლებში მინერალური გოგირდის შემცველობის განსაზღვრისას გოგირდის შენაერთების დაჟანგვისათვის იყენებენ ბრომს ტუტე არეში.

300-500 მლ მოცულობის კონუსურ კოლბში ათავსებენ 200 მლ საანალიზო ხსნარს, ამატებენ 1-2 მლ NaOH-ის 5%-იან ხსნარს, შეაქვთ ბრომიანი წყალი მოყვითალო შეფერილობის შენარჩუნებამდე და ამატებენ 5 მლ ქლოროფორმს ან ოთხქლორიან ნახშირბადს, კოლბის ყელს ახურავენ ძაბრს და შეურევენ; 20-30 წუთის შემდეგ ამატებენ 10 მლ კონცენტრირებულ HNO<sub>3</sub> და

აცხელებენ 30 წუთს ბრომის სრულ გაქრობამდე. რკინის ჰიდროჟანგის ნალექის წარმოქმნის შემთხვევაში ხსნარს გადაფილტრავენ და ნალექს გულმოდგინედ ჩარეცხავენ; ცხელ ხსნარს ანეიტრალეზენ მარილის მჟავით, რის შემდეგ შეამჯავებენ 1 მლ იგივე მჟავით და ზომავენ საბოლოო მოცულობას.

ორგანული ნივთიერების დაჟანგვა ნიადაგში შეიძლება შესრულდეს 20-30 წუთის განმავლობაში მისი შეღებვით ნატრიუმის კარბონატის და მაგნიუმის ჟანგის ნარევიან (შეფარდებით 1 : 2) ან ნატრიუმის კარბონატის და ნატრიუმის ზეჟანგის ( $\text{Na}_2\text{O}_2$ ) ნარევიან (შეფარდებით 1 : 3);

1-3 გრამ ნიადაგის წონაკს ტიგელში გულმოდგინედ შეურევენ 1-3 გრამ ნარევის დაჟანგვისათვის, ათავსებენ ციფ მუფელში და თანდათან აუწევენ ტემპერატურას, ვიდრე არ წარმოიქმნება შენაღობი მასა და აყოვნებენ მას 20-30 წუთი. გაცივების შემდეგ აღნიშნულ შენაღობს მასას სრულ გახსნამდე ადულებენ წყალთან ერთად ქურაზე, ფილტრავენ, გულმოდგინედ ჩარეცხავენ ფილტრს წყლით; ფილტრატს ანეიტრალეზენ მარილის მჟავით, ამატებენ 1 მლ აღნიშნულ მჟავას და ზომავენ საბოლოო მოცულობას.

მინერალური და ორგანული გოგირდის განცალკავებით განსაზღვრისათვის რ.ხ.აიდინიანის მიერ შემოთავაზებულია განსაზღვრის შემდეგი სქემა. მინერალური გოგირდის მოცილებისთვის 3-5 გრამ ნიადაგს ათავსებენ ჭიქაში, ამატებენ 0,2 ნორმალობის  $\text{HCl}$ , შეურევენ და დაყოვნების შემდეგ გაფილტრავენ დეკანტაციით ძაბრში გავლით, რომელშიც მოთავსებულია წინასწარ აწონილი ფილტრი. მჟავით დამუშავებას ატარებენ რამდენჯერმე  $\text{SO}_4^{2-}$ -ზე რეაქციის შეწყვეტამდე. ნიადაგის ნარჩენს ფილტრატთან ერთად აშრობენ 45-50<sup>0</sup>-ზე, წონიან და გულმოდგინედ გასრესის შემდეგ იღებენ 1-1,5 გრამს ზემოთ აღწერილი რომელიმე მეთოდით ნიადაგის დაშლისათვის.

## სულფატური გოგირდის განსაზღვრა წონითი მეთოდით

მეთოდის საფუძველია სულფატ-იონების გამოლექვა ბარიუმის იონებით. ბარიუმის სულფატთან ერთად ყველაზე მეტად გამოილექებიან აზოტის მჟავას ანიონები და  $\text{Fe}^{3+}$  იონები.  $\text{Fe}^{2+}$ -ის იონები გამოილექებიან მცირე ოდენობით, ამიტომ რკინის მცირე რაოდენობით შემცველობისას შეიძლება შემოვიფარგლოთ ჰიდროქსილამინით მისი ორვალენტიანში აღდგენით.  $\text{BaSO}_4$ -ის გამოლექვას ატარებენ მარილმჟავას არეში, რადგანაც მარილის მჟავა ხელს უწყობს მსხვილკრისტალური ნალექის წარმოქმნას, რომელიც ვერ გაივლის ფილტრში და აბრკოლებს  $\text{BaCO}_3$  და  $\text{BaHPO}_4$ -ის ძნელადხსნადი მარილების წარმოქმნას. განსაზღვრას ხელს უშლის კალციუმის იონების მაღალი კონცენტრაცია, რომლებიც ბოჭავენ  $\text{SO}_4^{2-}$  ანიონებს. ამიტომ, კარბონატულ ნიადაგებში გოგირდის განსაზღვრამდე აუცილებელია კალციუმის იონების განცალკავება.

**ანალიზის მსვლელობა.** გოგირდის მოსალოდნელი შემცველობის მიხედვით ქიმიურ ჭიქაში იღებენ ხსნარის (ან გამონაწურის) ალიქვოტს, მოცულობა წყლით მიჰყავთ 100-150 მლ-მდე. სულფატებით დამლამებულ ნიადაგებში ბარიუმის სულფატით  $\text{Fe}^{3+}$ -ის თანადალექვამ შეიძლება არსებითი გავლენა მოახდინოს შედეგზე. ამიტომ, ხსნარიდან წინასწარ აცილებენ ერთნახევარ ჟანგეულებს ამიაკური წესით. ფილტრატს შეამჟავებენ  $\text{HCl}$ -ის 10%-იანი ხსნარით მეთილროტის გამოყენებით მკვეთრ მჟავე რეაქციამდე, რის შემდეგ ამატებენ კიდევ 1 მლ იგივე მჟავას და აცხელებენ ადულებამდე. ცხელ ხსნარში მუდმივი შერევით ამატებენ წვეთობით 5 ან 10 მლ (დამოკიდებულია გოგირდის შემცველობაზე)  $\text{BaCl}_2$ -ის 10%-იან ცხელ ხსნარს. არ უნდა დავუავათ  $\text{BaCl}_2$ -ის სიჭარბე, რადგანაც ამ დროს წარმოიქმნება წვრილი კრისტალები. ხსნარს ნალექით ათავსებენ თბილ ადგილზე არა ნაკლებ 4 საათისა; თუკი ნალექი ოდნავ მაინც შეიმჩნევა, დაყოვნების დროს ადიდებენ 12 საათამდე. ამის შემდეგ ფილტრავენ მკვრივი უნაცრო ფილტრის



გამოყენებით (ლურჯი ზოლით), ჩარეცხავენ HCl-ით შემჟავებული ცხელი წყლით ბარიუმზე რეაქციის შეწყვეტამდე, სინჯზე 10%-იანი H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>-ის წვეთის დამატებით. გამშრალ ფილტრს ნალექიანად დანაცრავენ 450-500<sup>0</sup> ტემპერატურაზე მუდმივ წონამდე მიყვანამდე; დანაცვრას ანარმოებენ წინასწარ გამოწონილ, მუდმივ წონამდე მიყვანილ ტიგელში. აუცილებელია, მუფელში ტემპერატურის თანდათან აწევა, რათა არ მოხდეს ნახშირით ნალექის ნაწილის სულფიდამდე აღდგენა.

გოგირდის შემცველობას (%) ანგარიშობენ ფორმულით:

$$S = (a \cdot 0,1373 \cdot V_0 \cdot 100) : (H \cdot V_1), \text{ სადაც}$$

a - არის ნალექის მასა, გ;

0,1373 - BaSO<sub>4</sub>-ის მასის გოგირდის მასაზე გადასაანგარიშებელი კოეფიციენტი. საჭიროების შემთხვევაში SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>-ის შემცველობის გამოსაანგარიშებლად იყენებენ კოეფიციენტს 0,4115;

V<sub>0</sub> - საწყისი ხსნარის მოცულობა, მლ;

V<sub>1</sub> - განსაზღვრისათვის აღებული ხსნარის მოცულობა, მლ;

H - ნიადაგის წონაკი, გ; 100-100 გრამ ნიადაგზე გადასაანგარიშებელი, %;

### გოგირდის განსაზღვრის ფოტომეტრული მეთოდები

სულფატების განსაზღვრის შედარებით ძველი ფოტომეტრული მეთოდები, რომელთა მიმართ ინტერესი მათი სიმარტივის გამო ამჟამადაც არსებობს ნეფელომეტრული მეთოდი, რომელიც დაფუძნებულია ხსნარის სიმღვრივის ხარისხის გაზომვაზე სულფატების მცირე კონცენტრაციით არსებობისას ბარიუმთან ურთიერთმოქმედების პირობებში. სულფატ-იონი არ წარმოქმნის შეფერადებულ შენაერთს არცერთ რეაგენტთან, ამიტომ, ყველა ფოტომეტრული მეთოდი დაფუძნებულია ბარიუმთან შეფერადებული კომპლექსების დაშლის რეაქციაზე. ბარიუმი სულფატ-იონთან წარმოქმნის უხსნად მარილს, და საზღვრავენ შეტანილი რეაგენტის ჭარბ რაოდენობას. ასეთ ყველაზე უფრო გამოყენებად რეაგენტად ითვლება ნიტქრომაზო, რომელსაც უშვებენ

მჟავისა და ორკალციუმის მარილის სახით. უმჯობესია მჟავის გამოყენება.

წყალში, ნიადაგის გამონაწერში და ბიოლოგიურ ობიექტებში გოგირდის განსაზღვრისათვის ფართო გავრცელება ჰპოვა ფოტომეტრულმა მეთოდებმა, რომლებიც დაფუძნებულია ბარიუმის ქლორანილატის დაშლაზე სულფატებთან რეაქციისას, რომელთან ერთად გამონთავისუფლება შეფერადებული ქლორანილის მჟავას ექვივალენტური რაოდენობა. ბარიუმის ქრომატსა და სულფატ - იონებს შორის ურთიერთმოქმედებისას იზომება ქრომატის, ბიქრომატის გამონთავისუფლებული შეფერადებული შენაერთების შეფერილობის ინტენსივობა ან იყენებენ ქრომატის განსაზღვრის ნებისმიერ სხვა ფოტომეტრულ მეთოდს.

### **სულფატური გოგირდის განსაზღვრა ნიტქრომაზოს გამოყენებით**

სულფატ-იონებით ბარიუმ - ნიტქრომაზოს კომპლექსის [2,7-ბი-(4-ნიტრო-2-სულფოფენილი) - აზო - 1.8 - დიოქსინაფტალინი - 3,6- დისულფომჟავა] დაშლისას სუსტ მჟავე არემი ხსნარის შეფერილობა იცვლება ცისფერიდან იისფრამდე. ბარიუმის სულფატის გამოლექვის რეაქცია შენელებულად მიმდინარეობს 6 საათის განმავლობაში, 98%-ით პირველი 1,5-2 საათის განმავლობაში. რეაქცია აუცილებელია მიმდინარეობდეს 50-70%-იან წყალ-აცეტონიან ან წყალ-სპირტიან ხსნარში; ბარიუმის და ნიტქრომაზოს იონების შეფარდება უნდა იყოს 1:1; განსაზღვრას უშლიან Ni, Cu, Sr, Ca და სხვა მეტალების კათიონები, რომლებიც ურთიერთმოქმედებენ ნიტქრომაზოსთან. ამიტომ, უმჯობესია გამოყენებულ იქნეს გამონაწერები და ხსნარები, რომლებიც გატარებულია  $H^+$  ფორმის კათიონიტში. ფოსფატების ანიონები განსაზღვრას უშლიან მხოლოდ მათი მაღალი კონცენტრაციის შემთხვევაში. მთლიანობაში აღნიშნულ მეთოდს შერჩევითობისა და მგრძობელობის მიხედვით სხვა მეთოდებთან შედარებით რიგი უპირატესობები აქვს.

**ანალიზის მსვლელობა.** საკვლევი ხსნარის ალიქვოტს, რომელიც გატარებულია  $H^+$  ფორმის კათიონიტში და შეიცავს 1,0–16 მკგ-ის ფარგლებში სულფატ-იონს, ათავსებენ 50 მლ მოცულობის კოლბში. ხსნარის მცირე მოცულობის შემთხვევაში ამატებენ 20 მლ-მდე წყალს, შემდეგ, ამატებენ 0,1 ნორმალობის HCl pH – 2-მდე, და 20 მლ ან ცოტა ნაკლებ აცეტონს ან ეთილის სპირტს. შეურევენ და ამატებენ ბარიუმ-ნიტრომაზო კომპლექსის ხსნარის 4 მლ, მიჰყავთ ნიშანხაზამდე აცეტონით ან სპირტით, შეურევენ კარგად და აყოვნებენ 2 საათის განმავლობაში.

ოპტიკურ სიმკვრივეს ზომავენ 644 მმკ ტალღის სიგრძეზე, შედარება ხდება გამოხდილ წყალთან - გამოყენებული ყველა რეაქტივის დამატებით, კიუვეტით, რომლის გასახედი შრის სისქე 1 ან 2 სმ-ია. ოპტიკური სიმკვრივის მნიშვნელობის მიხედვით გოგირდის შემცველობას იგებენ დაყალიბებული მრუდის მიხედვით.

### **სულფატური გოგირდის განსაზღვრა ბარიუმის ქრომატით**

მათი დაფუძნებულია ბარიუმის ქრომატის სულფატიონებთან ურთიერთმოქმედების შედეგად გამონთავისუფლებული ქრომატის შეფერილობის ინტენსივობის შეცვლაზე, რომლის (ქრომატის) შემცველობა სულფატის შემცველობის ექვივალენტურია.

**ანალიზის მსვლელობა.** 25 მლ მოცულობის საზომ კოლბში ათავსებენ 15 მლ-მდე საკვლევ ხსნარს, რომელიც 5 მგ-მდე გოგირდს შეიცავს, ამატებენ 5 მლ ბარიუმის ქრომატის 1%-იან ხსნარს, შეურევენ და დგამენ წყლის აბაზანაზე 30 წუთით. შემდეგ ხსნარს ანეიტრალეზენ ტუტის 5%-იანი ხსნარით ნეიტრალურ pH-მდე ჩვეულებრივი ინდიკატორის ქალაღდის გამოყენებით. მიჰყავთ ნიშანხაზამდე, შეურევენ და აცენტრიფუგირებენ 2000 ბრ/წთ პირობებში. ცენტრიფუგატის ფოტომეტრირებას ატარებენ 373 მმკ ტალღის სიგრძეზე წყალთან

შედარებით, რომელსაც გავლილი აქვს აღნიშნულ მეთოდში აღწერილი ანალიზის ყველა სტადია.

## სულფატური გოგირდის განსაზღვრა ბარიუმის ქლორანილატით

ბარიუმის ქლორანილატი – (2,5 - დიქლორ -3,6- დიოქსი – n - ბენზოქინონის ბარიუმის მარილი) სულფატ-იონებთან ურთიერთმოქმედებისას, ანთავისუფლებს ექვივალენტური რაოდენობით შეფერილ ქლორანილის მჟავას.

