

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ლ. გვერდწითელი, ი. ბაზლაძე,
ჯ. გუგეშიძე, თ. შარაშიძე, მ. მამულაშვილი

ბარემოს ობიექტების დაცვის ანალიზის მეთოდები და საშუალებები

ლაბორატორიული პრაქტიკუმი

II ნაწილი



დამტკიცებულია სტუ-ს
სარედაქციო-საგამომცემლო
საბჭოს მიერ

თბილისი
2007

განხილულია გარემოს ობიექტების გამაჭუჭყიანებელი მავნე ნივთიერებების კონცენტრაციების განსაზღვრა ფოტოკოლორიმეტრული და ატომურ-აბსორბციული სპექტრომეტრული მეთოდებით. ასევე მოცემულია სამრეწველო წყლების გაწმენდის ადსორბციული, ელექტროდიალიზური, ელექტროკოაგულაციური, უკუოსმოსის, ულტრა-ფილტრაციისა და გაფილტვრის მეთოდები. მათი შესწავლა და გამოყენება დაეხმარება როგორც ბაკალავრებს, ასევე მაგისტრანტებს დამოუკიდებელი მუშაობის დროს წყლის ხარისხის დადგენაში.

განკუთვნილია ქიმიური და ბიოტექნოლოგიური, მეტალურგიული, ასევე სამთო-გეოლოგიური, ჰიდროტექნიკის, თბოენერგეტიკის, მანქანათმშენებლობის ფაკულტეტების სტუდენტებისათვის, რათა აწარმოონ სამრეწველო ჩამდინარე წყლების კონტროლი, შეარჩიონ გაწმენდის მეთოდები და დაიცვან წყალსატევები დაბინძურებისაგან.

რეცენზენტი: ტ.მ.დ., პროფესორი

ლ. გვასალია

© საგამომცემლო სახლი „ტექნიკური უნივერსიტეტი“, 2007

ISBN 978-99940-955-0-6 (ორივე ნაწილი)

ISBN 978-99940-955-2-0 (მეორე ნაწილი)

იბეჭდება ავტორთა მიერ წარმოდგენილი სახით

გადაეცა წარმოებას 01.10.2007. ხელმოწერილია დასაბეჭდად 22.10.2007. ქალაქის ზომა 60X84 1/8. პირობითი ნაბეჭდი თაბახი 5. ტირაჟი 100 ეგზ.

საგამომცემლო სახლი “ტექნიკური უნივერსიტეტი”,
თბილისი, კოსტავას 77



**თავი 3. სპილენძის ნაერთების შემცველი სამრეწველო
ჩამდინარე წყლების კონტროლი და გაწმენდის
ტექნოლოგიური პროცესის დამუშავება
აღსორბციული მეთოდით**

სპილენძის ნაერთების შემცველი ჩამდინარე წყლები მიიღება გალვანური, სპილენძის მოპოვებელი სამთო-გეოლოგიური და სპილენძმომცველი მანების გადამამუშავებელი, სპილენძის ნაერთების მწარმოებელი ქიმიური, ფერადი მეტალურგიული და სხვა მრეწველობის წარმოებიდან.

სპილენძის იონების კონცენტრაციის განსაზღვრის მეთოდებიდან ფართოდაა გავრცელებული ატომურ-აბსორბციული სპექტროფოტომეტრული მეთოდი, ხოლო სპილენძის ნაერთებიდან ჩამდინარე წყლის გაწმენდა ეფექტურად ხორციელდება აღსორბციული მეთოდით.

**3.1. ჩანდინარე წყლის კონტროლი.
მეტალთა კონცენტრაციის განსაზღვრა ატომურ-აბსორბციული
მეთოდით. ატომურ-აბსორბციული მეთოდის არსი**

ანალიზის ატომურ-აბსორბციული მეთოდი დაფუძნებულია ელექტრომაგნიტური გამოსხივების ზემოქმედებით ატომის ატომის ატომის უნარზე, რომლის ენერგია შეესაბამება დაბალი ენერგეტიკული დონიდან მაღალ ენერგეტიკულ დონეზე ატომების გადასვლისათვის საჭირო ენერგიას. ატომების მიერ შთანთქმის პროცესი შეესაბამება სინათლის იმ ტალღის სიგრძეს, რომელიც წარმოადგენს ელექტრომაგნიტური გამოსხივების სახესხვაობას, ანუ ატომურ-აბსორბციას, რომელიც შესაძლებელია განისაზღვროს ფოტოდეტექტორის საშუალებით. არსებობს ატომურ-აბსორბციული ანალიზის ჩასატარებლად სხვადასხვა სახის ხელსაწყოები. ამ ყველა სახის ხელსაწყოებისათვის დამახასიათებელს წარმოადგენს განსასაზღვრავი ნიმუშის ატომიზაციის პრინციპი, რომელზეც დამოკიდებულია ანალიზის მგრძობობა, მწარმოებლობა და სიზუსტე. ატომიზაცია შესაძლებელია განხორციელდეს სხვადასხვა მეთოდებით:

- 1) ალში ხსნარის შეფრქვევით სპეციალური ფრქვევანი შეკუმშული ჰაერის ან სხვა აირის საშუალებით, რომელიც გამოიყენება დამყანველად.
- 2) გამოიყენება კიუვეტი (ლეოვის კიუვეტის ტიპის), სადაც ნიმუშის ატომიზაცია წარმოებს ინერტული აირის არეში ელექტრული დენით:
- 3) ავტომატიზატორებში, სადაც ნიმუშის ატომიზაცია წარმოებს, გაცხელებით სპეციალურ ჯამში (მაგალითად ტანტალისაგან დამზადებული), ალში (ლუმელში – ალის ტიპის ატომიზატორებში), სადაც ატომიზაცია მიმდინარეობს ელექტრული დენით, გაცხელებით და ალში.

ყველა გამოშვებულ ხელსაწყოს აქვს გამფრქვევები და სანთებლას ნაკრები. ზოგიერთ მათგანს დამატებით აქვს ლეოვის კიუვეტის ტიპის, ან (ლუმელი-ალის ტიპის) ატომიზატორების

კომპლექტი. ზოგიერთ ხელსაწყოს გააჩნია ავტომატური მიწოდებისა და ნიმუშის განსხვავებისათვის პროგრამული მოწყობილობა.

მოცემული პროგრამისათვის ასეთი ავტომატური მოწყობილობა მზადდება „მფრკვევანა-ალი“ ტიპის ატომიზატორისათვის. ნიმუშის ატომიზაციისათვის „ლევოვის კოუეტიის“ ან „ლუმელი-ალი“ ტიპის ატომიზატორში განსაზღვრის ზღვარი ბევრი ელემენტებისათვის შედარებით მაღალია, ვიდრე ალში გაფრკვევით ატომიზაციისას. ასევე ნიმუშის ხარჯი მცირეა, მაგრამ მწარმოებლობა და განსაზღვრის სიზუსტე დაბალია.

ატომურ აბსორბციული მეთოდი გამოიყენება სხვადასხვა სახის ზედაპირული, გრუნტის, ზღვის და ჩამდინარე წყლების ანალიზისათვის. მძიმე მეტალების განსაზღვრისათვის გამოიყენება ატომურ-აბსორბციული მეთოდი როგორც ალით, ასევე უალოდ.

ფართოდ არის გავრცელებული რამდენიმე ანალიზის სპექტროქიმიური მეთოდი, რომელიც დაფუძნებულია პლაზმაში სინჯის შეფრკვევით ზსნარის სახით პნემატური გამფრკვევითი სისტემის გამოყენებით:

- 1) ატომურ-აბსორბციული ანალიზი ანუ ალის აბსორბციული სპექტროსკოპია (აას);
- 2) ალის ემისიური სპექტრისკოპია (აეს);
- 3) ალის ფლუორესცენციური სპექტროსკოპია (აფს);
- 4) სპექტრალური ანალიზი მაღალსიხშირიანი (მს) ან ზემადალმგრძობიარე (ზმს)

ელექტრული დამუხტვის გამოყენებით.

ემისიური და აბსორბციული სპექტრალური ანალიზი თანამედროვე ტექნიკის გამოყენებით შეიძლება ჩატარდეს ერთიდაიგივე ხელსაწყოთი.

თავისუფალი ელემენტის ატომები, რომლებიც იმყოფებიან ცხელი აირის-პლაზმის არეში, შთანთქვენ რა სინათლეს გადადიან დაბალი ენერგეტიკული მდგომარეობიდან (არააგზნებული E_k) მაღალ ენერგეტიკული მდგომარეობაში (აღზნებული E_l). შთანთქმის სიხშირის ხაზებს საზღვრავენ ბორის სიხშირის პირობით:

$$\nu_{lk} = (E_l - E_k)/h,$$

ადაც h არის პლანკის მუდმივა.

პლაზმის ქიმიური შემადგენლობა ხასიათდება შთანთქმის სიხშირის ხაზებით (ტალღის სიგრძით). შთანთქმის სპექტრებით ნივთიერების რაოდენობრივი ანალიზი დაფუძნებულია შთანთქმის არეში ელემენტის კონცენტრაციასა და შთანთქმის ხაზის დამახასიათებელი ერთ-ერთი პარამეტრს შორის განსაზღვრულ ფუნქციონალურ დამოკიდებულებაზე. ატომურ-აბსორბციული ანალიზისას საჭიროა საანალიზო სინჯის აორთქლება, გაზის გაცხელება იმ ტემპერატურამდე, როდესაც ხდება განსაზღვრავი ელემენტის შემადგენელი მოლეკულის სრული ან ნაწილობრივი

დისოციაცია. ემისიური სპექტროქიმიური ანალიზის დროს დამატებით საჭიროა პლაზმაში არსებული თავისუფალი ატომების სპექტრების აღზნება. ატომურ-აბსორბციული ანალიზისას შთანთქმის ფერის შესაქმნელად გამოყენებულია ზშირად ალი, რომელშიც შეყავთ საანალიზო სინჯი აეროზოლის სახით, ასევე ზდება სინჯის აორთქლება სპეციალური „ატომიზატორებში“. ალში მიმდინარეობს მთელი რიგი პროცესები:

– აეროზოლის წვეთის აორთქლება; მყარი ნარჩენების აორთქლება; მოლეკულის დისოციაცია აირად ფაზაში; თავისუფალი ატომების აღზნება დასხივებისას; იონიზაცია.

ამის გარდა აეროზოლის ნაწილაკების აორთქლებისას თვით ალში (ე.ი. აირად ფაზაში) მიმდინარეობს ქიმიური რეაქცია, რომელშიც მონაწილეობას ღებულობს, როგორც სინჯში შემავალი ნივთიერებები, ასევე წვის პროცესში წარმოქმნილი ნივთიერებებიც. შთანთქმის არეში მიმდინარე სქემა მოცემულია 1 და 2 ნახაზზე.

მასასადამე მიმდინარეობს შემდეგი ანალიზური პროცესი:

1) ატომური წყვილის შთანთქმის არეს შექმნა, აეროზოლის სახით სინჯის შეყვანით ალში ან აორთქლებით გრაფიტის ატომიზატორში.

2) შთანთქმის არეში სინათლის სხივის გატარება, რომელიც გამოსხივებულია რომელიმე სინათლის წყაროდან.

3) შთანთქმის არეში გატარებულ სინათლის ნაკადს შლიან სპექტრებად და გამოყოფენ შესაბამის შთანთქმით სპექტრალურ ზაზს.

4) სინათლის შთანთქმის ზარისხის მახასიათებელი ზარისხის შეფასება.

5) განსასაზღვრავი ელემენტის კონცენტრაციის განსაზღვრა.

თავისუფალი ატომებით სინათლის შთანთქმის პროცესი შეიძლება გამოისახოს შემდეგნაირად:

$$A \pm h\nu \rightleftharpoons A^*,$$

სადაც $h\nu$ სინათლის კვანტია.

მასასადამე ფოტონის შთანქობისას თავისუფალი ატომი გადადის აღზნებულ მდგომარეობაში.

.. ეინაიდან აღზნებული მდგომარეობა არამდგრადია, ატომი რამდენიმე დროის (10-8 წმ) შემდეგ გადმოდის არააღზნებულ მდგომარეობაში, რომელიც ზორციელდება შემდეგი მეთოდებით:

მე-2 რიგის დარტყმებით, სპონტანური ემისიით (თავისთავადი ფოტონის გამოსხივებით), ან იძულებითი ემისიით (ე.ი. სინათლის ფოტონის დასხივებით).

რეალურ პირობებში სპექტრალურ ზაზებს გააჩნია სპექტრალური სიგანე, რომელიც

განისაზღვრება ლორენცისა და ლოპლერის ეფექტებით. ატომები პლაზმის ფენაში შთანთქავენ, ხოლო საკმაოდ მაღალი ტემპერატურის პირობებში კი ასხივებენ სინათლის ქვანტს, რომელიც შეესაბამება სინშირის კვალს $\Delta\nu$ -ს. მარტივი ატომური ხაზებისათვის შთანთქმა მაქსიმალურია ცენტრში, რომელიც შეესაბამება სინშირეს ν_0 . ცენტრის მოცილებით შთანთქმის ხარისხის ორივე მხარე სწრაფად მცირდება.

საანალიზო ელემენტის ხსნარში შემცველი ატომების უმრავლესობა გადადის ალში ძირითადი მდგომარეობის სახით. შთანთქმისათვის აუცილებელ რეზონანსულ ხაზს იღებენ განსასაზღვრავი ელემენტისაგან დამზადებული ღრუ კათოდიანი ნათურისაგან ექსტრემალურად მცირე სიგანის ზოლით. სანთებელასა და ღრუ კათოდიანი ნათურის მუშაობის მუდმივი რეჟიმისას ატომურ-აბსორბციულ სპექტროსკოპიაში მოქმედებს იგივე რაოდენობრივი კანონები, როგორც სპექტროფოტომეტრიაში:

$$E = \log \frac{1}{Q}, \quad Q = \frac{\Phi_e}{\Phi_0},$$

$$E = \log \frac{\Phi_1}{\Phi_0}$$

სადაც E – ექსტინქცია; Q – შიგა გატარების კოეფიციენტი;

Φ_e – გამოსული სინათლის ნაკადი; Φ_0 – შესული სინათლის ნაკადი.

ატომური შთანთქმის შედეგად შესუსტებული ფონური გამომსხივებლის სინათლის ნაკადი გაივლის დიფრაქციულ მონოკრომატორს და ხვდება ფოტომომიღებზე. გამძლეების შემდეგ მიღებული სიგნალი განიცდის ფაზურ მგრძობიარე დეტექტირებას. გასაშუალებდა მუდმივი დროის ერთეულში და ნაჩვენები იქნება გამზომი ხელსაწყოთი.

საანალიზო ელემენტის კონცენტრაცია განისაზღვრება მაჩვენებელი ხელსაწყოს ისრის გადახრით, უნდა მოხდეს სრული გადახრა, რომელიც გამოწვეულია არა შემცირებული ღრუ კათოდიანი ნათურის სინათლის ნაკადით. ღრუ კათოდიანი ნათურის სინათლე მოდელირდება ცვლადი დენით (300 ჰც), გამაძლიერებელი რეაგირებს მხოლოდ ცვლადი დენის ან სიგნალზე, რომლის საშუალებით აცილებულია გაზომვის შედეგების ცდომილება, რაც გამოწვეულია არამოდულირებელი ალის ფონური გამოსხივებით.

ემისიური მეთოდით განსაზღვრისას გამოიყენება აღზნებულ მდგომარეობაში მყოფი ატომები, მათი მდგომარეობა დამოკიდებულია ალის ტემპერატურაზე და ელემენტის აღზნებაზე, რომელიც ბევრ შემთხვევაში უფრო ნაკლებია, ვიდრე ძირითად მდგომარეობაში მყოფი ატომების რაოდენობა. აღზნებულ ატომებს უნარი აქვთ გამოასხივონ მოცემული ელემენტისათვის დამახასიათებელი სხივი. მიმღებზე დაცემამდე ალიდან მიღებული შუქის სიგნალი გაივლის მონოკრომატორს და მოდელირდება დამატებით ჩართული მოდულატორით 300 ჰც სიხშირით.

დოპლერის ეფექტი გამოისახება განტოლებით

$$v = v_0 \cdot (1 + V_x/C)$$

სადაც V_x – დაკვირვების მიმართულებით ნაწილაკების სიჩქარის პროექცია;

C – სინათლის სიჩქარეა.

ზუსტი გამოთვლებით

$$\Delta v_0 = \sqrt{T_K/M_A},$$

სადაც M_A – ატომური მასაა;

T_K – ტემპერატურაა.

მაშასადამე, რაც უფრო მაღალია ტემპერატურა, მით უფრო მაღალია ატომის თბური მოძრაობის საშუალო სიჩქარე და მაღალია დოპლერის შერევა.

ლორენცის გაფართოების სიდიდე და ძერა არსებითად დამოკიდებულია აირის წნევაზე, ვინაიდან წნევის გაზრდით ისაზღვრება ნაწილაკების დაჯახება და აქედან გამომდინარე რაც უფრო მეტია წნევა, მით უფრო მეტია ლორენცის ეფექტის როლი.

ატომების შთანთქმისა და გამოსხივების ხაზების განხილვისას გამოყენებულია ეინშტეინის მიერ შემუშავებული მეთოდი პლანკის ფორმულის გამოყენებით, რომლის თანახმად ატომები დაბალი ენერგეტიკული მდგომარეობიდან E_1 -დან მაღალ ენერგეტიკული მდგომარეობაზე E_2 -ზე გადასვლისას ფოტონებს შთანთქმავენ, ხოლო უკუპროცესისას ფოტონებს გამოსახივებენ. განხორციელებული პროცესები ხასიათდება ეინშტეინის კოეფიციენტებით:

$$B_{12} = \int b_{12}(v) dv.$$

შთანთქმის კოეფიციენტის ფიზიკური არსი გამოისახება ფორმულით ბერის კანონის მიხედვით:

$$K_v = \frac{hv}{C} b_{12} N_1.$$

ბუგერ-ლამბერტის კანონით:

$$I(\ell) = I_0 \exp(-K_v \ell),$$

სადაც ℓ – არის ფენის სისქე.

I_0 და $I(\ell)$ – ფენაში დაცემული და გასული ნაკადის ინტენსივობაა (როცა $\ell=0$, მაშინ $I = I_0$).

ბუგერ-ლამბერტის კანონი მართებულია, როგორც წონასწორული, ისე არაწონასწორული პირობებისას. თუ ბერის კანონის გამომსახველ ფორმულაში $(h\nu/C) \cdot b_{12}$ შეიცვლება α -თი, მაშინ მიიღება ამ კანონის გამომსახველი ფორმულა შემდეგი სახით:

$$K_v = \alpha \cdot N_1,$$

სადაც α არის მუდმივა, რომელიც არ არის დამოკიდებული N_1 ატომების კონცენტრაციაზე.

თუ მივიღებთ მხედველობაში, რომ $h\nu$ სიდიდე მუდმივაა, მაშინ შეიძლება განისაზღვროს ინტეგრალური შთანთქმის კოეფიციენტი:

$$K_{\Delta\nu} = \frac{h\nu_0}{C} \cdot B_{12} \cdot N_1,$$

სადაც ν_0 – სიხშირეა, რომელიც შეესაბამება ხაზის ცენტრს. თბური გამოსხივებისას გამოიყენება კირხჰოფის კანონი

$$dI_\nu/dA_\nu = \epsilon_\nu,$$

სადაც ϵ_ν არის აბსოლუტურად შავი სხეულის გამოსხივების უნარი.

ალი, როგორც მშთანთქმეი ფენა შეიცავს განსასაზღვრავი ელემენტის თავისუფალ ატომებს, ან როგორც სინათლის წყარო გამოიყენება თერმული კვაზიწონასწორული დაბალტემპერატურული პლაზმის მარტივი მოდელის შესაქმნელად.

ექსპერიმენტით დადგენილია, რომ ალის ტემპერატურა განსაზღვრავს სხვადასხვა თანაბარ პირობებში ალში შეყვანილი ნერთის მოლეკულის დისოციაციის ხარისხს და ატომების ხაზების გამოსხივების ინტენსივობას. ალის ტემპერატურა განისაზღვრება ალში აირადი ნარევის შემადგენლობაში შემავალი ნივთიერებების დისოციაციაზე დახარჯული ენერჯისა და წვის პროცესში საწვავის ნარევის კომპონენტებს შორის მოცულობის ერთეულში გამოყოფილი კუთრი ენერჯის სხვაობით. აირების ხარჯის სტაბილიზაცია მიიღწევა ტემპერატურის საკმაოდ მაღალი სტაბილურობით და ალის ოპტიკური თვისებების განსასაზღვრავი სხვა პარამეტრებით. ატომურ-აბსორბციული ანალიზისას გამოიყენება შემდეგი აირადი ნარევი: აცეტილენისა და ჰაერის ნარევი, ან აცეტილენი და დინიტროქსიდი (NO_2), იშვიათად გამოიყენება წყალბად-ჰაერის ნარევი ასევე გამოიყენება პროპან-ჰაერის ნარევი. ნარევის ამზადებენ სპეციალურ შემრეე კამერაში, საიდანაც გადდის სანთებელაში, ამ კამერებში ათავსებენ აეროზოლის გამფრქვევს. კამერაში ასევე მცირდება ნაკადის სიჩქარე.

ასევე შესწავლილია აეროზოლის შემადგენლობის დისპერსიულობის ცვლილება. წვეთის, ან სფერული ნაწილაკის ფორმა ექვემდებარება სრეზნეცის კანონს:

$$d_t^2 = d_0^2 + K \cdot t,$$

სადაც d_0 და d_t არის წვეთის საწყისი და t დროში დიამეტრები;

K – მუდმივა, რომელიც არის აორთქლების მახასიათებლები.

წვეთის აორთქლებისათვის საჭირო სრული დრო, როცა $d_t = 0$ გამოითვლება ფორმულით:

$$t = d_0^2 / K.$$

ატომურ-აბსორბციული სპექტრომეტრიის მეთოდი დაფუძნებულია გაზის (აირის) ატომების მიერ ულტრაიისფერი, ან ხილული გამოსხივების შთანთქმაზე. აირად ატომურ მდგომარეობაში (ნაწილობრივ მაინც) გადასაყვანად სინჯს აფრქვევენ ალში. გამოსხივების წყაროდ გამოყენებულია ნათურა ღრუ კათოდით, რომელიც დაზაღებულია განსაზღვრული მეტალისაგან. სინათლის წყაროს მიერ გამოსხივებული სპექტრალური ზოლების ტალღის სიგრძის ინტერვალი და იმავე ელემენტის შთანთქმის ზოლები ალში ძალიან ვიწროა, ამიტომ სხვა ელემენტების ხელისშემშლელი შთანთქმები პრაქტიკულად არ ახდენს გავლენას ანალიზის შედეგებზე.

ატომური აბსორბციისა და ალის – ემისიური სპექტრომეტრებს შორის არსებით განსხვავებას წარმოადგენს ის, რომ მეორე მეთოდით იზომება ალში აგზნებულ მდგომარეობაში მყოფი ატომების გამოსხივება, ხოლო ატომური აბსორბცია დაფუძნებულია ალში არააღზნებულ მდგომარეობაში მყოფი, ნეიტრალური ატომების მიერ შთანთქმული გამოსხივების გაზომვაზე, რომელიც ალში ბევრად უფრო მეტია, ვიდრე აღზნებულისას. ამით აიხსნება აღზნების მაღალი ენერჯიის მქონე, ე.ი. რთულად აღზნებადი ელემენტების განსაზღვრისას მეთოდის მაღალი მგრძობელობა. მეორეს მხრივ, ადვილად აგზნებადი ელემენტები ეფექტურად გამოასხივებენ გამოსხივებას თუ მათ მოვითავსებთ მაღალტემპერატურულ ალში. მათი განსაზღვრა მაღალი მგრძობელობით შესაძლებელია ემისიური სპექტრომეტრიული მეთოდით. უმეტეს მგრძობელობას ატომურ-აბსორბციული სპექტროსკოპია აძლევს *As, Be, Bi, Cd, Hg, Mg, Pb, Te, Zn, Cs, In* განსაზღვრისას. ემისიური მეთოდით უნიშვნელოვანად მაღალი მგრძობელობით ისაზღვრება *Li, K, Na, Ba, Sz, Tl*. სხვა ელემენტების განსაზღვრის მგრძობელობა (იშვიათის გამოკლებით) მიახლოებით ერთნაირია ორივე მეთოდით.

პრინციპულად ატომურ-აბსორბციული სპექტრომეტრია მსგავსია ჩვეულებრივი სპექტროფოტომეტრიისა. ანალოგიურია ორივე, მეთოდებში გამოყენებული აპარატურაც. ორივე მეთოდში გამოსხივებას ატარებენ საანალიზო ხსნარში, რომელიც მას ნაწილობრივ შთანთქმავს, ხოლო გატარებული (სხივი) სინათლე გაივლის მონოქრომატორს და ეცემა ფოტოდეტექტორს – მარეგისტრირებელ მოწყობილობას, რომელიც აღნიშნავს. გატარებული ან შთანთქმული სინათლის რაოდენობას, ამ მეთოდებს განსხვავებული აქვთ სინათლის წყარო და სინჯის კიუვეტი.

სინათლის წყაროდ აას-ში გამოყენებულია ნათურა ღრუ კათოდით, რომელიც ასხივებს ტალღის სიგრძის ძალიან ვიწრო ინტერვალის მქონე სინათლეს (0.001 ნმ რიგის). განსასაზღვრავი ელემენტის შთანთქმის ზოლები გამოსხივების ზოლებზე უფრო ფართოა, რას შთანთქმის ზოლების განსაზღვრის საშუალებას იძლევა მის მაქსიმუმში. ხელსაწყო შეიცავს

ნათურების კრებულს. თითოეული ნათურა განკუთვნილია მხოლოდ ერთი რომელიმე ელემენტის განსასაზღვრავად. არსებობს ისეთი ნათურებიც, რომლებიც განკუთვნილია რამდენიმე ელემენტის განსაზღვრისათვის (მაგალითად, *Mg, Ca, Al*), მაგრამ მათი გამოყენება არ არის რეკომენდირებული.

აას-ში „კიუვეტად“ ითვლება თვით ალი. ვინაიდან აას-ში დაცულია ბერის კანონი, ამიტომ მეთოდის მგრძობიანობა დამოკიდებულია ალის მშთანთქმელი ფენის სიგრძეზე, რომელიც უნდა იყოს მუდმივი და საკმარისად დიდი. გამოყენებულია სპეციალური ზერელიანი სანთურა 5-10 სმ სიგრძის ვიწრო ზერელით.

ალში ელემენტების ატომოზაციისას მისი ატომების უმეტესი ნაწილი შესამღებელია ალიგზნეს და გამოასხივოს სინათლე. რამდენადაც გამოსხივებული და შთანთქმული სინათლის ტალღის სიგრძეები ემთხვევა, იმდენად ალში დასხივებული სინათლე ზედდება ალში გატარებულ გამოსხივებაზე, რაც ამახინჯებს მიღებულ რეზულტატს. ამ სიძნელებების გადასალახავად ხელსაწყოში გამოიყენება მოდულატორი.

ალის წყაროდ გამოიყენებულია საწვავები – აცეტილენი, პროპანი ან წყალბადი, ხოლო დამყანგავებად კი გამოიყენება ჰაერი, ჟანგბადი, ან აზოტის (I) ოქსიდი. შერჩეული აირადი ნარევი განსაზღვრავს ალის ტემპერატურას. ჰაერ-აცეტილენური და ჰაერ-პროპანულ ალს აქვს დაბალი ტემპერატურა (2200-2400°C). ასეთი ალი გამოიყენება ამ ტემპერატურაზე ისეთი ელემენტთა განსასაზღვრავად, რომელთა ნაერთები ადვილად იშლებიან. ასეთი ელემენტები უმრავლესია, ამიტომ თუ სპეციალური მითითება არ არის, იგულისხმება, რომ გამოიყენება ჰაერ-აცეტილენური ალი. ჰაერ-პროპანული ალი გამოიყენება მაშინ, როდესაც აცეტილენი ძნელად მისაღებია (საშოვნელია). ასეთი შეცვლა სამუშაოს ართულებს, რადგანაც ტექნიკური პროპანი შეიცავს ალის გამაჭუჭყიანებელ მინარევებს. ისეთი ელემენტების განსასაზღვრავად, რომლებიც წარმოიქმნიან ძნელად დისოცირებად ნაერთებს, გამოიყენება მაღალტემპერატურილი ალი (3000-3200°C), რაც წარმოიქმნება აზოტის (I) ოქსიდისა და აცეტილენის ნარევით, ასეთი ალი აუცილებელია *Al, Be, Si* და *Mo* განსასაზღვრავად. ჰიდრიდად გარდაქმნილია დარიშხანისა და სელენის განსასაზღვრავად საჭიროა აღმდგენელი ალი, რომელიც წარმოიქმნება წყალბადის წვით არგონ-ჰაერის ნარევეში. ვერცხლისწყალი განისაზღვრება „უალო“ მეთოდით, რადგანაც იგი არსებობს ორთქლისებრ მდგომარეობაში ოთახის ტემპერატურაზეც კი.

ატომურ-აბსორბციული სპექტრომეტრიის გამოყენებისას ხელისშემშლელი პირობები მცირეა. მათი გამოვლენა ზდება იშვიათად, რაც წარმოადგენს ამ მეთოდის ერთ-ერთ ძირითად უპირატესობას. „ქიმიური გავლენა“ მდგომარეობს იმაში, რომ ალში წარმოიქმნება თერმოდგრადი ნაერთები, რომელთა მოლეკულები არ შთანთქავენ გამოსხივებას. მიმდინარეობს

ვერთწოდებული „ჩაქრობა“ და მიიღება შემცირებული რეზულტატები. ეს მოვლენა შეიმჩნევა მაგნიუმის განსაზღვრისას, თუ თანამდევია ფოსფატები, აგრეთვე მანგანუმის განსაზღვრისასაც სილიციუმმჟავას არსებობისას. პირველ შემთხვევაში ეს გართულება გადაილახება ლანთანის მარილების შეყვანით, ხოლო მეორე შემთხვევაში კი – კალციუმის მარილების დამატებით.