**ანალიზის მსვლელობა.** საკვლევი ხსნარის ალიქვოტს, რომელიც შეიცავს 0,1 დან 500 მკგ-მდე გოგირდს, pH - 2 და რომელიც წინასწარ გატარებულია  $H^+$  ფორმის კათიონიტიში, ათავსებენ 25 მლ-იან საზომ კოლბში, რომელშიც შეტანილია 50 მგ ბარიუმის ქლორანილატი, მოცულობა მიჰყავთ ნიშანხაზამდე, ანჯღრევენ 30 წუთის განმავლობაში და აყოვნებენ ნალექის სრულ დალექვამდე. საჭიროების შემთხვევაში აცენტრიფუგირებენ. დეკანტაციით მიღებულ გამჭვირვალე ხსნარს ან ცენტრიფუგატის ფოტომეტრირებას ახდენენ წყალთან შედარებით 530 მმკ ტალღის სიგრძეზე. გოგირდის შემცველობას ანგარიშობენ დაყალიბებული მრუდის საშუალებით, რომელიც აგებულია 0,5-დან 500 მკგ-მდე გოგირდის შემცველობის ფარგლებში.

ყველა ზემოთ აღნიშნული ფოტოკოლორიმეტრული მეთოდებით გოგირდის შემცველობას ანგარიშობენ ფორმულით:

$$X = (a \cdot V_0 \cdot 1000) : (n \cdot V_1 \cdot 1000) = (a \cdot V_0) : (n \cdot V_1),$$

სადაც X - არის გოგირდის შემცველობა, მგ/კგ;

a – გოგირდის შემცველობა გრაფიკის მიხედვით, მკგ;

$V_0$  – ხსნარის საწყისი მოცულობა, მლ;

$V_1$  – საანალიზოდ აღებული ხსნარის მოცულობა (ალიქვოტი), მლ;

n – ნიადაგის წონა, გ;

**რეაქტივები: 1.** იონგაცვლითი სვეტის მომზადება კათიონიტით H – ფორმაში. კათიონიტის –KV-2 ან KV - 2, 8 საჭირო მოცულობას (15-20 გ ანგარიშით სვეტზე) ამატებენ ქიმიურად სუფთა HCl-ის 5-10%-იან ხსნარს და კარგად შერევის შემდეგ აყოვნებენ 8-10 საათით. ხსნარს მარლაში გატარებით გადაღვრიან, ხოლო კათიონიტს კვლავ ასხამენ იგივე მჟავას ახალ ულუფას და კარგად შერევის შემდეგ ხსნარს გადაღვრიან მარლაში გატარებით. შემდეგ კათიონიტს გარეცხავენ ორმაგი გამოხდილი წყლით ქლორზე რეაქციის შეწყვეტამდე ( $\text{AgNO}_3$ -ის გამოყენებით). მიღებული კათიონიტით ავსებენ სვეტს, რომელიც შედგება 25-40 მლ მოცულობის მილისაგან – ზედა ნაწილში გაფართოებული და ქვედა შევიწროებულ ნაწილში ონკანით, კათიონიტის ჩატვირთვამდე სვეტის შევიწროებულ ნაწილში ონკანის ზემოთ ათავსებენ მინაბამბას. ყოველი ცალკეული განსაზღვრის შემდეგ კათიონიტს ცვლიან სვეტში, ან განა-ახლებენ მასში 150-200 მლ HCl-ის 5%-იანი ხსნარის გატარებით, შემდეგ კი ჩარეცხავენ ორმაგი გამოხდილი წყლით pH-5-მდე ან ქლორზე რეაქციის შეწყვეტამდე.

**2.**  $\text{BaCl}_2$ -ის 0,02 ნორმალობის ხსნარი: 2,0807 გ  $\text{BaCl}_2$ -ს ან 2,4430 გ  $\text{BaCl}_2 \times 2\text{H}_2\text{O}$  ხსნიან 1 ლ წყალში. ტიტრს ადგენენ 0,02 ნორმალობის  $\text{H}_2\text{SO}_4$ -ის ხსნარით, რომელიც მომზადებულია ფიქსონალისგან.

**3.** ქრომოგენ შავი T: 1 გ რეაქტივს გასრესენ 100 გ NaOH-ის მშრალ მარილთან ერთად პუდრისმაგვარ მდგომარეობამდე.

**4.** მჟავური ქრომი. მუქი ლურჯი (სპირტული ხსნარი).

**5.** აზოტმჟავა ვერცხლი (1%-იანი ხსნარი). ინახება მუქი ფერის მინის ჭურჭელში.

**6.** ნიტქრომაზო (0,1%-იანი წყალხსნარი).

**7.** ეთილის სპირტი (96%-იანი).

**8.** აცეტონი ქიმიურად სუფთა.

**9.** ბარიუმის ქლორიდი (2%-იანი წყალხსნარი).

**10.** გლიცერინი. ქიმიურად სუფთა.

**11.** გოგირდის სტანდარტული ხსნარი (სულფატების სახით) : 5,4370 გ 400-450<sup>0</sup>-ზე გამოწრთობილ  $K_2SO_4$  ხსნიან წყალში და მოცულობა წყლით მიჰყავთ 1 ლიტრამდე. ძირითადი ხსნარისაგან ამზადებენ სამუშაო სტანდარტულ ხსნარებს შემცველობით – 10 და 1 მკგ/მლ გოგირდი.

**12.** ბრომი (ბრომის ნაჯერი წყალხსნარი).

**13.** ნარევი დაჟანგვისათვის I (ნატრიუმის კარბონატი და მაგნიუმის ჟანგი): შეურევენ და გასრესენ როდინში 1 წილ  $Na_2CO_3$  და 2 წილ  $MgO$ .

**14.** ნარევი დაჟანგვისათვის II (ნატრიუმის კარბონატი და ნატრიუმის ზეჟანგი): კარგად შეურევენ და როდინში გასრესენ 1 წილ  $Na_2CO_3$  და 3 წილ  $Na_2O_2$ .

**15.**  $HCl$ , 10%-იანი წყალხსნარი; 0,1 ნორმალობის ხსნარი;

**16.** ამიაკი, 10%-იანი წყალხსნარი.

ბარიუმის ქლორანილატი: ერთ მოცულობა ქლორანილის მჟავას 0,1%-იან წყალხსნარს ურევენ ერთ მოცულობა  $BaCl_2$ -ის 5%-იან წყალხსნარს. ნალექის წარმოქმნის შემდეგ ხსნარს გაატარებენ ფილტრში და ჩარეცხავენ წყლით ქლორზე რეაქციის შეწყვეტამდე. ნალექს წყლის მოცილებისათვის ჩარეცხავენ ეთილის სპირტით და აშრობენ 60<sup>0</sup>-ზე ვაკუუმიან კარადაში. ბარიუმის ქლორანილატის მიღებულ ნალექს ასხამენ 80%-იან იზოამილის სპირტს 1 : 8-თან შეფარდებით და 1 საათიანი ნჯღრევის შემდეგ გაფილტრავენ ბიუხნერის ძაბრზე ვაკუუმის პირობებში. ჩარეცხავენ ეთილის სპირტით და გააშრობენ ვაკუუმიან კარადაში.

**17.** ბუფერული ხსნარი pH 2; pH 3 - 4 : 5,8 მლ ძმარმჟავას განაზავებენ წყლით 500 მლ-მდე ანეიტრალებენ  $NH_4OH$ -ის 10%-იანი ხსნარით pH – 2-მდე ან pH 3-4-მდე, დამოკიდებულია განსაზღვრის არჩეულ ვარიანტზე.

**18.** ამონიუმის ბუფერი (pH 10)  $MgCl_2$ -თან: 113 მლ კონცენტრირებულ ამიაკში ხსნიან 8,3 გ  $NH_4Cl$ , მოცულობა მიჰყავთ 900 მლ-მდე. შემდეგ იღებენ 10 მლ  $MgCl_2$  – 10%-იან ხსნარს, ამატებენ 40 მლ წყალს; 10 მლ ამ ბუფერულ ხსნარს

ამატებენ (ძალიან მცირე რაოდენობით – დანის წვერით) ქრომოგენ შავ-T-ს და 3 წვეთ ქრომის მუქ-ლურჯს და ტიტრაციას ტრილონ B-ს 10%-იანი ხსნარით სუფთა-ლურჯ შეფერილობამდე. აღნიშნულ დატიტრულ ხსნარს აერთიანებენ ზემოთ აღნიშნულ მთელ ბუფერულ ხსნართან, მიჰყავთ მოცულობა 1 ლიტრამდე და შეურევენ.

**19.** ბარიუმის კომპლექსის ხსნარი ნიტრომაზოსთან: 0,3893 გრამ რეაქტივს (ნიტრომაზომჟავა) ხსნიან 100 მლ ორმაგ გამოხდილ წყალში. 0,1222 გ  $BaCl_2 \cdot 2H_2O$  ხსნიან 100 მლ ორმაგ გამოხდილ წყალში. ანალიზის წინ 200 მლ-იან საზომ კოლბში ათავსებენ 5-5 მლ ამ ხსნარებს, ამატებენ 10 მლ HCl-ის 0,1 ნორმალობის ხსნარს, 80 მლ წყალს, 100 მლ აცეტონს ან ეთილის სპირტს და შეურევენ.

## სილიციუმის განსაზღვრა ნიადაგში

### სილიციუმმჟავას განსაზღვრის წონითი მეთოდი ნიადაგის საერთო ანალიზის დროს

**ანალიზის მსვლელობა.** 1 გრამი ნიადაგის და მასთან ერთად 2 გრამი უწყლო სოდის და 0,1 გრამი  $KNO_3$ -ის ნარევის გამოწოვების შემდეგ მიღებულ შენადნობს აცივებენ, ამატებენ 25 მლ ცხელ გამოხდილ წყალს და 10 მლ კონცენტრირებულ HCl და აცხელებენ წყლის აბაზანაზე მინის წკირით შენადნობის ფრთხილი მორევით მის სრულ გახსნამდე, შემდეგ კი აგრძელებენ აორთქლებას ტენიანი მარილის მდგომარეობამდე. ტენიან ნაშთს ამატებენ 20 მლ კონცენტრირებულ HCl, დგამენ ადუღებულ წყლის აბაზანაზე და 10 წუთის შემდეგ მუდმივი მორევით ამატებენ 5 მლ ჟელატინის 2%-იან ხსნარს, 2-3 წუთის განმავლობაში აგრძელებენ ხსნარის სწრაფ მორევას. ჟელატინის, როგორც დადებითად დამუხტული კოლოიდის კოაგულაციას ძლიერ მჟავა არეში ახდენენ უარყოფითად დამუხტული სილიციუმის მჟავას ნაწილაკები. ამის შემდეგ, ფილტრაციის დაჩქარებისთვის ამატებენ 5 მლ დანაკუნებულ ფილტრის ქაღალდს და 25 მლ

ცხელ წყალს და ფილტრავენ დეკანტაციით თეთრი ზოლიანი ფილტრის ქალაღდით 250 მლ მოცულობის კოლბში. ამის შემდეგ ფილტრზე არსებულ ნალექს ჩარეცხავენ 1%-იანი HCl-ის ცხელი ხსნარის ნაკადით და ჩარეცხვას აგრძელებენ რკინაზე რეაქციის შეწყვეტამდე როდანიდის 10%-იანი ხსნარით შემოწმებით. ნალექის ჩარეცხვის დაწყებამდე ჯამს განმენდენ ფილტრის ქალაღდის პატარა ნაჭრით, რომელსაც გადაიტანენ ნალექიან ფილტრზე და მასაც რეცხავენ ნალექთან ერთად, ძაბრზე არსებულ გამშრალ ფილტრს ნალექთან ერთად გადაიტანენ წინასწარ გამონონილ ტიგელში და გამოაწრობენ მუფელში მუდმივ წონამდე 900-1000<sup>0</sup> ტემპერატურაზე, რადგან  $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ -ს ნალექი მთლიანად გასცემს წყალს მხოლოდ მაღალი ტემპერატურის პირობებში. ნალექი უნდა იყოს სუფთა თეთრი ფერის. აცივებენ ექსიკატორში (ნალექი ადვილად ახდენს წყლის ადსორბციას ჰაერიდან), შემდეგ წონიან. სილიციუმის შემცველობას (%-ში) ანგარიშობენ ფორმულით:

$$\text{SiO} = (A \cdot 100) : n,$$

სადაც A - არის ნალექის მასა, გ;

n - ნიადაგის წონა, გ;

### სილიციუმის განსაზღვრის ფოტომეტრული მეთოდები

სილიციუმის ფოტომეტრული განსაზღვრა დაფუძნებულია ყვითელი სილიციუმმოლიბდენის ჰეტეროპოლიმჟავას  $\text{H}_4[\text{Si}(\text{Mo}_3\text{O}_{10})_4] \cdot \text{H}_2\text{O}$  ან მისი (სილიციუმის) ალდგენის შემდეგ სილიციუმმოლიბდენის ლურჯის წარმოქმნის რეაქციებზე. ყვითელი კომპლექსის განსაზღვრაზე დაფუძნებული მეთოდები ნაკლებ მგრძნობიარეა, ლურჯი კომპლექსის განსაზღვრაზე დაფუძნებულ მეთოდებთან შედარებით.

სილიციუმის განსაზღვრას ხელს უშლიან P, Ge, As, V, რომლებიც წარმოქმნიან ანალოგიურ ჰეტეროპოლიმჟავებს, ასევე, Zn, Sn, Ti, W, რომლებიც რეაგენტთან წარმოქმნიან უხსნად



შენაერთებს. ფოსფატების განსაკუთრებულ ხელშემშლელ გავლენას ტარტრატების, ციტრატების და ოქსალატების დამატებით აცილებენ, რომლებიც სილიციუმმოლიბდენის მჟავას შეფერილობის მხოლოდ სრული განვითარების შემდეგ შეაქვთ; შეფერილობის სრული განვითარებისათვის აუცილებელია სილიციუმის მჟავა იყოს მონომერის მდგომარეობაში, რაც შესაძლებელია pH 1-8-ის პირობებში განზავებულ ხსნარებში კონცენტრაციით არა უმეტეს 0,1 მგ/ლ Si; მაშინ, როცა უფრო კონცენტრირებულ ხსნარებში იგივე მჟავიანობის პირობებში წარმოიქმნება პოლისილიციუმ მჟავა. ამიტომ, ანალიზის ჩატარებისას, აუცილებელია გამოყენებულ იქნეს ახლადმოზადებული ხსნარები ან ჩატარდეს დეპოლიმერიზაცია HF-ის დამატებით. ამ შემთხვევაში ფტორი, ანალიზის ხელშემშლელ ტიტანს და სხვა მეტალებს ბოჭავს მდგრადი ხსნადი კომპლექსების სახით. თვითონ ფტორიც ხელს უშლის განსაზღვრას, რადგან წარმოქმნის სილიციუმის ტეტრაფტორიდს. ფტორის აღნიშნულ გავლენას აცილებენ ბორის მჟავას ან ალუმინის მარილების დამატებით.