სისტემატური შეცდომების გამოვლენის მეორე მიზეზს წარმოადგენს იონიზაციის შედეგად თავისუფალი ატომების კონცენტრაციის შემცირება. ეს მოვლენა შეიმჩნევა დაბალი იონიზაციის პოტენციალის მქონე მცირე შემცველობის ისეთი ელემენტების განსაზღვრისას როგორცაა, მაგალითად, ტუტე მეტალები, რომელთა მოცილება ხდება სინჯში უფრო დაბალ იონიზაციის პოტენციალის მქონე ელემენტის შეყვანით. მაგალითად, ბარიუმის განსაზღვრისას შეყავთ Na ან K .

უალო მეთოდით ვერცხლისწყლის განსაზღვრისას ხელისშემშლელ პირობას წარმოადგენს ზოგიერთი აქროლადი ორგანული ნივთიერება, რომელიც შთანთქავს სინათლეს 253,7 ნმ ტალღის სიგრძეზე ($\lambda=253,7$). ასეთ შემთხვევაში განსაზღვრას აწარმოებენ ორჯერ: პირველად ჩვეულებრივ პირობებში, მეორედ კი მჟანგავ პირობებში; ე.ი. კალას (II) ქლორიდის მიმატების გარეშე. ვერცხლისწყლის რაოდენობას საზღვრავენ მიღებული რეზულტატების სხვაობით.

თხევად ფაზაში მყოფი მეტალების განსაზღვრავად საჭიროა სინჯის წინასწარი დამუშავება უშუალოდ მისი ადების შემდეგ, გაფილტვრა № 2 მეშპრანული ფილტრით და შემჟავება განზავებული (1:1) აზოტის მჟავით $pH=2$ -მდე.

მეტალების (თხევად და მყარ ფაზაში) ჯამური შემცველობის (რაოდენობის) განსაზღვრისათვის ჩვეულებრივ დასაწყისში საკმარისია სინჯის შეჟავება (წინასწარ კომოგენიზირებული) $pH=2$ -მდე, შემდეგ გაფილტვრა. თუ თანამდევია მჟავაში ძნელადხსნადი ნაერთები საჭიროა უფრო რთული დამუშავება. სინჯს კომოგენიზირებენ (იხ. განყ. 3.3), გადააქვთ 100 მლ-იან ჭიქაში, უმატებენ 3 მლ კონც. აზოტის მჟავას და აორთქლებენ ცხელ ქურაზე თითქმის სიმშრალემდე; საჭიროა თვალყურის დევნება, რათა სითხე არ ადუღდეს. შემდეგ ჭიქას აციებენ, შეაქვთ კიდევ 3 მლ იგივე მჟავა, ახურავენ ჭიქას საათის მინას და ხელახლა აცხელებენ, წვევენ ტემპერატურას, რათა რაც გასასხნელია მთლიანად გაიხსნას, რაზედაც მიუთითებს მკრთალი-შფეფრილობის ნალექის მიღება, გაცხელებას წვევტენ, ჭიქის კედლებსა და საათის მინას ჩარეცხავენ გამოზდილი წყლით და ფილტრავენ სილიციუმმჟავასა და სხვა უხსნად ნივთიერებას. ფილტრატი უნდა იყოს გამჭვირვალე; მას ანზავებენ განსაზღვრულ მოცულობამდე.

მოქმედების პრინციპი

ატომურ-აბსორბციული ფოტომეტრი „AAS-1“-ით შესაძლებელია განსაზღვრა, როგორც აბსორბციული მეთოდით ასევე ემისიური მეთოდით. ორივე შემთხვევაში იგება სტანდარტული მრუდი ცნობილი. შემადგენლობისა და კონცენტრაციის საანალიზო ხსნარის მიხედვით. თხევადი სინჯი გაიფრქვევა და მიღებული აეროზოლი მოხვდება აცტილენ-ჰაერის ან პროპან-ჰაერის ალში.

3.1.1. სპილენძის განსაზღვრა

სპილენძის ქვეჯგუფის ელემენტები განსაზღვრება „AAS“ მეთოდით, ასევე ალის ემისიური სპექტროსკოპიით, მხოლოდ. ამ უკანასკნელით არ ხდება განსაზღვრის დაბალი საზღვრის დადგენა, ამიტომ სპილენძის ქვეჯგუფის ელემენტების განსაზღვრისათვის პრაქტიკულად იგი არ გამოიყენება.

როგორც ცხრილიდან არის ნათელი, ახლო ულტრაიისფერ სპექტრის უბანში სპილენძის, ვერცხლისა და ოქროს რეზონანსული დუბლეტების მკვეთრი ზაზების ანალიზი გამოიყენება ამ ელემენტთა კონცენტრაციის დაბალი ზღვრების დასადგენად. სპილენძის, ვერცხლისა და ოქროს ნაერთები, რომლებიც წარმოიქმნება აეროზოლის წვეთის ამოშობისას, თერმულად არამდგრადნი არიან, ისინი სრულიად იშლებიან და დისოცირდებიან აცტილენ-ჰაერის ან პროპან-ჰაერის ალში. ამ ელემენტების იონიზაციის პოტენციალები მაღალია და ამიტომ მათი ატომები აცტილენ-ჰაერის ალის ტემპერატურაზე პრაქტიკულად არ იონიზირდება. შესადაარებული ხსნარის მოსამზადებლად ხელსაყრელია დამზადდეს საწყისი ხსნარი, სადაც სპილენძის კონცენტრაცია შეადგენს 1000 მკგ/მლ, ზოლო დანარჩენი ხსნარები შეიძლება დამზადდეს საწყისი ხსნარის განზავებით გამოხდილი წყლით.

საწყისი ხსნარი

1,000 გრ მეტალურ სპილენძს ხსნიან აზოტის მჟავას განზავებული ხსნარის (1:1) მინიმალურ მოცულობაში (15 მლ) და 1000 მლ-იან მზომ კოლბაში მოცულობა მიჰყავთ ჭდომდე გამოხდილი წყლით.

3.1.2. ტუტე მეტალების განსაზღვრა

ტუტე მეტალების ატომური სპექტრები ერთმანეთის მსგავსია. ისინი შედგებიან იმავე სერიისაგან, რისგანაც წყალბადის ატომის სპექტრი. მათ აქვთ დუბლეტური სტრუქტურა. ტუტე

მეტალების რეზონანსულ დუბლეტებს აქვთ მაღალი ღონე ალგუნების მცირე ენერჯით, ისინი აღვილად აღივზნებიან დაბალი ტემპერატურის ალში და ახასიათებთ დიდი სიკაჟკაჟე, ამიტომ ვიღებთ შთანთქმის კოეფიციენტის მაღალ მნიშვნელობას. ტუტე მეტალთა მარილები არადმგრადია და პრაქტიკულად სრულად დისოცირდებიან აცეტილენ-ჰაერის ალში და შედარებით დაბალ ტემპერატურულ ალშიც (პროპან-ჰაერი). ამიტომ ტუტე მეტალები მაღალი მგრძობიარობით შეიძლება განისაზღვროს ალის ატომური აბსორბციით, ასევე ემისიური სპექტროსკოპიით.

ტუტე მეტალების „AAS“ მეთოდით განსაზღვრის პარამეტრები მოცემულია მე-1 და მე-2 ცხრილში.

ცხრილი 1

ელემენტი	საანალიზო სპექტრის ტალღის სიგრძე, ნმ	ალის ტიპი	დამახასიათებელი კონცენტ. მგ/მლ	ოპტიმალური შემცველობის დიაპაზონი მკგ/მლ	განსაზღვრის საზღვრები	
					ორსხივიანი ხელსაწყო	ერთსხივიანი
სპილენძი	327,40	აცეტილენ-ჰაერი	0,20	2,20	0,002	0,001
	324,75		0,10			
	249,22		7,2			
	222,67		1,5			
	216,51		0,6			
ნატრიუმი	589,00	აცეტილენ-ჰაერი	0,015	0,3-3,0	0,002	0,002
	589,59					
	330,23		2,8			
	330,30					

ცხრილი 2

პირველი ჯგუფის ელემენტების ანალიზური სპექტრი

ელემენტი	საანალიზო სპექტრის სიგრძის ტალღა ნმ	ზედა ღონის ენერჯია	ხელისშემშლელი სპექტრის სიგრძის ტალღა ან მაქსიმალური ზოლი, ნმ
სპილენძი	327,4	3,78	Ag 328,1
	324,8	3,82	-
ნატრიუმი	589,6	2,10	Ca 605
	589,0	2,11	Ca 622
	330,3	3,75	Sr 610
	330,2	-	

ტუტე მეთალების სპექტროსკოპული ანალიზი დამოკიდებულია ამ ელემენტების ქიმიურ თვისებებზე და მათი ატომის აგებულებაზე. ნატრიუმის იონიზაციის ხარისხი შესაბამის ტემპერატურაზე არ არის მალალი, ამიტომ იონიზაცია ამ ელემენტთა თავისუფალი ატომის კონცენტრაციის განსაზღვრაზე ნაკლებად ახდენს გავლენას. თანამედროვე სპექტროფოტომეტრები ახდენენ ალით გამოსხივებული სპექტრალური ხაზების ინტენსივობის რეგისტრაციას.

ნატრიუმის განსაზღვრა ალის ფოტომეტრიული მეთოდით

ზედაპირულ და მიწისქვეშა წყლებში ნატრიუმის შემცველობა განპირობებულია გეოლოგიური პირობებით. ნატრიუმის შემცველობა იზრდება საყოფაცხოვრებო და სამეურნეო წყლების ჩაშვებით წყალსაცავებში. ნატრიუმის განსაზღვრისათვის ფართოდ გამოიყენება ალის-ფოტომეტრიული მეთოდი.

ნატრიუმის მარილები იწვევენ ტოქსიკურ ზემოქმედებას: საერთო ტოქსიკურ, გამაღიზიანებელ ზემოქმედებას, ალერგიას, აპათიას, დერმატიტს, კანის გაღიზიანებას, თვალის ლორწოვანი გარსის გაღიზიანებას, ხოლო ზოგიერთი მარილი, როგორცაა ნატრიუმის ციანიდი და არსენატი, იწვევს, კარცეროგენულ, მუტაგენურ მოქმედებას, თავის ზურგის ტვინზე და ნერვულ სისტემაზე ზემოქმედებას და სიკვდილს. ნატრიუმის კათიონის ზ.დ.კ. (სათევზე მეურნეობის წყალსაცავებში) შეადგენს 120 მგ/ლ.

ნატრიუმის წყლის სინჯის აღება ხდება პოლიეთილენის ჭურჭელში.

ანალიზის მსვლელობა

40 მლ გაფილტრულ საანალიზო წყლის სინჯს, რომელიც შეიცავს 10 მლ/ლ-მდე ტუტე მეთალებს, უმატებენ 5 მლ ბუფერულ ხსნარს და მოცულობა მიჰყავთ 50 მლ-მდე ბიდისტილატით. განსაზღვრას აწარმოებენ შესაბამის ტალღის სიგრძეზე ($\lambda=589$ ნმ) და გამოყენებული ხელსაწყოთა ოპტიმალური მუშაობის პირობებში, რომელსაც ადგენენ საკალიბრო მრუდის აგების წინ, სტანდარტული ტუტეხსნარის გამოყენებით, ვინაიდან ცეზიუმის ქლორიდი და ალუმინის ნიტრატი მუდმივად შეიცავს ტუტე გამაჭუჭყიანებლებს, რეკომენდირებულია ალის ფოტომეტრიული ფონის კომპლექსირება მოხდეს საკონტროლო ხსნარის (ყრუ ხსნარი) გაფრქვევით.

ხელისშემშლელი პირობები

განსაზღვრას ხელს უშლის: 1) კალიუმი, თუ მისი კონცენტრაცია აღემატება ნატრიუმის კონცენტრაციას, $K : Na \geq 5$.

2) კალციუმი, თუ თანაფარდობა $Ca:Na$ შესაბამისად მეტია 10:1-ზე. ამ ელემენტების ემისიის გაელენა შესაძლებელია ეფექტურად შემცირდეს სხვა ტუტე და ტუტემიწათა მეტალების საშუალებით ცეზიუმ ქლორიდისა და ალუმინის ნიტრატის დამატებით, როგორც სპექტროსკოპიული და ფიზიკური ბუფერი (ბუფერ-გამოსხივება). ამის გარდა ამ კათიონების გაელენა უგულველყოფილ შეიძლება იქნას საკალიბრო მრუდის აგებისას კალიუმისა და კალციუმის განსაზღვრული რაოდენობის დამატებით. ხელისშემშლელი იონების ზეგაელენის თავიდან აცილება ხდება სტანდარტული ხსნარის დამატებით, რომლის დროსაც უცნობი კონცენტრაციისა და ემისიის I_x საანალიზო ხსნარს უმატებენ ცნობილი „ა“ რაოდენობის განსაზღვრავ ელემენტს. I_x -დან I_{x+a} -მდე ემისიის გაზრდისას განისაზღვრება განსაზღვრავი ელემენტის საწყისი რაოდენობა:

$$x = \frac{a \cdot I_x}{I_{x+a} - I_x}.$$

3) ცილები, შაქრები და მსგავსი ნივთიერებების მაღალი კონცენტრაცია იწვევს გამფრქვევის გაჭვდევას;

4) ორგანული ნივთიერებების მნიშვნელოვანი რაოდენობა მოცილებულ უნდა იქნას მბოლავი კონცენტრირებული აზოტმჭაევს დამატებით (თანაფარდობით 1:1, წყლის სინჯის მიხედვით), ნალექს აცილებენ განზაგებული მარილმჭაევით და ფილტრაციით. განსაკუთრებული ყურადღებას უნდა მიექცეს სისუფთავეს.

რეაქტივები

1. ძირითადი სტანდარტული ხსნარი: $NaCl$ – 0,1 გ $Na/1$ მლ, ქს. 0,2542 გრ $NaCl$ აშრობენ $105^{\circ}C$ -ზე. ხსნიან ბიდისტილატით და მოცულობა 1 ლ-მდე მიჰყავთ პოლიეთილენის ჭურჭელში; 2) სპექტროსკოპიული ბუფერული ხსნარი. 50 გრ $CaCl_2$ -ს და 250 გრ $Al(NO_3)_3 \cdot 9H_2O$, რომელიც არ შეიცავს ტუტე მეტალებს, ხსნიან ბიდისტილატით და მოცულობა მიჰყავთ 1 ლ-მდე. 50 მლ საანალიზო ან სტანდარტულ ხსნარს უმატებენ 5 მლ სპექტრისკოპიულ ბუფერულ ხსნარს.

სამუშაო ხსნარი

10 გ $Na^+/ლ$; 25 გრ $Al(NO_3)_3/ლ$; 5 გრ $CaCl_2/ლ$; 50 მლ საწყისი ტუტე ხსნარი და 50 მლ ბუფერული ხსნარი პიპეტის საშუალებით გადააქვთ 500 მლ-იან მზომ კოლბაში და მოცულობა მიჰყავთ წყლით ჭდმდე.

საკალიბრო მრუდის აგება.

საკალიბრო მრუდს აგებენ 0-10 მგ Na^+ /ლ კონცენტრაციისათვის, რომლის მონაცემები მოცემულია ცხრილ 4-ში; საწყისი ტუტე ხსნარის და სპექტროსკოპიური ბუფერული ხსნარის მოცულობა მიჰყავთ ბილისტილატით 100 მლ-მდე და ზომავენ Na -ის შემცველობას მოცული მეთოდის მიხედვით. სერიული ანალიზისას ამოწმებენ საკალიბრო მრუდის სისწორეს 5 სინჯისათვის, გაფრქვეული ტუტე საკონტროლო ხსნარის გაზომვით; თითოეულ სინჯს შორის ამოწმებენ 0-ის მნიშვნელობას, ზომავენ საკონტროლო ხსნარს და აუცილებლობის შემთხვევაში შეაქვთ შესწორება.

ცხრილი 3

	საწყისი ტუტე ხსნარი მლ/100 მლ	ბუფერული ხსნარი მლ/100 მლ	კონცენტრაცია		
			Na^+ მგ/ლ	$CaCl$ გ/ლ	$Al(NO_3)_3$ გ/ლ
საკონტროლო ხსნარი	10,0	10,0	10	5	25
ხსნარი 1	8,0	10,0	8	5	25
ხსნარი 2	6,0	10,0	6	5	25
ხსნარი 3	4,0	10,0	4	5	25
ხსნარი 4	2,0	10,0	2	5	25
ყრუ ხსნარი	0,0	10,0	0	5	25

ანგარიში:

Na -ის იონების შემცველობა მგ/ლ-ში გამოითვლება ფორმულით

$$x = \frac{C \cdot 50}{V},$$

C – საკალიბრო მრუდზე ათვლილი Na -ის კონცენტრაცია მგ/ლ;

V – საანალიზო სინჯის მოცულობა, მლ.

3.2. ჩამდინარე წყლის ღრმა გაწმენდა აღსორბციული მეთოდით

ჩამდინარე წყლის ღრმა გაწმენდა ზორციელდება სორბციული მეთოდით, რომელიც ფართოდაა დანერგილი სხვადასხვა წარმოების ჩამდინარე წყლის გასაწმენდად. კერძოდ, აღსორბციული მეთოდი ფართოდ გამოიყენება გახსნილი ორგანული ნივთიერებების, მძიმე მეტალებისა და მათ მარილებისაგან ჩამდინარე წყლის გასაწმენდად.

სორბცია არის გარემოდან ნივთიერებების შთანთქმა მყარი ან თხევადი ნივთიერებით.

მყარი ნივთიერების ზედაპირით სორბციას ეწოდება აღსორბცია, მშთანთქმელ ნივთიერებას ეწოდება სორბენტი, ან აღსორბენტი, ხოლო შთანთქმულს კი – სორბატი, ან აღსორბატი.

აღსორბენტად გამოყენებულია გააქტიურებული ნახშირი, სინთეზური სორბენტები, წარმოების ნარჩენები (ნაცრები, წილები და სხვა), მინერალური სორბენტები – თიხები, სილიკოგელი, ალუმოგელი, ტორფი, კოქსი, ცეოლითები.

ჩამდინარე წყლის აღსორბციული გაწმენდა შესაძლებელია იყოს რეგენერაციული და დესტრუქციული. პირველ შემთხვევაში ხდება აღსორბენტიდან მავნე ნივთიერებათა ამოღება და მისი უტილიზაცია. ხოლო მეორე შემთხვევაში კო სორბენტთან ერთად განადგურება.

აღსორბციული მეთოდით გაწმენდის ხარისხი 80-95%-ია, რომელიც დამოკიდებულია აღსორბენტის ქიმიურ თვისებებზე, ფორიანობაზე, ტევადობაზე. აღსორბციული ზედაპირის ერთეულზე და მის შეღწევადობაზე, ნივთიერების ქიმიურ აღნაგობაზე და მის მდგომარეობაზე ხსნარში, წყლის ტემპერატურაზე.

აღსორბციული პროცესის სიჩქარე დამოკიდებულია გახსნილი ნივთიერების ბუნებაზე, კონცენტრაციაზე, წყლის ტემპერატურაზე, აღსორბენტის თვისებებზე. აღსორბციის პროცესი იყოფა 3 სტადიად:

1) ჩამდინარე წყლიდან ნივთიერების გადასვლა აღსორბენტის მარცვლების ზედაპირზე (გარე დიფუზიური არე); 2) თვით აღსორბციული პროცესი; 3) ნივთიერებათა გადასვლა აღსორბენტის ფორებს შიგნით (შიგა დიფუზიური არე).

სტატიკური ერთსაფეხურიანი აღსორბცია გამოიყენება მაშინ, როცა აღსორბენტი იაფია, ან წარმოადგენს სამრეწველო ნარჩენს.

აღსორბციის პროცესი უფრო ეფექტურად მიმდინარეობს დაქუცმაცებულ აღსორბენტიან მრავალსაფეხურიან დანადგარში (აღსორბენტის მცირე ხარჯისას).

დინამური რეჟიმის დროს გაწმენდის პროცესს ახორციელებენ ფილტრაციით აღსორბენტის ფენების გავლით. ფილტრაციის სიჩქარე დამოკიდებულია გახსნილი ნივთიერებების კონცენტრაციაზე და მერყეობს 2-4-დან 5-6 მ³/მ²-სთ-მდე. წყალი მოძრაობს ქვევიდან ზევით, აღსორბენტის ნაწილაკების ზომებია 1,5-5 მმ. უფრო მცირე ზომის ნაწილაკებისას იზრდება სითხის ფილტრაციის წინაღობა. აღსორბენტის გაჭედვის თავიდან ასაცილებლად ჩამდინარე წყალი არ უნდა შეიცავდეს მყარ შეწონილ მინარეგებს. ერთ სეექტში აღსორბენტის უძრავ ფენაზე გაწმენდის პროცესი მიმდინარეობს პერიოდულად გაჭედვამდე.

ხოლო შემდეგ აღსორბენტს გადმოტვირთავენ და ახდენენ რეგენერაციას.

უწყვეტი პროცესისას იყენებენ რამდენიმე სექტს.

ფსევდოგათხვეადებულ ფენიანი (პერიოდული ან უწყვეტი მოქმედების) მოწყობილობა მიზანშეწონილია გამოყენებულ იქნას იმ შემთხვევაში, როდესაც ჩამდინარე წყალი შეიცავს დიდი

რაოდენობით შეწონილ ნივთიერებებს. ამ შემთხვევაში აღსორბენტის ნაწილაკების ზომა 0,5-1 მმ-ზე მეტი უნდა იყოს, ნაკადის სიჩქარე 8-12 მ³/სთ.

აღსორბციული გაწმენდის უმთავრეს სტადიას წარმოადგენს აღსორბენტის რეგენერაცია. აღსორბირებული ნივთიერებების დესორბციას ახდენენ ან გადაზურებული წყლის ორთქლით (0,3-0,6 მპა, 200-300°C), ან ინერტული აირებით (120-140°C). ორთქლის ხარჯი ადვილადაქროლადი ნივთიერებების დესორბციისას ტოლია 2,5-3 კგ/1 კგ ნივთიერება, მაღალ-მდულარე ნივთიერებებისათვის კი 5-10-ჯერ მაღალია.

დესორბციის შემდეგ ახდენენ ორთქლის კონდენსაციის და ნივთიერებებს გამოყოფენ კონდენსატიდან. ნახშირის რეგენერაციისათვის შეიძლება გამოყენებულ იქნას ექსტრაქცია.

რეგენერაციის დასასრულს გამხსნელების ნარჩენებს სორბენტიდან აცილებენ მწვავე ორთქლით ან ინერტიული აირებით (120-140°C).

ზოგიერთ შემთხვევაში აღსორბირებულ ნივთიერებებს რეგენერაციაზე ქიმიური პროცესით გარდაქმნიან სხვა ნივთიერებად, რომელთაც ადვილად გამოყოფენ აღსორბენტიდან.

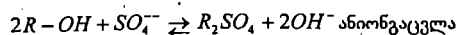
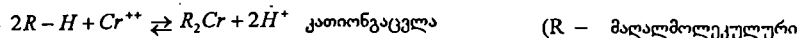
აღსორბირებული სუსტი ორგანული ელექტროლიტის დესორბციისას იგი გადაყვით დესორბირებულ ფორმაში. იონები გადადიან რა ხსნარში, რომელიც არის სორბენტის ფორებში, გამოირეცხება ცხელი წყლით, მჟავით ან ტუტით.

ხელოვნურ სორბენტებს – მაღალმოლეკულურ ფისებს აქვთ არა მარტო კათიონგაცვლის არამედ ანიონგაცვლის მაღალი უნარი.

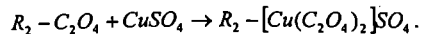
იონგაცვლითი სორბცია – ეს არის პროცესი ხსნარში მყოფი და იონიტის მყარი ფაზის ზედაპირზე მყოფ იონებს შორის. წყლის გამაჭუჭყიანებელი იონები მიმოიცილებიან სორბენტის იონებთან. იონიტის ძირითად თვისებას წარმოადგენს მათი შთანთქმის უნარი, რომელსაც ეწოდება გაცვლითი ტევადობა.

იონიტის სრული გაცვლითი ტევადობა – ეს არის იონების რაოდენობა, რომელიც შეუძლია დაიტოს იონიტმა მის სრულ გაჯერებამდე. სორბცია შეიძლება მიმდინარეობს იონგაცვლით, კომპლექსწარმოქმნით და დალექვის მექანიზმით.

იონგაცვლითი სორბცია



სორბცია კომპლექსწარმოქმნით



მეტალთა რეკუპერაციისათვის გამოიყენება კათიონიტები როგორც ძლიერმჟავური (წყალბადის ფორმაში), ასევე სუსტმჟავური (ნატრიუმის ფორმაში).

ჩამდინარე წყლიდან სპილენძის იონების ამოღება ზორციელდება კათიონიტ KY-1, როდესაც pH=12-12,4, სორბციული ტევადობა ტოლია 37-50 გრ 1 ლ გაჯირჯეებულ ფისზე. რეგენერაციას ახდენენ 5%-იანი HCl ხსნარით. ელუატში სპილენძის კონცენტრაცია აღწევს 15-17 გრ/ლ. მჟავა ჩამდინარე წყლის სპილენძისაგან გაწმენდა ხდება ძლიერმჟავა კათიონიტით. მათი რეგენერაცია ხდება 10-20% გოგირდმჟავას ხსნარით.

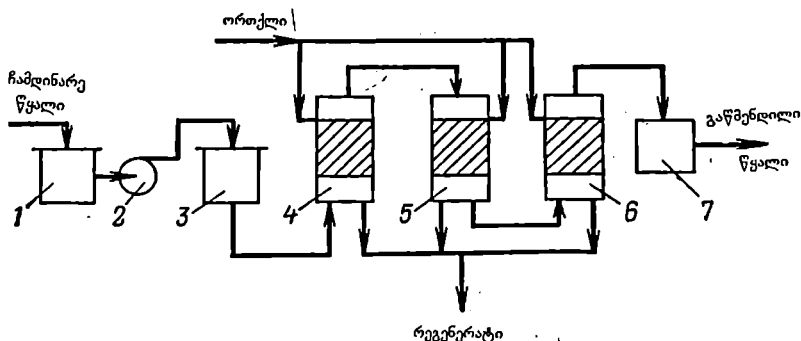
ცხრილი 4

იონიტების დახასიათება

მარკა	ტევადობა, მგ/გრ			pH
	სტატიკურ პირობებში	დინამიურ პირობებში		
		გატარებამდე	გაჯერებამდე	
სულფონახშირი	37-40	92	90-100	—
KY-1	—	—	70-90	—
ЭДЭ-10П	54-55	120	54-68	8,5
AB-17	85-80	147	90-95	6-12

სპილენძის იონებისაგან ჩამდინარე წყლის გაწმენდის ტექნოლოგიური პროცესის სქემის აღწერა

ჩამდინარე წყალი შემოდის გამასაშუალებელში (1), სადაც ხდება მჟავა და ტუტე ჩამდინარე წყლების შერევა და განეიტრალება, შემდეგ ტუმბოს (2) საშუალებით გადაწოდება მექანიკურ ფილტრს (3), აქ ხდება შეწონილი ნაწილაკების მოცილება. ფილტრიდან წყალი გასაწმენდად გადაეცემა I სვეტს (4) ქვევიდან ზევით, გაივლის უძრავი სორბენტის ფენას.



ნახ. 3 ჩამდინარე წყლის აღსორბციული მეთოდით გაწმენდის ტექნოლოგიური პროცესის სქემა

1 - გამასაშუალებელი; 2 - ტუმბო; 3 - მექანიკური ფილტრი; 4, 5, 6 - სვეტები; 7 - წყლის საცავი.

სადაც გააქტიურებულ ნახშირზე განიცდის აღსორბციას და ნაწილობრივ გასუფთავებული გადაეწოდება II სვეტს (5) ზევიდან ქვევით. ნამუშევარი სორბენტი ჩამოიყრება ქვევით. II სვეტშიც მიდის წყლის გაწმენდა ანალოგიურად, საიდანაც გადადის III სვეტში (6) და წყლის საცაეში (7). II სვეტიდანაც ნამუშევარი სორბენტი ჩამოიყრება ქვევით. მე-3 სვეტი გადართულია რეგენერაციაზე. მასში იტვირთება ნამუშევარი სორბენტი და მუშავდება ჯერ გაჯერებული ორთქლით (200-300°C), შემდეგ ინერტული აირებით აცილებენ გამსხნელების ნარჩენებს (120-140°C), ორთქლს აკონდენსირებენ და ნივთიერებებს გამოყოფენ კონდენსატიდან. გაწმენდის ეფექტურობა შეადგენს 95%.