### **სილიციუმის განსაზღვრა სილიციუმმოლიბდენის ჰეტეროპოლიმჟავას სახით**

**ანალიზის მსვლელობა.** 50 მლ-იან საზომ კოლბში ათავსებენ სოდიანი შენადნობის ხსნარის ალიქვოტს ან ნიადაგის გამონაწურის ხსნარს 0,1–0,8 მგ Si-ის შემცველობით, შეამჟავებენ 2 ნორმალუბის  $H_2SO_4$ -ით pH 1,5-მდე, ამატებენ 5 მლ ამონიუმის მოლიბდატის ხსნარს, განზავებენ წყლით 35–40 მლ-მდე, ამატებენ 3 მლ 2 ნორმალუბის  $H_2SO_4$ -ს pH 1,4-მდე (+0,1) დადგომამდე და შეურევენ; 10-15 წუთის შემდეგ, ფოსფატების ხელშემშლელი გავლენის მოსაცილებლად ამატებენ 2 მლ 20%-იან ტარტრატის ხსნარს, მიჰყავთ ნიშანხაზამდე, შეურევენ. 5 წუთის შემდეგ აწარმოებენ ფოტომეტრირებას 400 მმკ ტალღის სიგრძეზე (ცისფერი შუქფილტრი).

## სილიციუმის განსაზღვრა ნიადაგის გამონაწურში სილიციუმმოლიბდენის ლურჯის სახით

pH 3,8-4,8-ის პირობებში წარმოიქმნება  $a$  – სილიციუმმოლიბდენის მჟავა, რომელსაც აღადგენენ  $Sn(IV)$  - ის, ასკორბინის და მჟაუნმჟავას ნარევიტ (ამ შემთხვევაში არ ხდება ქარბი რეაგენტის აღდგენა).

**ანალიზის მსვლელობა.** საკვლევი ხსნარის ალიქვოტურ ნაწილს – 25 მლ-ს (ხსნარის უფრო მცირე მოცულობით არსებობისას ანზავებენ წყლით), რომელიც შეიცავს 0,5–2,0 მგ-მდე Si, ანეიტრალებენ 10%-იანი ამიაკით ფენოლფტალეინის მიხედვით, ამატებენ 3 მლ ბუფერულ ხსნარს და 5 მლ 4,4 %-იან ამონიუმის მოლიბდატის ხსნარს, შეურევენ და აყოვნებენ 15 წუთით. შემდეგ, ამატებენ 2 მლ 20%-იან ტარტრატს, შეურევენ, ამატებენ 5 მლ აღმდგენელ ხსნარს, მიყავთ ნიშანხაზამდე და 20 წუთის შემდეგ ატარებენ ფოტომეტრირებას 740 მმკ ტალღის სიგრძეზე. დაყალიბებულ გრაფიკს აგებენ 0,1-დან 2 მგ-მდე Si-ის შემცველობით.

### რეაქტივები:

1. ჟელატინის 2%-იანი ხსნარი: 2 გ ჟელატინს სუსტი გაცხელებით ხსნიან 100 მლ წყალში. ამზადებენ ანალიზის ჩატარების დღეს.
2. როდანიდის ( $NH_4SCN$  ან  $KSCN$ ) 10 %-იანი ხსნარი.
3.  $HCl$  ის 1%-იანი ხსნარი: 22,6 მლ კონცენტრირებულ  $HCl$  განაზავებენ წყლით 1 ლ-მდე.
4. დანაკუნებული ფილტრის ქალაღი: დანაკუნებულ (დაქუცმაცებულ) ფილტრის ქალაღს ასხამენ  $HCl$ -ის 2-3 %-იან ხსნარს და აცხელებენ ადუღებამდე, ადუღებენ მუდმივი მორევიტ ქალაღის ერთგვაროვან მასაში გარდაქმნამდე. გაცივებულ მასას გაფილტრავენ ბიუნერის ძაბრით და რეცხავენ წყლით ნეიტრალურ რეაქციამდე. ნალექი გადააქვთ მინის ჭურჭელში და ანზავებენ წყლით ერთგვაროვანი სუსპენზიის

მიღებამდე. სუსპენზიის შენახვა შეიძლება დიდხანს. მოხმარების წინ სუსპენზიას ანჯღრევვენ.

5. ბუფერული ხსნარი: 40 გრამ ნატრიუმის აცეტატს და 116 მლ ძმარმჟავას ანზავებენ გამოხდილი წყლით 1 ლიტრამდე.

6. ამონიუმის მოლიბდატი (4,4%-იანი წყალხსნარი).

7. აღმდგენელი ნარევი: 4 გრამ უწყლო  $\text{SnCl}_2$  ხსნიან 40 მლ წყალში, მოცულობა მიჰყავთ 50 მლ-მდე. აღნიშნულ ხსნარს ასხამენ 200 მლ 8,5%-იან მჟაუნმჟავას ხსნარში.

**ქიმიური ელემენტების მოძრავი ფორმების ფონური შემცველობა და ზღვრულად დასაშვები კონცენტრაცია ნიადაგში ეკოლოგიური სიტუაციის შეფასებისთვის გამოსაყენებლად (მგ/კგ ნიადაგზე) გ.პარგველაშვილი, 1998.**

ელემენტი	ყველაზე ხშირად არსებული ფონური შემცველობა საკვლევი ნიადაგში	ფონური შემცველობა აღმოსავლეთ საქართველოს პირობებისათვის	დიაბაზონი მსოფლიოს ნიადაგებში	ზღვრულად დასაშვები კონცენტრაცია (IIJK) Kloke -ს მიხედვით
Cd	0,05-0,1	0,1	0,01-1	3
Ni	3-10	10	1-100	50
Pb	5-15	15	0,1-20,0	100
Hg	0,05-0,1	0,1	0,01-1,0	2
Sb	0,05-1,0	1,0	1-2	5
As	0,05-1,0	1,0	1-50	50
V	1-5	5	10-100	400
Cr	1-5	5	1-100	100
Se	1-5	5	0,1-10	10
Bi	0,2-0,5	0,5	0,2-2,5	2,5
Cu	1-20	20	2-50	100
Zn	1-30	30	10-300	300
Mo	0,5-0,2	2,0	0,2-10	5
Co	0,5-10	10	1-50	50
Sn	0,5-3,0	3,0	1-20	50
Zr	10-50	50	25-300	300
F	1-20	20	10-500	200

## ანალიზის მონაცემების სტატისტიკური დამუშავება

რაგინდ ზუსტად არ უნდა შესრულდეს ანალიზი, როგორც ზუსტი, თანამედროვე აპარატურა არ უნდა იყოს გამოყენებული, ანალიზის შედეგები არასდროს არ იქნება აბსოლუტურად ზუსტი. ისინი ყოველთვის შეიცავენ რაღაც ცდომილებას (ანუ, როგორც იტყვიან, ანალიზის შედეგები დამძიმებულია ცდომილებით).

განასხვავებენ სისტემატურ და შემთხვევით ცდომილებას. სისტემატური ცდომილება გამონვეულია ფაქტორებით, რომლებიც ერთნაირად მოქმედებენ ანალიზის მრავალჯერადი განმეორებისას. ასეთი ცდომილების მაგალითი შეიძლება იყოს სასწორზე ანონა საწონების საშუალებით. თუკი საწონებს აქვთ 0,1 გ ცდომილება, მაშინ, რაც არ უნდა ზუსტად ავწონოთ, აწონის შედეგები ყოველთვის დაბალი ან მაღალი იქნება გათვალისწინებულ წონასთან შედარებით.

სისტემატური ცდომილების წყარო შეიძლება იყოს: საზომი აპარატურის დეფექტი ან გაუმართაობა; ანალიტიკოსის ინდივიდუალური თავისებურება (სუბიექტური) და ცდომილება, გამოწვეული ანალიზის მეთოდით;

სისტემატური ცდომილების გამოვლენა და მისი გაანალიზება შეიძლება ჩატარდეს მხოლოდ ელემენტის (ან ნივთიერების) განსაზღვრის როგორც თვითონ მეთოდის, ისე გამოყენებული მთელი საზომი აპარატურის ზედმინევენით კარგად შესწავლის საფუძველზე.

შემთხვევითი ცდომილება დაკავშირებულია ფაქტორებთან, რომლებმაც უმნიშვნელო ცვლილება განიცადეს ანალიზის ჩატარების (ან აპარატზე გაზომვის) პერიოდში. მაგალითად, სასწორზე აწონის შედეგზე გავლენას ახდენს მრავალი ფაქტორი, მათ რიცხვში ისეთიც, როგორცაა, სასწორის ჯამების რხევა, სამუშაო ადგილის განათების ცვალებადობა და ა.შ.

ასეთი ფაქტორების ერთობლიობა იწვევს იმას, რომ ერთიდაიგივე ნიმუშის ანალიზის მრავალჯერადი განმეორებისას ყოველთვის განსხვავებული მნიშვნელობები მიიღება. ცალკეული გაზომვის შედეგი დამოკიდებული იქნება რაიმე შემთხვევით

ფაქტორზე და ანალიზის შედეგიც არაზუსტი და შემთხვევითი იქნება. ჩატარებული ანალიზის სიზუსტისადმი ასეთი დამოკიდებულებისას, შეიძლება რაოდენობრივად შეფასდეს შემთხვევითი ფაქტორების გავლენა მათემატიკური სტატისტიკის დახმარებით. ამიტომ, შემთხვევით ცდომილებას აგრეთვე „სტატისტიკურს“ უწოდებენ იგი დამოკიდებულია განსაზღვრის რაოდენობაზე

$$E = \frac{1}{n}.$$

მაშასადამე, ანალიზის განმეორებების გაზრდით, პარალელური ნიმუშების რაოდენობის გადიდებით, შემთხვევითი ცდომილება შეიძლება დაყვანილი იქნეს ძალიან მცირე სიდიდემდე.

სისტემატურ ცდომილებებს მიეკუთვნება საზომი ხელსაწყოს დაბალი სიზუსტე, რომელიც განისაზღვრება ხელსაწყოსადმი მიკუთვნებული სიზუსტის კლასით. თუკი ხელსაწყოზე მითითებულია სიზუსტის 1 კლასი, ეს ნიშნავს, რომ ხელსაწყოს მაჩვენებელი სწორია 1 %-მდე სიზუსტით. სხვაგვარად, რომ ვთქვათ, ხელსაწყო რომლის შკალაზე 100 დანაყოფია, იძლევა ცდომილებას გაზომვაში არა უმეტეს 1 დანაყოფისა. ცხადია, არ აქვს აზრი ავიღოთ 1-ზე ნაკლები ანათვალი. საერთოდ ხელსაწყოები ხასიათდებიან 0,05-დან 4-მდე კლასის სიზუსტით. მათზე დაბალი სიზუსტის ხელსაწყოებს კლასის აღნიშვნა არ აქვთ.

**უხეში შეცდომები.** უხეშ შეცდომად ითვლება ხელსაწყოს მაჩვენებლის არასწორად ჩაწერა, არასწორად წაკითხული ანათვალი და ა.შ.;

ანალიზის შედეგები გამოისახება რაოდენობრივი მაჩვენებლებით. განმეორებითი ანალიზები ან პარალელური ნიმუშების ანალიზები იძლევიან მთელ რიგ სიდიდეებს, რომლებთაგანაც არიან გამორჩეულნი. სტატისტიკური დამუშავების ამოცანას შეადგენს: 1) გამორჩევის ძირითადი პარამეტრების განსაზღვრა (საშუალო არითმეტიკული  $\bar{x}$ , დისპერსია  $S^2$ , საშუალო კვადრატული გადახრა  $S$ , ვარიაციის კოეფიციენტი  $V$ , საშუალოს ცდომილება  $S_x$ );

2) გამორჩეული პარამეტრების მიკუთვნება ძირითად (მთავარ) ერთობლივ პარამეტრებთან ან ზოგიერთ კონკრეტულ გასაზომ სიდიდესთან.

გვაქვს რა ზოგიერთი გამორჩეული პარამეტრი, საჭიროა ჩავატაროთ შემდეგი გამოანგარიშება:

**საშუალო არითმეტიკული:**  $\bar{x} = \frac{x}{n}$ .

**დისპერსია:**  $S^2 = \frac{\sum x^2 - [(\sum x)^2 : n]}{n-1}$ .

საშუალო კვადრატული გადახრა  $S = \sqrt{\frac{\sum x^2 - [(\sum x)^2 : n]}{n-1}}$ .

ვარიაციის კოეფიციენტი:  $V = \frac{S}{\bar{x}} \cdot 100$ ,

საშუალოს ცდომილება:  $S_{\bar{x}} = \sqrt{\frac{S^2}{n}}$ .

**მ ა გ ა ლ ი თ ი** საჭიროა ფოსფორის განსაზღვრის მეთოდის დახასიათება; მიღებულია მონაცემები პარალელური განსაზღვრების მიხედვით:

$x$	$x^2$
<u>0,560</u>	<u>0,3136</u>
0,530	0,2809
0,490	0,2401
0,570	0,3249
<u>0,480</u>	<u>0,2304</u>
$\sum x = 2,63$	$\sum x^2 = 1,3899$

1. საშუალო არითმეტიკული

$$\bar{x} = \frac{x}{n} = \frac{2,63}{5} = 0,526.$$

2. დისპერსია

$$S^2 = \frac{\sum x^2 - [(\sum x)^2 : n]}{n-1} = \frac{1,3899 - (2,63^2 : 5)}{4} = 0,0016.$$

3. საშუალო კვადრატული გადახრა

$$S = \sqrt{0,0016} = 0,04.$$

4. ვარიაციის კოეფიციენტი

$$V = \frac{S}{\bar{x}} \cdot 100.$$

$$S_{\bar{x}} = \frac{0,04}{0,526} \cdot 100 = 7,60\%,$$

სადაც 7,60 % – არის პარალელური განსაზღვრების ცდომილება.

**დასკვნა.** პარალელურ განსაზღვრებს შორის ცვალებადობა უმნიშვნელოა. ფოსფორის განსაზღვრის გამოცდილი მეთოდი მაღალი სიზუსტით აღადგენს (იმეორებს) ჩატარებული ანალიზის შედეგებს.

ითვლება, რომ თუ V არ აჭარბებს 10 %-ს – ცვალებადობა უმნიშვნელოა, 10-ზე ზევით საშუალო ცვალებადობაა, 20 %-ზე ზევით – მნიშვნელოვანი ცვალებადობაა.

**მ ა გ ა ლ ი თ ი** საჭიროა შეფასდეს ალოვანი ფოტომეტრის მუშაობა. ამ მიზნით სანიმუშო ხსნარში განსაზღვრეს კალიუმის შემცველობა 10-ჯერადი განმეორებით. სანიმუშო ხსნარი შეიცავდა 4,00 მგ  $K_2O$ .

$x$	$x^2$
3,8	14,4
4,7	22,1
4,3	18,5
3,9	15,2
4,0	16,0
4,2	17,6
3,7	13,7
4,1	16,8
3,9	15,2
4,4	19,4

$$\sum x = 41,0 \quad \sum x^2 = 168,9$$

$$\bar{x} = \frac{41,0}{10} = 4,10,$$

$$S^2 = \frac{\sum x^2 - (\sum x)^2 : n}{n-1} = \frac{168,9 - (41^2 : 10)}{9} = \frac{0,8}{9} = 0,08.$$

$$S = 0,283.$$

$$V_1 = \frac{S}{\bar{x}} \cdot 100 = \frac{0,283}{4,1} \cdot 100 = 6,9$$

$$S_{\bar{x}} = \sqrt{\frac{S^2}{n}} = \frac{S}{\sqrt{n}} = \frac{0,283}{3,16} = 0,895$$

საჭიროა განისაზღვროს, შეიძლება თუ არა ჩაითვალოს, რომ 4,10 მგ და 4,0 მგ შორის აღნიშნული სხვაობა განპირობებულია შემთხვევითი მიზეზებით და საშუალოდ ალოვანი ფოტომეტრი იძლევა სწორ მაჩვენებელს ან ხელსაწყო იძლევა სისტემატურ ცდომილებას:

$$t = \frac{\bar{x} - M}{S_{\bar{x}}} = \frac{0,10}{0,0895} = 1,1.$$

სადაც  $t$  სტიუდენტის კრიტერიუმია.

ცხრილის მიხედვით ვპოულობთ, რომ  $n-1$ -თვის კოეფიციენტი 2,26-ია, მაშასადამე  $t$  პრაქტიკული  $< t$  თეორიულზე



და სხვაობა უმნიშვნელოა. საშუალოდ ხელსაწყო იძლევა სწორ შედეგებს.

კლასიკური (I) და ფოსფორის განსაზღვრის ახალი მეთოდის (II) შედარებისას ნიადაგის ერთიდაიგივე ნიმუშში ჩატარებული იყო ანალიზი 5-ჯერადი განმეორებით.

აფასებენ ფოსფორის განსაზღვრის ახალ მეთოდს:

I	$x_1$	0,560	0,530	0,490	0,570	0,480	2,63	0,526
II	$x_2$	0,550	0,540	0,500	0,510	0,520	2,62	0,524
	$\bar{d}$	0,010	-0,110	0,010	0,060	0,040	$\Sigma d=0,13$	
	$d^2$	0,00010	0,00010	0,00010	0,0036	0,0016	$\Sigma d^2 = 0,0055$	
	$\bar{d} = \Sigma d : n$	$= 0,13 : 5 = 0,026$						

$$S_{\bar{d}} = \sqrt{\frac{\sum d^2 - \left[ \left( \sum d \right)^2 : n \right]}{n(n-1)}} = \frac{0,0055 - (0,13^2 : 5)}{5 \cdot 4} = 0,0102.$$

$$t_{\text{პრაქტიკული}} = \frac{\bar{d}}{S_{\bar{d}}} = \frac{0,026}{0,0102} = 2,55.$$

$$t_{\text{თეორიული}} = 2,78.$$

თუკი  $t_{\text{პრაქტიკული}} < t_{\text{თეორიული}}$ , მაშინ საშუალო არითმეტიკულები განსხვავდებიან უმნიშვნელოდ.

**დასკვნა.** ორივე მეთოდი ცდის ცდომილების ფარგლებში იძლევიან ერთნაირ შედეგებს.

## ხსნარების მომზადება

### ნაჯერი ხსნარების მომზადება

ნაჯერი ხსნარების მომზადება შედარებით იშვიათად ხდება. აღნიშნული ხსნარების მომზადებისას თავდაპირველად უნდა გავიგოთ ჩვეულებრივი ტემპერატურის პირობებში მოცემული ნივთიერების ხსნადობა, რის შემდეგ მას ვწონით და წყალს ვუმატებთ შესაბამისი რაოდენობით. მაგ. საჭიროა ამონიუმის ქლორიდის ნაჯერი ხსნარის მომზადება, ამისათვის წინასწარ ვგებულობთ მის ხსნადობას ჩვეულებრივი ტემპერატურის პირობებში. ხსნადობა  $20^\circ$  პირობებში უდრის 27,3 გ.; ტექნიკურ-ქიმიურ სასწორზე ავწონით აღნიშნულ რაოდენობას, ჩავყრით

წყალში, რომლის მოცულობა დაახლოებით უნდა უდრიდეს 73 მლ და ვხსნით გაცხელების პირობებში. გაცივებისას ვღებულობთ ამონიუმის ქლორიდის ნაჯერ ხსნარს.

### პროცენტული ხსნარების მომზადება

ზემოთ აღნიშნული ხსნარების მომზადების დროს არ არის საჭირო ისეთი სიზუსტის დაცვა, როგორც ტიტრული ხსნარების მომზადებისას, რადგანაც ჩვეულებრივად, ქიმიური პროცესების ჩასატარებლად (დალექვა, გახსნა და სხვა) მათი დამატება ხდება ჭარბი რაოდენობით (რასაკვირველია გარკვეული რაოდენობის ფარგლებში). პროცენტული ხსნარების დამზადების არსებული ხერხებიდან ჩვენ განვიხილავთ მხოლოდ ერთს, რომელიც თავისი სიმარტივის გამო ფართოდაა გავრცელებული ლაბორატორიულ პრაქტიკაში. არსებობს ხსნარების დამზადების ორი შემთხვევა:

1. ნივთიერება არის მყარ მდგომარეობაში (მაგ.  $K_2Cr_2O_7$  და სხვა).

2. როდესაც ნივთიერება თხევად ან ხსნად მდგომარეობაშია (მაგ.  $HCl$ ,  $H_2SO_4$ ,  $NH_4OH$ ,  $NaOH$ ), თხევადი (ალკოჰოლი, ქლოროფორმი და სხვა).

განვიხილოთ ჯერ პირველი, ე.ი. როდესაც ნივთიერება მყარია. დავუშვათ, საჭიროა 10 %-იანი კალიუმის კარბონატის ( $K_2CO_3$ ) ხსნარის მომზადება ერთი ლიტრის რაოდენობით.

10 %-იანი ნიშნავს, რომ ყოველი 100 მლ ხსნარი შეიცავს 10 გრამ ნივთიერებას, ამიტომ გაანგარიშებას ვანარმოებთ შემდეგნაირად:

თუკი 100 მლ შეიცავს 10 გრამს

მაშინ 1000 მლ ,, X ,,

$$X = (10 \cdot 1000) : 100 = 100 \text{ გ.}$$

ტექნიკურ-ქიმიურ სასწორზე ვწონით 100 გრამ კალიუმის კარბონატს, ვყრით საზომ ცილინდრში (ან საზომ კოლბში) ვამატებთ ნახევარ ლიტრამდე წყალს, ვანჯღრევთ კრისტალების სწრაფად გახსნისათვის და ამის შემდეგ წყლით შევავსებთ ნიშანხაზამდე, ე.ი. ერთ ლიტრ მოცულობამდე.

თუკი მარილები შეიცავენ საკრისტალიზაციო წყალს, მაშინ ხალასი ნივთიერების წონას უნდა დაემატოს საკრისტალიზაციო წყლის წონითი რაოდენობაც. მაგალითად, 5 %-იანი 500 მლ სოდის ხსნარის დასამზადებლად ჯერ ანგარიშობენ უწყლო სოდის იმ რაოდენობას გრამობით, რომელიც საჭიროა 500 მლ 5 %-იანი ხსნარის მოსამზადებლად:

100 მლ ხსნარი შეიცავს 5 გრამ მარილს

500 მლ ,, X ,, ,,

$$X = (5 \cdot 500) : 100 = 25 \text{ გ.}$$

ამრიგად, სოდას რომ არ ქონდეს საკრისტალიზაციო წყალი, საკმარისი იქნებოდა 25 გრამის ალება სინამდვილეში სოდა შეიცავს 10 მოლეკულა საკრისტალიზაციო წყალს ( $\text{NNa}_2\text{CO}_3 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$ ) ამიტომ საჭიროა გავიანგარიშოთ კრისტალიზაციური წყლის ის რაოდენობა, რომელიც შეესაბამება სოდის ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) 25 გრამს; უწყლო სოდის გრამ-მოლეკულა = 106 გრამს; წყალთან დაკრისტალეებული სოდის გრამ-მოლეკულა = 286 გრამს; აქედან, თუ 106 გრამ უწყლო სოდას შეესაბამება 286 გრამი წყალთან დაკრისტალეებული სოდა, მაშინ 25 გრამს შეესაბამება X.

$$X = (286 \cdot 25) : 106 = 67,45 \text{ გრამი.}$$

ესეიგი, 67,45 გ  $\text{NNa}_2\text{CO}_3 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$  შეიცავს 25 გრამ უწყლო სოდას.

მაშასადამე, სოდის 5 %-იანი ხსნარი რომ დავამზადოთ 500 მლ მოცულობით, საჭიროა აღნიშნული მარილი ავწონოთ 67,5 (დამრგვალებით) გრამი, მოვათავსოთ საზომ კოლბში, გავხსნათ ჯერ მცირე რაოდენობით წყალში და შემდეგ შევაავსოთ წყლით ნიშანხაზამდე.

განვიხილოთ მეორე შემთხვევა, ესეიგი როცა ნივთიერება არის სითხის ან ხსნარის სახით.

ა) თუ ნივთიერება წარმოადგენს ხსნარს ( $\text{HCl}$ ,  $\text{HNO}_3$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{NH}_4\text{OH}$  და სხვა), მისი პროცენტული ხსნარის დასამზადებლად პირველ რიგში საჭიროა საწყისი ხსნარის კუთრი წონის განსაზღვრა არეომეტრის საშუალებით. მაგალითად, საჭიროა 15

%-იანი გოგირდმჟავას ხსნარის მომზადება ორი ლიტრის რაოდენობით.

უპირველეს ყოვლისა უნდა გავიანგარიშოთ მჟავას ის რაოდენობა, რომელიც გახსნილი იქნება სასურველ მოცულობაში, ესეიგი ამ შემთხვევაში ორ ლიტრში. გაანგარიშებას ვაწარმოებთ შემდეგნაირად:

თუ 100 მლ 15 %-იანი გოგირდმჟავას ხსნარი შეიცავს 15 გ სანყის ნივთიერებას

მაშინ 2000 მლ ,, ,, ,, X ,, ,, ,,

$$X = (15 \cdot 2000) : 100 = 300 \text{ გ.}$$

დავუშვათ, სანყისი გოგირდმჟავას კუთრი წონა ტოლია 1,83 (არეომეტრის ჩვენება); აღნიშნულ კუთრ წონას შესაბამისი ცხრილის მიხედვით შეესაბამება 92 %, რაც იმას ნიშნავს, რომ გოგირდმჟავას ყოველი 100 გ შეიცავს 92 გ სუფთა გოგირდმჟავას ორი ლიტრი 15 %-იანი გოგირდმჟავას. დასამზადებლად საჭიროა 300 გრამი. შევადგენთ შემდეგ პროპორციას:

100 გ შეიცავს 92 გ

X გ ,, 300 გ

$$X = (300 : 100) \cdot 92 = 326,1 \text{ გ}$$

მაშასადამე, გოგირდმჟავას 326,1 გ შეიცავს 300 გ სუფთა მჟავას. ამ რაოდენობის აწონა უხერხულია, ამიტომ უმჯობესია წონითი რაოდენობა გადავიყვანოთ მოცულობაში, რასაც ვაღწევთ 326,1 გ მჟავას მისივე კუთრ წონაზე გაყოფით

$326,1 : 1,83 = 178$  მლ, ესეიგი სანყისი გოგირდმჟავას 178 მლ შეიცავს 300 გრამ სუფთა მჟავას, რომელიც საჭიროა ორი ლიტრი 15 %-იანი გოგირდმჟავას დასამზადებლად. ვიღებთ ამ მოცულობას (178 მლ), ვასხამთ 2 ლიტრიან საზომ კოლბში (საზომ ცილინდრში), რომელშიც წინასწარ ჩასხმულია 300 – 500 მლ წყალი, კარგად ავურევთ და წყლით შევავსებთ ნიშანხაზამდე (ყოველთვის წყალში ვასხამთ კონცენტრირებულ გოგირდმჟავას და არა პირიქით).

ბ) თხევადი ნივთიერება (პირიდინი, ეთერი, ქლოროფორმი, ალკოჰოლი და სხვა).

დავუშვათ, საჭიროა 10 %-იანი პირიდინის ხსნარის მომზადება 1,5 ლიტრის რაოდენობით, რისთვისაც საკმარისია 150 გრამი პირიდინი. მისი კუთრი წონა – 0,982. აქედან ადვილია მისი მოცულობის გაგება, რომელშიც იქნება 150 გრამი სუფთა ნივთიერება:

$$150 : 0,982 = 152,8 \text{ მლ}$$

მაშასადამე, პირიდინის 153 მლ (დამრგვალებით) ვათავსებთ სათანადო ჭურჭელში და წყლით შევავსებთ ნიშანხაზამდე (1,5 ლიტრამდე).

### **ტიტრული ხსნარების მომზადება**

რეაქციები, რომლებიც მოცულობითი ანალიზის დროს გამოიყენება სხვადასხვა ტიპისაა და ამის შესაბამისად არჩევენ სამ ძირითად მეთოდს:

1. ნეიტრალიზაციის,
2. დალექვის და
3. ჟანგვა-აღდგენის.

მოცულობითი ანალიზის ყველა ამოცანის გადაწყვეტა ხდება ტიტრული ხსნარების საშუალებით.

ნივთიერების ხსნარს, რომლის კონცენტრაცია ზუსტადაა ცნობილი **ტიტრული ხსნარი** ეწოდება.

**ტიტრი** გამოსახავს ნივთიერების რაოდენობას გრამობით 1 მლ ხსნარში ტიტრული ხსნარების კონცენტრაციას ჩვეულებრივ გამოსახავენ ნორმალობით.

**ნორმალური ხსნარი** წარმოადგენს ისეთ ხსნარს, რომლის 1 ლიტრი შეიცავს ნივთიერების ერთ გრამ-ექვივალენტს და აღინიშნება n-ით.

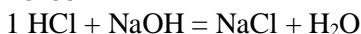
**გრამ-ექვივალენტი არის** გრამობით გამოსახული ნივთიერების ის რაოდენობა, რომელიც მოცემულ რეაქციაში შეესაბამება წყალბადის 1 გრამ ატომს ან ჰიდროქსილის 17 გ, ან საერთოდ ერთვალენტიანი იონის – 1 გ იონს.

ამიტომ, ნივთიერების გრამ-ექვივალენტი არ წარმოადგენს მუდმივ სიდიდეს და დამოკიდებულია იმ რეაქციაზე, რომელშიც

გამოიყენება აღნიშნული რეაქტივი ნეიტრალიზაციის და და-  
ლექვის რეაქციების შემთხვევაში ნივთიერების გრამ-ექვივა-  
ლენტის დასადგენად საჭიროა დაწვრილ რეაქციის განტოლება  
და გამოვარკვიოთ ის, თუ მოცემული ნივთიერების რამდენი  
გრამი შეესაბამება წყალბადის 1 გ ატომს, ან 1 გ იონს.

მჟავების, ტუტეებისა და მარილების გრამ-ექვივალენტს  
ესაზღვრავთ შემდეგნაირად:

### **მჟავები:**



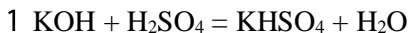
პირველ რეაქციაში HCl-ის გრამ-ექვივალენტი უდრის მის  
გრამ-მოლს, ე.ი 36,5 გ.

მეორე შემთხვევაში გოგოგირდმჟავას ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) ორივე წყალ-  
ბადიონი მონაწილეობს რეაქციაში აქედან ცხადია, რომ  $\text{H}_2\text{SO}_4$   
გრამ-ექვივალენტი უდრის  $1/2\frac{1}{2}$  გრამ-მოლს, ე.ი.

$$98,08 : 2 = 49,04 \text{ გ.}$$

მაშასადამე, ყოველგვარი მჟავას გრამ-ექვივალენტი უდრის  
მის გრამ-მოლს გაყოფილს რეაქციაში მონაწილე წყალბად ( $\text{H}^+$ )  
იონთა რიცხვზე.

### **ტუტეები**



პირველ შემთხვევაში KOH-ის გრამ-ექვივალენტი უდრის მის  
გრამ-მოლს, მეორე რეაქციაში  $\text{Al(OH)}_3$  გრამ-ექვივალენტი  
შეესაბამება მისი გრამ-მოლის  $1/3$ .