ჩამდინარე წყლის გაწმენდა ლაბორატორიულ პირობებში

იღებენ 2 გრამ მაღალმოლეკულურ ფისს (KY-1 და AB-17) რომელიც დამუშავებულია H^+ და $(C_2O_4)^{-2}$ ფორმაში. ტვირთავენ ორ მინის მილში, რომლის ბოლოს მოთავსებულია მინის ბამბა. ატარებენ სპილენძის იონებით გაჭუჭყიანებულ ჩამდინარე წყალს. ერთ შემთხვევაში სორბცია მიმდინარეობს იონგაცვლით, ხოლო მეორე შემთხვევაში კი კომპლექსწარმოქმნით. საზღვრავენ სორბციის ოპტიმალურ სიჩქარეს. გაწმენდამდე და გაწმენდის წინ განისაზღვრება სპილენძის იონთა შემცველობა. გაწმენდის ხარისხი განისაზღვრება ფორმულით:

$$\eta = \frac{(C_{\text{აწ}} - C_{\text{აშ}})}{C_{\text{აწ}}} \cdot 100 (\%).$$

**თავი 4. ნატობპროდუქტების შემცველი ჩამდინარე
წყლის კონტროლი და გაფხმენდა ულტრა-
ფილტრაციისა და ფილტრაციის მეთოდებით**

ჩამდინარე წყალში ნატობპროდუქტების განსაზღვრა

ნატობპროდუქტები მიეკუთვნებიან ზედაპირული წყლების გამაჭუჭყიანებელ ფართოდ გავრცელებულ და სამში ნივთიერებათა რიცხვს. ნატობი და მისი გადამუშავების პროდუქტები წარმოადგენენ საკმარისად რთულ, არამდგრად და სხვადასხვაობის ნივთიერებათა ნარევეს (დაბალ- და მაღალმოლეკულურ ნაჯერ, უჯერ ალიფატურ, ნაფტენურ, არომატულ ნახშირწყალბადების, ჟანგბადოვანი, აზოტოვანი, გოგირდოვანი ნაერთების, აგრეთვე, ფისების ტიპის უჯერი კეტეროციკლური ნაერთების, ასფალტენების, ანჰიდრიდების, ასფალტური მჟავების ნარევეს). „ნატობპროდუქტების“ ცნების წარმოსახვა პირობითად შემოფარგლულია მხოლოდ ნახშირწყალბადოვანი ფრაქციით (ალიფატური, არომატული, ალიციკლური ნახშირწყალბადები), რომელიც შეადგენს ნატობში და მის გადამუშავების პროდუქტებში შემავალი ყველა ნივთიერებათა ჯამის 70-90%-ს.

ნატობპროდუქტების დიდი რაოდენობა ზედაპირულ წყლებში ხედება ნატობის გადაზიდვისას წყლის გზით, ნატობმომოვებელი, ნატობგადამამუშავებელი, ქიმიური მეტალურგიისა და მრეწველობის სხვა დარგის საწარმოების ჩამდინარე წყლებით, საყოფაცხოვრებო – სამეურნეო წყლებით. ნახშირწყალბადების ზოგიერთი რაოდენობა წყალში ხედება მცენარეებისა და ცოცხალი ორგანიზმების ცხოველმოქმედებისა და სიკვდილშემდგომი გამონაყოფების შედეგად.

წყალსაცავებში მიმდინარე აორთქლების, სორბციული, ბიოქიმიური და ქიმიური დამჟანგვის პროცესების შედეგად ნატობპროდუქტების კონცენტრაცია წყალში მნიშვნელოვნად იკლებს: ამასთან ერთად შესაძლებელია მათი ქიმიური შემადგენლობის მნიშვნელოვანი ცვლილება. ამ პროცესების სიჭარბე დამოკიდებულია ნატობპროდუქტების, შემადგენლობაზე, წყალსაცავების ტემპერატურულ რეჟიმზე, მიკროორგანიზმების მიერ ნატობპროდუქტების უტილიზაციის ინტენსიურობის განვითარებაზე.

რამდენადაც სხვადასხვა ნახშირწყალბადების ბიოქიმიური მდგრადობა იზრდება ნალკანებიდან მათ იზომერამდე, ციკლურ და არომატულ ნახშირწყალბადებამდე, წყალსაცავებში მიმდინარე პროცესების შედეგად შესაძლებელია ნატობპროდუქტების საწყისი შემადგენლობის მნიშვნელოვანი შეცვლა და არომატული ნახშირწყალბადების დაგროვება.

ნატობპროდუქტები მიგრაციას განიცდიან სხვადასხვა ფორმით: ხსნადი, ემულგირებული, მყარ ნაწილაკებზე სორბირებული შეწონილი და ფსკერული დანალექის (ლექის ნაწილის),

ზედაპირზე აფსკის სახით. მიგრაციის ამ ფორმებში რაოდენობრივი თანაფარდობა განისაზღვრება ფაქტორების კომპლექსით, რომელთაგანაც უმთავრესია ნავთობპროდუქტების წყალში მოხვედრის პირობები, ჩაშვების პუნქტიდან მანძილი, წყლის მასების დინებისა და შერევის სიჩქარეები, წყლის რეჟიმის სხვა ჰიდროგეოლოგიური მახასიათებლები, მისი გაჭუჭყიანების ხასიათი და ხარისხი, აგრეთვე ნავთობპროდუქტების შემადგენლობა, მათი ხანგრძლივობა, სიმკვრივე, სიბლანტე, კომპონენტების დუღილის ტემპერატურა და სხვა. განსაკუთრებით ნავთობპროდუქტების კომპონენტების ხსნადობისა და სიმკვრივეების სხვადასხვაობა წარმოადგენს მათი ფრაქციონირების თანმდევი ქიმიური შემადგენლობის ცვლილების მიზეზს მიგრაციის სხვადასხვა ფორმებში.

ჩვეულებრივ მოხვედრის მომენტში ნავთობპროდუქტების ძირითადი მასა თავმოყრილია აფსკში. დროთა განმავლობაში გამაჭუჭყიანებელი წყაროდან მოცილების მიხედვით ხდება გადანაწილება მიგრაციის ძირითად ფორმებს შორის, რომელიც მიმართულია ხსნად, ემულგირებულ, სორბირებულ ნავთობპროდუქტების წილის გაზრდისაკენ და შესაბამისად, აფსკში მათი შემცველობის შემცირებისაკენ.

როგორც წესი, გახსნილ ნავთობპროდუქტებში იზრდება მაღალი ხსნადობის მქონე დაბალმოლეკულური არომატული ნავთობპროდუქტების შემცველობა.

მდინარეებში, ტბებში, ზღვებში, მიწისქვეშა წყლებში და ატმოსფერულ ნალექებში ნავთობპროდუქტების შემცველობა იცვლება ფართო ინტერვალით და შეადგენს მილიგრამის ასეულ და ათეულ წილს 1 ლიტრში.

სუფთა წყალსაცავებში ბუნებრივი ნახშირწყალბადების კონცენტრაცია მერყეობს: ზღვის წყლებში 0,01-0,100 მგ/ლ და ზევით, მდინარეების და ტბის წყლებში 0,01-0,200 მგ/ლ, ზოგჯერ აღწევს 1-1,5 მგ/ლ. ბუნებრივი ნახშირწყალბადების შემცველობა განისაზღვრება წყალსაცავების ტროპიკული წყალმცენარეებითა და მნიშვნელოვნად დამოკიდებულია წყალსაცავებში ბიოლოგიურ სიტუაციებზე (ფიტოპლანქტონის განვითარებაზე და დაშლაზე, ბაქტერიების მოქმედების ინტენსიურობაზე და ა.შ.).

ნავთობპროდუქტებისა და ბუნებრივი ნახშირწყალბადების განაწილება წყალსაცავის ვერტიკალისა და აკვატორიის მიხედვით ძალიან რთულია და არამდგრადია. ჩვეულებრივ სანაპირო ზონები უმეტესად დაბინძურებულია ნავთობპროდუქტებით და შეიცავენ ბუნებრივი ნახშირწყალბადების გაზრდილ რაოდენობას ჩამონადენების გზითა და წყალსაცავების ნაკლებად ღრმა და უფრო თბილ უბნებში ინტენსიური პროდუქციების შედეგად. ნავთობპროდუქტების კონცენტრაცია ხშირად მომატებულია ზედაპირული და ფსკერისპირა ფენებში, თუმცა შესაძლებელია ნავთობპროდუქტების შემცველობის გაზრდის შედეგად ლოკალური კერები წარმოიქმნას წყლის სიღრმეშიც.

ნეთობპროდუქტები უარყოფითად მოქმედებენ სხვადასხვა გზით ადამიანის ორგანიზმზე, ცხოველთა სამყაროზე, წყალმცენარეებზე იწვევენ წყალსაცავების ქიმიური და ბიოლოგიური შემადგენლობის ცვლილებას.

ნეთობპროდუქტების შემადგენლობაში შემაჯალი დაბალმოლეკულური ალიფატური, ნაფტენური და განსაკუთრებით არომატული ნახშირწყალბადები იწვევენ ტოქსიკურ და ნარკოტიკულ ზეგავლენას ორგანიზმზე მოქმედებისას, აზიანებენ გულ-სისხლძარღვთა და ნერვიულ სისტემას. განსაკუთრებით მათზე ზეგავლენას ახდენენ 3,4-ბენზპირენის ტიპის პოლიციკლური კონდენცირებადი ნახშირწყალბადები, რომლებსაც ახასიათებთ კანცეროგენული თვისებები. ნეთობპროდუქტები გარს ეხვევა ჩიტების ფრთებს, ბუმბულს, სხვა პიდრობიონტების ორგანოებსა და სხეულის ზედაპირს, იწვევს დაავადებასა და სიკვდილს.

ნეთობპროდუქტების ზღვრული დასაშვები კონცენტრაცია საერთო სანიტარული მოხმარების წყალსაცავებში ტოლია 0,3 მგ/ლ, სათევზე-სამეურნეო წყალსაცავებში კი 0,05 მგ/ლ. კანცეროგენული ნახშირწყალბადების არსებობა წყალში დაუშვებელია. 0,001-10 მგ/ლ კონცენტრაციის ნეთობპროდუქტები (განსაკუთრებით აფსკური) უარყოფით გავლენას ახდენენ უმაღლესი წყალმცენარეებისა და მიკროფიტების განვითარებაზე.

ნეთობპროდუქტები წყალს ანიჭებენ სპეციფიკურ სუნს, გემოს, უცვლის ფერს, არის pH, აუარესებს ატმოსფეროსთან აირების ცვლას. სუნი განპირობებულია თვით ნეთობპროდუქტებისა და მათი ქიმიური და ბიოქიმიური დაჟანგვის პროდუქტებით, რომელთა შორის გვხვდება საწყისი ნივთიერებასთან შედარებით უფრო ტოქსიკური ნივთიერებაც.

ხსნადი, ემულგირებული, სორბირებული და აფსკური ნეთობპროდუქტების ცალკეული განსაზღვრა, დაკავშირებულია რა ექსპერიმენტალურ სიტუაციებთან, "წარმოებს" მათი სპეციალური კვლევა. რუტინულ ანალიზში ემულგირებული, ხსნადი და მყარ ნაწილაკებზე სორბირებული შეწონილი ნეთობპროდუქტები განისაზღვრება ჯამურად. აფსკში და ფსკერულ დანალექში (ნაწილში) ნეთობპროდუქტების შემცველობის კონტროლი წარმოადგენს მთელი რიგი კვლევების მიზანდასახულ ამოცანას.

4.1. ნეთობპროდუქტების განსაზღვრის მეთოდები

ნეთობპროდუქტების განსაზღვრის მრავალი გავრცელებული მეთოდები მოიცავს სხვა ნივთიერებებისაგან ნახშირწყალბადების ქრომატოგრაფიული დაცილების სტადიას. ტერმინ „ნეთობპროდუქტების შემცველობის“ ქვეშ პირობითად მიღებულია წყალში შემცველი არაპოლარული და ნაკლებპოლარული ნივთიერებები, რომელთა ექსტრაგირება ხდება ორგანული

გამხსნელებით. წყლიდან ნავთობპროდუქტების გამოყოფა ხდება ღვითილის ეთერით, პექსანით, პეტრანით, პეტროლეინის ეთერით, ქლოროფორმით, ოთხქლორიანი ნახშირბადით. ამ უკანასკნელს უპირატესობა გააჩნია დანარჩენებისაგან, ვინაიდან არ იწვევს, მცირედ ხსნადია წყალში და საკმაოდ ეფექტურად გამოყოფს როგორც ხსნად ნახშირწყალბადებს, ისე მოტივტივე ორგანული და მინერალური ნივთიერებებით სორბირებულ ნახშირწყალბადებს. გარდა ამისა, ოთხქლორიანი ნახშირბადი ექსტრაგირებს შედარებით ცოტადენ სხვა ორგანულ ნივთიერებებსაც.

ტერმინი „ნავთობპროდუქტების“ ცნება (გაგება) შემოსაზღვრულია იმ ორგანული ნივთიერებებით, რომლებიც წარმოადგენენ ნავთობის ძირითად შემადგენელ ნაწილს და იშვიათად თანმხლები იმ ძალიან მცირე რაოდენობის ორგანული ნივთიერებებით, რომლებიც გვხვდება ჩამდინარე და ბუნებრივ წყლებში. ნედლი ნავთობის სხვა შემადგენელი კომპონენტები (ნაფტენური მჟავები, ფენოლები და სხვა), ასევე ნავთობპროდუქტების გაწმენდის პროცესის შედეგად ჩამდინარე წყალში მოხვედრილი ნივთიერებები (მაგალითად, სულფონაფტენური მჟავები) განისაზღვრება ცალკე და მათი რაოდენობა შეაქვთ ანალიზის შედეგებში ცალკე, ნავთობპროდუქტების შემადგენლობაში არ ითვალისწინებენ. აქედან გამომდინარე, ასეთი განსაზღვა იძლევა მათი წარმოშობის მიუხედავად (ე.ი. ისიც, რაც არ შედიოდა ნავთობის შემადგენლობაში) იძლევა ნახშირწყალბადების ჯამური შემადგენლობის დადგენის საშუალებას.

წყალში ნავთობპროდუქტების შემცველობის დასადგენად გამოიყენება სვეტური ქრომატოგრაფიული მეთოდები წონითი, ИК-სპექტროფოტომეტრიული, УФ-სპექტროფოტომეტრიული და გაზოქრომატოგრაფიული დაბოლოებით, აგრეთვე თხელფენოვანი ქრომატოგრაფიული მეთოდები ИК-სპექტროფოტომეტრიული და ლუმინესცენციური დაბოლოებით.

ნავთობპროდუქტების გამოყოფა სხვა კლასის ნაერთებისაგან ხდება ქრომატოგრაფიული მეთოდით, ძირითადად, სვეტური და თხელფენოვანი ქრომატოგრაფიული მეთოდებით. ნავთობპროდუქტების ჯამური შემადგენლობის შესასწავლად უფრო ეფექტურია განსაზღვრის ოპტიკური მეთოდების გამოყენება (ИК, УФ-სპექტროფოტომეტრიული და ლუმინესცენციული), რომლებსაც გააჩნია მაღალი მგრძობელობა (0,02 მგ/ლ-მდე). ნავთობპროდუქტების შემადგენლობის ცვლილება გავლენას ახდენს ამ მეთოდების თვისებებზე (ИК-, УФ-სპექტრების უბნებში შთანთქმა და ლუმინესცენცია). ალიფატური და ნაფტენური ნახშირწყალბადების (რომელთა რაოდენობა ნავთობში შემცველი მთელი ნახშირწყალბადების 70-90%-ს შეადგენს) განსაზღვრავად გამოიყენება ИК-სპექტროფოტომეტრიული მეთოდი, რომლის მგრძობელობა თხელფენოვან ქრომატოგრაფიულ მეთოდთან შეხამებით-ძალიან მაღალია (0,02 მგ/ლ).

УФ-სპექტროფოტომეტრიული მეთოდი დაფუძნებულია არომატული ნახშირწყალბადების ძლიერ შთანთქმაზე სპექტრის УФ უბანში. ისინი შეადგენენ ნავთობში შემცველი მთელი

ნახშირწყალბადების 30%-ს. მათი წილი ნავთობპროდუქტებში არსებითად იზრდება მიკროორგანიზმების მიერ ალიფატური ნახშირწყალბადების მოხმარების შედეგად.

ნავთობის ნახშირწყალბადოვანი ფრაქციის ლუმინესცენცია განპირობებულია ძირითადად მცირე რაოდენობის (1-2%-მდე) პოლიციკლური კონდენსირებული ნახშირწყალბადების თანაობით.

წყალსაცავების ნავთობპროდუქტებით გაჭვჭვანების ზარისხის დასადგენად რეკომენდირებულია:

- სექტური ქრომატოგრაფია ИК-სპექტროფოტომეტრიული დაბოლოებით, რომლითაც ისაზღვრება 0,05-0,1 მგ/ლ ნახშირწყალბადები (მათ შორის აქროლადი ნახშირწყალბადები);
- თხელფენოვანი ქრომატოგრაფია ლუმინესცენციული, УФ- და ИК-სპექტროფოტომეტრიული დაბოლოებით, რომლითაც ისაზღვრება 0,02 მგ/ლ-ზე მეტი ნავთობპროდუქტები.

სინჯის აღება, წინასწარი დამუშავება და შენახვა

წყლის სინჯს იღებენ გამორეცხილი ბარომეტრით (რუტნერის, სუსლიევის და სხვა ტიპის) ისე, რომ არ იქნას წაატებული ნახშირწყალბადები ზედაპირულ აფსკში. რამდენადაც ნავთობპროდუქტები განიცდიან ბიოქიმიურ დაჟანგვას, დალებისთანავე სინჯს ექსტრაგირებენ ოთხქლორიანი ნახშირწყალბადით (იხ. ანალიზის მსვლელობა). ნავთობპროდუქტების ექსტრაქტები ინახება გრილ, ბნელ ადგილას 7-10, თვის განმავლობაში.

თუ არ არის ადგილზევე ნავთობპროდუქტების ექსტრაგირების შესაძლებლობა, ბარომეტრიდან 1-2 ლ წყალს სინჯის აღებისთანავე ასხავენ საცობიან ბოთლში, იმატებენ 2-4 მლ CCl_4 და ანჯღრევენ 2-3 წუთის განმავლობაში. სინჯს ათავსებენ გრილ, ბნელ ადგილას და მიაქვთ ლაბორატორიაში. ასეთ მდგომარეობაში სინჯი ინახება 2 კვირის განმავლობაში.

ვინაიდან ნავთობპროდუქტებს ჭურჭლის კედლებზე და მოტივტივე მყარ ნაწილაკებზე სორბციის უნარი აქვთ, ამიტომ ფილტრს არ ფილტრავენ და ანალიზისათვის იყენებენ სრულიად, ჭურჭლის კედლებს მოაკვებენ ოთხქლორიან ნახშირბადს, რომელსაც შემდეგ იყენებენ ექსტრაქციისათვის.

სინჯის ასაღებად, შესანახად გამოყენება შინის ჭურჭელი მიხეხილი, ან პოლიეთილენური შემოსახვევი კილიტიანი საცობით.

4.1.1. ნავთობპროდუქტების განსაზღვრა ქრომატოგრაფიული და წონითი მეთოდებით

ამ მეთოდისას არ გამოიყენება სპეციალური სტანდარტული ხსნარები. აქროლადი ნახშირწყალბადების მნიშვნელოვანი რაოდენობის შემცველობისას თავდაპირველად მათ გამოხდიან საანალიზო წყლის სინჯიდან, აკაებენ სპეციალურ საჭერში და შემცველობას ადგენენ მათ მიერ

დაკავებული მოცულობის მიხედვით. ამ პირველ ეტაპს ატარებენ ნეთობშემცველი ჩამონარე წყლის ანალიზის დროსაც. აეროტენკებში ბიოქიმიური გაწმენდის შემდეგ ჩამდინარე წყლები შეიცავენ ჩვეულებრივ მცირე რაოდენობის აქროლად ნახშირწყალბადებს, ამიტომ მათი ანალიზის დაწყება შეიძლება მეორე ეტაპიდან – ექსტრაქციით. ექსტრაქციას თავდაპირველად ატარებენ ქლოროფორმით, ან CCl_4 -ით, შემდეგ ამ უკანასკნელის გამოხდიან, ნარჩენს კი ხსნიან ჰექსანში (ნარჩენის უხსნად ნაწილს გამოყოფენ მომდევნო ოპერაციით).

თუ საანალიზო წყალი არ შეიცავს შეწონილ ნაწილაკებს, ექსტრაქცია შესაძლებელია ჰექსანით. ნეთობპროდუქტების ხსნარს ჰექსანში ატარებენ ალუმინის დიოქსიდის ფენის გავლით, გამოყოფენ პოლარულ ნაერთებს, ჰექსანს გამოხდიან, ხოლო ნარჩენს კი წონიან.

ხელისშემშლელი პირობები

განსაზღვრას ხელს უშლის ყველა ის ნივთიერება, რასაც არ მოიცავს ტერმინი „ნეთობპროდუქტი“. მათი მოცილება ხდება ანალიზის მსვლელობისას: ნაწილი რჩება ჰექსანში უხსნადი, ნაწილი კი სორბირდება ალუმინის ოქსიდით.

აპარატურა

ანალიზური სასწორი, აწონვის, დასაშვები სიზუსტეა 0,01 მგ-მდე.

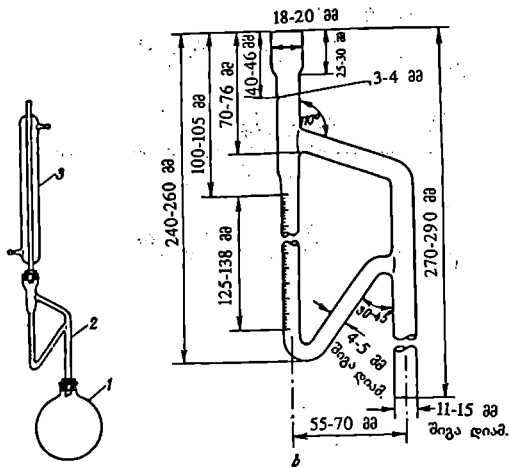
გამოსახდელი და აქროლადი ნეთობპროდუქტების განსაზღვრავი ხელსაწყო (ნახ. 4), რომელიც შედგება 5 ლ-იანი მრგვალიძირიანი კოლბისაგან, სპეციალური 2 მლ მოცულობის საჭერი საგან, რომელიც დაგრადუირებულია 0,02 მლ-ით და უკუმაკტივარი საგან.

რეაქტივები

1. გააქტივებული ალუმინის ოქსიდიანი სვეტი. აქტივირებული ალუმინის ოქსიდიანი სვეტის მოსამზადებლად 10 სმ-ის სიგრძისა და 1 სმ დიამეტრიან მილში, რომლის ქვედა ბოლო გაწეულია 1 მმ დიამეტრამდე, ათავსებენ მინის ბამბის (1 სმ) ფენას; ალუმინის ოქსიდის (2-3 სმ) ფენას (ეს რაოდენობა საკმარისია 50-100 მგ პოლარული ნაერთების შთასანთქმელად) და ისევ მინის ბამბის თხელ ფენას.

2. ქლოროფორმი, ან ოთხქლორიანი ნახშირბადი ქს.ა.

3. ჰექსანი – ქს.ა., შესაძლებელია შეიცვალოს პეტროლეინის ეთერით, რომელიც წინასწარ გამოიხდება და აცილებენ 70°C -ტემპერატურაზე ნაკლებ მდულარე ფრაქციას.



ნახ. 4. აქროლადი ნავთობპროდუქტების განსასაზღვრავი ხელსაწყო

ა - საერთო სურათი; ბ - საჭერი

1 - 5 ლ-იანი მოცულობის კოლბა; 2 - საჭერი; 3 - უკუმაცივარი.

ზევით ჩამოთვლილი გამხსნელებიდან თითოეულის 100 მლ-ის გამოზდის შედეგად მიღებული ნარჩენის წონა არ უნდა აღემატებოდეს 0,2-0,3 მგ. მცირე რაოდენობის ნავთობპროდუქტების განსაზღვრისას უნდა ჩატარდეს ფუჭი ცდა და ასეთი მეთოდით შეაქეთ შესწორება ამ სიდიდეზე.

ალუმინის ოქსიდი მარკით „ქრომატოგრაფიისათვის“.

ბიუქსები - 5-10 მლ მოცულობის.

ნატრიუმის სულფატი - გამომწვარი.

ანალიზის მსვლელობა

აღვილად აქროლადი ნავთობპროდუქტების განსაზღვრა

10 გ/ლ-ზე მცირე რაოდენობის ნავთობპროდუქტების შემცველობისას ზედაპირული და ჩამდინარე წყლების ანალიზისას გამოიყენება სხვა ანალიზის მეთოდი.

მგრავლობრიან კოლბაში ათავსებენ 3-3,5 ლ საანალიზო ხსნარს, აერთებენ კოლბას საჭერთან, რომელიც შეერთებულია უკუმაცივართან; ატარებენ მაცივარში წყალს. რომლის ტემპერატურა არ უნდა აღემატებოდეს 5°C გამოსასვლელში (ამისათვის მილის ნაწილს, რომელიც მაცივარს აერთებს წყლის ონკანთან, ათავსებენ თოვლში, ან გამაცივებენ ნარევიში).

კოლბას აცხელებენ ღუღილამდე და აგრძელებენ გაცხელებას მანამ, სანამ საჭერში კონდენსირებული ნეთობპროდუქტების რაოდენობა უცვლელი იქნება 15 წუთის განმავლობაში. შემდეგ კოლბას აციეებენ ოთახის ტემპერატურამდე, საჭერს აცილებენ, ხურავენ საცობით მის ორივე ბოლოს და ათავსებენ 15°C ტემპერატურაზე წყლის აბაზანაში, როდესაც საჭერში მოთავსებული შიგთავსი მიიღებს წყლის აბაზანის ტემპერატურის, საზღვრავენ ($\pm 0,01$ მლ სიზუსტით) ადვილად აქროლად ნეთობპროდუქტების მოცულობას.

3 ლ საანალიზო ხსნარში განსაზღვრული ადვილად აქროლადი ნეთობპროდუქტების მინიმალური რაოდენობა შეადგენს 5 მგ/ლ. უფრო მცირე კონცენტრაციის განსაზღვრისას გამოხდის შემდეგ კოლბას აცილებენ, მასში დარჩენილ სითხეს ცვლიან საანალიზო წყლის ახალ პორციით (3-3,5 ლ) და იმეორებენ, ადვილად აქროლადი ნეთობპროდუქტების გამოხდას იმავე საჭერით.

ანგარიში

ადვილად აქროლადი ნეთობპროდუქტების შემცველობა (x_1), მგ/ლ, გამოითვლება ფორმულით:

$$x_1 = \frac{W \cdot d}{V} \cdot 10^6,$$

სადაც W – ადვილად აქროლადი ნეთობპროდუქტების გაზომილი მოცულობაა, მლ.

d – მათი სიმკვრივე (თუ სიმკვრივე უცნობია, იღებენ 0,8);

V – საანალიზო სინჯის მოცულობაა, მლ.

ნეთობპროდუქტების ძირითადი ნაწილის (ნაკლებად აქროლადის) განსაზღვრა (0,3-3 მგ/ლ კონცენტრაციისას)

განსაზღვრას ატარებენ ადვილად აქროლადი ნეთობპროდუქტების გამოხდის შემდეგ ნარჩენში, ან (თუ უკანასკნელის განსაზღვრა არ ჩატარებულა) უშუალოდ საანალიზო წყლის სინჯში.

3-3,5 ლ საანალიზო წყალს უმატებენ მარილმჟავას ($d=1,19$) 5-ზე ნაკლები pH-ის მნიშვნელობამდე, 150 მლ ქლოროფორმს, ან ოთხქლორიან ნახშირბადს (იხ. შენიშება 1) და რთავენ სარეველას, რომელიც ისეა დაყენებული, რომ მისი ფრთა ჩატვირთული უნდა იყოს წყალში ორ ფენას შორის საზღვრის ზეით 50 მმ სიღრმემდე (შენიშვნა 2).

შენიშვნა: 1. თუ საანალიზო წყალი შეიცავს შეწონილ ნივთიერებებს ჰექსანით პირდაპირი ექსტრაქცია იძლევა დაბალ რეზულტატებს (ცდომილება 30%), რადგანაც

შეწონილი ნაწილაკების ზედაპირზე ნავთობპროდუქტებთან ერთად სორბირდება ქლოროფორმში ხსნადი ნივთიერებები (ასფალტენები, ფისები, ნაფტენური მჟავები და ა.შ.). თუ საანალიზო წყალი გამჭვირვალეა, არ შეიცავს შეწონილ ნაწილაკებს, მაშინვე შესაძლებელია ჰექსანით ექსტრაქციის ჩატარება (იხ. ქვევით ქლოროფორმით ექსტრაქცია). ექსტრაქტს აშრობენ გამომწვარი ნატრიუმის სულფატით, ჰექსანის დიდ რაოდენობას გამოხდიან, დარჩენილ ხსნარს ატარებენ ალუმინის ოქსიდთან სვეტში და აგრძელებენ ანალიზს როგორც შემდეგაა აღწერილი.

2. ქლოროფორმით ექსტრაგირება შესაძლებელია ჩატარდეს გამყოფ დაბრში სარეელების გამოყენების გარეშე. ამისათვის გამყოფ დაბრში ათავადებენ 3-ჯერ 1 ლ საანალიზო წყალს (ან ადვილად აქროლადი ნავთობპროდუქტების მოცილების შემდეგ დარჩენილ ნაწილს), უმატებენ ორჯერ თანმიმდევრობით 20 მლ ქლოროფორმის პორციებს ანჯღრევენ. ამ წესით 3 ლ საანალიზო წყალის დამუშავებაზე იხარჯება 120 მლ ქლოროფორმი. ყველა ექსტრაქტს შურევენ და უმატებენ 50 მლ ქლოროფორმის ხსნარს, რომელიც მიიღება სინჯის შესანახი ჭურჭლის ქლოროფორმით გამორეცხვისას.