მაშასადამე, ყოველგვარი ტუტის გრამ-ექვივალენტი უდრის  
მის გრამ-მოლს გაყოფილს რეაქციაში მონაწილე ჰიდროქსილ ( $\text{OH}^-$ )  
იონთა რიცხვზე.

## მარილები.

და, ბოლოს, ყოველგვარი მარილის გრამ-ექვივალენტი უდრის მის გრამ-მოლს გაყოფილს რეაქციაში მონაწილე კათიონების რიცხვსა და მის ვალენტობაზე:

მაგალითად: გრამ-ექვივალენტი

$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 = \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  გრამმოლი : 3; ან კიდევ  $\text{AlCl}_3 = \text{AlCl}_3$   
გრამმოლი : 3 და ა.შ.

**ჟანგვა-აღდგენის რეაქციების შემთხვევაში ნივთიერებათა გრამექვივალენტის განსაზღვრა წარმოებს სხვა წესით, ვიდრე ის იყო ნაჩვენები ნეიტრალიზაციისა და დალექვის მეთოდებში.**

ჟანგვა-აღდგენის რეაქციების არსი მდგომარეობს მორეაგირე ნივთიერებათა იონებს (ატომებს) შორის ელექტრონების გადანაწილებაში. ნივთიერებას, რომელიც გასცემს ელექტრონებს აღმდგენელი ეწოდება, ხოლო ნივთიერებას, რომელიც იძენს – მჟანგველი. მაგ., კალიუმის პერმანგანატი ( $\text{KMnO}_4$ ) მჟანგველია, რადგან მისი ერთ-ერთი შემადგენელი ელემენტი, სახელდობრ, შვიდვალენტოვანი მანგანუმი რეაქციის მიმდინარეობისას მჟავე არეში ორვალენტოვან იონად გადადის. ამრიგად, იძენს 5 ელექტრონს, ე.ი იმდენს, რამდენის შექენა შეუძლია 5 ნყალბადიონს.

მაგალითად:

$2 \text{KMn}^{7+}\text{O}_4 + 10 \text{FeSO}_4 + 8 \text{H}_2\text{SO}_4 = 2 \text{Mn}^{2+}\text{SO}_4 + \text{K}_2\text{SO}_4 + 5 \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 + 8\text{H}_2\text{O}.$

ცხადია, რომ  $\text{KMnO}_4$ -ის გრამ-ექვივალენტი აღნიშნულ რეაქციაში უნდა უდრიდეს მისი გრამ-მოლის 1/5-ს.

საერთოდ, დაჟანგვა-აღდგენის რეაქციებში, ნივთიერებათა გრამ-ექვივალენტი უდრის მის გრამ-მოლს გაყოფილს ელექტრონთა რიცხვზე, რომელსაც იძენს ან გასცემს აღნიშნული ნივთიერების მოლეკულა.

## ნეიტრალიზაციის მეთოდისათვის ტიტრული ხსნარების მომზადება

აღნიშნულ მეთოდებს ვიყენებთ მჟავებისა და ტუტეების განსაზღვრის დროს. განსაზღვრას ვანარმოებთ შემდეგი ზოგადი რეაქციის საფუძველზე:



ამ რეაქციიდან ნათელი ხდება, რომ მჟავების განსაზღვრისათვის საჭიროა ტუტის ტიტრული ხსნარი, ხოლო, თუ ტუტე წარმოადგენს გამოსაკვლევ ობიექტს, მაშინ მჟავას ტიტრული ხსნარის გამოყენებაა საჭირო.

განსაზღვრის პროცესში, ე.ი. გამოსაკვლევ ხსნარში რეაქტივის დამატების დროს, რასაც ტიტრაციას უწოდებენ, რეაქციის დამთავრების მაჩვენებელია განსაკუთრებული რეაქტივები, ცნობილი ინდიკატორების სახელწოდებით. ინდიკატორი რეაქციის დამთავრებისას იცვლის თავის ფერს ან წარმოქმნის სიმღვრივეს და სხვა, რითაც „ატყობინებს“ მკვლევარს პროცესის დამთავრების შესახებ. სხვადასხვა ნივთიერების განსაზღვრისას იყენებენ შესაბამის ინდიკატორს.

თავდაპირველად შევხებით მჟავას ტიტრული ხსნარის დამზადებისა და ტიტრის დაყენების საკითხს. წმინდა სახით მჟავების მიღება მეტად ძნელია, ამიტომ ვამზადებთ ჯერ დაახლოებით სასურველი კონცენტრაციის ხსნარს, შემდეგ კი ზუსტად ვაყენებთ მის ტიტრს, რომელიმე ერთ-ერთი გამოსავალი ნივთიერების საშუალებით. ჩვეულებრივად ლაბორატორიაში იხმარება 0,1 n გოგირდის ან მარილის მჟავა, ან უფრო ნაკლები კონცენტრაციის.

### 0,1 n გოგირდის მჟავას ხსნარის მომზადება

აღნიშნულ ტიტრულ ხსნარს ამზადებენ კონცენტრირებული გოგირდმჟავას ნყლით სათანადო განზავებით. ამისათვის ჯერ არეომეტრით საზღვრავენ მის კუთრ წონას, შემდეგ სათანადო ცხრილების საშუალებით იგებენ კონცენტრაციას პროცენტობით



და ამის საფუძველზე ანგარიშობენ მჟავას რაოდენობას, რომელიც საჭიროა გარკვეული რაოდენობით ტიტრული ხსნარის დასამზადებლად.

დავუშვათ, საჭიროა ერთი ლიტრის რაოდენობით 0,1 n ხსნარის მომზადება და კონცენტრირებული მჟავას კუთრი წონა = 1,82, ესეიგი 90 %-იანია.

გრამ-ექვივალენტი უდრის  $98,08 : 2 = 49,04$  გრამს;

გრამ-ექვივალენტის 0,1 კი = 4,9 (დამრგვალებით). აქედან:

100 გ – 90

X ,, – 4,9

$$X = (4,9 \cdot 100) : 90 = 5,44 \text{ გ.}$$

ე.ი. დამრგვალებით 5,5 გ; აღნიშნული კონცენტრირებული გოგირდმჟავა შეიცავს 4,9 გ სუფთა მჟავას.

რადგანაც, საერთოდ, კონცენტრირებული მჟავას ხსნარის ანონა უხერხულია, ამიტომ იგებენ მჟავას რამდენი მილილიტრი შეიცავს 5,5 გრამს, რისთვისაც აღნიშნულ 5,5 ყოფენ კუთრ წონაზე  $5,5 : 1,82 = 3,02$  მლ, მაშასადამე კონცენტრირებული  $H_2SO_4$ -ის 3,02 მლ შეიცავს 4,9 გ სუფთა მჟავას.

აღნიშნული მჟავას 3 მლ ჩაასხამენ ერთ ლიტრიან საზომ კოლბში, რომელშიც წინასწარ მოთავსებულია 100-200 მლ წყალი და შეავსებენ წყლით ნიშანხაზამდე. ახურავენ საცობს და კოლბის რამდენჯერმე გადაბრუნება-გადმობრუნებით აღწევენ შერევას, ამ წესით, მომზადებული 0,1 n მჟავას ტიტრს აყენებენ ერთ-ერთი გამოსავალი ნივთიერებით.

მჟავების ტიტრის დასაყენებლად იყენებენ მრავალ გამოსავალ ნივთიერებას, ხშირ შემთხვევაში - ბორაქსს და სოდას, რომლებიც როგორც გამოსავალი ნივთიერება, მთლიანად აკმაყოფილებენ მათდამი დაყენებულ მოთხოვნებს.

**ს უ ფ თ ა ბ ო რ ა ქ ს ი ს მ ი ღ ე ბ ა** სუფთა ბორაქსის ერთადერთი უარყოფითი მხარეა მისი შედარებით ნაკლები ხსნადობა. ცდის შედეგად გაირკვა, რომ ბორაქსის 0,25 n-ზე მეტი კონცენტრაციის ხსნარი არ შეგვიძლია მივიღოთ, მაგრამ აღნიშნული ნაკლი არ შეიძლება სერიოზულ ნაკლად ჩაითვალოს

გამოსავალი ნივთიერებისათვის, რადგან რაოდენობითი ანალიზის ჩატარების დროს ჩვეულებრივად ხმარობენ 0,25 n-ზე უფრო ნაკლები კონცენტრაციის ტიტრულ ხსნარებს.

სუფთა, 10 მოლექულა წყალთან დაკრისტალებული ბორაქსი რომ მიიღონ, ბორაქსს წყალში ხსნიან მანამ, სანამ არ მიიღებენ ნაჯერ ხსნარს 50-60° ტემპერატურის პირობებში (თუ ხსნარს მეტად გააცხელებენ გამოკრისტალდება 5 მოლექულა წყალთან დაკრისტალებული  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  მარილი), ნაჯერ ხსნარს ფილტრავენ და ტოვებენ მანამ, სანამ ტემპერატურა არ შემცირდება 25-30°-მდე, შემდეგ ხსნარს ჭურჭლიანად ათავსებენ ცივ წყალში და ენერგიულად ურევენ მინის წკირით. ასეთ პირობებში გამოიყოფა 10 მოლექულა წყალთან დაკრისტალებული ბორაქსის წვრილი კრისტალები. ამ უკანასკნელს ჩარეცხავენ ფილტრზე ცივი წყლით და ამრობენ ქალაღდის ფილტრებს შორის, სანამ ცალკეული კრისტალები არ მოცილდება მინის წკირს. თუ ბორაქსი მეტად ჭუჭყიანია, გადაკრისტალებას აწარმოებენ 2-3-ჯერ.

### **ტიტრული ხსნარების მომზადება ფიქსონალების საშუალებით**

იმ შემთხვევაში, როცა საჭიროა რაიმე ტიტრული ხსნარის სასწრაფოდ მომზადება, ხშირად ვიყენებთ ე.წ. ფიქსონალებს. ფიქსონალები წარმოადგენენ მინის ამპულებს, რომლებშიც მოთავსებულია გარკვეული რაოდენობის ნივთიერება, რაც საკმარისია ერთი ლიტრი ტიტრული ხსნარის დასამზადებლად.

ამპულაში მოთავსებული ხსნარი, გადატანილი ერთ ლიტრიან საზომ კოლბში, გახსნილი და შევსებული წყლით ნიშანხაზამდე, იძლევა ზუსტ 0,1 n ხსნარს. სხვა კონცენტრაციის ხსნარის საჭიროების შემთხვევაში ამპულაში მოთავსებულ ხსნარს ვხსნით სხვა მოცულობის საზომ კოლბში.

## 0,1 n ტიტრული ხსნარის მომზადების ხერხი

ამპულას ორთავე ბოლოზე აქვს ორი ჩაღრმავებული ადგილი. ამპულას ხელში ვიჭერთ ისეთნაირად, რომ ერთი ბოლო-ჩაღრმავებული ნაწილით ზემოთ იყოს აღმართული და წვეტიანი მინის სატეხის ნელი დარტყმით მეორე ჩაღრმავებულ ნაწილზე ჩავტეხავთ მინას, ამპულას დავიჭერთ ლიტრიან საზომ კოლბზე, რომელშიც წინასწარ ჩადგმულია 9-10 სმ დიამეტრის ძაბრი, მინას ჩავტეხავთ მეორე ჩაღრმავებულ ადგილზე და დავაცდით შიგ მოთავსებული ხსნარის ჩამოსვლას, შემდეგ ჩამრეცხი კოლბის საშუალებით გამოხდელი წყლით კარგად ვასუფთავებთ ამპულას და საზომ კოლბს შევავსებთ ნიშანხაზამდე, ვანჯღრვით და 0,1 n ხსნარი მზად არის გამოსაყენებლად.

## ინდიკატორების მომზადება

**ფენოლფტალეინი.** 1 გ რეაქტივს ხსნიან 100 მლ 96 %-იან ეთილის სპირტში. თუკი ხსნარი მღვრიეა, მას ფილტრავენ. მჟავე ხსნარებთან ფენოლფტალეინი არ იძლევა შეფერვას, ტუტის უმნიშვნელო სიჭარბის დროს კი ხსნარი ღებულობს წითელ ფერს.

**მეთილორანჟი.** 0,05 გ მეთილორანჟს ხსნიან 100 მლ წყალში. თუკი ხსნარი მღვრიეა, მას ფილტრავენ. ტუტე ხსნარები მეთილორანჟით იღებებიან ყვითლად, ხოლო, მჟავას უმნიშვნელო სიჭარბისას – ყვითელ-ორანჟისფრად.

**მეთილროტი.** 0,2 გ რეაქტივს ხსნიან 100 მლ ცხელ გამოხდელ წყალში. ტუტე და ნეიტრალურ ხსნარებში მეთილროტი იძლევა ღია-ყვითელ ფერს, რომელიც მჟავას უმნიშვნელო სიჭარბისას მკვეთრად გადადის ლილისფერ-წითელში.

**ინდიკატორი გროაკა** (მეთილის წითელი + მეთილენის ლურჯი). 1 მოცულობა მეთილის წითელის 0,4 %-იან სპირტულ ხსნარს ურევენ 1 მოცულობა მეთილენის ლურჯის 0,2 %-იან სპირტულ ხსნართან, ინახავენ ფერად ჭურჭელში.

## მარილების გადაკრისტალება

**მოლიბდენმჟავა ამონიუმი.** 250-300 გ მოლიბდენმჟავა ამონიუმის მარილს გაცხელებით ხსნიან 500 მლ გამოხდილ წყალში. ხსნარის ტემპერატურა არ უნდა იყოს 50-60°-ზე მაღალი. ხსნარში ამატებენ ამიაკს მძაფრი სუნის მიღებამდე. ცხელ მდგომარეობაში ფილტრავენ კრისტალიზატორში და ტოვებენ მოსვენებულ მდგომარეობაში რამდენიმე დღის განმავლობაში. მოლიბდენმჟავა ამონიუმის გამოტოვილ კრისტალებს დააცილებენ ხსნარიდან და აშრობენ ჰაერზე ფილტრის ქაღალდებს შორის.

**კალიუმის ქლორიდი (KCl).** 100 გრამ კალიუმის ქლორიდს ხსნიან 200 მლ ცხელ გამოხდილ წყალში, ფილტრავენ, აორთქლებენ კრისტალური ფენის გამოყოფამდე და აცივებენ. გაცივების შემდეგ გამოყოფილ კრისტალებს დააცილებენ ხსნარს ბიუხნერის ძაბრზე. მიღებულ კრისტალებს კვლავ გახსნიან ცხელ წყალში (ერთი ნონითი ნაწილი კრისტალები, ორი წილი წყალი), ფილტრავენ, აორთქლებენ ხსნარის თხელი კრისტალური ფენის გამოყოფამდე. მიღებული კრისტალები გადააქვთ ბიუხნერის ძაბრზე, აცლიან ხსნარს და შემდეგ აშრობენ ჰაერზე. დასასრულს, აშრობენ თერმოსტატში 100° ტემპერატურაზე მუდმივი წონის მიღებამდე.