შემდეგ წყლიანი ფენის დიდი ნაწილი გადააქეთ მეორე იმავე მოცულობის კოლბაში, დარჩენილი ნაწილი (წყლიანი ფენა და ქლოროფორმიანი ფენა) გადააქეთ 500-700 მლ მოცულობის გამყოფ დაბრში. 15 წუთის შემდეგ ისე ასხავენ ქვედა ქლოროფორმიან ფენას 500 მლ-იან მოცულობის ერლენმეიერის კოლბაში, რომ არ გაყვეს არც წყლიანი ფენა და არც ემულსიის შესაძლებელი შუალედური ფენა. ადრე გადასხმულ წყლიანი ფენის დიდ ნაწილს მეორე კოლბიდან ასხავენ პირველში, მასშივე გადააქეთ გამყოფ დაბრში დარჩენილი წყლიანი ფენა (ემულსიასთან ერთად), უმატებენ ქლოროფორმის მეორე პორციას და იმეორებენ ექსტრაქციას, ურევენ სარეელებით. ისევე ასხავენ წყლიანი ფენის დიდ ნაწილს, ნარჩენი კი გადააქეთ იმავე გამყოფ დაბრში. 15 წუთის შემდეგ აცილებენ მეორე ექსტრაქტს და აერთებენ პირველთან ისე, რომ არ უნდა გაყვეს წყლიანი ფენა. შემდეგ მცირე რაოდენობის (~50 მლ) ქლოროფორმით მოაულებენ ჭურჭლის კედლებს, რომელშიც სინჯი ინახებოდა ექსტრაგირებამდე, გადააქეთ იგი იმავე გამყოფ დაბრში, ანჯღრევენ და რამდენიმე დროის შემდეგ აერთებენ ქლოროფორმიან ფენას პირველ ორ ექსტრაქტთან, რომელიც იმყოფებოდა ერლენმეიერის კოლბაში, მესამე ექსტრაქციის ჩატარება ჩვეულებრივ არ ხდება. ექსტრაქტიან კოლბას აერთებენ მაცივართან და აცხელებენ მას მდულარე წყლის აბაზანაზე, გამოხდილ ქლოროფორმს აგროვებენ მანამ, სანამ კოლბაში არ დარჩება 12-20 მლ ქლოროფორმიანი ხსნარი.

ნარჩენი ქლოროფორმის მოცილება ხდება შემდეგნაირად: წონიან პატარა ბიუქსს სახურავით, ხსნიან სახურავს და ათავსებენ ბიუქსს ამწოვ კარადაში ოთახის ვენტილატორიდან 25-35 სმ მანძილზე. ბიუქსის 3/4-ს ავსებენ მიღებული ექსტრაქტით, რთავენ ვენტილატორს.

ექსტრაქტის აორთქლებისას ბიუქს ისევე ავსებენ მანამ, სანამ ექსტრაქტი მთლიანად არ იქნება გადასხმული. ექსტრაქტიან კოლბას გამორეცხვენ მცირე რაოდენობის ქლოროფორმით და გადააქვთ იმავე ბიუქსში. როდესაც ბიუქსში დარჩება 0,5 მლ ქლოროფორმის ხსნარი, აორთქლებას აგრძელებენ ვენტილატორის გარეშე. წონიან ყოველ 2 წუთში ბიუქსს. მას ახურავენ სახურავს აწონვამდე და ისევე ხსნიან სახურავს შემდეგში აორთქლებისათვის. როდესაც წონა მუდმივი იქნება, აორთქლებას ამთავრებენ. ქლოროფორმის მოცილების შემდეგ ნარჩენებიანი ბუქსის წონასა და ცარიელი ბუქსის წონას შორის სხვაობა განსაზღვრავს ქლოროფორმით ექსტრაგირებული ნივთიერებების საერთო რაოდენობას.

ქლოროფორმის გამოხდის შემდეგ მიღებულ დარჩენილ ნაწილს ხსნიან წინასწარ ნატრიუმის სულფატით გამომშრალ 1-2 მლ ჰექსანში ან პეტროლეინის ეთერში. მიღებული ხსნარი დარჩენილ უხსნად ნარჩენის 'ნაწილთან ერთად (თუ კი მიიღება ასეთი რამ) გადააქვთ ალუმინის ოქსიდიან სვეტში, რომლის ქვევითაც ათავსებენ სუფთა და მშრალ კოლბას. ბიუქს რამდენჯერმე ავლებენ მცირე პორცია ჰექსანს, თითოეული პორცია გადააქვთ ალუმინის ოქსიდიან სვეტში. სვეტს ავლებენ ჰექსანის რამდენიმე პორციას (მთლიანად 40-45 მლ) და აგროვებენ იმავე კოლბაში. სვეტში სითხის დონე ჰექსანის უკანასკნელი პორციის მიმატებამდე არ უნდა დაეცეს ალუმინის ოქსიდის ფენის ზედა საზღვრის ქვევით.

ჰექსანში მიღებულ ნავთობპროდუქტებიან ხსნარს, რომელიც განათვისუფლებულია პოლარული ნაერთების მინარევებისაგან, აცილებენ ჰექსანს, აორთქლებენ მას ბიუქსში ოთახის ტემპერატურაზე ვენტილატორის საშუალებით (ისევე როგორც აცილებენ ქლოროფორმს).

ბიუქსის მომატებული წონა შეესაბამება საანალიზო სინჯში ნავთობპროდუქტების რაოდენობას.

ანგარიში

აღვილად აქროლადი ნავთობპროდუქტების რაოდენობა (x_2), მგ/ლ, იანგარიშება ფორმულით:

$$x_2 = \frac{m_1 - m_2}{V} \cdot 10^3,$$

სადაც m_1 - ჰექსანის მოცილების შემდეგ ნარჩენებიანი ბიუქსის წონა, მგ.

m_2 - ცარიელი ბიუქსის წონა, მგ.

V - განსასაზღვრავი სინჯის მოცულობა, მლ.

სინჯში არსებული მთლიანი ნავთობპროდუქტების რაოდენობა (აღვილად აქროლადი და ნაკლებდაქროლადი) x , მგ/ლ, იანგარიშება ფორმულით:

$$x = x_1 + x_2.$$

ქლოროფორმით (ან CCl_4 -ით) გამოწვლილი ყველა ნივთიერების რაოდენობა (x_3), მგ/ლ, იანგარიშება ფორმულით:

$$x_3 = \frac{m_3 - m_2}{V} \cdot 10^3,$$

სადაც m_3 - წინასწარ ქლოროფორმის მოცილების შემდეგ ნარჩენებიანი ბიუქსის წონა, მგ;

m_2 და V - ის ზედა ფორმულაში.

ჰექსანში უხსნადი და პოლარული ნივთიერებების, ასევე ნაფტენური მჟავებისა და ფენოლების რაოდენობა (x_4) მგ/ლ, იანგარიშება ფორმულით:

$$x_4 = x_3 - x_2.$$

შენიშვნა: ანალიზის უფრო დაწვრილებითი რეზულტატების მისაღებად საჭიროა გამოიყოს და აიწონოს მჟავა თვისებების მქონე ნივთიერებები (ნაფტენური მჟავები, ფენოლები და სხვა). ამისათვის ჰექსანის ხსნარი ალუმინის ოქსიდში გატარებამდე გადააქვთ გამყოფ ძაბრში. თუ ქლოროფორმის მოცილების შემდეგ ნარჩენის გახსნისას ჰექსანში მიიღება მღვრიე ხსნარი, მაშინ მას ფილტრავენ პატარა ფილტრით და გადააქვთ გამყოფ ძაბრში. ხსნარს გამყოფ ძაბრში ამუშავებენ 16 მწვავე ტუტის ხსნარით და გამოყოფენ წყლიან ფენას ჰექსანთანააგან. ამ უკანასკნელს რეცხავენ წყლით ტუტე რეაქციის მოცილებამდე, აერთებენ ჩარეცხილ წყალს წყლიან ხსნართან. ჰექსანთან ხსნარს აშრობენ ნატრიუმის სულფატით, ატარებენ ალუმინის ოქსიდში და საზღვრავენ ნეთობპროდუქტებს ისე, როგორც ზევითაა აღწერილი.

წყლიან ხსნარს შეამკავენ, მისგან ამოწვილავენ ღიეთილის ეთერით მჟავურ ნაერთებს, გამოზღიან ეთერს და წონიან. თუ m_4 -მჟავურ ნაერთებიანი ბიუქსის წონაა, მაშინ მათი რაოდენობა (x_5), მგ/ლ, გამოითვლება ფორმულით:

$$x_5 = \frac{m_4 - m_2}{V} \cdot 10^3.$$

ქლოროფორმით ექსტრაგირებული სხვა ნივთიერების რაოდენობა (x_6), მგ/ლ, იანგარიშება ფორმულით:

$$x_6 = x_3 - x_2 - x_4.$$

3 მგ/ლ-ზე მეტი კონცენტრაციის ნეთობპროდუქტების ძირითადი ნაწილის (ნაკლებად აქროლადის) განსაზღვრა

განსაზღვრას ატარებენ, როგორც აღწერილია ზევით, მცირე მოცულობის საანალიზო წყალში. საანალიზოდ იღებენ 100-1000 მლ სინჯს, ან ადვილად აქროლადი ნეთობპროდუქტების გამოზღის შემდეგ დარჩენილ ნაწილის მოცულობას.

0,3 მგ/ლ-ზე მცირე კონცენტრაციის ნეთობპროდუქტების განსაზღვრა

10-20 ლ მოცულობის საანალიზო წყალს ატარებენ გააქტიურებულ ნახშირიან სვეტში – 25 მლ მოცულობის ბიურეტში, რომლის ძირზე ათავსებენ მინის ბაზის, ან მინის ტილოს ფენას, შემდეგ 2 გრ გააქტიურებულ ნახშირს და ისევ მინის ტილოს, ან მინის ბაზის ფენას. ნახშირს და მინის ტილოს (ან ბაზას) წინასწარ ამუშავენ სოქსლეტის ხელსაწყოში ქლოროფორმით, ან ოთხქლორიანი ნახშირბადით, ამრობენ კაერზე ამწოვ კარადაში გამხსნელის მოცილებამდე და 30 წუთის განმავლობაში ახურებენ 400-450°C ტემპერატურაზე.

ასეთი წესით სოქსლეტის ხელსაწყოში ატარებენ ნახშირის რეგენერაციას საანალიზო წყლიდან ნეთობპროდუქტებისა და სხვა ორგანული ნერთების აღსორბციის შემდეგ 24 საათის განმავლობაში.

მიღებული ქლოროფორმიანი ხსნარიდან გამოხდინან ჯერ გამხსნელს თვით სოქსლეტის ხელსაწყოში რამდენადაც ეს იქნება შესაძლებელი. შემდეგ ანალიზი ტარდება ისე, როგორც ეს აღწერილია 0,3-3 მგ/ლ კონცენტრაციის ნეთობპროდუქტების განსაზღვრის მსვლელობაში. შემდგომი ანალიზის მსვლელობაც ზევით აღწერილის მსგავსია. ასეთივე მეთოდით შესაძლებელია უფრო მაღალი კონცენტრაციის (0,3-3 მგ/ლ) ნეთობპროდუქტების განსაზღვრა, თუ უშუალო ექსტრაქცია დიდი მოცულობიდან (3-3,5 ლ) რატომღაც არასასურველია.

4.1.2. ნეთობპროდუქტების განსაზღვრა ქრომატოგრაფიული და ИК-სპექტროფოტომეტრიული მეთოდებით

განსაზღვრა ზედაპირულ ბუნებრივ წყლებში

მეთოდი დაფუძნებულია მეთილური და მეთილენური ჯგუფების (CH_3 და CH_2) CH ბმების შთანთქმის განსაზღვრაზე ახლო ინფრაწითელ სპექტრის უბანში ($2900-3100\text{სმ}^{-1}$), რაც მიუთითებს მის უნივერსალობაზე, რამდენადაც ნეთობპროდუქტების ძირითადი მასის მოლეკულები შეიცავენ დასახელებულ სტრუქტურულ დაჯგუფებას. მეთოდის მგრძობიარობაა 0,1 მგ ნეთობპროდუქტი სინჯში. ფარდობითი სტანდარტული გადახრა შეადგენს 15%.

ხელისშემშლელი პირობები

განსაზღვრის შედეგებზე გავლენა შესაძლებელია მახდინოს ბუნებრივი წარმოშობის ნახშირწყალბადებმა.

აპარატურა

ИК-სპექტროფოტომეტრი UR-20.

კიუვეტი 50 სმ სისქის ფენით, საერთო მოცულობით ~30 მლ.

ქრომატოგრაფიული სვეტი მინის ონკანით (დიამეტრი 1 სმ, სიმაღლე 20 სმ).

რეაქტივები

1. ალუმინის ოქსიდი Al_2O_3 -ქ.ს.ა., უწყლო. ანალიზამდე რეაქტივი უნდა გასუფთავდეს მინარეებისაგან, რომლებიც შეიცავენ CH_2 და CH_3 ჯგუფებს ოთხქლორიანი ნახშირბადით სოქსლეტის აპარატში 4 საათის განმავლობაში და გამხსნელის სრული აორთქლების შემდეგ გამოიწვას $600^{\circ}C$ -ზე 4 საათის განმავლობაში.
2. ოთხქლორიანი ნახშირბადი, CCl_4 , ქ.ს., $76,1^{\circ}C$ დუღილის ტემპერატურაზე გამოხდილი, ან Al_2O_3 -ით შევსებულ სვეტში გატარებული.
3. ნატრიუმის სულფატი (გოგირდმჟავა ნატრიუმი), Na_2SO_4 , ქ.ს., უწყლო, გამომწვარი $600^{\circ}C$ -ზე.
4. იზოოქტანი, C_8H_{18} , ქ.ს.
5. ცეტანი, $C_{16}H_{34}$, ქ.ს.
6. ბენზოლი, C_6H_6 , ქ.ს.

მსვლელობის ანგარიში

1-2 ლ მოცულობის წყლის სინჯს (რომელიც შეიცავს 0,1-1,0 მგ ნათობპროდუქტს) ათავსებენ გამყოფ ძაბრში, უმატებენ 15 მლ ოთხქლორიან ნახშირბადს და ენერგიულად ანჯღრევენ 3 წუთის განმავლობაში. ემულსიის განშრეების შემდეგ ქვედა ფენას ასხავენ მცირე ზომის კოლაში, ექსტრაქციას იმეორებენ ანალოგიური მეთოდით ახალ (15 მლ) პორცია ოთხქლორიანი ნახშირბადით. ექსტრაქტებს აერთებენ და ამრობენ უწყლო ნატრიუმის სულფატით 30 წუთის განმავლობაში (5 გრ Na_2SO_4 საჭირო 30 მლ ექსტრაქტზე). შემდეგ ექსტრაქტი ფრთხილად გადააქეთ. 50 მლ მოცულობის, მიხეზილ საციობან ცილინდრში. კოლბის კედლებს და ნატრიუმის სულფატს გამოავლებენ ორ-სამ პორცია (თითოეული 2 მლ) ოთხქლორიან ნახშირბადს, რომელსაც უერთებენ ექსტრაქტს. ექსტრაქტს გულმოდგინებით ანჯღრევენ. ერთდროულად ამზადებენ ქრომატოგრაფიულ სვეტს. 6 გრ Al_2O_3 -ს უმატებენ 10-12 მლ CCl_4 . ეს ნარევი გადააქეთ ქრომატოგრაფიულ სვეტში, რომლის ბოლოშიც (ქვედა

ნაწილში) ათავსებენ მინის ბამბას. მინის ბამბას, აგრეთვე, დებენ ალუმინის ოქსიდის ფენის ზეით შემღვრევის ასაცილებლად. Al_2O_3 -ს სვეტში იყენებენ ერთზელ.

როგორც კი CCl_4 შეიწოვება Al_2O_3 -ში, ექსტრაქტს ასხავენ სამ პორციობით 10-10 მლ-ის რაოდენობით (თვალყური უნდა ადევნოთ, რომ სითხის დონემ არ დაიწიოს Al_2O_3 -ის ფენის ქვევით) და ატარებენ სვეტში 0,3 მლ/წთ სიჩქარით. სინჯის გატარების შემდეგ სვეტში ასხავენ დამატებით 5 მლ CCl_4 , რომლითაც წინასწარ ავლენებ ცილინდრის კედლებს.

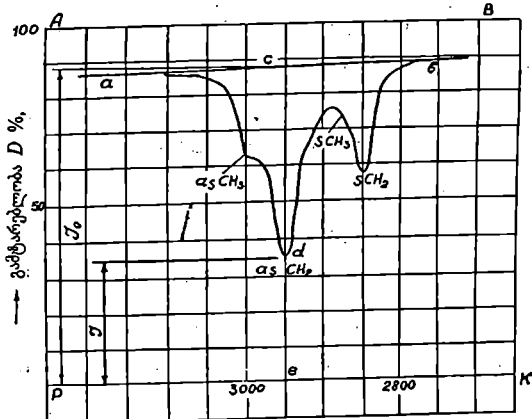
მთელ ექსტრაქტს აგროვებენ კოლბაში, თანაც პირველ 4 მლ ელიუატს დერიან. საზღვრავენ ელიუატის მოცულობას და საზღვრავენ ხსნარის შთანთქმის ინტენსიობას 2700-3100 cm^{-1} ტალღის სიგრძის ინტერვალში კვარცის კოუეცტებში, ფენის სისქით-50 მმ, საერთო მოცულობით ~30 მლ. ხსნარის ოპტიკურ სიმკვრივეს ანგარიშობენ საბაზისო ხაზის მეთოდით. საბაზისო ხაზებს ავლენენ როგორც პიკების ფუძის შემხებს, რომელიც შეესაბამება CH_2 და CH_3 ჯგუფების სიმეტრიულ და არასიმეტრიულ სავალენტო რხევებს (ნახ. 6). ოპტიკური სიმკვრივე გამოითვლება ფორმულით:

$$E = I_g \frac{I_0}{I}$$

სადაც I_0 - დაცემული გამოსხივების ინტენსიურობა;

I - ხსნარში გატარებული გამოსხივების ინტენსიურობა;

I_0/I საზღვრავენ ხსნარის შთანთქმის მაქსიმუმში, როგორც ნაჩვენებია ნახაზზე.



ტალღის სიგრძე ν , cm^{-1}

ნახ. 5. ნაეიობპროდუქტებიანი ხსნარის შთანთქმის ინტენსიობის განსაზღვრა საბაზისო ხაზის მეთოდით

a, b, c - საბაზისო ხაზი, I_0 - დაცემული გამოსხივების ინტენსიურობა;

I - ხსნარში გასული გამოსხივების ინტენსიურობა

საკალიბრო მრუდის აგება
სტანდარტული ხსნარების მომზადება

საკალიბრო მრუდის ასაგებად სტანდარტულ ხსნარად გამოიყენება ნახშირწყალ-ბადების ნარევი: იზოოქტანი - 37,6 წონ.%; ცეტანი - 37,5%, ბენზოლი - 25 წონ.%. ძირითადი სტანდარტული ხსნარი შეიცავს 50 მგ ნახშირწყალბადებს 1 მლ. ოთხქლორიან ნახშირბადში. სტანდარტული ხსნარების სერიას ამზადებენ ძირითადი ხსნარის თანმიმდევრული განზავებით ოთხქლორიანი ნახშირბადით. საზღვრევენ თითოეული ხსნარის შთანთქმას, ანგარიშობენ მათ ოპტიკურ სიმკვრივეს (როგორც ზეითაა აღწერილი). საკალიბრო მრუდის ორდინატთა ღერძზე გადაზომევენ ოპტიკურ სიმკვრივეს, ხოლო აბსცისთა ღერძზე კი ნახშირწყალბადების კონცენტრაციას მგ/მლ.

ანგარიში

ნავთობპროდუქტების შემცველობას (x), მგ/ლ- ანგარიშობენ ფორმულით:

$$x = \frac{c \cdot b \cdot 1000}{V}$$

სდაც C – საკალიბრო მრუდზე განსაზღვრული ნავთობპროდუქტების კონცენტრაციაა, მგ/ლ.

b – ნავთობპროდუქტების ელიუტის მოცულობაა, მლ.

V – განსაზღვრავი სინჯის მოცულობაა, მლ.

განსაზღვრა ჩანდინარე წყლებში

განსაზღვრის მეთოდი დაფუძნებულია CH_2 და CH_3 ჯგუფების შემცველი ნივთიერებების მიერ ინფრაწითელი სხივების შთანთქმაზე $3100-2700 \text{ სმ}^{-1}$ უბანში, რაც იძლევა წყალში 0,1 მგ/ლ-ზე მაღალი კონცენტრაციის ნავთობპროდუქტების განსაზღვრის შესაძლებლობას.

ზელისშემშლელი პირობები

იხილეთ „განსაზღვრა ზედაპირულ ბუნებრივ წყლებში“.

აპარატურა

იხილეთ „განსაზღვრა ზედაპირულ ბუნებრივ წყლებში“.

რეაქტივები

1. ალუმინის ოქსიდი - აქტიურობის II ხარისხიანი. (რომელიც შეიცავს 3% წყალს). Al_2O_3 (ქრომატოგრაფიისათვის) აშრობენ $600-700^{\circ}C$ -ტემპერატურაზე 3-4 საათის განმავლობაში, შემდეგ უმატებენ წყალს (3%) და ინახავენ ჰერმეტიკულად დახშულ ჭურჭელში 1-2 დღე-ღამის განმავლობაში.

2. ოთხქლორიანი ნახშირბადი. რეაქტივს წმინდავენ აქტიურობის I ხარისხიან Al_2O_3 -თან შერევით და შემდეგ ფილტრავენ. გაწმენდილ CCl_4 -ის სპექტრს არ უნდა აქონდეს შთანთქმის ზოლები $2700-3100$ cm^{-1} უბანში.

გოგირდმჟავა ნატრიუმი Na_2SO_4 . უწყლო, გამოშმარალი $100-110^{\circ}C$ ტემპერატურაზე 6 საათის განმავლობაში.

საკალიბრო მრუდის ასაგებად გამოყენებული სტანდარტული ნარევი შეიცავს: 59% (მოცულობის მიხედვით) დეკანს, 2% იზოოქტანს, 39% ბენზოლს (თუ ჩამდინარე წყალი არ შეიცავს ადვილადაქროლად ნახშირწყალბადებს); 51% (მოცულობის მიხედვით) დეკანს 5% იზოოქტანს, 44% ბენზოლს (თუ ჩამდინარე წყალი შესაძლებელია შეიცავს, აგრეთვე, ადვილად აქროლად ნახშირწყალბადებს).

ანალიზის მსვლელობა

საანალიზო სინჯის მოცულობა დამოკიდებულია მასში არსებული ნეთობპროდუქტების რაოდენობაზე. 0,1-1,0 მგ/ლ ნეთობპროდუქტები სრულად განისაზღვრება 5 ლ წყალში, უფრო მაღალი რაოდენობის განსასაზღვრავად საკმარისია 3 ლ. წყლის სინჯს ექსტრაგირებენ 60 მლ ოთხქლორიანი ნახშირბადით 10 წუთის განმავლობაში და აყოვნებენ 10-15 წუთს. მიღებული ექსტრაქტიდან იღებენ 50 მლ, ატარებენ აქტიურობის II ხარისხიან 6 გრ Al_2O_3 -ით ჩატირთულ ქრომატოგრაფიულ სვეტში (რომლის დიამეტრია 1 სმ, სიმაღლე 10-15 სმ). Al_2O_3 -ით შეაკვებულ ნახშირწყალბადებს რეცხავენ ~ 45 მლ CCl_4 -ით. აგროვებენ გატარებულ ექსტრაქტს და ავსებენ ჭლემდე 100 მლ-იან მშომ კოლაში. იღებენ მიღებული ხსნარის ИК სპექტრს, რისთვისაც იყენებენ კვარცის კიუვეტებს, რომლის კედლებს შორის სისქე დამოკიდებულია ექსტრაქტში ნეთობპროდუქტების შემცველობაზე. სასურველია, რომ ოპტიკური სიმკვრივე იყოს 0,3-0,4 ზღვრებში. ექსტრაქტის ოპტიკურ სიმკვრივეს საზღვრავენ CCl_4 -თან შედარებით 2962 cm^{-1} ($\nu_{as}CH_3$) და 2926 cm^{-1} ($\nu_{as}CH_2$) ტალღის სიგრძეზე.

ნეთობპროდუქტების კონცენტრაციას საზღვრავენ საკალიბრო მრუდით. მიზანშეწონილია განსაზღვრა ჩატარდეს შთანთქმის უფრო მეტად ინტენსიურ ზოლებზე (ჩვეულებრივ $\nu_{as}CH_2$ 2926 cm^{-1}).

საკალიბრო მრუდის აგება

სტანდარტული ხსნარის წონაკს ხსნიან ოთხკლორიან ნახშირბადაში 100 მლ-იან მზომ კოლბაში. ხსნარის ოპტიკურ სიმკვრივეს საზღვრავენ კონცენტრაციის განსაზღვრულ დიაპაზონში და აგებენ საკალიბრო მრუდს, რისთვისაც ერთ ღერძზე გადაზომავენ ოპტიკურ სიმკვრივეს 2962 სმ⁻¹-ზე (ან 2926 სმ⁻¹), ხოლო მეორე ღერძზე კი სტანდარტული ნარევის კონცენტრაციას.

ანგარიში

ნეთობპროდუქტების რაოდენობას (x), მგ/ლ, ანგარიშობენ ფორმულით:

$$x = \frac{c \cdot 2 \cdot 60 \cdot 1000}{V \cdot 50}$$

სადაც c – საკალიბრო მრუდზე განსაზღვრული ნეთობპროდუქტების კონცენტრაციაა, მგ/ლ.

V – სინჯის მოცულობა, მლ.

60 – ექსტრაქციისათვის აღებული CCl_4 -ის მოცულობა, მლ.

2 – კოეფიციენტი, რომელიც ითვალისწინებს განზავებას.

50 – განსაზღვრისათვის აღებული ალიქვატური ნაწილის მოცულობა, მლ.

რეზულტატების დამრგვალება

დიაპაზონი, მგ/ლ	0,1-1	1-1,0	10-100
დამრგვალება, მგ/ლ	0,01	0,1	1

4.1.3. ნეთობპროდუქტების განსაზღვრა ქრომატოგრაფიული და YF -სპექტროფოტომეტრიული მეთოდებით

განსაზღვრა ზედსაპირულ ბუნებრივ წყლებში

მეთოდი დაფუძნებულია არომატული და უჯერი ნახშირწყალბადების მიერ შთანთქმაზე ულტრაიისფერ სპექტრის უბანში. ნახშირწყალბადების გამოყოფა ანალიზის ხელისშემშლელი ნაერთებისაგან ტარდება ალუმინის ოქსიდის სვეტში. მეთოდის მგრძობელობა 0,1 მგ ნეთობპროდუქტია სინჯში. შეფარდებითი სტანდარტული გადახრაა 20%.

ხელისშემშლელი პირობები

განსაზღვრის შედეგებზე გავლენა შესაძლებელია მოახდინოს ბუნებრივი წარმოშობის ნახშირწყალბადებმა.

აპარატურა

სპექტროფოტომეტრი

კიუვეტი 1 სმ ფენის სისქით.

ქრომატოგრაფიული სვეტი მინის ონკანით (დიამეტრი 1 სმ, სიმაღლე 20 სმ).

რეაქტივები

1. ალუმინის ოქსიდი, Al_2O_3 , ქს., უწყლო. გამოყენების წინ რეაქტივს ამუშავებენ CCl_4 -ით სოქსლეტის აპარატში 4 საათის განმავლობაში. გამსხნელის სრული აორთქლების შემდეგ აშრობენ $600^{\circ}C$ -ზე 4 საათის განმავლობაში.
2. ოთხქლორიანი ნახშირბადი, CCl_4 , ქს.
3. გოგირდმჟავა ნატრიუმი, Na_2SO_4 , ქს. უწყლო, აშრობენ $105-110^{\circ}C$ ტემპერატურაზე 6 საათის განმავლობაში.

ანალიზის მსვლელობა

ექსტრაქციას, სვეტის მომზადებასა და ნეთობპროდუქტების ქრომატოგრაფიულ გამოყოფას ატარებენ ისევე, როგორც მითითებულია 4.1.2 განყოფილებაში $\lambda=270$ ნმ ტალღის სიგრძეზე 1 სმ ფენის სისქიან კიუვეტებში.

საკალიბრო მრუდის აგება

სტანდარტული ხსნარის მომზადება

საკალიბრო მრუდის ასაგებად, მისი პერიოდული შემოწმებისათვის და კორექტირებისათვის მიზანშეწონილია სვეტური ქრომატოგრაფიის მეთოდის გამოყენება ИК-ქრომატოგრაფიული დაბოლოებით.

რამდენადაც ოპტიკური სიმკვრივე დამოკიდებულია ნეთობპროდუქტების შემადგენლობაზე, ამიტომ სტანდარტული ხსნარების მოსამზადებლად გამოიყენება საანალიზო წყლიდან (გამოწეული) გამოყოფილი ნეთობპროდუქტები. ამისათვის იღებენ საკვლევი წყლის სინჯს, რომელიც შეიცავს 0,1-0,2 მგ-ზე ნაკლები რაოდენობის ნეთობპროდუქტებს, ექსტრაგირებენ CCl_4 -ით და ატარებენ ქრომატოგრაფიულ დაყოფას როგორც აღწერილია ანალიზის მსვლელობაში. სინჯში ნეთობპროდუქტების შემცველობას საზღვრავენ სვეტური ქრომატოგრაფიული მეთოდით ИК-სპექტროფოტომეტრიული დაბოლოებით. შემდეგ ელიუატს იყენებენ საკალიბრო მრუდის ასაგებად. ატარებენ თანმიმდევრულადაა განზავებული სერიების განსაზღვრას. სტანდარტული

ხსნარის ოპტიკურ სიმკვრივეს საზღვრავენ სპექტროფოტომეტრზე და აგებენ გრაფიკს, რომლის ორდინატთა ღერძზე გადაზომვენ ოპტიკურ სიმკვრივეს, აბსცისთა ღერძზე კი ნეთობაროდუქტების კონცენტრაციას, მგ/მლ.