**კალიუმის ფოსფატი (KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>).** გაყიდვაში არსებულ მარილს რეცხავენ ეთილის სპირტით, რომელშიც არ იხსნება კალიუმის ერთნაწილზე მეტი ფოსფატი. თუკი რეაქტივი შეიცავს კალიუმის ორნაწილზე მეტ ფოსფატს, ის სპირტში კარგად ხსნადია. სპირტით გარეცხილ მარილს ორჯერ გადააკრისტალებენ წყლისაგან. ამისათვის 100 გრამ მარილს ათავსებენ ფაიფურის ჯამში, დაასხამენ 195 მლ ცხელ წყალს, მიიყვანენ ადუღებამდე, ამ დროს მთელი მარილი გადადის ხსნარში. შემდეგ, ჯამს სწრაფად აცივებენ ყინულის დახმარებით. გამოყოფილ მარილის ნალექს ხსნარიდან დააშორებენ ბიუხნერის ძაბრზე. გადაკრისტალების ოპერაციას იმეორებენ კიდევ ერთხელ, რის შემდეგ მარილს (ბიუხნერის ძაბრზე ხსნარის მოცილების შემდეგ) ჯერ აშრობენ ფილტრის ქაღალდებს შორის, შემდეგ კი თერმოსტატში 110° ტემპერატურაზე მუდმივ წონამდე მიყვანამდე.

ზოგიერთი ელემენტის ატომური მასა.

ელემენტი	აღნიშვნა	ატომური მასა	ელემენტი	აღნიშვნა	ატომური მასა
აზოტი	N	14,0067	ნახშირბადი	C	12,011
ალუმინი	l	26,98154	ნატრიუმი	Na	22,98977
ბარიუმი	Ba	137,34	ნიკელი	Ni	58,70
ბორი	B	10,81	ოქრო	Au	196,9665
ბრომი	Br	79,904	პლატინა	Pt	195,09
გოგირდი	S	32,06	ჟანგბადი	O	15,9994
დარიშხანი	As	74,9216	რკინა	Fe	55,847
ვანადიუმი	V	50,9414	რუბიდიუმი	Rb	85,4678
ვერცხლი	Ag	107,868	სელენი	Se	78,96
ვერცხლის წყალი	Hg	200,59	სილიციუმი	Si	28,086
ვოლფრამი	W	183,85	სპილენძი	Cu	63,546
თუთია	Zn	65,38	სტრონციუმი	Sr	87,62
იოდი	J	126,9045	ტიტანი	Ti	47,90
კალა	Sn	118,69	ტყვია	Pb	207,2
კალიუმი	K	39,098	ურანი	U	238,029
კალციუმი	Ca	40,08	ფოსფორი	P	30,97376
კობალტი	Co	58,9332	ფტორი	F	18,99840
ლითიუმი	Li	6,941	ქლორი	Cl	35,453
მაგნიუმი	Mg	24,305	ქრომი	Cr	51,996
მარგანეცი	Mn	54,9380	ცეზიუმი	Cs	132,9054
მოლიბ- დენი	Mo	95,94	წყალბადი	H	1,0079

რეაქტივები ნიადაგის ქიმიური ანალიზისთვის

რეაქტივი	ფორმულა	მოლეკულური წონა	ექვივალენ- ტური წონა
აზოტის მჟავა	$\text{HNO}_3$	63,02	63,02
ამონიუმის ჰიდროჟენი	$\text{NH}_4\text{OH}$	35,05	35,05
აზოტმჟავა ამონიუმი	$\text{NH}_4 \text{NO}_3$	80,05	80,05
მოლიბდენმჟავა ამონიუმი	$(\text{H}_4\text{N})_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	1236,30	–
ნახშირმჟავა ამონიუმი	$(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$	114,10	57,05
ძმარმჟავა ამონიუმი	$\text{NH}_4\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2$	77,09	77,09
ფოსფორმჟავა ამონიუმი ერთჩანა- ცვლებული	$\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$	115,04	38,35
ფოსფორმჟავა ამონიუმი ორჩა- ნაცვლებული	$(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$	132,07	44,02
ამონიუმის ფტორიდი	$\text{NH}_4\text{F}$	37,04	37,04
ამონიუმის ქლორიდი	$\text{NH}_4\text{Cl}$	53,50	53,50
მჟაუნმჟავა ამონიუმი	$(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$	142,09	71,05
ბარიუმის ქლორიდი	$\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	244,40	122,20
კალიუმის ჰიდროჟენი	$\text{KOH}$	56,11	56,11
მანგანუმჟავა კალიუმი	$\text{KMnO}_4$	158,03	31,61*
ფოსფორმჟავა კალიუმი ერთჩანა- ცვლებული	$\text{KH}_2\text{PO}_4$	136,09	45,36
ფოსფორმჟავა კალიუმი ორჩა- ნაცვლებული	$\text{K}_2\text{HPO}_4$	174,18	58,06
ფოსფორმჟავა კალიუმი სამჩა- ნაცვლებული	$\text{K}_3\text{PO}_4$	212,27	70,76
კალიუმის ქლორიდი	$\text{KCl}$	74,56	74,56

კალიუმის ბიქრომატი (ქრომშავა კალიუმი)	$K_2CrO_4$	194,20	97,10
ნახშირმჟავა კალციუმი	$CaCO_3$	100,07	50,04
ფოსფორმჟავა კალციუმი ერთი- ნაცვლებული	$Ca(H_2PO_4)_2 \cdot H_2O$	252,09	84,03
ფოსფორმჟავა კალციუმი ორნა- ნაცვლებული	$CaHPO_4 \cdot 2H_2O$	172,10	57,37
ფოსფორმჟავა კალციუმი სამნა- ნაცვლებული	$Ca_3(PO_4)_2$	310,20	51,70
ნატრიუმის ჰიდროჟენი	$NaOH$	40,01	40,01
ნახშირმჟავა ნატრიუმი	$Na_2CO_3 \cdot 10H_2O$	286,16	143,08
ფოსფორმჟავა ნატრიუმი ერთი- ნაცვლებული	$NaH_2PO_4 \cdot H_2O$	138,01	46,00
ფოსფორმჟავა ნატრიუმი ერთი- ნაცვლებული	$NaH_2PO_4 \cdot 2H_2O$	156,03	52,01
ფოსფორმჟავა ნატრიუმი ორნა- ნაცვლებული	$Na_2HPO_4$	141,98	47,32
ფოსფორმჟავა ნატრიუმი ორნა- ნაცვლებული	$Na_2HPO_4 \cdot 7H_2O$	268,09	89,36
ფოსფორმჟავა ნატრიუმი ორნა- ნაცვლებული	$Na_2HPO_4 \cdot 12H_2O$	358,17	119,39
ფოსფორმჟავა ნატრიუმი სამნა- ნაცვლებული	$Na_3PO_4$	163,97	54,66
ფოსფორმჟავა ნატრიუმი სამნა- ნაცვლებული	$Na_3PO_4 \cdot 12 H_2O$	380,16	126,72
ნატრიუმის ქლორიდი	$NaCl$	58,46	58,46

ძმარმჟავა ნატრიუმი	$\text{NaC}_2\text{H}_3\text{O}_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$	136,06	136,06
ქლორიანი კალა	$\text{SnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	225,64	112,82
აზოტმჟავა ვერცხლი	$\text{AgNO}_3$	169,88	169,88
გოგირდმჟავა	$\text{H}_2\text{SO}_4$	98,09	49,05
მარილმჟავა	$\text{HCl}$	36,47	36,47
ძმარმჟავა	$\text{CH}_3\text{COOH}$	60,03	60,03
მჟაუბნმჟავა	$\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_5 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	63,03	63,03



ყველაზე ხშირად გამოყენებადი მჟავებისა და ამიაკის ხსნარების კონცენტრაცია.

დასახელება	ხვედრითი წონა 20 <sup>0</sup> C	მასური წილი, %	ხსნარის ნორმა-ლობა
კონცენტრირებული ამიაკი	0,907	25,0	13,4
განზავებული	0,957	10,0	6,0
განზავებული	0,977	5,0	3,0
კონცენტრირებული აზოტის მჟავა	1,400	67,0	15,0
განზავებული	1,115	20,0	3,5
განზავებული	1,054	10,0	1,7
კონცენტრირებული გოგირდის მჟავა	1,834	95,0	36,0
განზავებული	1,178	25,0	6,0
განზავებული	1,032	5,0	1,2
კონცენტრირებული მარილმჟავა	1,184	37,0	12,0
განზავებული	1,098	20,0	6,0
განზავებული	1,047	10,0	3,0
ძმარმჟავა ყინულოვანი	1,050	100,0	17,5
განზავებული	1,013	10,0	1,7
განზავებული	1,005	5,0	0,9
კონცენტრირებული ფოსფორის მჟავა	1,700	85,0	14,7
კონცენტრირებული ფტორწყალბადმჟავა	1,146	46,6	26,3
ქლორის მჟავა (15 <sup>0</sup> C)	1,540	60,0	9,2

დანართი 4

საწყისი ნივთიერებების რაოდენობა მჟავებისა და ამიაკის პროცენტული ხსნარების მოსამზადებლად (მლ-ობით პროცენტული ხსნარის 1 ლიტრზე).

საწყისი ნივთიერება	საწყისი ნივთიერების ხვედრითი წონა, 15°-ზე	საწყისი ნივთიერე-ბის მასური წილი, %	25 %	20 %	10 %	5 %	2%	1%
HCl	1,19	37,23	634,8	496,8	236,4	115,2	45,5	22,6
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	1,84	95,6	167,7	129,9	60,6	29,3	11,5	5,6
HNO <sub>3</sub>	1,40	65,6	313,0	243,6	115,0	56,0	22,0	10,8
CH <sub>3</sub> COOH	1,05	99,5	247,8	196,7	97,1	48,2	19,2	9,0
NH <sub>4</sub> OH	0,91	25,0	1000,0	814,0	422,0	215,4	87,2	43,7

საწყისი ნივთიერებების რაოდენობა სხვადასხვა ნორმალობის 1 ლ ტიტრული ხსნარების მომზადებისთვის

საწყისი ქიმიურად სუფთა ნივთიერება	მოლეკულური მასა	ექვივალენტური მასა	1 n	0,5 n	0,2 n	0,1 n	0,05 n	0,02 n	0,01 n	ნივთიერება მითითებული ხსნარების ტიტრის დადგენისათვის და მათი ექვივალენტური მასა მოცემული რეაქტივისთვის
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , d 1,84	98,08	49,04	28მლ	14მლ	5,6მლ	2,8მლ	1,4მლ	0,56მლ	0,28მლ	ბორაქსი Na <sub>2</sub> B <sub>4</sub> O <sub>7</sub> · 10H <sub>2</sub> O (გადაკრისტალებული არა უმეტეს t 60 <sup>0</sup> C); 190,7;
HCl, d 1,19	36,46	36,46	82მლ	41მლ	16,4მლ	8,2მლ	4,1მლ	1,64მლ	0,82მლ	
H <sub>2</sub> C <sub>2</sub> O <sub>4</sub> · 2H <sub>2</sub> O	126,07	63,4	–	–	–	6,3 გ	3,15 გ	1,26 გ	0,63გ	ტიტრული ხსნარი KMnO <sub>4</sub> ; 31,61
KMnO <sub>4</sub> მჟავა არეში	158,03	31,61	–	–	–	3,16 გ	1,58 გ	0,63 გ	0,32გ	მჟაუნმჟავა ნატრიუმი Na <sub>2</sub> C <sub>2</sub> O <sub>4</sub> ; 67,01.
NaOH	40,00	40,00	40,0 გ	20,0 გ	8,0 გ	4,0 გ	2,0 გ	0,80 გ	0,40გ	ქარვის მჟავა H <sub>6</sub> C <sub>4</sub> O <sub>4</sub> ; 59,04.
KOH	56,11	56,11	56,11გ	28,06გ	11,2 გ	5,60 გ	2,8 გ	1,12 გ	0,56გ	

$\text{Ba(OH)}_2 \cdot 8 \text{H}_2\text{O}$	315,50	157,75	157,65	78,88გ	31,54გ	15,77გ	7,88გ	3,15გ	1,58გ	
$\text{AgNO}_3$	169,89	169,89	–	–	–	17,00გ	8,50გ	3,40გ	1,70გ	ნატრიუმის ქლო- რიდი $\text{NaCl}$ ; 58,45.
$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	248,21	248,21	–	–	–	24,80გ	12,40გ	5,00გ	2,50გ	კალიუმის ბიქრომატი $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ; 49,04.
$\text{FeSO}_4 (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ x x $6\text{H}_2\text{O}$ (მორის მარილი)	392,16	392,16	–	–	78,40გ	39,20გ	19,60გ	7,84გ	3,92გ	ტიტრული ხსნარი $\text{K}_2\text{O}$ ; 31,61.
$\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$	294,22	49,04	–	–	9,18 გ	4,90გ	2,45გ	0,98გ	0,49გ	მორის მარილი; 392,16.
ტრილონ Б	372,25	186,12	–	–	–	18,61გ	9,30გ	3,72გ	1,86გ	გოგირდმჟავა მაგნიუმი $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ; 123,25.

ანალიტიკური მამრავლები

ნაპოვნნი	საპოვნნი	გადასაანგარიშებელი კოეფიციენტი (მამრაველი)	ნაპოვნნი	საპოვნნი	გადასაანგარიშებელი კოეფიციენტი (მამრაველი)
1	2	3	4	5	6
AgCl	Cl	0,247	CO <sub>2</sub>	CaO	1,274
AgCl	AgNO <sub>3</sub>	1,185	CO <sub>2</sub>	CaCO <sub>3</sub>	2,274
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al	0,529	CO <sub>2</sub>	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	2,409
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	AlPO <sub>4</sub>	2,393	CO <sub>2</sub>	NaH CO <sub>3</sub>	1,909
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	3,356	CaCO <sub>3</sub>	C	0,119
BaSO <sub>4</sub> B	SO <sub>4</sub>	0,411	CaCO <sub>3</sub>	CO <sub>2</sub>	0,439
BaSO <sub>4</sub>	SO <sub>3</sub>	0,343	CaCO <sub>3</sub>	CO <sub>3</sub>	0,599
BaSO <sub>4</sub>	S	0,137	CaCO <sub>3</sub>	Ca	0,400
BaSO <sub>4</sub>	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0,420	CaCO <sub>3</sub>	CaSO <sub>4</sub>	1,360
BaSO <sub>4</sub>	Ba	0,588	CaCO <sub>3</sub>	CaSO <sub>4</sub> ·2H <sub>2</sub> O	1,720
BaSO <sub>4</sub>	CaSO <sub>4</sub>	0,583	CaSO <sub>4</sub>	Ca	0,294
BaSO <sub>4</sub>	CaSO <sub>4</sub> ·2H <sub>2</sub> O	0,737	CaSO <sub>4</sub>	CaO	0,412
ჰუმუსი	C	0,579	CaSO <sub>4</sub>	CaCO <sub>3</sub>	0,735
ჰუმუსი	CO <sub>2</sub>	2,123	Fe	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,430
C	CO <sub>2</sub>	3,664	Fe	FeO	1,286
C	ჰუმუსი	1,724	Fe	FeCl <sub>2</sub>	2,269
CO <sub>2</sub>	ჰუმუსი	0,471	Fe	FeCl <sub>3</sub>	2,904
CO <sub>2</sub>	C	0,272	Fe	FeSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O	4,978
CO <sub>2</sub>	CO <sub>3</sub>	1,364	Fe	Fe(SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	3,580
CO <sub>2</sub>	Ca	0,911	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe	0,699
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	0,900	N	NO <sub>3</sub>	4,427
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FePO <sub>4</sub>	1,889	N	N <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	3,356
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeCl <sub>3</sub>	2,031	N	Na NO <sub>3</sub>	6,069
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	2,504	NO <sub>3</sub>	N	0,226
H <sub>2</sub> O	H	0,111	NO <sub>3</sub>	N <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,871
H <sub>2</sub> O	O	0,888	NO <sub>3</sub>	Na NO <sub>3</sub>	1,371
KCl	K	0,524	N <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	N	0,259
KCl	K <sub>2</sub> O	0,632	N <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	NO <sub>3</sub>	1,148
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	K	0,449	N <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Na NO <sub>3</sub>	1,574

<b>K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub></b>	<b>K<sub>2</sub>O</b>	<b>0,541</b>	<b>NH<sub>4</sub></b>	<b>N</b>	<b>0,776</b>
<b>K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub></b>	<b>KCl</b>	<b>0,856</b>	<b>NH<sub>4</sub></b>	<b>NO<sub>3</sub></b>	<b>3,437</b>
<b>Mg<sub>2</sub>P<sub>2</sub>O<sub>7</sub></b>	<b>Mg</b>	<b>0,218</b>	<b>NH<sub>4</sub></b>	<b>N<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>	<b>2,994</b>
<b>Mg<sub>2</sub>P<sub>2</sub>O<sub>7</sub></b>	<b>MgO</b>	<b>0,362</b>	<b>NH<sub>4</sub></b>	<b>Na NO<sub>3</sub></b>	<b>4,712</b>
<b>Mg<sub>2</sub>P<sub>2</sub>O<sub>7</sub></b>	<b>MgCO<sub>3</sub></b>	<b>0,757</b>	<b>NH<sub>4</sub></b>	<b>NH<sub>3</sub></b>	<b>0,944</b>
<b>MgSO<sub>4</sub></b>	<b>Mg</b>	<b>0,202</b>	<b>NaCl</b>	<b>Na</b>	<b>0,393</b>
<b>MgSO<sub>4</sub></b>	<b>MgO</b>	<b>0,335</b>	<b>NaCl</b>	<b>Na<sub>2</sub>O</b>	<b>0,530</b>
<b>MgSO<sub>4</sub></b>	<b>MgCO<sub>3</sub></b>	<b>0,700</b>	<b>NaCl</b>	<b>Na<sub>2</sub> CO<sub>3</sub></b>	<b>0,907</b>
<b>MgCO<sub>3</sub></b>	<b>Mg(HCO<sub>3</sub>)<sub>2</sub></b>	<b>1,735</b>	<b>NaCl</b>	<b>NaH CO<sub>3</sub></b>	<b>1,437</b>
<b>Mg<sub>2</sub>P<sub>2</sub>O<sub>7</sub></b>	<b>P</b>	<b>0,279</b>	<b>Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub></b>	<b>Na</b>	<b>0,323</b>
<b>Mg<sub>2</sub>P<sub>2</sub>O<sub>7</sub></b>	<b>PO<sub>4</sub></b>	<b>0,853</b>	<b>NaHCO<sub>3</sub></b>	<b>Na<sub>2</sub> CO<sub>3</sub></b>	<b>0,630</b>
<b>Mg<sub>2</sub>P<sub>2</sub>O<sub>7</sub></b>	<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>	<b>0,638</b>	<b>Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub></b>	<b>NaH CO<sub>3</sub></b>	<b>1,585</b>
<b>Mn</b>	<b>MnO</b>	<b>1,291</b>	<b>NaHCO<sub>3</sub></b>	<b>Na</b>	<b>0,274</b>
<b>Mn</b>	<b>MnO<sub>2</sub></b>	<b>1,582</b>	<b>Na</b>	<b>NaH CO<sub>3</sub></b>	<b>3,653</b>
<b>Mn</b>	<b>KMnO<sub>4</sub></b>	<b>2,876</b>	<b>SiO<sub>2</sub></b>	<b>Si</b>	<b>0,467</b>
<b>MnSO<sub>4</sub></b>	<b>Mn</b>	<b>0,363</b>	<b>SiO<sub>2</sub></b>	<b>SiO<sub>3</sub></b>	<b>1,266</b>
<b>MnSO<sub>4</sub></b>	<b>MnO</b>	<b>0,469</b>	<b>SiO<sub>2</sub></b>	<b>SiO<sub>4</sub></b>	<b>1,533</b>
<b>MnSO<sub>4</sub></b>	<b>MnO<sub>2</sub></b>	<b>1,575</b>	<b>SiO<sub>2</sub></b>	<b>Si<sub>2</sub>O<sub>7</sub></b>	<b>1,400</b>

ნიადაგის pH-ის ოპტიმალური მნიშვნელობა ძირითადი  
სასოფლო-სამეურნეო კულტურებისათვის

მცენარე	pH-ის ოპტიმალური მნიშვნელობა	მცენარე	pH-ის ოპტიმალური მნიშვნელობა
შვრია	5,0 – 7,7	კარტოფილი	5,0-5,5
ჭვავი	5,5 – 7,5	შაქრის ჭარხალი	7,0-7,5
საგაზაფხულო ხორბალი	6,0-7,5	იონჯა	7,0 – 8,0
საშემოდგომო ხორბალი	6,3 – 7,6	სამყურა	6,0-7,0
ქერი	6,8-7,5	ძიძო	6,5 და უფრო მეტი
სიმინდი	6,0-7,0	ხანჭკოლა	4,5 – 6,0
ფეტვი	5,5-7,5	ტიმოთელა	5.6 და უფრო მეტი
წინიბურა	4,7-7,5	კომბოსტო	6,7-7,4
ბარდა	6,0-7,0	სუფურის ჭარხალი	6,8-7,5
სოია	6,5-7,1	პომიდორი	6,3-6,7
მდოგვი	6,8-7,2	ბოლოკი, თაღგამი	5,5 და მეტი
სელი	5,9-6,5	სტაფილო	5,5-7,0
მზესუმზირა	6,0-6,8	კიტრი	6,0-7,9
კანაფი	7,1-7,4	სალათა	6,0-7,0
ჩაი	4,8-6,2	ბამბა	6,5-9,0

ნიადაგების დაჯგუფება მცენარისათვის მისაწვდომი აზოტის შემცველობის მიხედვით, მგ N / 100 გ ნიადაგზე.

№	ადვილად ჰიდროლიზებადი აზოტი ტიურიინი-კონონოვას მიხედვით			უზრუნველყოფის ხარისხი
	pH 5	pH 5-6	pH 6	
I	<4	<3	<3	ძალზე დაბალი
II	4-5	3-4	3-4	დაბალი
III	5-7	4-6	4-5	საშუალო
IV	7-10	6-8	5-7	ამაღლებული
V	10-14	8-12	7-10	მაღალი
VI	>14	>12	>10	ძალზე მაღალი



ნიადაგების დაჯგუფება მოძრავი ფოსფორის შემცველობის მიხედვით, მგ P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> /100 გ ნიადაგზე

უზრუნ-ველყოფის ხარისხი.	ნითელმიწა, ყვითელმიწა და სუბტროპიკულ ენერ (მჟავე) ნიადაგებზე ო.ონიანის მეთოდით	კარბონატულ ნიადაგებზე მაჩიგინის მეთოდით	კარბონატულ ნიადაგებზე ოლსენის მეთოდით	სუსტ მჟავე და ნეუტრალურ ნიადაგებზე ტრუოგის მეთოდი	სხვადა-სხვა ტიპის ნიადაგზე (მჟავე, ნეიტრალური, კარბონატული) ბურიელ-ჰერნანდოს უნივერსალური მეთოდი
ძალზე დაბალი	<8	<1,0	<1,0	<3	<4
დაბალი	8-15	1,0-1,5	1,0-1,5	3-7	4-6
საშუალო	15-30	1,5-3,0	1,5-3,0	7-12	7-10
ამაღლებული	30-45	3,0-4,5	3,0-4,5	12-18	11-15
მაღალი	45-60	4,5-6,0	4,5-6,0	18-25	16-20
ძალზე მაღალი	>60	>6,0	>6,0	>25	>20

ნიადაგების დაჯგუფება გაცვლითი კალიუმის შემცველობის მიხედვით, მგ  $K_2O$  /100 გ ნიადაგზე.

№	მასლოვას უნივერსალური მეთოდი როგორც არაკარბონატულ, ისე კარბონატულ ნიადაგებზე	ენერი ნიადაგებისთვის პეივის მეთოდი	მყავე ნითელმიწა, ყვითელმიწა და სუბტროპიკულ ენერ ნიადაგებზე ონიანის მეთოდი	მაჩიგინის მეთოდი კარბონატულ ნიადაგებზე	უზრუნველყოფის ხარისხი.
I	0-5	0-3	<5,0	<5,0	ძალზე დაბალი
II	5-10	3-7	5-10	5-10	დაბალი
III	10-15	7-10	10-15	10-20	საშუალო
IV	15-20	10-15	15-20	20-30	ამდლებული
V	20-30	15-20	20-25	30-40	მაღალი
VI	>30	>20	>25	>40	ძალზე მაღალი

ნიადაგების დაჯგუფება მიკროელემენტების მოძრავი ფორმების შემცველობის მიხედვით, მგ/კგ ნიადაგზე

მალალი	უზრუნველყოფის ხარისხი	ლარიბი	საშუალო	უზრუნველყოფილი	Mn		Zn		Cu		Co		B	Mo
					ამონ. აცეტ. ბუფ. ხსნარი pH 4,8	1 n KCl	ამონ. აცეტ. ბუფ. ხსნარი pH 4,8	1 n HCl	ამონ. აცეტ. ბუფ. ხსნარი. pH 4,8	1 n HNO <sub>3</sub>	ამონ. აცეტ. ბუფ. ხსნარი pH 4,8	H <sub>2</sub> O	ოქსალატური ხსნარი, pH 3	
>150	0,1 n H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	<50	50-100	100-150	>5	<2	2-3	3-5	>2	<1	1-1,5	1,5-3	1,5-3	>0,5
>100	ამონ. აცეტ. ბუფ. ხსნარი pH 4,8	<50	50-80	80-100	>7	<2	2-4	4-7	>7	<3	3-5	1,5-3	1,5-3	>0,5
>5	1 n KCl	<2	2-3	3-5	>5	<2	2-3	3-5	>7	<3	3-5	1,5-3	1,5-3	>0,5
>7	ამონ. აცეტ. ბუფ. ხსნარი pH 4,8	<2	2-4	4-7	>7	<2	2-4	4-7	>2	<1	1-1,5	1,5-3	1,5-3	>0,5
>7	1 n HCl	<3	3-5	5-7	>7	<3	3-5	5-7	>7	<3	3-5	1,5-3	1,5-3	>0,5
>2	ამონ. აცეტ. ბუფ. ხსნარი. pH 4,8	<1	1-1,5	1,5-2,0	>2	<1	1-1,5	1,5-2,0	>2	<1	1-1,5	1,5-3	1,5-3	>0,5
>5	1 n HNO <sub>3</sub>	<1,5	1,5-3	3-5	>5	<1,5	1,5-3	3-5	>5	<1,5	1,5-3	1,5-3	1,5-3	>0,5
>1,5	ამონ. აცეტ. ბუფ. ხსნარი pH 4,8	<0,5	0,5-1,0	1,0-1,5	>1,5	<0,5	0,5-1,0	1,0-1,5	>1,5	<0,5	0,5-1,0	0,5-1,0	0,5-1,0	>1,5
>3	H <sub>2</sub> O	<0,5	0,5-1,5	1,5-3	>3	<0,5	0,5-1,5	1,5-3	>3	<0,5	0,5-1,5	0,5-1,5	0,5-1,5	>3
>0,5	ოქსალატური ხსნარი, pH 3	<0,1	0,1-0,3	0,3-0,5	>0,5	<0,1	0,1-0,3	0,3-0,5	>0,5	<0,1	0,1-0,3	0,1-0,3	0,1-0,3	>0,5

დანართი 12

კარბონატულ ნიადაგებში მიკროელემენტების შემცველობის  
ზღვრული მნიშვნელობები, მგ/კგ.

ფორმა	მანგანუმი	სპილენძი	თუთია	ბორი	კობალტი	მოლიბდენი
საერთო	150-1000	6-64	20-250	10-200	3-16	1,3-6,2
მოძრავი	50-200	0,1-2,0	0,1-5,0	0,1-5,0	0,05-1,0	0,02-0,5

ქიმიური ელემენტების მოძრავი ფორმების (მუჟავახსნადი) ფონური შემცველობა და ზღვრულად დასაშვები კონცენტრაცია ნიადაგში ეკოლოგიური სიტუაციის შეფასებისთვის (მგ/კგ ნიადაგზე).

ელემენტი	ღიაპაზონი აღმოსავლეთ საქართველოს ძირითადი ტიპის ნიადაგებში*	ღიაპაზონი მსოფლიოს ნიადაგებში	ზღვრულად დასაშვები კონცენტრაცია (ზღვ) Kloke-A მიხედვით.
Cd	0,05-0,1	0,01-1,0	3,0
Ni	3-10	1-100	50
Pb	5-15	0,1-20	100
Hg	0,05-0,1	0,01-1,0	2,0
Sb	0,05-1	1-2	5,0
As	0,05-1	1-50	50
V	1-5	10-100	400
Cr	1-5	1-100	100
Se	1-5	0,1-10	10
Bi	0,2-0,5	0,2-2,5	2,5
Cu	1,0-20	2-50	100
Zn	1,0-30	10-300	300
Mo	0,5-2,0	0,2-10	5,0
Co	0,5-10	1-50	50
Sn	0,5-3,0	1-20	50
Zr	10-50	25-300	300
F	1-20	10-500	200

\* მ.ნ.საბაშვილის სახ. საქართველოს ნიადაგმცოდნეობის, აგროქიმიის და მელიორაციის ს/კ ინსტიტუტის მიერ აღმოსავლეთ საქართველოს ინტენსიური მიწათმოქმედების ძირითადი ტიპის ნიადაგებში (შავმიწა, ყავისფერი კარბონატული, მდელოს ყავისფერი) მძიმე მეტალების ფონური შემცველობის შესასწავლად გამოყენებული იყო სამრეწველო ობიექტებისა და ინტენსიური მოძრაობის ავტომაგისტრალებისაგან საკმაოდ დაცილებული ნიადაგის ნიმუშები, სადაც არ იყო გამოყენებული ქიმიზაციის საშუალებები (200 წერტილი, სადაც არ იყო გამოყენებული ჩატარდა მოსკოვში ვ.ვ.დოკუჩაევის ნიადაგმცოდნეობის ინსტიტუტთან არსებული მცირე სანარმოს – „აგროეკოლოგია“ – ლაბორატორიაში (გაფორმებული ხელშეკრულების სფუძველზე სათანადო ანაზღაურების წესით) 1998 წ.

## ბამოყენებული ლიტერატურა

სარიშვილი ი.ფ და სხვ., აგროქიმიის პრაქტიკუმი, „განათლება“, 1972.

Агрохимические методы исследования почв.Изд «Наука» , Москва, 1975.

Аринушкина Е.В - Руководство по химическому анализу почв М 1971.

Виноградов А П Геохимия редких и рассеянных химических элементов в почвах М.1957.

Джон Райан, Джорж Эстефан (ИКАРДА) и Абдул Рашид (Пакистан) - «Анализ растений и почвы» - Руководство по лабораторным анализам ИКАРДА, 2002.

Методы определения микроэлементов в почвах, растениях и водах Под ред.И.Г.Важенина. М., 1974

Минеев В.Г Практикум по агрохимии М.1989.