ანგარიში

ნეთობაროდუქტების რაოდენობა (x), მგ/ლ, ანგარიშობენ ფორმულით:

$$x = \frac{c \cdot b \cdot 1000}{V},$$

სადაც C – საკალიბრო მრუდზე განსაზღვრული ნეთობაროდუქტების კონცენტრაცია, მგ/ლ.

b – ნეთობაროდუქტების ელიუატის მოცულობა, მლ.

V – საკვლევი სინჯის მოცულობა, მლ.

4.1.4. ნეთობაროდუქტების განსაზღვრა ქრომატოგრაფიული და გაზოქრომატოგრაფიული მეთოდებით

განსაზღვრა ჩამდინარე წყალში

მეთოდი დაფუძნებულია ნეთობის ნახშირწყალბადების ქრომატოგრაფიულ დაყოფაზე არაპოლარულ ფაზაზე დაპროგრამებულ ტემპერატურული რეჟიმისას. პოლარული ნეთითერების ხელისშემშლელი ზეგავლენის თავიდან აცილება ხდება ალუმინის ოქსიდზე ქრომატოგრაფიული ადსორბციის მეთოდით. ფრაქციული შემადგენლობის გამოთვლა ხორციელდება სწორხაზობრივი დამოკიდებულებით ნახშირწყალბადების შეკაების დროსა და მათი დუდილის ტემპერატურებს შორის. ქრომატოგრამის რაოდენობრივი გამოთვლა ხდება პიკის ფართობის მიხედვით შინაგანი ნორმალიზაციის მეთოდით. განსაზღვრავი მინიმალური კონცენტრაცია: 0,1 მგ/ლ – ალიონიზაციური დეტექტორისათვის, ხოლო 1,6 მგ/ლ – თბოგამტარი დეტექტორისათვის. ფარდობითი სტანდარტული გადახრაა 5%.

მოცემულია მეთოდის ორი ვარიანტი:

– 130-450°C ტემპერატურულ ინტერვალში მდლარე ნახშირწყალბადების განსაზღვრისათვის საექსტრაქციოდ გამოიყენება ოთხქლორიანი ნახშირბადი.

– 96-450°C ტემპერატურულ ინტერვალში მდლარე ნახშირწყალბადების განსაზღვრისათვის საექსტრაქციოდ გამოიყენება პენტანი.

ორგანულ გამხსნელიანი ნეთობაროდუქტების ექსტრაქტი შეპკურდება გაზურ-ქრომატოგრაფში სწორხაზობრივად დაპროგრამებულ 50-320°C ტემპერატურულ რეჟიმისას. ქრომატოგრამაზე მიღებული პიკების ფართობები განსაზღვრება სიგანისა და სიმაღლის მიხედვით, ან ინტეგრატორის საშუალებით.

ხელისშემშლელი პირობები

განსაზღვრას ხელს უშლის ყველა ის ორგანული ნივთიერება, რომელიც არ მიეკუთვნება ნახშირწყალბადებს. ნეთობპროდუქტებისაგან მათი მოცილება ხდება სელექტიური გამოყოფით ალუმინის ოქსიდზე სვეტური ქრომატოგრაფიული მეთოდით ისე, როგორც ეს მოცემულია ანალიზის მსვლელობაში.

აპარატურა

ქრომატოგრაფი. ნებისმიერი ორ სვეტიანი აირთხევადი ქრომატოგრაფი აღჭურვილი თერმოსტატით, რომელიც ცხელდება 350°C-მდე ზუსტად (მითითებული) დასახული სიჩქარით.

თვითჩამწერი. ჩამწერი ხელსაწყო სკალით, რომლის სიგრძეა არანაკლები 25 სმ, კალმის გარბენის დროა მთელ სკალაზე 1 წმ.

მიკროშპრიცი.

ინტეგრატორი (თუ არ არის, შესაძლებელია ფართობის გაზომვა ხელით).

ქრომატოგრაფიული სვეტი. ორი იდენტური სვეტი, რომელიც დამზადებულია უჟანგავი ფოლადისაგან (შიგა დიამეტრია 5 მმ, სიგრძე 2 მ) შეესებულია ქრომოსორბით, რომელიც შეიცავს სილიკონური კაუჩუკის 10 წონ.-%.

სინჯარები სინჯის ასაღებად და ექსტრაქციისათვის. 3 ლ მოცულობის მინის სინჯარა მინის საცობით. საცობის გააოხვა არ შეიძლება.

ბიუქსები – 15-20 მლ მოცულობის.

რეაქტივები

უძრავი ფაზა – სილიკატური კაუჩუკი, მაგალითად SE-30 ან OV-101. შესაძლებელია გამოყენებულ იქნას სხვა უძრავი ფაზებიც, როგორცაა აპიზონ L, ლუკოპრენ Γ-1000, СКТФТ-50, СКТФТ-100; მაგრამ მათი გამოყენებისას მაქსიმალურად დასაშვები ტემპერატურა შედარებით დაბალია.

მყარი მატარებელი. ქრომოსორბ P, ან ქრომოსორბ W, რომლის დამარცვულობაა 60-80-МЕШ. ან ИНЗ-600, ქრომატონ N ანალოგიური დამარცვულობით.

ქლორიანი მეთილენი უძრავი ფაზის გასახსნელად, რომელიც შესაძლებელია შეიცვალოს ქლოროფორმით, ან ბენზოლით.

ნ-პარაფინები, ნაკრები იდენტიფიკაციისათვის.

ნეთობპროდუქტები შესადარებელი ხსნარის მოსამზადებლად.

გოგირდის მჟავა, ქს. ა., კონცენტრირებული.

ჰექსანი, ქს.ა.

ოთხქლორიანი ნახშირბადი, გამოხდილი.

სვეტის მომზადება

1 გრ სილიკონურ კაუჩუკს ხსნიან 20 მლ მეთილენქლორიდში, ქლოროფორმში ან ბენზოლში, რისთვისაც ნარევეს ადულებენ უკუმაცივარით 15 წუთის განმავლობაში, ცხელ ხსნარს უმატებენ 20 გრ მყარ მატარებელს და ფრთხილად ურევენ რამდენიმე წუთის განმავლობაში. შემდეგ გამხსნელს ააორთქლებენ მბრუნავი ამოართქლებლის საშუალებით. თი ასეთი მოწყობილობა არ არის ლაბორატორიაში, მაშინ გამხსნელს ააორთქლებენ ორთქლის აბაზანაზე ფრთხილი მორევის პირობებში. მორევა ხდება ფინჯანის შერხევითაც. მორევის სხვა მეთოდით შესაძლებელია მყარი მატარებლის ნაწილაკები დაიმსხერეს. მიღებული სორბენტით ავსებენ ორივე სვეტს.

სვეტის კონდიცირება

სვეტს აცხელებენ 12 საათის განმავლობაში 250°C-ზე აირ-მატარებელის შებერვის გარეშე ინერტულ ატმოსფეროში. შემდეგ უბერავენ აირ-მატარებელს სამუშაო ტემპერატურაზე სტაბილურ მდგომარეობამდე. ამ დროს დეტექტორი უნდა მოიხსნას გაჭუჭყიანების თავიდან ასაცილებლად.

ქრომატოგრაფის მუშაობის პირობები

აირ-მატარებელია აზოტი ან ჰელიუმი. ამოართქლებლის ტემპერატურაა 359-400°C. აირ-მატარებლის სიჩქარე – 50 მლ/წთ. დეტექტორის ტემპერატურაა არანაკლები 350°C.

ტემპერატურული პროგრამა: საწყისი ტემპერატურა 50°C, საბოლოო ტემპერატურა 320°C. ტემპერატურის გაზრდის სიჩქარეა 10°C/წთ.

ანალიზის მსვლელობა

სინჯარაში, რომელიც შეიცავს 3ლ ან უფრო ნაკლებ სინჯს (დამოკიდებულია ნეთობპროდუქტების შემცველობაზე) უმატებენ (1:1) განზავებულ გოგირდმჟავას 5pH-მდე (ჩვეულებრივ 8 მლ). უმატებენ, აგრეთვე, 25 მლ ოთხქლორიან ნახშირბადს, ახურავენ მიხეზილ საცობს და 5 წუთის განმავლობაში ანჯღრევენ. 30 წუთის განმავლობაში. სინჯარაში ნარევი

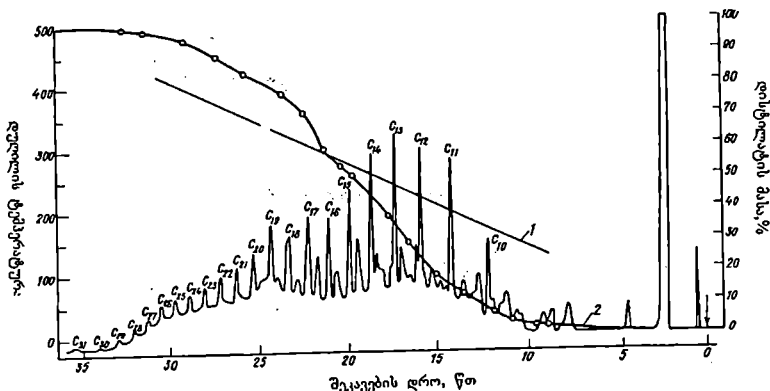
განშრევება და გამყოფი ძაბრით გამოყოფენ ექსტრაქტს წყლიანი ფაზისაგან. ამ უკანასკნელს უმატებენ 25 მლ ორგანული გამხსნელის მეორე პორციას. ექსტრაქციის ოპერაციას იმეორებენ და ორივე ექსტრაქტს აერთებენ. მიღებულ ოთხქლორიან ნახშირბადიან (ან ჰექსანიან) ნეთობპროდუქტების ხსნარს აშრობენ გამოშრალი ნატრიუმის სულფატით. შემდეგ შერთებულ ექსტრაქტს ატარებენ 6 გრ ალუმინის ოქსიდით (მარკით „ქრომატოგრაფიისათვის“ აქტიურობის II ხარისხით) ავსებულ 10 მმ-იან სვეტში, რომელსაც ქება ბოლო აქვს წაგრძელებული. აქ სცილდება პოლარული ნაერთები. შემდეგ იმავე სვეტში ატარებენ 60 მლ სუფთა გამხსნელს.

ქრომატოგრაფიებადმე ეს ხსნარი უნდა იყოს ძლიერი კონცენტრირებული. ამისათვის გამხსნელის დიდ ნაწილს ხდიან (დაახლოებით 10-15 მლ მოცულობადე), რისთვისაც უყენებენ ლაბორატორიულ სარეკტფიკაციო სვეტს, ან კოლბას წაგრძელებული დეფლექტორით. ნარჩენი გადააქვთ წინასწარ აწონილ პატნარა ბიუქსში და აორთქლებენ გამხსნელს ოთახის ტემპერატურაზე ვენტილატორის პაერის ნაკადის ქვეშ ~0,2 მლ-მდე. შემდეგ ბიუქს ახურავენ სახურავს და წონიან. სხვაობით საზღვრავენ ნარჩენის წონას და ყოფენ გამხსნელის სიმკვრივეზე (1,630 CCl_4 -თვის, 0,66 - ჰექსანისათვის), რითაც იგებენ ნარჩენის მოცემულობას. 10 მკლ-იან მიკროშპირციის საშუალებით შეასხურებენ ქრომატოგრაფის ამორთქლებულში 5 მკლ ამ კონცენტრირებულ ექსტრაქტს და აწარმოებენ ქრომატოგრაფირებას ზემოთ აღნიშნულ პირობებში. შესაძლებელია ექსტრაქცია პენტანით. ან შემთხვევაში ქრომატოგრაფში შეასხურებენ 10 მკლ-ს და ტემპერატურას აპროგრამირებენ 250°C-მდე.

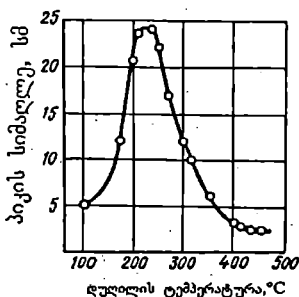
ნახშირწყალბადების იდენტიფიკაცია

მიღებულ ქრომატოგრამაზე ძებნიან ნორმალური პარაფინების პიკებს, რომლებიც უნდა იყვნენ გამოკვეთილი, ქრომატოგრაფირების მოცემული პირობებისას ერთმანეთისაგან თანაბრად დაშორებული გამოუკვეთელი პიკების ფართო გადაკვეთაში.

თუ ამ პიკების იდენტიფიცირება შესაძლებელია მოლეკულაში არსებული ნახშირბად ატომთა რიცხვის მიხედვით (ხელმძღვანელობენ რა წინა გამოცდილებით), მაშინ იყენებენ ნორმალური პარაფინული ნახშირწყალბადების დუდილის ტემპერატურის ცნობილ მონაცემებს. ქრომატოგრამაზე აგებენ მრულს კოორდინატებით σ -პარაფინების დუდილის წერტილი - შეკავების დრო (ნახ. 6), მიღებული ქრომატოგრამის ფუძეზე ავლებენ ჩვეულებრივ შემზეხ ზაზს (ფუძის ზაზი). საზღვრავენ ნორმალური პარაფინების პიკების სიმაღლეს გავლებულს ფუძის ზაზიდან და აგებენ მრულს კოორდინატებით პიკის სიმაღლე-დუდილის წერტილი (ნახ. 7). დუდილის წერტილის მრულიდან გამოდინარე აღნიშნავენ ნახშირწყალბადების სინჯის საწყის (სდწ) და საბოლოო (ბდწ) დუდილის წერტილებს.



ნახ. 6. ნული ნავთობის შემცველი ჩამდინარე წყლიდან გამოყოფილი ნახშირწყალბადების ქრომატოგრამა
 1 - დუღილის ტემპერატურის მრუდი
 2 - დისტილაციური მრუდი



ნახ. 7. ნახშირწყალბადების განაწილების დუღილის ტემპერატურის მიხედვით

თუ ნორმალური პარაფინების პიკების პირდაპირი იდენტიფიცირება შეუძლებელია (ცდის ჩატარებლობის ან გამოყოფილობის გამო, ან ასეთი ნახშირწყალბადების დაბალი შემცველობის გამო) იქცევიან შემდეგნაირად: ამზადებენ ცნობილი ნორმალური პარაფინების სინთეტიკურ ნარევის დაახლოებით იმავე დუღილის ტემპერატურებით, როგორც პარაფინული სინჯებისათვის იყო; ამ ნარევის ხსნან გამოყენებულ გამხსნელებში (CCl_4 ან ჰექსანი), ამზადებენ რა 1%-იან ხსნარს. 50 მკვრ ადრე მიღებულ ნახშირწყალბადებიანი სინჯის კონცენტრირებულ ექსტრაქტს უმატებენ 5 მკვრ. ამ სინთეტიკურ ნარევის 5 მკვრ მიღებულ ნარევის შეასხურებენ ქრომატოგრაფში და ატარებენ მეორე ქრომატოგრაფირებას ზუსტად იმავე პირობებში, როგორშიც ჩატარდა პირველი. ორივე ქრომატოგრაფების შედარებით ზუსტად ადგენენ ნორმალური პარაფინების პიკებს.

4.1.5. დუღილის ტემპერატურების მიხედვით ნახშირწყალბადების
სინჯების კუმარიტი შემადგენლობის დადგენა

ინტერვატორის გამოყენებით, ან ყოველი პიკის სიმაღლის ნამრავლით მის სიგანეზე, რომელსაც ზომავენ სიმაღლის ნახევარზე, საზღვრავენ დიაგრამის ფართობს, რომელიც შეესაბამება დროის თითოეულ ინტერვალს.

ქრომატოგრამის მთელი ფართობი მიიღება 100%-ად. დროის თითოეული ინტერვალის დასასრულს ანგარიშობენ დისტილირებული ნაწილის წონით პროცენტს და აგებენ მრუდს კოორდინატებში: დისტილირებული ნაწილის წონითი პროცენტი – შეკვების დრო (იხ. ნახ. 6). ამ ბოლო მრუდისა და ნორმალური პარაფინების დუღილის წერტილების მრუდის გამოყენებით, ინტერპოლირებენ სინჯში სხვადასხვა დუღილის ტემპერატურის მქონე ნახშირწყალბადების შემცველობის მნიშვნელობებს. იწერენ შედეგებს ისე, როგორც ნაჩვენებია მე-5 ცხრილში.

ცხრილი 5

ნეთობშემცველი წყლის სინჯში დუღილის ტემპერატურების მიხედვით
ნახშირწყალბადების განაწილება

ფრაქციის ნომერი	დუღილის ტემპერატურის ინტერვალი, °C	ნახშირწყალბადების შემცველობა	
		წონით %-ში	მგ/ლ
1	100-130	2	0,76
2	130-160	3	1,14
3	160-190	4	1,53
4	190-220	13	1,95
5	220-250	13	4,95
6	250-280	19	4,95
7	280-310	13	7,24
8	310-340	11	4,95
9	340-370	11	4,20
10	370-400	6	4,20
11	400-430	2,5	2,29
12	430-460	1,5	0,97
13	460-490	1	0,57
			0,38
		100	38,2

რაოდენობრივი განსაზღვრა

ამზადებენ ნეთობპროდუქტების შესაღარებელ ხსნარს ზუსტი კონცენტრაციით, 5 გრ 1 ლ გამხნელში. ეს ნეთობპროდუქტები არ უნდა შეიცავდეს სხვა ნივთიერებებს გარდა ნახშირწყალბადებისა, რომელთა დუღილის ტემპერატურები უნდა იყოს დაახლოებით იმავე ინტერვალში, რაც იყო საანალიზო სინჯის ნახშირწყალბადებისათვის.

იღებენ ამ ნარევის ქრომატოგრაფიას იმავე პირობებში, როგორც იყო სინჯის ქრომატოგრაფირებისას. იღებენ 5 მკლ შესადარებელ ზსნარს და ინტეგრირებენ საერთო ფართობს (ინტეგრატორის საშუალებით, ან თვლიან საერთო ფართობს ყველა ცალკეული პიკების ფართობების შეკრებით). სიმაღლეს ითვლიან პროგრამირებული ნულოვანი ზაზიდან.

ანგარიში

ნეთობპროდუქტების შემცველობას (x), მგ/ლ, ანგარიშობენ ფორმულით

$$x = c_{\text{პე}} \cdot \frac{S_{\text{სინჯ}}}{S_{\text{პე}}} \cdot \frac{V_{\text{მ}}}{W},$$

სადაც $C_{\text{პე}}$ – გამსხნელის შესადარებელ ზსნარში ნეთობპროდუქტების კონცენტრაცია, მგ/ლ;

$S_{\text{სინჯ}}$ – საანალიზო სინჯის ექსტრაქტის ქრომატოგრაფიის საერთო ფართობი;

$S_{\text{პე}}$ – შესადარებელი ნარევის ქრომატოგრაფიის საერთო ფართობი;

$V_{\text{მ}}$ – სინჯის ექსტრაქტის მოცულობა, მლ.

W – საანალიზო წყლის მოცულობა, მლ.

4.1.6. ნეთობპროდუქტების განსაზღვრა თხელფენოვანი ქრომატოგრაფიული და ИК-სპექტროსკოპიული მეთოდებით

მეთოდი დაფუძნებულია მეთილური და მეთილენური ჯგუფების (CH_3 და CH_2) CH ბმების გაზომვაზე ახლო ინფრაწითელი სპექტრის უბანში ($2700-3100$ სმ⁻¹). ნეთობპროდუქტების წინასწარი დაცილება სხვა კლასის ნერთებიდან წარმოებს ალუმინის ოქსიდის თხელ დაუმაგრებელ ფენაში. მეთოდის მგრძობობიარობაა 0,02 მგ ნეთობპროდუქტი სინჯში. შეფარდებითი სტანდარტული გადახრაა 10%.

ზელისშემშლელი პირობები

განსაზღვრის შედეგებზე გავლენის ახდენს ბუნებრივი წარმოშობის ნასშირწყალბადები.

აპარატურა

ИК-სპექტროფომეტრი UR-20;

კოეცტი – 2 სმ სისქის ფენით, ~10 მლ საერთო მოცულობით. ვერცხლისწყალკვარცული ნათურა УФ-შუქფილტრით ($\lambda \sim 300$ ნმ);

ვენტილატორი;

დაუმარებელი (დაუფიქსირებელი) ალუმინის ოქსიდის ფენის ზოლების აღნიშნული მოწყობილობა;

კაბლარი-კონცენტრატის დასატანად ქრომატოგრაფიულ ფირფიტაზე, ან მიკროპიკეტი 0,01-0,02 მლ მოცულობით;

ქრომატოგრაფიული კამერა ან მიხეხილ სახურავიანი კრისტალიზატორი;

მინის ტიგელები (დიამეტრი 15 მმ, სიმაღლე - 25 მმ);

მინის ფირფიტები (9×12 სმ).

რეაქტივები

პეტროლენის ეთერი, ქ.ს., ფრაქცია $t_{\text{გა}}^0 = 60-70^{\circ}\text{C}$ -ით.

ოთხქლორიანი ნახშირბადი CCl_4 . თუ გაჭუჭყიანებულია ასუფთავებენ CaCl_2 -ზე გამოშრობის შემდეგ გამოხდით. ფრაქციას აგროვებენ $t_{\text{გა}}^0 = 76,1-76,8^{\circ}\text{C}$ -ით, ან ატარებენ ალუმინის ოქსიდით ავსებულ სვეტში.

პექსანი C_6H_{14} , ქ.ს.,

ძმარმჟავა CH_3COOH , ქ.ს., ყინულოვანი.

გოგირდმჟავა ნატრიუმი, Na_2SO_4 , ქ.ს., უწყლო, $105-110^{\circ}\text{C}$ -ზე გამომშრალი 6 საათის განმავლობაში.

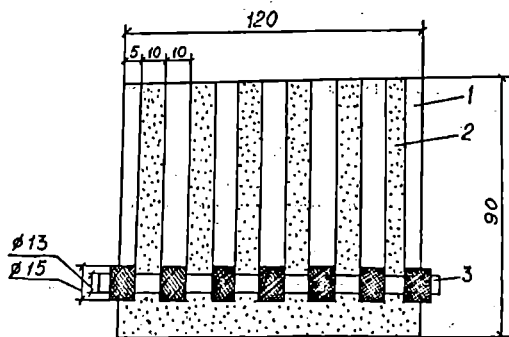
ალუმინის ოქსიდი Al_2O_3 , ქ.ს.ა., უწყლო.

ანალიზის მსვლელობა

0,2-0,5 ლ მოცულობის წყლის სინჯს (რომელიც შეიცავს 0,02-0,3 მგ ნათობაროლუქტებს) ათავსებენ გამყოფ დაბრში, უმატებენ 15 მლ CCl_4 . შემდეგ ენერგიულად ანჯღრევენ 3 წუთის განმავლობაში. ეზულსის განშრეების შემდეგ ორგანულ გამხსნელს ღვრიან მცირე ზომის კოლაში, ხოლო ექსტრაქციას იმეორებენ ანალოგიურად (15 მლ) CCl_4 -ის ახალი პორციით, რომელსაც განშრეების შემდეგ ღვრიან მიმღებ-კოლაში. ექსტრაქტს აშრობენ უწყლო ნატრიუმის სულფატით 30 წუთის განმავლობაში (5 გ Na_2SO_4 - 30 მლ ექსტრაქტზე). შემდეგ ექსტრაქტს ღვრიან პორციებით მინის ტიგელში, ხოლო გამხსნელს აცილებენ აორთქლებით ოთახის ტემპერატურაზე ვენტილატორის ჰაერის ნაკადით. ეს ოპერაცია უნდა ჩატარდეს გამწოვ კარადში.

ერთდროულად ამზადებენ ქრომატოგრაფიულ ფირფიტას. 9×12 ზომის გლუვ სუფთად გარეცხილ და გამომშრალ მინის ფირფიტაზე, მოაფრქვევენ მცირეოდენ ალუმინის ოქსიდს და

სპეციალური მოწყობილობით (ნახ. 8) ატარებენ 1 მმ სისქის ქრომატოგრაფიულ ზოლებს. ასეთი სახით მომზადებულ ქრომატოგრაფიულ ფირფიტაზე რაოდენობრივად გადააქვთ კონცენტრატი, რომელსაც იღებენ ექსტრაქტიდან გამხსნელის აორთქლების შემდეგ. ტიგელის კედლებს რამდენჯერმე რეცხავენ CCl_4 -ის მცირე პორციებით. კონცენტრატს ათავსებენ დაუმაგრებელ ალუმინის ოქსიდის ფენის შუა ზოლზე 0,6-0,7 სმ მანძილზე ქვედა კიდიდან. თითოეულ ფირფიტის ექვს ზოლზე შესაძლებელია მოათავსდეს ექვსივე სინჯის კონცენტრატი, ან მომზადდეს სტანდარტების ერთი სერია საკალიბრო მრუდის ასაგებად. კონცენტრატების დატანისას მხედველობაში მიღებულ უნდა იქნას ის, რომ ლაქას დიამეტრი არ უნდა აღემატებოდეს 0,4 სმ-ს. ამიტომ კონცენტრატი დაიტანება ზოლზე მცირე პორციებით (0,005 მლ-ით) კაპილარის საშუალებით. ყოველთვის უნდა დაცდა მანამ, სანამ გამხსნელი არ აორთქლდება. ალუმინის ოქსიდის თხელი ფენის ერთ ზოლზე დატანილი ნეთიობროდუქტების რაოდენობა არ უნდა აღემატებოდეს 0,5 მგ, რადგან სორბენტის „გადატვირთვა“ აუარესებს ნარევის დაყოფას.



ნახ. 8. ალუმინის ოქსიდის თხელი ფენის დაფენა ქრომატოგრაფიულ ფირფიტაზე
 1 - ქრომატოგრაფიული ფირფიტა
 2 - სორბენტის თხელი ფენა
 3 - თხელი ფენის დასაფენი მოწყობილობა

ქრომატოგრაფიულ ფირფიტას, რომლის ზოლებზე დატანილია სინჯები, 20°-იანი კუთხით ათავსებენ ქრომატოგრაფიულ მინის კამერაში, რომელიც გაჯერებულია მოძრავი თხევადი ფაზის ორთქლით. კამერის ფსკერზე (ძირზე) 0,5 სმ სისქის ფენით წარმოიქმნება მოძრავი თხევადი ფაზა, რომელიც წარმოადგენს პეტროლენის ეთერის ოთხქლორიანი ნახშირბადისა და ძმარმჟავას ნარევის (70:30:2 - მოცულობით). ქრომატოგრაფიული დაყოფა გრძელდება ~3 წუთი. შემდეგ ფირფიტას იღებენ კამერიდან, ათავსებენ გამწოვ კარადაში 10-15 წუთის განმავლობაში გამხსნელის აორთქლებამდე და ასხივებენ ულტრაიისფერი სინათლით

($\lambda=300$ ნმ). ამ დროს ნათობპროდუქტები წარმოქმნიან ზედა ლუმინესცირებულ ცისფერი ფერის ქრომატოგრაფიულ ზონას ($R_f = 0,9$). ამ ზონის საზღვარს აღნიშნავენ; Al_2O_3 -ის მოცემული უბანი რაოდენობრივად გადააქვთ ქაღალდის ფილტრიან ძაბრში და აცილებენ ნათობპროდუქტებს სამოთხი მცირეოდენი პორცია ოთხქლორიანი ნახშირბადით. ელიუატის საერთო მოცულობა უნდა შეადგენდეს 10 მლ-ს.

გამსხნელის შთანთქმის ინტენსივობას საზღვრავენ ИК-სპექტროფოტომეტრზე 2700-3100 ნმ ტალღის სიგრძის ინტერვალში კვარცის კიუეეტებში, რომლის ფენის სისქეა 2სმ, საერთო მოცულობა ~10 მლ. ხსნარის ოპტიკურ სიმკვრივეს თვლიან ბაზისური ხაზით. ბაზისურ ხაზს აელებენ პიკების ფუძის შემხებად, რაც შეესაბამება CH_2 და CH_3 ჯგუფების სიმეტრიულ და ასიმეტრიულ ვალენტურ რხევებს (იხ. ნახ. 5).

ოპტიკური სიმკვრივე გამოითვლება ფორმულით

$$E = \lg \frac{I_0}{I}$$

სადაც I_0 — დაცემული გამოსხივების ინტენსიობა;

I — ხსნარში გატარებული გამოსხივების ინტენსიობა.

I_0 და I ზომავენ ხსნარის შთანთქმის მაქსიმუმში, როგორც ნაჩვენებია ნახ. 5-ზე.

ნათობპროდუქტების რაოდენობას საზღვრავენ საკალიბრო მრუდით.

საკალიბრო მრუდი

საკალიბრო მრუდის ასაგებად სტანდარტულ ხსნარად გამოიყენება ნახშირწყალ-ბადების ხელოვნური ნარევი: იზოოქტანი — 37,5 წონ.%, ცეტანი — 57,5, ბენზოლი — 25 წონ.%. ძირითადი სტანდარტული ხსნარი შეიცავს 50 მკ ნახშირწყალბადებს 1 მლ CCl_4 -ში. სტანდარტული ხსნარების სერიას ამზადებენ CCl_4 -იანი ძირითადი ხსნარის თანმიმდევრული განზავებით. საზღვრავენ თითოეული ხსნარის შთანთქმას, ანგარიშობენ ოპტიკურ სიმკვრივეს (როგორც ზეითაა აღნიშნული). საკალიბრო მრუდის ორდინატა ღერძზე გააზომავენ ოპტიკურ სიმკვრივეს, ხოლო აბსცისთა ღერძზე კი კონცენტრაციას მკ/ლ-ში.

ანგარიში

ნათობპროდუქტების შემცველობას (x), მკ/ლ, ანგარიშობენ ფორმულით

$$x = \frac{c \cdot b \cdot 1000}{V}$$

სადაც C – საკალიბრო მრუდზე ნაპოვნი ნავთობპროდუქტების კონცენტრაციაა, მგ/ლ.

b – ნავთობპროდუქტების ელიუატის მოცულობაა, მლ.

V – განსაზღვრავი სინჯის მოცულობაა, მლ.

4.1.7. ნავთობპროდუქტების განსაზღვრა თხელფენოვანი ქრომატოგრაფიული და ლუმინესცენციური მეთოდებით

მეთოდი დაფუძნებულია ნავთობპროდუქტებში მცირე რაოდენობით შემავალი პოლიციკლური ნახშირწყალბადების ულტრაიისფერ სპექტრის უბანში ინტენსიური ლუმინესცენციის უნარზე.

ანალიზის ხელისშემშლელი ნაერთებისაგან ნავთობპროდუქტების დაცილება ხდება თხელ დაუმაგრებელ ალუმინის ოქსიდის ფენით.

მეთოდის მგრძობელობაა 0,02 მგ ნავთობპროდუქტი სინჯში. შეფარდებითი სტანდარტული გადახრაა 12%.

ხელისშემშლელი პირობები

განსაზღვრის მსვლელობაზე გავლენას ახდენს ბუნებრივი წარმოშობის ნახშირწყალბადები.

აპარატურა

- ფლუორიმეტრი (პირველადი შუქფილტრი, რომლის $\lambda=365$ ნმ, მეორადი, რომლის $\lambda=434$ ნმ);
- ვერცხლისწყალ-კვარცული ნათურა შუქფილტრით ($\lambda=300$ ნმ);
- ვენტილატორი;
- ალუმინის ოქსიდის დაუმაგრებელი ფენის ზოლების დასატანი მოწყობილობა;
- ქრომატოგრაფიული კამერა, ან კრისტალიზატორი მიხეხილი სახურავით.
- კაპილარი – ქრომატოგრაფიულ ფირფიტაზე კონცენტრატის დასატანად ან მიკროპიპეტი, 0,01-0,02 მლ მოცულობით;
- მინის ტიგელი (დამეტრი 15 მმ, სიმაღლე – 25 მმ);
- მინის ფირფიტები (9×12 სმ).

რეაქტივები

- პეტროლეინის ეთერი, ფრაქცია $t_{\text{ფლ}} = 60 - 70^{\circ}\text{C}$ -ით ან ჰექსანი C_6H_{14} , ქს;
- ოთხქლორიანი ნახშირბადი CCl_4 , ქს. თუ ჭუჭყიანია, ასუფთავებენ CaCl_2 -ზე გამოშრობის

შემდეგ გამოხდით. აგროვებენ ფრაქციის $t_{\text{კვ}} = 76,1 - 76,8^{\circ}\text{C}$ -ით, ან ატარებენ ალუმინის ოქსიდით სავსე სვეტში;

- ძმარმჟავა, CH_3COOH , ქ.ს., ცინულოვანი;
- გოგირდმჟავა ნატრიუმი; Na_2SO_4 , ქ.ს., უწყლო, $105-110^{\circ}\text{C}$ -ზე გამოშრალი 6 საათის განმავლობაში;
- ალუმინის ოქსიდი, Al_2O_3 , ქ.ს.ა. უწყლო.

ანალიზის მსვლელობა

0,2-0,5 ლ წყლის სინჯს (რომელიც შეიცავს 0,02-0,3 მგ ნეთიპროდუქტებს) ათავსებენ გამყოფ ძაბრში, უმატებენ 15 მლ CCl_4 . ძაბრს ენერგიულად ანჯღრევენ 3 წუთის განმავლობაში. განშრეების შემდეგ ორგანული გამხსნელის ებულსიურ ფენას ღვრიან პატარა კოლაში, ხოლო ექსტრაქციას იმეორებენ ანალოგიურად CCl_4 -ის ახალი პორციით (15 მლ), რომელსაც, აგრეთვე, განშრეების შემდეგ ღვრიან მიმღებ-კოლაში. ექსტრაქტს აშრობენ უწყლო Na_2SO_4 -ით 30 წთ-ის განმავლობაში (5 გრ Na_2SO_4 - 30 მლ ექსტრაქტზე), შემდეგ ექსტრაქტს ღვრიან პორციებით მინის ტიგელში, ხოლო გამხსნელს აცილებენ აორთქლებით ოთახის ტემპერატურაზე ვენტილატორის ჰაერნაკადის ქვეშ. ამ ოპერაციას ატარებენ გამწოვ კარადაში.

ამავე დროს ამზადებენ ქრომატოგრაფიულ ფირფიტას. 9×12 ზომის გლუვ, სუფთად გარეცხილ და გამოშრალ მინის ფირფიტაზე მოაფრქვევენ მცირეოდენ Al_2O_3 -ს და სპეციალური მოწყობილობით (ნახ. 8) ატარებენ 1 მმ სისქის ქრომატოგრაფიულ ზოლებს. ასეთი სახით მომზადებულ ქრომატოგრაფიულ ფირფიტაზე რაოდენობრივად გადააქვთ კონცენტრატი, რომელსაც იღებენ ექსტრაქტიდან გამხსნელის აორთქლების შემდეგ. რამდენჯერმე ტიგელის კედლებს რეცხავენ CCl_4 -ის მცირე პორციებით. კონცენტრატს ათავსებენ Al_2O_3 -ის დაუმარგებელი ფენის ზოლის შუაში 0,6-0,7 სმ მანძილზე ქვედა კილიდან. თითოეული ფირფიტის ექვს ზოლზე შესაძლებელია ექვსი სინჯის კონცენტრატის მოთავსება, ან დამზადდეს სტანდარტების ერთი სერია საკალიბრო მრუდის ასაგებად. კონცენტრატების დატანისას ლაქას დიამეტრი არ უნდა აღემატებოდეს 0,4 სმ-ს. ამისათვის კონცენტრატი დაიტანება ზოლზე. მცირე პორციებით (0,005 მლ-ით) კაპილარის საშუალებით, ყოველთვის ამის შემდეგ გამხსნელი უნდა აორთქლდეს; ალუმინის ოქსიდის თხელი ფენის ერთ ზოლზე დატანილი ნეთიპროდუქტის რაოდენობა არ უნდა აღემატებოდეს 0,5 მგ, რადგანაც სორბენტის „გადატვირთვა“ აუარესებს ნარევის დაყოფას.

ქრომატოგრაფიულ ფირფიტას, რომლის ზოლებზეც დატანილია სინჯები, 20° -იანი კუთხით

ათავსებენ ქრომატოგრაფიულ კამერაში, რომელიც გაჯერებულია მოძრავი თხევადი ფაზის ორთქლით. მოძრავი თხევადი ფაზა წარმოიქმნება კამერის ძირზე 0,5 სმ სისქის ფენით. იგი წარმოადგენს პეტროლიუმის ეთერის, ოთხქლორიანი ნახშირბადისა და ძმარმჟავას ნარევის (70:30:2 – მოცულობით).

ქრომატოგრაფიული დაყოფა გრძელდება 3 წუთს. შემდეგ ფირფიტას იღებენ კამერიდან, ათავსებენ გამწოვ კარადაში 10-15 წუთის განმავლობაში გამხსნელის ასაორთქლებლად და ასხივებენ ულტრაიისფერი სინათლით ($\lambda \sim 300$ ნმ). ამ დროს ნეთობპროდუქტები წარმოქმნიან ზედა ლუმინესცირებულ ცისფერი ფერის ქრომატოგრაფიულ ზონას ($R_F=0,9$). ამ ზონის საზღვრებს აღნიშნავენ. აღუზინის ოქსიდის ფენის აღნიშნული უბანი რაოდენობრივად გადააქთ ფილტრის ქაღალდიან ძაბრში, სადაც ნეთობპროდუქტებს აცილებენ სამოთხი მცირეოდენი პორცია CCl_4 -ით, ექსტრაქტის საერთო მოცულობა უნდა შეადგენდეს 10 მლ-ს. ხსნარის ლუმინესცენციის ინტენსივობას საზღვრავენ ფლუორომეტრზე (პირველადი შუქფილტრი, რომლის $\lambda=365$ ნმ, მეორადი შუქფილტრი, რომლის $\lambda=434$ ნმ). ნეთობპროდუქტების რაოდენობას საზღვრავენ საკალიბრო მრუდით.

ქრომატოგრაფიულ ფირფიტაზე ნეთობპროდუქტების ზონის გარდა მკვეთრად იკვეთება ორი ზონა: ლუმინესცირებული ყვითელი (ფისები) და ყავისფერი (ასფალტენები) ფერით. მათი ინტენსივობის მიხედვით შესაძლებელია გამაჭუჭყიანებელი წყაროს შესახებ მსჯელობა.

საკალიბრო მრუდი

სტანდარტული ხსნარების მომზადება

საკალიბრო მრუდის ასაგებად, მისი პერიოდული შემოწმებისა და კორექტირებისათვის მიზანშეწონილია გამოყენებულ იქნას ის მონაცემები, რომლებიც მიღებულია ИК-სპექტროფოტომეტრული მეთოდის გამოყენებისას (სვეტთან შეხამებით).

რამდენადაც ხსნარების ლუმინესცენციის ინტენსიობა მნიშვნელოვნად დამოკიდებულია ნეთობპროდუქტების შემადგენლობაზე, სტანდარტული ხსნარების მოსამზადებლად გამოიყენება საკვლევი წყლიდან ამოღებული ნეთობპროდუქტები. ამისათვის იღებენ საკვლევ წყალს, რომელიც შეიცავს არა ნაკლებ 0,1-0,2 მგ ნეთობპროდუქტებს, ექსტრაგირებენ CCl_4 -ით და ატარებენ ქრომატოგრაფიულ დაყოფას ისე, როგორც ეს მითითებულია ანალიზის მსვლელობაში. სინჯში ნეთობპროდუქტების შემცველობას საზღვრავენ სვეტური ქრომატოგრაფიით ИК-სპექტროფოტომეტრული დამოკიდებით. შემდეგ ელიუატს იყენებენ საკალიბრო მრუდის ასაგებად, ატარებენ რა თანმიმდევრულ განზავებას და საზღვრავენ ოპტიკურ სიმკვრივეს.

თუ არ შეიძლება ИК-სპექტროფოტომეტრული მეთოდის გამოყენება რაღაც მიზეზის

გამო, იქცევიან შემდეგნაირად: იღებენ დიდი რაოდენობის წყლის სინჯს (1-10 ლიტრამდე, რომელიც დამოკიდებულია ნეთობპროდუქტების შემცველობაზე). გამოყოფენ მისგან ნეთობპროდუქტებს ექსტრაქციით CCl_4 -ის საშუალებით. ატარებენ ქრომატოგრაფიულ დაყოფას ისე, როგორც ზევითაა აღწერილი. გამოყოფილი ნეთობპროდუქტები (ცისფერი ქრომატოგრაფიული ზონა) ელიუირებენ CCl_4 -იანი ფირფიტებიდან. ვენტრილატორის ქვეშ გამხსნელის გამოხდის შემდეგ წონიან. შემდეგ თანმიმდევრული განზავებით ამზადებენ სტანდარტული ხსნარების სერიას კონცენტრაციით 0-დან 200-300 მგ/მლ-მდე და საზღვრევენ ლუმინისცენციის ინტენსიობას ფლუორიმეტრზე (პირველადი შუქფილტრი, რომლის $\lambda=365$ ნმ, მეორადი შუქფილტრი, რომლის $\lambda=434$ ნმ).

გაზომვის შედეგების მიხედვით აგებენ საკალიბრო მრუდს, რომლის ორდინატთა ღერძზე გადაზომილია ლუმინისცენციის ინტენსიობა, ხოლო აბსცისთა ღერძზე კი ნეთობპროდუქტების კონცენტრაცია, მგ/მლ.

ანგარიში

ნეთობპროდუქტების რაოდენობა (x), მგ/ლ, გამოითვლება ფორმულით:

$$x = \frac{c \cdot b \cdot 1000}{V}$$

სადაც C – საკალიბრო მრუდზე ათვლილი ნეთობპროდუქტების კონცენტრაცია, მგ/მლ;

b – ნეთობპროდუქტების ელიუატის მოცულობა, მლ;

V – განსასაზღვრავი სინჯის მოცულობა, მლ.

4.2. ნეთობპროდუქტების შემცველი ჩამდინარე წყლის გაწმენდა ულტრაფილტრაციის მეთოდით

თხევადი სისტემების დაყოფის სხვადასხვა მემბრანული მეთოდებიდან ფართო გავრცელება პპოვა უკუოსმოსმა და ულტრაფილტრაციამ.

ულტრაფილტრაცია – არის მემბრანული დაყოფის პროცესი, აგრეთვე ხსნარების ფრაქციონირებისა და კონცენტრირების პროცესი. იგი მიმდინარეობს მემბრანამდე და მემბრანის შემდეგ მაღალმოლეკულური (მმნ) და დაბალმოლეკულური (დმნ) ნივთიერებათა ხსნარების წნეებათა სხვაობის მოქმედებით. პროცესების დანიშნულების მიხედვით მემბრანები ატარებენ: 1) გამხსნელს და ან დმნ-ს (მმნ და დმნ დაყოფისას); 2) გამხსნელსა და მმნ-ის განსაზღვრულ ფრაქციას (მმნ-ს ფრაქციონირებისას); 3) მხოლოდ გამხსნელს (მმნ-ს კონცენტრირებისას).

ულტრაფილტრაცია უკუოსმოსისაგან განსხვავებით გამოიყენება იმ სისტემების დასაყოფად, რომლებშიც გახსნილი კომპონენტის მოლეკულური მასა ბევრად აღემატება გამხსნელის მოლეკულურ მასას. მაგალითად წყალხსნარებისათვის ულტრაფილტრაცია გამოიყენება მხოლოდ მაშინ, როდესაც სისტემის ერთ-ერთი კომპონენტის მოლეკულური მასა შეადგენს 500-ს და მასზე მეტია.

ულტრაფილტრაციის მამოძრავებელ ძალას წარმოადგენს მემბრანის ორივე მხარეს (სამუშაო და ატმოსფერული) წნევათა სხვაობა.

უკუოსმოსი და ულტრაფილტრაცია პრინციპიალურად განსხვავდებიან ჩვეულებრივი ფილტრაციისაგან. ფილტრაციისას პროდუქტი მიიღება ფილტრის ზედაპირზე კრისტალური ან ამორფული ნალექის სახით. ულტრაფილტრაციის დროს წარმოიქმნება ორი ხსნარი, რომელთაგანაც ერთი გამდიდრებულია გამოსაყოფი ნივთიერებით. ამ პროცესებისას მემბრანის ზედაპირზე გახსნილი ნივთიერების დაგროვება დაუშვებელია, რადგანაც მკვეთრად ეცემა მემბრანის სელექტიურობა და გამტარებლობა. ულტრაფილტრაციისას გამოყოფილი ცალკეული ნაწილაკების ზომებია 0,001-0,02 მკმ.

ულტრაფილტრაცია მიმდინარეობს 0,1-0,5 მგ პასკალი წნევისას.

პროცესის ეფექტურობა დამოკიდებულია გამოყენებული მემბრანების თვისებებზე: მაღალი დაყოფის უნარი, სელექტიურობა, დიდი ზვედრითი მწარმოებლობა, გამტარებლობა, არის ზემოქმედების მიმართ მდგრადობა, ექსპლოატაციის პრცესში მახასიათებლების მუდმივობა, საკმარისი მექანიკური სიმტკიცე, დაბალი ღირებულება.

დაყოფის პროცესის სელექტიურობა გამოითვლება ფორმულით:

$$\phi = \frac{C_0 - C}{C_0} \cdot 100 = \left(1 - \frac{C}{C_0}\right) 100\%$$

სადაც C_0 და C - გახსნილი ნივთიერების კონცენტრაციაა საწყის ჩამდინარე წყალში და ფილტრატში.

გამტარებლობა განისაზღვრება ფილტრატის რაოდენობით (v), რომელიც მიიღება დროის ერთეულში სამუშაო ზედაპირის ერთეულიდან:

$$v = k_1 (\Delta p - \Delta p_0),$$

სადაც Δp - წნევათა სხვაობაა მემბრანამდე და მემბრანის შემდეგ;

Δp_0 - ოსმოსური წნევათა სხვაობაა;

k_1 - პროპორციულობის კოეფიციენტი, რომელიც დამოკიდებულია მემბრანის

გამტარებლობაზე.

ულტრაფილტრაციის პროცესის ჩასატარებლად აპარატის კონსტრუქციისას გამოყენებული

უნდა იქნას მოცულობის ერთეულში დიდი ზედაპირის მქონე მეგბრანა. მონტაჟისა და აწყობის სიმარტივე, მექანიკური სიმტკიცე და პერმეაბილურობა.

ულტრაფილტრაციისას მეგბრანაზე შეკავდება ის გახსნილი ნივთიერებები, რომელთა მოლეკულების ზომები მეტია ფორების ზომებზე. მეგბრანის ფორების კედელზე ხდება მოლეკულების ხახუნი. უკუოსმოსის და ულტრაფილტრაციის პროცესების დრის ადგილი აქვს უფრო რთულ მოვლენებსაც.

პროცესის ჩასატარებლად გამოიყენება არაფორიანი – დინამიური და დიფუზიური მეგბრანები, რომლებიც წარმოადგენენ კვაზიპოზიტივურ გელებს. ასევე ფორიანი მეგბრანები, რომელიც წარმოადგენს პოლიმერულ მასალისაგან დამზადებულ თხელ ფირფიტას. ფართოდ გამოიყენება აცეტილცელულოზისაგან დამზადებული პოლიმერული მეგბრანები. ასევე გამოიყენება პოლიეთილენისაგან, ფტორირებული ეთილენ-პროპილენისაგან, პოლიტეტრაფტორეთილენისაგან, ფორიანი მინისაგან, ცელულოზის აცეტობუტირატისაგან დამზადებული მეგბრანები.

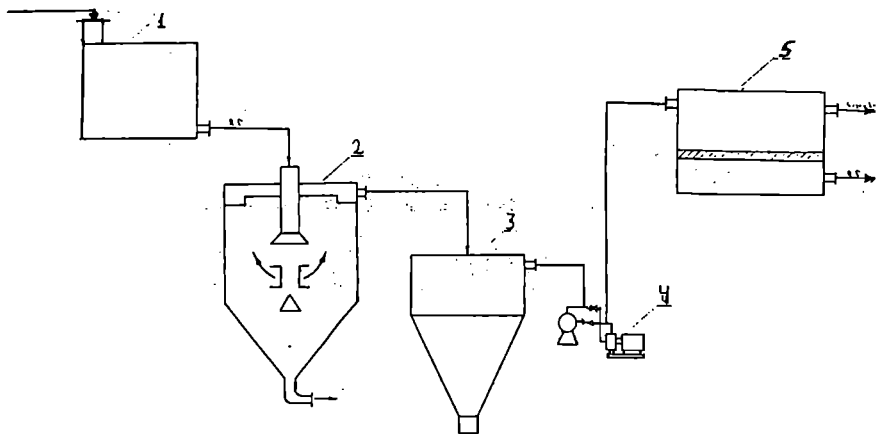
ულტრაფილტრაციისას გამოიყენება ნიტრატ-ცელულოზის, პოლიელექტროლიტური მეგბრანები, რომელთა სტრუქტურა ანალოგიურია აცეტატცელულოზის მეგბრანებისა.

უკუოსმოსისას გამოიყენება MFA ტიპის აცეტატცელულოზის მეგბრანა, ხოლო ულტრაფილტრაციისას კი YAM ტიპის. ამ მეგბრანების გამტარებლობა შეადგენს 97%-ს; უკუოსმოსისათვის გამოყენებული მეგბრანის ფორის ზომაა 0,001 მკმ, ხოლო ულტრაფილტრაციისათვის გამოყენებული მეგბრანის ზომაა 0,005-0,2 მკმ.

მილოვანი გამფილტრავი ელემენტის ულტრაფილტრაციული აპარატის მეგბრანების საერთო ზედაპირი შეადგენს 52 მ², მწარმოებლობა შეადგენს 70 მ³/დღე-ღამე, სამუშაო წნევაა 0,14-0,42 მპა, წყლის ტემპერატურაა 32-38°C (არაუმეტეს 50°C) ნაკადის მოძრაობის სიჩქარე აღწევს 5,5 მ/წმ.

ულტრაფილტრაციით ნავთობპროდუქტების შემცველი ჩამდინარე წყლის გაწმენდის ტექნოლოგიური პროცესის სქემის აღწერა

ჩანდინარე წყალი შემოდის საცავში (1), შემდეგ ვერტიკალურ სალექარში (2), სადაც იწმინდება შეწონილი ნაწილაკებისაგან (ზომით 10-100 მკმ), შემდეგ გადადის პიდროციკლონში, სადაც სრულად იწმინდება შეწონილი ნაწილაკებისაგან (1-10 მკმ), ამის შემდეგ მაღალი წნევის ტუმბოს (4) საშუალებით გადადის (5) ულტრაფილტრაციის აპარატში, სადაც ხდება ჩამდინარე წყლის გაწმენდა ნავთობპროდუქტებისაგან. მეგბრანის საშუალებით ჩანდინარე წყალი იწმინდება, ფილტრატი გაივლის მეგბრანას და გამოდის დრენაჟული ფენიდან, ხოლო მეგბრანით შეკავებული ნავთობპროდუქტი ასევე გამოდის აპარატიდან და უბრუნდება ტექნოლოგიურ პროცესს.



ნახ. 9. ნაეთობპროდუქტების შემცველი ჩამდინარე წყლის ულტრაფილტრაციის მეთოდით გაწმენდის ტექნოლოგიური პროცესის სქემა

4.3. ნაეთობგადამამუშავებელი წარმოების ჩამდინარე წყლის გაწმენდა ფილტრაციის მეთოდით

ფილტრები თავისი სტრუქტურით მეტად მრავალფეროვანია, ძირითადად ისინი შესდგებიან ბოჭკოვანი და მარცვლოვანი ელემენტებისაგან, პირობითად იყოფიან შემდეგ ტიპებად:

1. დრეკადი ფოროვანი ტიხრები – ქსოვილოვანი მასალები ბუნებრივი, სინთეზური ან მინერალური ბოჭკოთი, უქსოვადი ბოჭკოვანი მასალები (ქეჩა, წებოვანი მასალები, ქაღალდი, მუყაო, ბოჭკოვანი საგები), უჯრედოვანი ფურცლები (რეზინის ღრუბელი, მემბრანული ფილტრები, პენოპოლიურეტანი).

2. ნახევრად ზისტი ფოროვანი ტიხრები – ბოჭკოს ფენები, ბურბუშულა, ნაქსოვი ბადეები. რომლებიც დამაგრებულია საყრდენ მოწყობილობაზე ან ჩაჭედლილია მათ შორის.

3. ზისტი ფოროვანი ტიხრები – მარცვლოვანი მასალები (ფოროვანი კერამიკა ან პლასტმასა, შეცხობილი ან დატეკნილი ლითონთა ფხვნილი, ფოროვანი მინა გრაფიტული მასალები, და ა.შ.), ბოჭკოვანი მასალები (მინის ან ლითონის ბოჭკოსაგან ფორმირებული ფენები), მეტალის ბადეები და პერფორირებული ფურცლები.

სამრეწველო ჩამდინარე წყლების გაწმენდისას ფილტრების დანიშნულება განისაზღვრება გამაჭუჭყიანებლების სახეობის მიხედვით და ტექნოლოგიურ სქემაში მათი ჩართვის მიხედვით.

სამრეწველო ფილტრები იყოფა სამ ჯგუფად: ქსოვილოვანი, მარცვლოვანი და ბოჭკოვანი.

ბოჭკოვანი ფილტრების გამფილტრავი ელემენტი შედგება ერთგვაროვნად განაწილებული ბოჭკოების ერთი ან რამდენიმე შრისაგან. ისინი მოცულობითი მოქმედების არიან.

ბოჭკოვანი ფილტრები მზადდება თხელი ქეჩისაგან. გამფილტრავად ასევე იყენებენ 0,01-დან 100 მმ-მდე სისქის ქალაღლის მუყაოს ან სინთეზურ ბოჭკოს. გამფილტრავი შრის სისქე შეიძლება იყოს მილიმეტრის მეთაფი წილიდან (ქალაღლი) 2 მეტრამდე (ხანგრძლივი მოქმედების მრავალფენიანი ღრმა წყობურა ფილტრები).

**თავი 5. კაპროლაქტამის წარმოების კუბური
ნარჩენების გაწმენდა მემბრანული
ტექნოლოგიის გამოყენებით**

5.1. კაპროლაქტამის კუბური ნარჩენების დახასიათება

თანამედროვე მსოფლიოს ქიმიურ მრეწველობაში დიდი ადგილი უჭირავს კაპროლაქტამისა და მის საფუძველზე სინთეზირებული პოლიმერების წარმოებას. საქართველოს რესპუბლიკის ქიმიური მრეწველობისათვის ერთ-ერთ ძირითად მიმართილებასაც კაპროლაქტამისა და პოლიკაპროლაქტამის წარმოება წარმოადგენს (რუსთავის სს „აზოტი“, ქიმიური ბოჭკოს ქარხანა).

კაპროლაქტამის მიღება რუსთავის სს „აზოტში“ განხორციელებულია ფენოლური სქემით.

საწარმოო ჩამდინარე წყლები შემადგენლობის მიხედვით ორი ტიპისაა:

1. არარგანული მინარევებით (ამონიუმის ბისულფატი, ამონიუმის ნიტრატი, ჰიდროქსილამინსულფატი, ამონიუმის სულფატი), რომლებიც ჩადენილიან საწარმოს კანალიზაციაში.

2. ორგანული მინარევებით (კაპროლაქტამი, სამკლორეთილენი, ციკლოპექსანი, ციკლოპექსანონოქსიმი და სხვა), რომლებიც დაყოვნებისა და ნეიტრალიზაციის შემდეგ გადაეცემა ბიოლოგიურ გაწმენდაზე.

ჩამდინარე წყლების რაოდენობა მცირეა, მასში კაპროლაქტამის კონცენტრაცია მერყეობს 2-4%-მდე.

კაპროლაქტამის წარმოების ნახევაროდუქტების: ციკლოპექსინონისა და ციკლოპექსანონის რექტიფიკაციის პროცესში მიიღება კუბური ნარჩენები, რომლებიც შეიძლება გამოყენებული იქნეს პოლიმერული მასალის მისაღებად სხვადასხვა საყოფაცხოვრებო ნივთიერებათა დასამზადებლად, გამოიყენება აგრეთვე ზოგიერთი სახის საწვავზე დანამატად.

კაპროლაქტამის წარმოებაში სერიოზულ პრობლემას ქმნის კაპროლაქტამის დისტრაცია-რექტიფიკაციის პროცესის კუბური ნარჩენების წყალხსნარი, რომელიც შეიცავს 60-65% კაპროლაქტამს, 3-4% ნატრიუმის ტუტეს, 4-5% წყალში ხსნად ფისებსა და სხვა ორგანულ (კაპროლაქტამის ოლიგომერებს, ამინოკაპრონმჟავას ნატრიუმის მარილს და სხვა) და არარგანულ (ამონიუმის სულფატის) მინარევებს.

ტექნოლოგიურ ციკლში გათვალისწინებულია ამ ნარჩენის დაბრუნება ნეიტრალიზაციის პროცესში. ამ დროს ხდება ნედლი ლაქტამის ხელოვნური გაჭუჭყვიანება, რაც ზრდის მინარევების რაოდენობას მონომერ კაპროლაქტამში და მკვეთრად ამცირებს მის ხარისხს. მინარევები პოლიმერიზაციის პროცესში იწვევენ ერთის მხრივ მაკრომოლეკულების გაკერვას და სამგანზომილებიანი სტრუქტურის წარმოქმნას, მეორე მხრივ მაკრომოლეკულების ჯაჭვის

წყვეტას აქტიურ ცენტრებთან. ყოველივე ამის შედეგად მიიღება დაბალი მოლეკულური მასის მქონე პოლიმერი, რაც აუარესებს მის ფიზიკო-მექანიკურ და სხვა თვისებებს.

ამდენად კაპროლაქტამის კუბური ნარჩენების დაბრუნება ციკლში არ არის საწარმოო ნარჩენის უტილიზაციის გამართლებული, ეფექტური გზა.

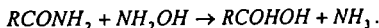
ამჯერად კაპროლაქტამის დისტილაციის პროცესის კუბური ნარჩენები ძირითადად ნადგურდება, ხდება მათი დაწვა.

ისეთ მსხვილტონაჟიან წარმოებაში, როგორცაა კაპროლაქტამის წარმოება. კუბური ნარჩენების დაწვამ შეიძლება შექმნას სერიოზული ეკოლოგიური პრობლემები – გამოიწვიოს ატმოსფეროს დაბინძურება წვის პროდუქტებით. ამავე დროის იზრდება ძვირადღირებული პროდუქტის კაპროლაქტამის დანახარჯები. მემბრანული პროცესების მექანიზმისა და ნივთიერებათა დაყოფის, გაწმენდის კონცენტრირების პროცესში მემბრანული ტექნოლოგიის პრინციპული შესაძლებლობიდან გამომდინარე კაპროლაქტამის დისტილაციის კუბური ნარჩენების გაწმენდა უტილიზაცია შესაძლებელია განხორციელდეს მემბრანული მეთოდების გამოყენებით,

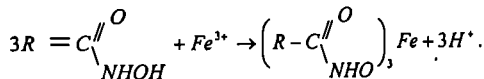
კუბური ნარჩენებიდან კაპროლაქტამის გამოყოფა და მისი იონური მინარეებისაგან გაწმენდა შესაძლებელია განხორციელდეს მემბრანული უკუოსმოსის მეთოდის გამოყენებით.