Минеев В.Г Химизация земледелия и природная среда М.1990.

Орлов Д.С., Гришина Л А Практикум по химии гумуса М 1981.

Спирина В.З., Соловьева Т.П Агрохимические методы исследования почв, растений и удобрений Томск.2014

Ягодин Б.А Практикум по агрохимии М.1987.

## ს ა რ ჩ ე ვ ი

ავტორისაგან .....	83
ავტორისაგან .....	6
ნიადაგის ნიმუშის საანალიზოდ მომზადება .....	8
ტენის განსაზღვრა ნიადაგში .....	9
ჰიგროსკოპული წყლის განსაზღვრა ნიადაგში .....	12
ნიადაგის მჟავიანობა .....	14
pH-ის (აქტიური მჟავიანობის) განსაზღვრა ნიადაგში .....	15
pH-ის განსაზღვრა ნიადაგში ჯონ რაიანის, ჯორჯ ესტაუნ-ის და სხვ მიხედვით (ИКАРДА) .....	20
პოტენციალური (ფარული) მჟავიანობა .....	22
გაცვლითი მჟავიანობის განსაზღვრა დაიკუხარას მეთოდით .....	23
pH-ის, გაცვლითი მჟავიანობის და ალუმინის განსაზღვრა სოკოლოვის მეთოდით .....	26
ნიადაგის ჰიდროლიზური მჟავიანობის განსაზღვრა კაპენის მეთოდით .....	28
კირის დოზების განსაზღვრა (ტ/ჰა) ჰიდროლიზური მჟავიანობის მიხედვით .....	30
შთანთქმული ფუძეების ჯამის (S) განსაზღვრა კაპენ-გილკოპციის მეთოდით .....	31
ნიადაგის ფუძეებით მაქროზის ხარისხის ანგარიში .....	34
გაცვლითი (შთანთქმული) კათიონების განსაზღვრა ნიადაგში .....	34
გაცვლითი კათიონების განსაზღვრა $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ -ის გამონაწერში .....	35
კალციუმის და მაგნიუმის ტრილონომეტრული განსაზღვრა	36
გაცვლითი კალციუმის განსაზღვრა .....	37
კალციუმის და მაგნიუმის ჯამის განსაზღვრა .....	38

გაცვლითი კათიონების გამოძევება ნიადაგიდან ნატრიუმის ქლორიდით და ამონიუმის ქლორიდით .....	40
გაცვლითი ნატრიუმის განსაზღვრა .....	41
გაცვლითი წყალბადის განსაზღვრა გედროიციის მეთოდით ...	42
<b>თაბაშირის განსაზღვრა .....</b>	<b>44</b>
<b>კარბონატების განსაზღვრა მოცულობითი მეთოდით .....</b>	<b>45</b>
CaCO <sub>3</sub> -ის პროცენტული რაოდენობის გამოანგარიშება გამოყოფილი CO <sub>2</sub> -ის მოცულობის მიხედვით .....	48
<b>ორბანული ნახშირბადის განსაზღვრა ნიადაგში .....</b>	<b>53</b>
ჰუმუსის განსაზღვრა ი.ვ.ტიურინის მეთოდით .....	55
ფენილანტრალინის მჟავას, როგორც ინდიკატორის გამოყენება ტიურინის მეთოდით ჰუმუსის განსაზღვრის დროს .....	59
ჰუმუსის განსაზღვრა ნიადაგში ნიკიტინის მეთოდით .....	64
ჰუმუსის განსაზღვრა ანტონოვას, სკალაბიანის და სუჩილიკინას მოდიფიკაციით .....	66
<b>ჰუმუსის ფრაქციული შედგენილობის განსაზღვრა ტიურინის სქემის მიხედვით ჰონომარეპას და კლოტნიკოვას მოდიფიკაციით .....</b>	<b>67</b>
<b>ჰუმუსის შედგენილობის განსაზღვრა დაჩქარებული პიროფოსფატის მეთოდით ჰონონოვასა და ბალჩიკოვას მიხედვით .....</b>	<b>78</b>
<b>ნიადაგის წყლით გამონაწერი .....</b>	<b>82</b>
<b>ნიადაგში აზოტის შენაერთების განსაზღვრის მეთოდი .....</b>	<b>110</b>
საერთო აზოტის განსაზღვრა კელდალის მეთოდით .....	113
ნიადაგში აზოტის, ფოსფორის და კალიუმის საერთო შემცველობის განსაზღვრის დაჩქარებული მეთოდი.(კ.ე.გინზბურგი და სხვ;) .....	120



<b>ნიადაგში მოძრავი აზოტის განსაზღვრის მეთოდები ....</b>	<b>120</b>
ადვილადჰიდროლიზებადი აზოტის განსაზღვრა ნიადაგში ტიურინისა და კონონოვას მეთოდით .....	120
ჰიდროლიზური აზოტის განსაზღვრა კარბონატულ ნიადაგებში .....	123
მოძრავი აზოტის განსაზღვრა კორნფილდის მეთოდით .....	125
წყალხსნადი ამიაკის განსაზღვრა ნიადაგში ნესლერის რეაქტივით .....	127
შთანთქმული ამიაკის განსაზღვრა ნესლერის რეაქტივით....	129
ნიტრატული აზოტის განსაზღვრა დისულფოფენოლის მჟავას გამოყენებით (გრანდვალ-ლიაჟუს მეთოდი) .....	132
გაუცვლელი ფიქსირებული ამონიუმის განსაზღვრა ნიადაგში დარივალის და სტივენსონის მეთოდით .....	135
ნიტრიტების განსაზღვრა გრისის მეთოდით.....	136
ნიადაგის ნიტრიფიკაციის უნარის განსაზღვრა.....	137
<b>ნიადაგში ფოსფორის განსაზღვრის მეთოდები .....</b>	<b>139</b>
<b>ფოსფორის მოძრავი შენაერთების განსაზღვრა</b>	
<b>ნიადაგში .....</b>	<b>140</b>
ფოსფორის განსაზღვრა ნიადაგის გამონაწერში. დენიჟეს მეთოდის ტრუოგ-მეიერის ვარიანტი .....	144
დენიჟეს მეთოდის ცინცადის ვარიანტი .....	145
<b>მცენარისათვის შესათვისებადი ფოსფორის</b>	
<b>განსაზღვრა ნითელმინა ნიადაგში .....</b>	<b>146</b>
არენიუსის მეთოდის გინზბურგის ვარიანტი .....	146
ა.ე.ბერიძის მოდიფიკაცია.....	149
ფოსფორის მოძრავი შენაერთების განსაზღვრა მჟავე ნიადაგებში ო.ონიანის მეთოდით .....	149
<b>ფოსფორის მოძრავი შენაერთების განსაზღვრა</b>	
<b>კარბონატულ ნიადაგებში .....</b>	<b>152</b>
მაჩიგინის მეთოდი ნახშირმჟავა ამონიუმის გამონაწერით...	153
ოლსენის მეთოდი .....	156

მცენარისათვის ადვილად შესათვისებელი ფოსფორის განსაზღვრა ე.ტრუოგის მეთოდით (სუსტ მჟავე და ნეიტრალურ ნიადაგებზე) .....	158
მოდრავი ფოსფორის განსაზღვრა ბურიელის და ჰერნანდოს მეთოდით .....	160
წყალხსნადი ფოსფატების განსაზღვრა .....	162

**ნიადაგში აზოტის, ფოსფორის და კალიუმის საერთო**

**შემცველობის განსაზღვრის დაჩქარებული**

**მეთოდი (კ.ე.გინზბურგი და სხვ;) .....**

მინერალური და ორგანული ფოსფატების საერთო შემცველობის განსაზღვრა ნიადაგში მეტას მეთოდის გინზბურგის მოდიფიკაციით .....	163
მინერალური ფოსფატების სხვადასხვა ფორმების განსაზღვრა ნიადაგში ჩანგის და ჯეკსონის მეთოდით (ასკინაზის, გინზბურგის და ლებედევას ვარიანტი) .....	169
ნიადაგში ფოსფატების მინერალური ფორმების განსაზღვრის მეთოდი კ.ე.გინზბურგის და ლ.ს ლებედევას მიხედვით .....	175

**ნიადაგში კალიუმის განსაზღვრის მეთოდები .....**

კალიუმის საერთო შემცველობის განსაზღვრა ნიადაგში ....	182
კალიუმის სხვადასხვა ფორმის განსაზღვრა ნიადაგში .....	182
წყალხსნადი კალიუმის განსაზღვრა .....	182
გაცვლითი კალიუმის განსაზღვრა ნიადაგში .....	184
ა.ა მასლოვას მეთოდი .....	184
გაცვლითი კალიუმის განსაზღვრა ეწერ ნიადაგებში პეივეს მეთოდით .....	186
გაცვლითი კალიუმის განსაზღვრა კარბონატულ ნიადაგებში 1%-იანი ნახშირმჟავა ამონიუმის გამოყენებით .....	190
ო.გ.ონიანის მეთოდი მჟავე ნიადაგებისათვის .....	190
გაუცვლელი კალიუმის განსაზღვრა ნიადაგში .....	191
გაუცვლელი კალიუმის განსაზღვრა 2,0 ნორმალობის HCl-ის ხსნარში პჩოლკინას მეთოდით .....	191

<b>მიკროელემენტების და მკიფე ლითონების განსაზღვრა ნიადაგში</b> .....	192
<b>ნიადაგის მომზადება საერთო ანალიზისთვის</b> .....	193
<b>ნიადაგის დაშლა (დამუშავება) ბორაქსისა და სოდის ნარკვით</b> .....	193
<b>ნიადაგის მჟავური დაშლა (დამუშავება)</b> .....	194
<b>ნიადაგის დაშლა ფტორწყალბადის მჟავით</b> .....	195
<b>ნიადაგის დაშლა ფტორწყალბადის და მარილის მჟავებით</b> .....	196
<b>ნიადაგის გამონაწერის მომზადების მეთოდები</b> .....	196
<b>ბაცვლითი კათიონების შემცველობის განსაზღვრა</b> .....	201
<b>ბორის განსაზღვრა</b> .....	204
ბორის განსაზღვრა მცენარეში და წყალში კარმინით .....	205
ბორის განსაზღვრა ნიადაგის წყლით გამონაწერში ხინალიზარინით .....	206
წყალხსნადი ბორის განსაზღვრა აზომეტინ H-ის გამოყენებით .....	208
<b>მოლიბდენის განსაზღვრა ნიადაგში</b> .....	210
მოძრავი მოლიბდენის განსაზღვრა ნიადაგში .....	211
როდანიდული მეთოდი .....	211
მოლიბდენის განსაზღვრა თუთია-დითიოლის დახმარებით .....	213
<b>სპილენძის განსაზღვრა დიეთილდითიოკარკამატით</b> ...	216
<b>თუთიის განსაზღვრა ნიადაგში</b> .....	218
მოძრავი თუთიის განსაზღვრა ნიადაგში .....	219
<b>კობალტის განსაზღვრა ნიადაგში</b> .....	223
მოძრავი კობალტის განსაზღვრა 2-(2-პირიდილაზა)-5- დიეთილმეტა-ამინოფენოლით (ПААФ) ЦИНАО-ს მეთოდით .....	225

<b>ტყვიის განსაზღვრა ნიადაგში</b> .....	227
<b>ნიკელის განსაზღვრა ნიადაგში</b> .....	230
ნიკელის განსაზღვრა დიმეთილგლიოქსიმით .....	230
ნიკელის განსაზღვრა a-2- ფურილდიოქსიმით .....	232
<b>კადმიუმის განსაზღვრა ნიადაგში</b> .....	233
<b>ვანადიუმის განსაზღვრა ნიადაგში</b> .....	236
ვანადიუმის განსაზღვრა ვოლფრამატის მეთოდით	
ვინოგრადოვის მიხედვით დობრიცკაიას მოდიფიკაციით ...	237
ვანადიუმის განსაზღვრა ბენზოილფენილჰიდროქსილამინის (БФГА) დახმარებით .....	239
<b>ქლორის განსაზღვრა</b> .....	240
მოძრავი ქლორის გამოყოფა ნიადაგიდან .....	241
არგენტომეტრული განსაზღვრა მორის მიხედვით .....	242
ქლორის მერკურომეტრული განსაზღვრა .....	245
<b>ფტორის განსაზღვრა ნიადაგში</b> .....	247
ფტორის განსაზღვრა ცირკონის ერიოქრომციანინატით.....	248
ფტორის განსაზღვრა ცირკონისა და ალიზარინის კომპლექსით ნიკოლაევის, სუვოროვას და გუროვიჩის მიხედვით .....	249
ფტორის განსაზღვრა ფტორ-სელექტური ელექტროდის გამოყენებით .....	249
<b>რკინის განსაზღვრა ნიადაგში</b> .....	251
რკინის ტრილონომეტრული განსაზღვრა .....	252
ნიადაგის გამონაწურებში რკინის განსაზღვრის კოლორიმეტრული მეთოდები .....	253
რკინის განსაზღვრის როდანიდული მეთოდი .....	253
Fe <sup>3+</sup> -ის განსაზღვრა ტრილონ B და H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> -თან სამმაგი კომპლექსის სახით .....	255
რკინის სხვადასხვა ფორმების განსაზღვრა O-ფენანტროლინით და a,a-დიპირიდილით .....	255

რკინის განსაზღვრის ექსტრაქციული მეთოდი ბატოფენანტროლინით .....	257
<b>მანგანუმის განსაზღვრა ნიადაგში</b> .....	259
მანგანუმის განსაზღვრა პერიოდატის მეთოდით .....	261
მანგანუმის განსაზღვრა ფორმალდოქსიმით .....	262
მანგანუმის განსაზღვრა ნიადაგში პერსულფატის მეთოდით .....	263
<b>ალუმინის განსაზღვრა ნიადაგში</b> .....	265
ალუმინის განსაზღვრა ალუმინონით .....	266
ალუმინის განსაზღვრა ქრომაზუროლით ЦИHAO*-ს მეთოდით .....	268
<b>გოგირდის განსაზღვრა ნიადაგში</b> .....	270
ხსნარებისა და გამონაწურების მომზადება გოგირდის განსაზღვრისათვის ნიადაგში .....	271
სულფატური გოგირდის განსაზღვრა წონითი მეთოდით.....	274
გოგირდის განსაზღვრის ფოტომეტრული მეთოდები .....	275
სულფატური გოგირდის განსაზღვრა ნიტქრომაზოს გამოყენებით .....	276
სულფატური გოგირდის განსაზღვრა ბარიუმის ქრომატით .....	277
სულფატური გოგირდის განსაზღვრა ბარიუმის ქლორანილატით .....	278
<b>სილიციუმის განსაზღვრა ნიადაგში</b> .....	281
სილიციუმშეჟავას განსაზღვრის წონითი მეთოდი ნიადაგის საერთო ანალიზის დროს .....	281
სილიციუმის განსაზღვრის ფოტომეტრული მეთოდები .....	282
სილიციუმის განსაზღვრა სილიციუმოლიბდენის ჰეტეროპოლიმჟავას სახით .....	283
სილიციუმის განსაზღვრა ნიადაგის გამონაწურში სილიციუმოლიბდენის ლურჯის სახით .....	284

ანალიზის მონაცემების სტატისტიკური დამუშავება ....	286
ხსნარების მომზადება .....	291
დანართი .....	303
გამოყენებული ლიტერატურა .....	320