5.2. კაპროლაქტამის განსაზღვრა ფოტომეტრული მეთოდით

მეთოდი დაფუძნებულია გაცხელებით ტუტე არეში კაპროლაქტამის დშლაზე ჰიდროქსოლამინ ქლორიდის თანაობისას



შემდეგ სამვალენტან რკინის იონებთან რეაგირებისას წარმოიქმნება მოწითალო-მოყავისფრო ნაერთი:



ხელისშემშლელი პირობები

განსაზღვრას ხელს უშლის ის ნივთიერებები, რომლებიც წარმოიქმნებიან ჰიდროქსოლამინ მჟავას ან ჭიანჭველმჟავასთან რეაქციის პირობებში; აგრეთვე ის ნივთიერებებიც, რომლებიც Fe^{3+} იონთან რეაგირებისას წარმოიქმნიან შეფერულ ნივთიერებებს, ფენოლები, როდანიდები და სხვა.

რეაქტივები

ჰიდროქსილამინ ქლორიდი, 3 მ ხსნარი;

მწვანე ნატრი, 1 გ და 0,1 გ ხსნარი;

მარილმჟავა, 2 გ და 0,1 გ ხსნარი;

რკინის(III) ქლორიდი, 10%-იანი ხსნარი;

კაპროლაქტამის სტანდარტული ხსნარი (1 მგ/მლ).

საკალიბრო მრუდი. 100 მლ საზომ კოლბებში იღებენ 0, 1, 2, 3, 5, 7 და 10 მლ სტანდარტულ ხსნარს, რასაც შეესაბამება 0,1,2,...,10 მგ კაპროლაქტამი, ავსებენ გამოზდილი წყლით 50 მილილიტრამდე და ამუშავებენ ისე როგორც წყლის სინჯს. მიღებული შედეგებით აგებენ საკალიბრო მრუდს.

ანალიზის მსვლელობა

იღებენ 250 მლ (ან ნაკლებ) წყალს, რომელიც შეიცავს 1-10 მგ კაპროლაქტამს. ანეიტრალბენ და აორთქლებენ წყლის აბაზანაზე 50 მილილიტრამდე. ნეიტრალიზაციის საჭირო მჟავას ან ტუტის რაოდენობას საზღვრავენ წინასწარ სხვა წყლის სინჯით. კონცენტრირებულ სინჯს ანზავებენ 60 მლ-მდე და გადააქვთ 250 მილილიტრიან შლიფიან ბრტყელძირა კოლბაში. წყალს უმატებენ 20 მლ ჰიდროქსილამინ ქლორიდის ხსნარს, 5 მლ 1 გ ნატრიუმის ტუტის ხსნარს; აერთებენ უკუმაცივართან და ადუღებენ 30 წუთის განმავლობაში დუღილის დაწყებიდან. ხსნარს აცივებენ ოთახის ტემპურატურამდე. ხსნარი გადააქვთ 100 მილილიტრიან მზომ კოლბაში. შემდეგ უმატებენ 2,5 მლ 2 გ მარილმჟავას ხსნარს, 15 მლ რკინის(III) ქლორიდის ხსნარს, ანჯღრევენ და ავსებენ ჭედმდე გამოზდილი წყლით. 10 წუთის შემდეგ საზღვრავენ ხსნარის ოპტიკურ სიმკვრივეს სპექტროფოტომეტრზე 500 ნმ ტალღის სიგრძეზე 50 მლ სისქის ფენის კიუვეტში. შესადარებლად იღებენ 50 მლ საანალიზო წყალს, რომელსაც უმატებენ ზემოთ აღნიშნულ ყველა რეაქტივს; მხოლოდ არ ადუღებენ.

კაპროლაქტამის კონცენტრაცია განისაზღვრება ფორმულით:

$$x = \frac{c \cdot 100}{V}, \text{ მგ/ლ,}$$

სადაც c – საკალიბრო მრუდით განსაზღვრული კაპროლაქტამის კონცენტრაციაა, მგ/კ;

V – საანალიზო წყლის სინჯის მოცულობაა, მლ.

5.3. კაპროლაქტამის წყალხსნარის ელექტროგამტარობის განსაზღვრის მეთოდი

კაპროლაქტამის წყალხსნარის ელექტროგამტარობა იზომება OK-104 ტიპის ლაბორატორიულ კონდუქტომეტრზე. ხელსაწყოზე იზომება კუთრი ელექტროგამტარობა ერთეულში სიმენსი/მეტრზე (სიმ/მ).

კონდუქტომეტრის მუშაობის პრინციპი დამყარებულია დენის ძალის გაზომვის მეთოდზე მგრძობიარე ელემენტის წრედში.

5.3.1. ელექტრული გამტარებლობისა და ტემპერატურის განსაზღვრა კონდუქტომეტრული მეთოდით, კონდუქტომეტრ OK-104-ის მნიშვნელობა და გამოყენების სფეროები

OK-104 ტიპის კონდუქტომეტრი გამოიყენება ელექტრული გამტარებლობის, pH-სა და ტემპერატურის განსაზღვრავად.

კონდუქტომეტრია წარმოადგენს ერთ-ერთ ფართო გავრცელებულ და გამოყენებულ ქიმიურ ანალიზურ მეთოდს. კონდუქტომეტრია გამოიყენება საქარხნო კონტროლისათვის (საქვაბების წყლების მარილშემცველობის, გამაცივებელი და გამრეცი წყლების გაჭუჭყანების, ონგამკვლელი ფისების რეგენერაციის განსაზღვრავად, წყლების გამწმენდი პროცესების კონტროლისათვის და ა.შ.), ასევე სამეცნიერო-კვლევითი მუშაობისას (დისოციაციის მუდმივას განსაზღვრავად და ა.შ.).

კონდუქტომეტრიული გატიტვრა დაფუძნებულია ხსნარების ელექტრულ გამტარებლობაზე და წარმოადგენს ხელსაწვოს მიერ შესრულებულ ანალიზური პროცესების მეთოდს. ხსნარში მყოფი იონების თვისობრივი და რაოდენობრივი ცვლილებით იცვლება ხსნარის გამტარებლობა, რაც განსაზღვრავს გატიტვრის საბოლოო წერტილის ინდიკაცისა და ხსნარების კონცენტრაციას. ეს მეთოდი გამოიყენება, აგრეთვე, მჟავებისა და ტუტეების განსაზღვრავად, დამლექი, უნდაგვა-აღმდგენი და კომპლექსონომეტრიული გატიტვრის ჩასატარებლად. იმის გამო, რომ დოზირებულ გასატიტრ სითხის მოცულობასა და გამტარებლობის სიდიდის გაზომვას შორის არის სწორხაზობრივი დამოკიდებულება, გატიტვრის ჩატარება არ არის საჭირო შესრულდეს წვეთ-წვეთობით საბოლოო წერტილის მისაღწევად, რაც ღვინდება ფუნქციის მრუდის ტენზიის წერტილით.

კონდუქტომეტრიული გატიტვრა შესაძლებელია ჩატარდეს უწყლო არეშიც. გამტარებლობა და pH-ის სიდიდე დამოკიდებულია ტემპერატურაზე.

5.3.2. ელექტრული გამტარებლობის განსაზღვრა
კონდუქტომეტრიული მეთოდით

1. მეთოდის არსი

ხსნარების გამტარებლობა ხასიათდება ზვედრითი (კუთრი) განტარებლობით (χ). კონდუქტომეტრია წარმოადგენს ისეთ ქიმიური ანალიზის პროცესს, რომლითაც განისაზღვრება ხსნარების გამტარებლობა.

ხსნარების გამტარებლობა პროპორციულად იზრდება ტემპერატურის გაზრდით. გამტარებლობა განისაზღვრება ფორმულით:

$$G = \chi \cdot \frac{q}{L}$$

სადაც G – განსასაზღვრავი გამტარებლობაა (სიმ);

χ – ზვედრითი გამტარებლობა (სიმ.სმ⁻¹);

q – განსასაზღვრავი სითხის სინჯის ეფექტური კვეთია (სმ²);

L – ძალური ხაზის საშუალო სიგრძე ცვლად სითხის სინჯში (სმ).

ზედრითი (კუთრი) გამტარებლობა წარმოადგენს ზვედრითი წინააღობის შებრუნებულ სიდიდეს.

L და q -ს გეომეტრიული განსაზღვრა დამოკიდებულია მთელ რივ სიძნელეებთან, ამიტომ განაყოფს $\frac{L}{q}$ ე.წ. უჯრედის მუდმივას (c). საზღვრავენ ცნობილი ზვედრითი გამტარებლობის მქონე ხსნარების საშუალებით.

უჯრედის მუდმივას განსაზღვრის ჩატარებისათვის რეკომენდირებულია სხვადასხვა განზავეების ხარისხის მქონე კალიუმის ქლორიდის ხსნარები.

მე-6 ცხრილში მოცემულია სხვადასხვა კონცენტრაციის კალიუმის ქლორიდის ხსნარების ზვედრითი გამტარებლობის დამოკიდებულება ტემპერატურაზე.

ცხრილი 6

კალიუმის ქლორიდის ზვედრითი გამტარებლობა χ (სიმ. სმ⁻¹)

ტემპერატურა	0	18	20	25
1,0 მოლი/დმ ³ KCl	0,06541	0,0982	0,1020	0,1177
0,1 მოლი/დმ ³ KCl	0,00715	0,01119	0,01167	0,01288
0,01 მოლი/დმ ³ KCl	0,000775	0,0012257	0,001276	0,001411

უჯრედის მუდმივის ზვედრითი გამტარებლობა გამოისახება ფორმულით:

$$\chi = G \cdot c.$$

სადაც G - მზომი ხელსაწყოთა შკალაზე ათვლილი გამტარებლობის სიდიდე (სიმ),
(1 სიმ = 1 ომი⁻¹);

χ - კალიუმის ქლორიდის ხვედრითი გამტარებლობა ცხრილის მიხედვით (სიმ.სმ⁻¹).

უჯრედის მუდმივა გამოითვლება ფორმულით:

$$c = \frac{\chi}{G}$$

ცნობილია რა უჯრედის მუდმივა, უცნობი ხსნარის გამტარებლობის გაზომვით შესაძლებელია განისაზღვროს ხსნარის ხვედრითი გამტარებლობა.

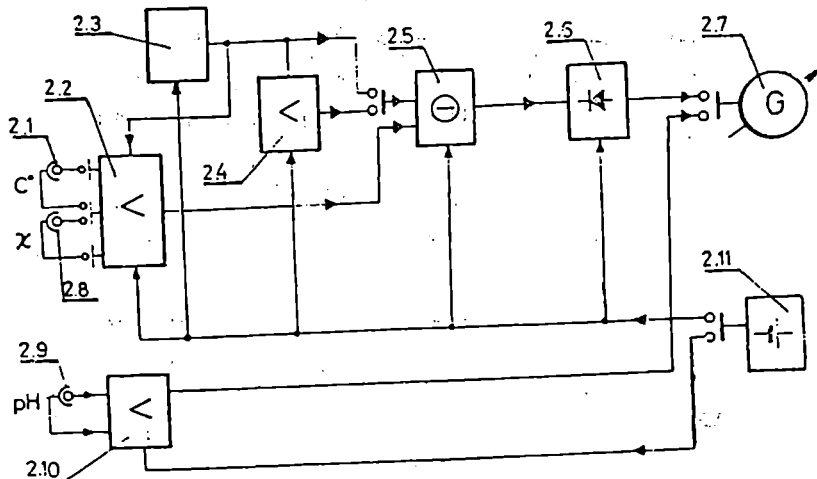
გამტარებლობის ზუსტი განსაზღვრისათვის აუცილებელია სპეციალური მეთოდით გამოყენებულ იქნას გამოხდილი წყალი (ე.წ. გამტარებლობის წყალი). ჩვეულებრივი გამოხდილი წყლის ხვედრითი გამტარებლობა აღწევს $4 \cdot 10^{-6}$ სიმ.სმ⁻¹, რაც ხელს უშლის ზუსტ განსაზღვრას.

ელექტროლიტების გამტარებლობის განსაზღვრისათვის ... ხშირად გამოიყენება ექვივალენტური გამტარებლობა (λ), რომელიც განისაზღვრება ფორმულით

$$\lambda = \chi \cdot \nu$$

სადაც ν - განზავება, რომელიც გამოისახება სმ³/მოლი, სადაც მოლია-მაგალითად $1/2 H_2SO_4$;

$1/3 H_3PO_4$; $1 HCl$; $1 H_2SO_4$; $1 H_3PO_4$ Fe^{3+} და ა.შ.



ნახ. 10. კონდუქტომეტრ OK-104 პრინციპიული სქემა

2.1. - RA-0960P ტიპის წინაღობის თერმომეტრის კაბელის შესართავი ბუდე.

2.2. - მზომი გამაძლიერებელი G - T

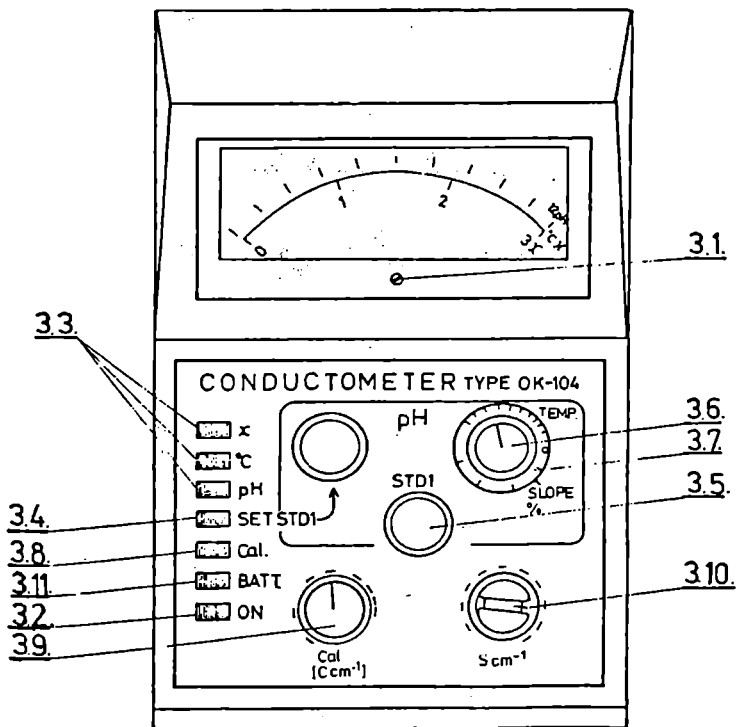
- 2.3. – გენერატორი
- 2.4. – გამაძლიერებელი
- 2.5. – სხვაობის წარმოქმნელი წრედი
- 2.6. – გამმართველი
- 2.7. – ძირითადი ხელსაწყო.
- 2.8. – OK-0902P ტიპის ზარისებრი კონდუქტომეტრიული ელექტროდის კაბელის შესაერთებელი ბუდე.
- 2.9. – OP-0808 P pH-მგრძობიარე კომბინირებული ელექტროდის კაბელის შესაერთებელი ბუდე.
- 2.10. – pH-ის გამზომი გამაძლიერებელი.
- 2.11. – ბატარეა.

3. ხელსაწყოთა კონსტრუქცია და მართვის ორგანოები

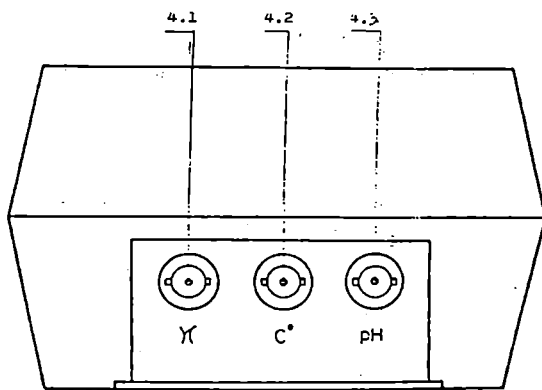
ხელსაწყოთა პლასტმასის კორპუსი შედგება ორი ნაწილისაგან: ზედა ნაწილზე დამაგრებულია მზომი ხელსაწყო, მართვის ორგანო, ან ელექტრული წრედი. ქვედა ნაწილში კი თავსდება ბატარეები და გადამწოდების გასართები.

ხელსაწყოთა მართვის ორგანოებია შემდეგი (ნახ. 11 და 12):

- 3.1 – ისრიანი ხელსაწყოთა მექანიკური ნულის დასაყენებელი მარეგულირებელი ზრახნი.
- 3.2 – ხელსაწყოთა ჩამრთველი ღილაკი „ON“.
- 3.3 – მუშაობის რეჟიმის შესარჩევი ღილაკი.
- 3.4 – ღილაკი და სახელური „SET DTD, 1“ pH-ის განსაზღვრის შემთხვევაში.
- 3.5 – სახელური „STD.1“ pH-ის განსაზღვრის შემთხვევაში.
- 3.6 – სახელური „TEMP-SLOPE“ pH-ის განსაზღვრის შემთხვევაში.
- 3.7 – კორექციული დისკი pH-ის განსაზღვრის შემთხვევაში.
- 3.8 – ღილაკი „CAL“ კონდუქტომეტრიული გამზომი წრედის შესათანხმებლად გამტარებ-ლობის გაზომვის შემთხვევაში.
- 3.9 – ღილაკი „CAL“ უჯრედის მუდმივას დასადგენად და კონდუქტომეტრიული ზარისებრი ელექტროდთან შესათანხმებლად.
- 3.10 – გაზომვის ზღვრების გადასართველი სახელური გამტარებლობის გაზომვის შემთხვევაში.
- 3.11 – ღილაკი „BATT“ ბატარიის მდგომარეობის კონტროლისათვის.



63b. 11



63b. 12

- 4.1 – კონდუქტომეტრიული ზარისებრი ელექტროდის შესაერთებელი ბუდე „X“.
- 4.2 – წინაღობის თერმომეტრის შესაერთებელი ბუდე „C“.
- 4.3 – pH-მგრძობიარე ელექტროდის შესაერთებელი ბუდე „pH“.
- 4.4 – გამტარებლობის გაზომვის პრინციპიალური სქემა.

გამტარებლობის გაზომვა წარმოებს OK-0902P ტიპის კონდუქტომეტრიული ზარისებრი ელექტროდით, რომელიც მიერთებულია 2.8 ბუდესთან. 2.3 გენერატორი უზრუნველყოფს გაზომვისათვის აუცილებელ ამპლიტუდის მუდმივას დამაბულობას.

დენი იზომება 2.2 მზომი გამამლიერებლით, რომლისგანაც გამოძავალი სიგნალი 2.5 სხვაობის წარმომქმნელი წრედისა და 2.6 გამმართელის გავლით შედის 2.7 ძირითად ხელსაწყოში.

5. კონდუქტომეტრიული ზარისებრი ელექტროდის კონსტრუქცია

OK-0902P ტიპის კონდუქტომეტრიული ზარისებრი ელექტროდი წარმოადგენს მუდმივი ზედაპირის მქონე გადამწოდს, რომელიც მოიცავს 3 პლატინის რგოლს, რაც დაფარულია პლატინის ჭკარტლით. ზედაპირის გასაზრდელად ორი კიდურა პლატინის რგოლი მდებარეობს თანატოლ პოტენციალზე და მოიცავენ მესამე რგოლს. ამით მიიღწევა ელექტრული ველის განსაზღვრული მდგომარეობა. პლატინის რგოლთან მიერთებულია ეკრანირებული კოაქსიალური კაბელი. ეკრანირებული სარინით (არინებით) ზორციელდება ელექტრული ველის ხელისშემშლელი მოქმედებს აღკვეცა.

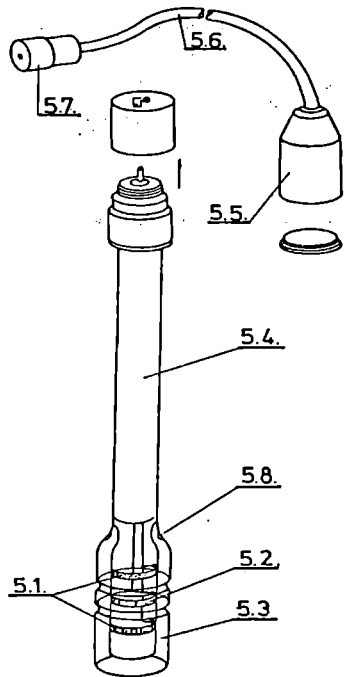
კონდუქტომეტრიული ზარისებრი ელექტროდი გამოსახულია ნახ. 13-ზე.

მექანიკური მინარეები და აღსორბციის უნარის მქონე ნივთიერებები (მაგალითად, მაღალმოლეკულური ორგანული ნივთიერებები, ცილები და ა.შ.) აჭუჭყიანებენ პლატინის რგოლის ზედაპირს. ამ გამაჭუჭყიანებლების მოცილების შემდეგ ელექტროდი კვლავ გამოსადგვა გაზომვისათვის. გამაჭუჭყიანებლებისაგან გაწმენდა ხდება ჩარეცხვით სპირტით, ან მარილმჟავა პეპსინით.

ფტორწყალბადი იწვევს მინის ნარჩერ დეფორმაციას (დაზიანებას) და ამიტომ ელექტროდი არ გამოიყენება ფტორწყალბადის შემცველი ხსნარების გამტარობის გასაზომად.

განსაზღვრის მცდარი რეზულტატი მიიღება მაშინ, როდესაც განსასაზღვრავე ხსნარი ვერ აღწევს ელექტროდის გარე მინის მილს, ასევე თუ ხსნარში შეიმჩნევა ჰაერის ბუშტულაკები.

ელექტროდი გამოიყენება წყლიან და უწყლო არეში.



ნახ. 13

ელექტროდის ნაწილებია:

- 5.1 – ქველა და ზედა პლატინის რგოლი საერთო სარინით (არინებით).
- 5.2 – შუა პლატინის რგოლი.
- 5.3 – დამცავი ზარი.
- 5.4 – გარე მინის მილყელი.
- 5.5 – ხუფი.
- 5.6 – კოაქსიალური კაბელი.
- 5.7 – შტეკერი („BNC“ ტიპის).
- 5.8 – პაერის გამოსაყვანი.

6. ხელსაწყოთა ექსპლოატაციისათვის მომზადება

შემოწმდეს 3.2, ლილაკ „ON“-ის მდგომარეობა (გამორთვის მდგომარეობაში), მზომი ხელსაწყოთა ისარი ეთანადება თუ არა დანაყოფ 0-ს. თუ არა, მაშინ 3.1 მარეგულირებელი ხრახნით

სახრახნის დახმარებით უნდა გასწორდეს. ამის შემდეგ ხელსაწყოს ქვედა ნაწილში მოთავსდეს 9 ვ დაძაბულობის ორი ბატარეა. 3.2 ლილაკის დაჭერით ჩართეთ ხელსაწყო და 3.11 „BATT“ ლილაკის დაჭერით შემოწმდეს ბატარეების მდგომარეობა. თუ ბატარეები შესწორებულია, მაშინ ხელსაწყოს ისრები გადაიხრება შკალის ზედა მწკანე სექტორამდე. წინააღმდეგ შემთხვევაში უნდა გამოიკვალოს ბატარეები. პერიოდულად უნდა შემოწმდეს ბატარეების მდგომარეობა.

7. გამტარებლობის განსაზღვრა

8.5 უჯრედის მოჭერაში ათავსებენ ქიმიურ ჭიქას, რომელსაც მოთავსებულია უცნობი გამტარებლობის მქონე ხსნარი. 8.4 (ზედა) საკეტიან კონსოლითა და 8.6 საბჯენი რგოლით აყენებენ ორ საკეტიან კონსოლს. შორის მანძილს ისე, რომ კონდუქტომეტრიული ზარისებრი ელექტროდის სამივე პლატინის რგოლის ხსნარში ჩატვირთვისას არ წარმოქმნას ბუშტულები. საზღვრავენ ხსნარის ტემპერატურას (ვინაიდან გამტარებლობა იცვლება ტემპერატურის ცვალებადობის მიხედვით).

აჭერენ 3.2 „ON“ ლილაკს და საშუაოს რეჟიმის ასარჩევად 3.3 „X“ ლილაკს, ასევე 3.7 „CAL“ ლილაკს. გაზომვის ზღერის გადასართველ 3.10 სახელურით ადგენენ მოსალოდნელ გაზომვის ზღერის მნიშვნელობას. 3.9 „CAL“ სახელურით ხელსაწყოს ისარს აყენებენ გაზომვის ზღერის (ზედა) მაღალ მნიშვნელობაზე ისე, რომ 3.9 „CAL“ სახელურზე აღნიშნული ნიშნული (ჭდე) მიახლოებით დაემთხვეს I სიდიდეს.

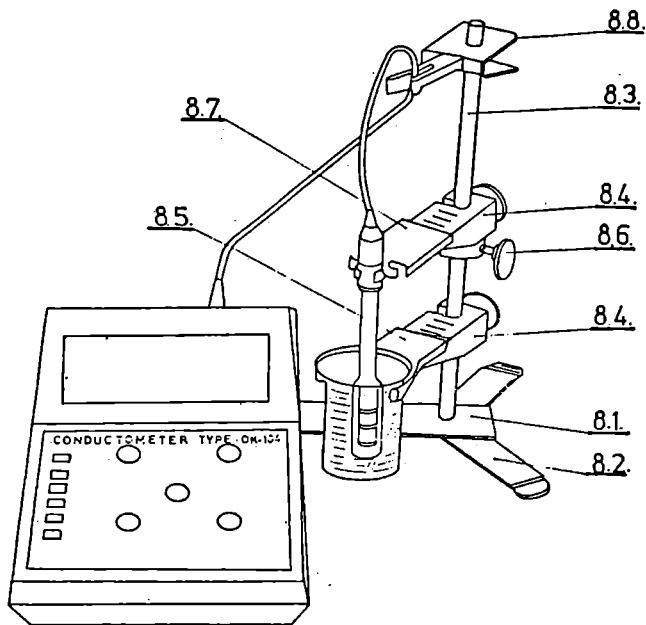
3.8 „CAL“ ლილაკის აშვებით, შემდეგ კი ერთწუთიანი დაყოვნებით ელექტროდი უნდა გაცხელდეს ხსნარის ტემპერატურამდე და ათვლილ იქნას გამტარებლობის სიდიდე.

ამის შემდეგ უშვებენ „ON“ ლილაკს. ხსნარიდან იღებენ ზარისმაგვარ ელექტროდს, რეცხავენ გამოზდილი წყლით და ამშრალბენ, სერიული გაზომვებისას გამოზდილი წყლით გარეცხვის შემდეგ რეკომენდებულია მორიგეობით ჩაირეცხოს ელექტროდი გასაზომი ხსნარით. ამით გამოირიცხება შრობის ოპერაცია, რაც იძლევა დროის ეკონომიას.

ელექტროდის შენახვა ზდება ჰერმეტიკული მდგომარეობაში ოთახის ტემპერატურაზე.

ხელსაწყო გამოსადეგია ხვედრითი გამტარებლობისა და უჯრედის მუდმივას განსაზღვრავადაც.

თუ ცნობილია კონდუქტომეტრიული ზარისებრი ელექტროდის უჯრედის მუდმივა, 3.9 „CAL“ სახელურის მობრუნებით სახელურზე აღნიშნული ნიშნული (ჭდე) უნდა დაამთხვიოთ უჯრედის მუდმივას მოცემულ მნიშვნელობას. 3.10 გაზომვის ზღერის გადასართველი სახელური



ნახ. 14

უნდა დააყენოთ გაზომვის ზღვრის მოსალოდნელ მნიშვნელობაზე. „ON“ და „ჯ“ ღილაკების დაჭერით შესაბამის შკალაზე აითვლება ზვედრითი გამტარებლობის სიდიდე.

თუ უჯრედის მუდმივა უცნობია, ზვედრითი გამტარებლობის უჯრედის მუდმივას დასადგენად ელექტროდი შესაძლებელი თერმოსტატიკური პირობების მიხედვით უნდა ჩაიტვიტოს ცნობილი ტემპერატურისა და ზვედრითი გამტარებლობის მქონე კალიუმის ქლორიდის ხსნარში.

სხვადასხვა კონცენტრაციისა და ტემპერატურის მქონე კალიუმის ქლორიდის ხსნარის ზვედრითი გამტარებლობის სიდიდე მოცემულია მე-6 ცხრილში.

„ON“ და „ჯ“ ღილაკების დაჭერით, ასევე გაზომვის ზღვრის გადასართველ 3.10 სახელურის გადართვით ადგენენ ცნობილი ზვედრითი გამტარებლობის მქონე ხსნარის გაზომვის ზღვრის შესაბამის მნიშვნელობას. ერთი წუთის განმავლობაში 3.9 „CAL“ სახელურის დაყოვნებით ხელსაწყოს ისარს აყენებენ ცნობილ ზვედრითი გამტარებლობის მნიშვნელობაზე. ამ შემთხვევაში 3.9 სახელურზე აღნიშნული ნიშნული (ჭდე) თანმხვედრი უნდა იყოს უჯრედის

მუდმივას აქტუალური მნიშვნელობისა. ათვილი მნიშვნელობას აქვს მხოლოდ საორიენტაციო ხასიათი 3.9 „CAL“ სახელურს აყენებენ უჯრედის მუდმივას განსაზღვრულ მნიშვნელობაზე. კონდუქტომეტრიული ზარისებრი ელექტროდს იღებენ KCl -ის ხსნარიდან, რეცხავენ გამოხდილი წყლითა და უცნობი ხვედრითი გამტარებლობის მქონე გასაზომი ხსნარით შემდეგ მას ტვირთავენ გასაზომ ხსნარში და შესაბამის შკალაზე ითვლიან ხსნარის ხვედრითი გამტარებლობის სიდიდეს. „ON“ ლილაკს უშვებენ, ხსნარიდან იღებენ კონდუქტომეტრულ ზარისმაგვარ ელექტროდს, რეცხავენ და აშრობენ ზემოთ აღნიშნული მეთოდით.

უჯრედის მუდმივას რიცხობრივი მნიშვნელობის განსაზღვრის აუცილებლობის შემთხვევაში ელექტროდს ტვირთავენ, ასევე, ცნობილი ტემპერატურისა და ხვედრითი გამტარებლობის მქონე (თერმოსტატიკური პირობების შესაძლებლობების მიხედვით) კალიუმის ქლორიდის ხსნარში.

„ON“ და „ჯ“ ლილაკებს აჭერენ, ისევე გაზომვის ზღერის გადასართველ 3.10 სახელურს აყენებენ განსაზღვრავ გამტარებლობის სიდიდის შესაბამის გაზომვის ზღვარზე. 3.8. „CAL“ ლილაკის დაჭერით, შემდეგ კი 3.9 „CAL“ სახელურით ხელსაწყოს ისარს აყენებენ გაზომვის ზედა ზღვარზე. 3.8 „CAL“ ლილაკს აშვებთ ითვლიან გამტარებლობის მნიშვნელობას. ცნობილია რა ათვილი გამტარებლობისა და ხვედრითი გამტარებლობის მნიშვნელობა უჯრედის მუდმივა გამოითვლება ფორმულით.

5.3.3. ტემპერატურის განსაზღვრის პრინციპიალური სქემა

RA-0960P ტიპის წინაღობის თერმომეტრს აერთებენ 2.2 გამზომ გამამძლიერებელთან 2.1 შესაერთებელი ბუდით. თერმომეტრში დენის გავლა იზომება 2.2. გამზომი გამამძლიერებელით. რომლისგანაც გამომავალი სიგნალი შედის 2.6 გამმართველში, 2.4 გამამძლიერებელით გამძლიერებული ტემპერატურა აითვლება 2.7-ით ძირითად ხელსაწყოზე.

კვების ძაბვა უზრუნველყოფილია 2.11 ბატარეებით.

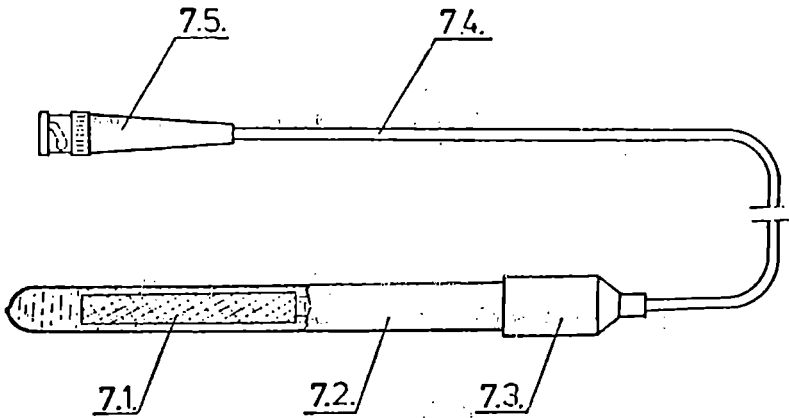
1. ტემპერატურის განსაზღვრა

წინაღობის თერმომეტრის შტეკერს აერთებენ 4.3 „ $^{\circ}C$ “ ბუდესთან. წინაღობის თერმომეტრს ტვირთავენ გასაზომ ხსნარში ისე, რომ გარეთა მინის მილის ნაწილი (7.2), რომელიც მოიცავს ნიკელის წინაღობას 7.1, მდლიანად უნდა ჩაიტვირთოს სითხეში. 3.2 „ON“ ლილაკის დაჭერით ირთვება ხელსაწყო. შემდეგ საშუაოს რეჟიმის მიხედვით რთავენ 3.3 „ $^{\circ}C$ “ ლილაკს. ხელსაწყოს „ $^{\circ}C$ “ საშუალო შკალაზე ითვლიან უშუალოდ ხსნარის ტემპერატურას.

ტემპერატურის გადამწოდის კონსტრუქცია

„RA-0960P“ ტიპის წინაღობის თერმომეტრი წარმოადგენს 040539083 ტიპის კაბელს. წინაღობის თერმომეტრი წარმოადგენს ნიკელის მათულისებრ წინაღობას, რომელიც შედუღებულია მინის მილში. მისი წინაღობა პროპორციულად იცვლება ტემპერატურის გაზრდით. წინაღობის თერმომეტრის წინაღობა 0°C -ზე ტოლია $200 \pm 0,5$ ომისა, ტემპერატურული კოეფიციენტი კი $1,227$ ომი/ $^{\circ}\text{C}$.

წინაღობის თერმომეტრი გამოსახულია მე-15 ნახაზზე. წინაღობის თერმომეტრი შედგება შემდეგი ნაწილებისაგან:



ნახ. 15

- 7.1 - ნიკელის წინაღობა
- 7.2 - გარეთა მინის მილი
- 7.3 - შესაერთებელი რეზინის ხუფი
- 7.4 - კოაქსიალური კაბელი.
- 7.5 - შვეტერი („BNC“ ტიპისა).

5.4. უკუოსმოსის მეთოდი

უკუოსმოსის მეთოდით წარმოებს ხსნარების ფილტრირება ოსმოსურ წნევაზე ჭარბი წნევის ქვეშ ნახევარგამტარი მემბრანებით, რომლებიც ატარებენ გამხსნელს და შერჩევით გახსნილ ნივთიერებებს, რომელთა ზომები არ აღემატება გამხსნელის მოლეკულების ზომებს. უკუოსმოსით იწმინდება $0,0001-0,001$ მკმ ზომის ნაწილაკები. ამ მეთოდს საფუძვლად უდევს ოსმოსის მოვლენა - თავისთავადი გადასვლა გამხსნელისა ხსნარში ნახევრადგამტარი ტიხარის მეშვეობით. წნეკას, რომლის დროსაც წონასწორობა მყარდება ოსმოსური ეწოდება. თუ

ხსნარის მზრიდან ვიშქმედებთ წნეებით, რომელიც ოსმოსურს აღმატება, მაშინ გამხსნელის გადატანა განხორციელდება საწინააღმდეგო მიმართულებით, რაც უკუოსმოსის სახელწოდებით არის ცნობილი.

უკუოსმოსის პროცესის მამოძრავებელი ძალა იდეალურად ნახევარგამტარი მემბრანის პირობებში განისაზღვრება შემდეგნაირად

$$\Delta p = p - \pi_1,$$

სადაც p - არის ჭარბი წნევა საწყის ხსნარზე; π_1 - ხსნარის ოსმოსური წნევა.

მუშა წნევა უკუოსმოსურ მოწყობილობებში უნდა იყოს მნიშვნელოვნად დიდი (6-10 მპა) რადგან მათი წარმადობა განისაზღვრება პროცესის მამოძრავებელი ძალით, მუშა წნევის და ოსმოსური წნევის სხვაობით.

უკუოსმოსი ჩვეულებრივი ფილტრაციისაგან პრინციპულად განსხვავებულია, ფილტრაციის დროს პროდუქტი ფილტრზე გროვდება კრისტალური ამორფული ნალექის სახით, უკუოსმოსის დროს წარმოიქმნება ორი ხსნარი, რომლისგან ერთ-ერთი გამდიდრებულია გახსნილი ნივთიერებებით. ამ დროს გახსნილი ნივთიერებების ღაგროვება მემბრანის ზედაპირთან დაუშვებელია, რადგანაც იწვევს მემბრანის სელექტიურობისა და წყალგამტარობის მკვეთრ შემცირებას.

უკუოსმოსით დაყოფის პროცესი ხორციელდება ფაზური გარდაქმნების გარეშე და ენერგია A_m (თეორული მნიშვნელობა) პროცესში იხარჯება ძირითადად წნევის წარმოქმნაზე და სითხის ცირკულაციაზე.

$$A_m = A + A_{\text{კ}}$$

სადაც A მცირეა და შეგვიძლია არ განვიხილოთ, ხოლო $A_{\text{კ}}$ შეგვიძლია შემდეგი ფორმულით ვიპოვოთ

$$A_{\text{კ}} = \Delta p v,$$

სადაც Δp - წნევათა სხვაობა (მამოძრავებელი ძალა), v - მოცულობა.

უკუოსმოსის უპირატესობას წარმოადგენს შესაბამისი დანადგარის კონსტრუქციის სიმარტივე და პროცესის განხორციელება გარემოს ტემპერატურაზე, რაც განსაკუთრებულად მნიშვნელოვანია თერმომდგრადი ხსნარების დაყოფის დროს. აპარატი შეიცავს ორ ძირითად ელემენტს: მოწყობილობას წნევის წარმოსაქმნელად და გამყოფ უჯრედს, რომელშიც დამაგრებულია ნახევარგამტარი მემბრანა, ხოლო დიდ სამრეწველო მოწყობილობებში გამოყენებულია მრავალსექციური აპარატი, რომელიც უზრუნველყოფს მემბრანების აუცილებელ ზედაპირს.

როგორც ყველა მემბრანულ-მეთოდებისათვის, ასევე უკუოსმოსისათვის დამახასიათებელია კონცენტრაციული პოლარიზაციის მოვლენა, რომლის არსი შემდეგში მდგომარეობს: იზრდება გახსნილი ნივთიერებების კონცენტრაცია მემბრანის ზედაპირთან მემბრანაში გამხსნელის

უპირატესი გადატანის შედეგად. ამის გამო ხდება წყალგამტარობის და სელექტიურობის შემცირება, მცირდება მემბრანის მუშაობის დრო. იმისათვის, რომ შექცირდეს კონცენტრაციული პოლარიზაციის მავნე ზემოქმედება, აუცილებელია მემბრანის მიმდებარე სითხის ფენის ტურბულიზება. ხსნარის მასაში გახსნილი ნივთიერების გადასატანად ლაბორატორიულ პირობებში იყენებენ მაგნიტურ სარეველებსა და ვიბრაციული მოწყობილობებს, ხოლო სამრეწველო პირობებში კი აპარატში სითხის გაღინების სიჩქარეს ზრდიან და სხვადასხვა სახის ტურბულიზატორებს იყენებენ.

უკუოსმოსის ნაკლს შეიძლება მივაკუთვნოთ ის ფაქტიც, რომ პროცესი მიმდინარეობს სისტემაში მაღალი წნევის პირობებში, რისთვისაც ახლენენ აპარატურის სპეციალურ შემჭიდროებას, რაც იწვევს დამონტაჟების გარკვეულ სიძნელეებს.

მემბრანის სელექტიურობა ϕ (%) დაყოფის პროცესში ჩვეულებრივ განისაზღვრება შემდეგი სახით:

$$\phi = \frac{C_0 - C_{\text{წ}}}{C_0} \cdot 100 = \left(1 - \frac{C_{\text{წ}}}{C_0} \right) \cdot 100$$

სადაც C_0 და $C_{\text{წ}}$ - კონცენტრაციებია გახსნილი ნივთიერებისა საწყის ნარევეში და ფილტრატში.

მარილხსნარების უკუოსმოსით დაყოფისას ან კონცენტრირებისას ϕ სიდიდეს ზოგჯერ უწოდებენ მარილშეკავების კოეფიციენტსაც.

გამტარობა G მოცემულ წნევაზე გამოისახება ფილტრატის მოცულობის (V) ფარდობით τ დროისა და მემბრანის ფართის (F) ნამრავლთან.

$$G = V / F\tau;$$

$$V = R_1(\Delta P - \Delta P_0),$$

სადაც ΔP - ჩამდინარე წყლის წნევათა სხვაობაა მემბრანამდე და მის შემდეგ;

ΔP_0 - ოსმოსური წნევათა სხვაობა;

R_1 - პროპორციულობის კოეფიციენტი, რომელიც დამოკიდებულია მემბრანის გამტარობაზე.

გარკვეულ პრობლემას მემბრანული მეთოდების რეალიზაციის დროს წარმოადგენს ნახევარგამტარი მემბრანების დამუშავება და შექმნა. მათ მისაღებად უყენებენ სხვადასხვა მასალას: პოლიმერულ ფირფიტებს, მინას, მეტალურ ფოლგას და სხვას. ფართოდ გავრცელება კპოვეს სხვადასხვა პოლიმერების საფუძველზე შექმნილმა მემბრანებმა. ნახევარგამტარი მემბრანები შეიძლება იყოს ფოროვანი და არაფოროვანი. უკუოსმოსის დროს გამოიყენება ფოროვანი მემბრანები.

უკუოსმოსის მეთოდით ხსნართა გაწმენდისა და თხევადი ნარევეების დაყოფის მექანიზმის შესწავლის დროს ყურადღება ექცევა სამ ძირითად ფაქტორს და მათ შორის ურთიერთქმედებას:

1. მემბრანის სტრუქტურას;
2. ხსნარის შედგენილობას და სტრუქტურას;
3. მემბრანისა და ხსნარის ურთიერთქმედების ხასიათს, ე.ი. მათ ქიმიურ თვისებას.

მიღებულია აცტილცელულოზური, პოლიეთილენური, ფტორირებული ეთილენპროპილენური თანაბრობითი, პოლიტეტრაფტორეთილენური, ფორიანი მინის, აცეტილბუთირატ ცელულოზური და სხვა სახის პოლიმერული მემბრანები. უკუოსმოსის პროცესში ფართოდ გამოიყენება აცეტატცელულოზური პოლიმერული მემბრანები. მათ აქვთ ანიზოტროპული სტრუქტურა. მემბრანის 0,25 მკმ-მდე სისქის ზედა აქტიურ ფენაში ხდება დაყოფა, ხოლო 100-200 მკმ სისქის ქვედა მსხვილმარცვლოვანი ფენა კი განაპირობებს მემბრანის მექანიკურ სიმტკიცეს. აცეტატცელულოზური მემბრანები მდგრადია 1-8 მპა წნევის, 0-30°C ტემპერატურისა და pH=3-8 სამუშაო პირობებისას.

უკუოსმოსის დროს სამრეწველო აპარატების მემბრანებს უნდა ჰქონდეს დიდი მუშა ზედაპირი, მემბრანების პერიოდული შეცვლის შემთხვევაში მარტივი უნდა იყოს მათი აწყოფა და მონტაჟი, აგრეთვე უნდა ჰქონდეთ დინების მაღალი სიჩქარე კონცენტრაციული პოლარიზაციის გავლენის შესამცირებლად.

მემბრანების ჩაწობის წესის მიხედვით აპარატები იყოფა 4 ძირითად ტიპად: 1. „ფილტრ-პრესის“ ტიპის აპარატები ბრტყელპარალელური ფილტრაციული ელემენტებით; 2. აპარატები მილოვანი ფილტრაციული ელემენტებით; 3. აპარატები რულონური და სპირალური ფილტრაციული ელემენტებით; 4. აპარატები დრუ ბოჭკოს სახის მემბრანებით.

ფილტრ-პრესის ტიპის აპარატის ბრტყელპარალელური ფილტრაციული ელემენტი შედგება ორი მემბრანისაგან, რომლებიც მოთავსებულნი არიან ბრტყელი ფოროვანი შუასაღების ორივე მხარეს. გამფილტრავი ელემენტები მოთავსებულია ორ 0,5-5,0 მმ მანძილით ერთმანეთისაგან დაცილებულ დასაჭერ ორ მილტუნას შორის და მაგრდება მოსაჭიმი ჭანჭიკებით. ჩამდინარე წყალი თანმიმდევრობით გატარდება ყველა ფილტრაციულ ელემენტში, კონცენტრირდება და გამოდის აპარატიდან. მემბრანაში გასული ფილტრატი, კი გამოდის ღრუნაჟულ ფენებიდან. აპარატს აქვს დაბალი მწარმოებლობა, რადგან მემბრანების ჯამური ფართი შეადგენს 60-300 მ²-ს 1 მ³ მათ მოცულობაზე.

მემბრანული დაყოფის პროცესი დამოკიდებულია მუშა წნევაზე, ჰიდროდინამიკურ პირობებზე, დასაყოფი ხსნარის ბუნებაზე, კონცენტრაციაზე, მინარეების რაოდენობაზე და ტემპერატურაზე.

მემბრანის სელექტიურობაზე და გამტარობაზე განსაკუთრებულად მოქმედებს გახსნილი ნივთიერების ბუნებაც. მაგალითად, ერთი და იგივე აცეტატცელულოზურ მემბრანას შეიძლება

ქონდეს სელექტიურობა საქაროზის მიმართ 100%, ნატრიქლორის მიმართ – 95%, გლიცერინის მიმართ 80%. ფენოლის მიმართ – ნულოვანი ან უარყოფითი. გახსნილი ნივთიერებების ბუნების ზემოქმედების მიხედვით არსებობს შემდეგი დაყოფა:

უკუოსმოსის პროცესი გამოიყენება ქიმიურ ტექნოლოგიაში და ნავთობქიმიაში, ისეთი პრობლემების გადასაჭრელად, როგორცაა:

აზოტოპოვანი და ახლომდებარე ნარეგების დაყოფა;

არათერმომდგრადი ნარეგების დაყოფა;

ქიმიურ რეაქციებში წონასწორობის გადანაცვლება, ერთ-ერთი პროდუქტის მოცილების გზით:

ხსნარების კონცენტრირება;

მინერალური მარილების დაყოფა;

ემულსიების დაყოფა;

საწარმოო ჩამდინარე წყლების ღრმა გაწმენდა და სხვა.

უკუოსმოსის გამოყენების ერთ-ერთ პერსპექტიულ მიმართულებას წარმოადგენს ბიოლოგიურად აქტიური ნივთიერებების, ვაქცინების, ვირუსების, ფერმენტების, ნუკლეომაჟაების წარმოება და გამოყოფა.

მაღალგამტარი მემბრანების გამოყენება ხსნის ახალ ერას საკვები კონცენტრატების წარმოებაში. ყველაზე პერსპექტიულია უკუოსმოსის მეთოდის გამოყენება რძის წარმოებაში, რითაც შესაძლებელია სუფთა სახის რძის პროდუქტის მიღება.

უკუოსმოსი გამოიყენება აგრეთვე, ზედაპირული (ზღვა, მდინარე, ტბა) და არტეზიული წყლების გაუმარილებისათვის.

უკუოსმოსის მეთოდმა პრაქტიკული გამოყენება ჰპოვა დაბალი აქტივობის თხევადი რადიაქტიული ნარჩენების გასაწმენდად, ცელულოზური, გალვანური, ჩამდინარე წყლების გასაწმენდად; სხვადასხვა წარმოშობის ჩამდინარე წყლების ზედაპირულად აქტიური ნივთიერებისაგან გასაწმენდად. ლაბორატორიულ პირობებში ჩატარებულია სხვადასხვა წარმოშობის ჩამდინარე წყლების გაწმენდის ცდები და მიღებულია დადებითი შედეგები.

2. უკუოსმოსის უჯრედის აღწერა

უკუოსმოსური დანადგარის ძირითადი ნაწილია გამყოფი უჯრედი (ნახ. 3), სადაც მიმდინარეობს ხსნარების გაწმენდა მასში გახსნილი არაორგანული ან ორგანული ნივთიერებისაგან.

გამყოფი უჯრედი შედგება ზედა და ქვედა კორპუსებისაგან, რომლებიც დამზადებულია უთანაგვი ფოლადისაგან. უჯრედის კორპუსები კმნიან კამერას, რომლის სიმაღლეც 1 ან 2 სმ-ია.

უკუოსმოსური მემბრანა, რომლის მუშა ფართი არის 0,0056 მ² ($r=4,25$ სმ, $d=8,5$ სმ). თავსდება ფოროვან საფენზე, რომელიც დამზადებულია პოლივინილქლორიდისაგან. ფოროვანი საფენის დანიშნულებაა თავის თავზე მიიღოს წნევა და დაიცავს მემბრანა ფიზიკური დაზიანებისაგან. კამერაში მემბრანის შემჭიდროვება ხდება სპეციალური საფენებით, რომელთაგან ერთს აქვს რგოლის ფორმა, ხოლო მეორე კი არის ბრტყელი.

უკუოსმოსის მეთოდით კაპროლაქტამის გამოყოფის ოპტიმალური ტექნოლოგიური პარამეტრებია:

1. ტექნოლოგიური პროცესისათვის მუშა ხსნარის მოსამზადებლად კუბური ნარჩენები უნდა განზავდეს ისე, რომ მასში კაპროლაქტამის კონცენტრაცია არ აღემატებოდეს 25%.
2. უკუოსმოსის პროცესისას ოპტიმალური მუშა წნევა არის 40 ატ.
3. მუშა ხსნარის ცირკულაცია უნდა შეწყდეს მაშინ, როდესაც მასში კაპროლაქტამის კონცენტრაცია მიაღწევს 1-1,2%.
4. ფილტრატის საერთო რაოდენობა უნდა იყოს მუშა ხსნარის საწყისი რაოდენობის 3/4, ხოლო მასში კაპროლაქტამის კონცენტრაცია 34-36%.
5. გაწმენდილი წყლის ზვედრითი ელექტროგამტარებლობა შეადგენს $12 \cdot 10^{-4}$ სიმ/სმ.

უკუოსმოსის მეთოდით კუბური ნარჩენების გაწმენდის ტექნოლოგიური სქემა

კუბური ნარჩენების გაზავებული წყალხსნარის გაწმენდა ზორციელდება ლაბორატორიულ მოწყობილობით (ნახ. 16)

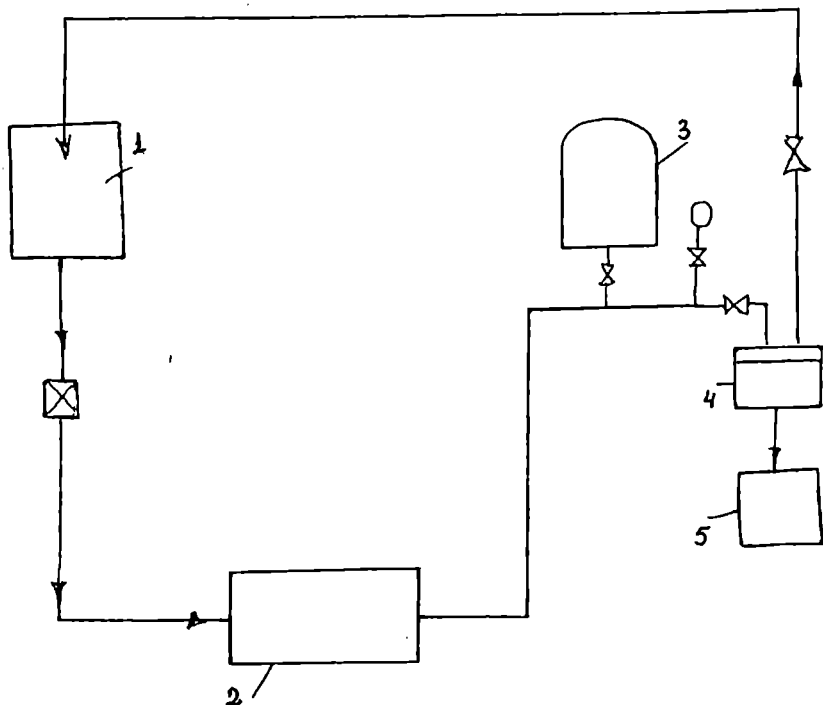
შემკრებიდან (1) ხსნარი ტუმბოთი (2) გადის ჰიდროაკუმულატორში (3) წნევის შესამცირებლად და მიეწოდება მოწყობილობის გამყოფ უჯრედს (4).

ხსნარის ნაწილი, რომელიც გაივლის გამყოფ უჯრედს, იწმინდება მინარეებისაგან და გროვდება გაწმენდილი ხსნარის საცავში (5), ხოლო მემბრანის ზედა ნაკადი, რომელიც შეიცავს ორგანულ მინარეებს, ბრუნდება საცავში (1).

ხსნარის ცირკულაცია მიმდინარეობს მანამ, სანამ კაპროლაქტამის შემცველობა მასში არ შემცირდება 0,1%-მდე. შემდეგ (2) საცავს მიეწოდება კონდენსატი, რომლის დახმარებით ზორციელდება მემბრანების რეგენერაცია, რაც მიმდინარეობს კონდენსატის ცირკულაციით მემბრანაში 1 სთ-ის განმავლობაში.

რეგენერაციის დამთავრების შემდეგ სისტემა თავისუფლდება კონდენსატისაგან და იწყება გაწმენდის ციკლი.

მოწყობილობა აღჭურვილია კონტაქტური მანომეტრით (6).



ნახ. 16 უკუოსმოსური დანადგარის უჯრედის სქემა და საერთო ხედი

ლიტერატურა

ბირთვადი

1. Государственный контроль качества воды. Москва, 2001.
2. Фомин Г.С. Вода. Контроль химической, бактериальной и ИПК. Издательство стандартов. радиальной безопасности по международным стандартом. Москва, 2000.
3. ლ. გვერდწითელი, ლ. მასხარაშვილი, ნ. მახარობლიშვილი. კომპიუტერული ტექნიკის გამოყენება გარემოს გაჭუჭყიანების ანალიზური შეფასების შედეგების დამუშავებისა და სიზუსტის ასამაღლებლად. (მეთოდური მითითება). თბილისი, 1998.
4. Унифицированные методы исследования качества вод. Часть I. Основные методы. 1992. Основные методы. 1992. Совет экономической взаимопомощи. Москва.
5. С.В. Яковлев, Я.А. Карелин и др. Водоотводящие системы промышленных предприятий. 1990. Москва, стройиздат.

დამხმარე

6. Лурье Ю.Ю. Аналитическая химия, промышленность сточных вод. Москва, «Химия», 1984.
7. Руководство по химическому анализу поверхностных вод суши. Гидрометеониздат, Ленинград, 1987.
8. А.И. Родионов, В.Н. Клушин, Н.С. Торочешников. Техника защиты окружающей среды. 1989. Москва, химия.

თავი 3. საილენძის ნაერთების შემცველი სამრეწველო ჩამდინარე წყლის კონტროლი და გაწმენდის ტექნოლოგიური პროცესის დამუშავება აღსორბციული მეთოდით	3
— 3.1. ჩანდინარე წყლის კონტროლი, მეტალთა კონცენტრაციის განსაზღვრა ატომურ-აბსორბციული მეთოდით ატომურ-აბსორბციული მეთოდის არსი	3
— 3.1.1. საილენძის განსაზღვრა	13
— 3.1.2. ტუტე მეტალების განსაზღვრა, ნატრიუმის განსაზღვრა აღის ფოტომეტრიული მეთოდით	13
— 3.2. ჩამდინარე წყლის ღრმა გაწმენდა აღსორბციული მეთოდით	17
თავი 4. ნათობაროდუქტების შემცველი ჩამდინარე წყლის კონტროლი და გაწმენდა ულტრაფილტრაციის და ფილტრაციის მეთოდით	21
4.1. ნათობაროდუქტების განსაზღვრის მეთოდები	24
4.1.1. ნათობაროდუქტების განსაზღვრა ქრომატოგრაფიული და წონითი მეთოდებით	26
4.1.2. ნათობაროდუქტების განსაზღვრა ქრომატოგრაფიული და ИК-სპექტრო-ფოტომეტრიული მეთოდებით	33
4.1.3. ნათობაროდუქტების განსაზღვრა ქრომატოგრაფიული და УФ-სპექტრო-ფოტომეტრიული მეთოდებით	38
4.1.4. ნათობაროდუქტების განსაზღვრა ქრომატოგრაფიული და გაზოქრომატო-გრაფიული მეთოდებით	40
4.1.5. დუღილის ტემპერატურების მიხედვით ნახშირწყალბადების და სინჯების ჭეშმარიტი შემადგენლობის დადგენა	45
4.1.6. ნათობაროდუქტების განსაზღვრა თხელფენოვანი ქრომატოგრაფიული და ИК-სპექტროსკოპიული მეთოდებით	46
4.1.7. ნათობაროდუქტების განსაზღვრა თხელფენოვანი ქრომატოგრაფიული და ლუმინესცენციური მეთოდებით	50
4.2. ნათობაროდუქტების შემცველი ჩამდინარე წყლის გაწმენდა	

ულტრაფილტრაციის მეთოდით	53
4.3. ნავთობგადამამუშავებელი წარმოების ჩამდინარე წყლის გაწმენდა ფილტრაციის მეთოდით	56
თავი 5. კაპროლაქტამის წარმოების კუბური ნარჩენების გაწმენდა მემბრანული ტექნოლოგიის გამოყენებით	58
5.1. კაპროლაქტამის კუბური ნარჩენების დაზისათება	58
5.2. კაპროლაქტამის წყალხსნარის ოპტიკური სიმკვრივის განსაზღვრის მეთოდი	59
5.3. კაპროლაქტამის განსაზღვრა ფოტომეტრული მეთოდები	61
5.3.1. ელექტრული გამტარებლობისა და ტემპერატურის განსაზღვრა კონდუქტომეტრული მეთოდით, კონდუქტომეტრ OK-104-ის მნიშვნელობა და გამოყენების სფეროები	61
5.3.2. ელექტრული გამტარებლობის განსაზღვრა კონდუქტომეტრიული მეთოდით	62
5.3.3. ტემპერატურის განსაზღვრის პრინციპიალური სქემა	70
5.4. უკუოსმოსის მეთოდი	71
ლიტერატურა	78